DAMAGE BOOK

UNIVERSAL
LIBRARY

OU_190853

UNIVERSAL
LIBRARY

OUP—880—5-8-74—10,000.

OSMANIA UNIVERSITY LIBRARY

Call No. Accession No.

Author

Title

This book should be returned on or before the date last marked b

ع

٣٠١

الدروس الاولية

في

الفلسفة الطبيعية

تأليف

أَلِن جَكْسُن

معلّم الفلسفة الطبيعيَّة واللُّغة الانكليزيَّة في مدرسة البنات السوريَّة الانجيليَّة

طبع في بيروت سنة ١٨٨١ مسيحية

الفهرس

الارقام التي في هذا الفهرس تدلُّ على الاعداد لا الوجوه

ا	العدد
الآبار الارتوازية	١٢٤
الآلة البخارية ٢٧٦ اسطوانتها	٢٧٧
" تاريخها ٢٨١ عملها وقوتها	٢٨٠
الآلة المغنية من نفسها	٢٢٣
آلة النار	١٨١
الآلات البصرية	٣٠٩
الآلات المغنطيسية الكهربائية	٤٧٤
الابرة المغنطيسية ٤٠٥ انتكاسها	٤١٢
" " ميلها	٤١٠
انود . آلتهُ	٤٦
الاثرمية	٣٣٤
اديسن . فونغرافهُ	٣٤٦
الأُذن	٣٤٠
ارخيدس . ناموسهُ	١٣٠
الارض مغنطيس	٤١٤
ازموس السائلات ٤٠ " الغازات	٤١
اسالة الاجسام	٣٥٥
الاستانيك . النظام	٤٦٧
استعداد الطبيعة للتطريب	٣٤٣
استقطاب بالامتصاص	٣٠٣
" بالانعكاس ٣٠١ بالانكسار	٣٠٢
" بالانكسار المزدوج	٣٠٤
الاستمرار	١١
اشباع الرطوبة للهواء	٣٨٣

	العدد
اطو فن كركي	١٥٨ و١٦٣ و١٧٢
الاعصار	٣٩٧
اعضاء الانسان اشكال	٩٦
الافراغ بالكهربائية	٤٦٣
اكرُمتك	٣٠٨
الكترومتر الربع	٤٢٥
الالكترسكوب	٤١٧
اميير . قاعدتهُ ٤٦٦ رايهُ في المغنطيسية	٤٧٠
الامتداد	٥
انابيب التكلم	٣٠٥
الانابيب . تاثيرها	١٤٢
الانسحاب	١٦
الانضغاط	١٣
الانطراق	١٧
الانقصاف	٢٤
اهتزاز المشاركة	٢٢٨
اهتزازات الابراج . عددها	٢٢٣
اهليلجية الارض	٨٠

ب	
البؤرة الاضافية او المنضمة	٣٦٥
" الوهمية والحقيقية	٣٦٧
باركر . مطحنتهُ	١٥٠
البارومتر الانيرويد ١٧٤ الزئبقي	١٦٩
" المائي ١٧٣ المعدني	١٧٣

	العدد
البارومتر. فائدتهُ	١٧١
باسكال. تجربتهُ	١٦٦
البخار	٢٢٤
البخار المائي. قوة مرونتهِ	٢٧٥
بخار الماء الغالي. حرارتهُ	٢٦١
البخر	٢٥٨
برج بيزا ٥٤ برج بولونيا	٥٤
البرَد	٢٩١
البرق	٤٣٥
البصر بالعينين	٢٢١
البصر الجلي	٢٢٥
البصر. طولهُ وقصرهُ	٢٢٦
البصريات	٢٤٧
البطارية ٤٥٠ " الليدنية	٤٣١
بطارية بنسن ٤٥٤ دانيال	٤٥٥
" سميّ ٤٥١ كروف	٤٥٣
البقاء	١٢
البكرة ١٠٣ المتحركة ١٠٤ المركبة	١٠٥
البلورات	٢١
البلون الهوائي	١٨٩
البليورراما	٢٢٢
البولارسكوب	٣٠١
البيانو	٢٢٢
البيرومتر	٢٥٤

ت

التبخير والاسباب المعجلة لهُ	٢٦٣
" التبريد بهِ	٢٦٣
التجزؤ	٧
التدويب	٢٧
تسييل الغازات	٣٥٧
تعارض الامواج ١٥٤ " النور	٢٩١
تقسية المعادن وتليينها	٢٢
التكلم	٢٢٩
التلبيس بالكهربائية	٤٦٤
التلغراف ٤٧٥ رائمهُ ٤٧٧ مفتاحهُ	٤٧٨
التلسكوب ٣١٢ العاكسة	٣١٦
" الكاسرة الارضية ٣١٤ الملكية	٣١٢
تلسكوب غاليو	٣١٥
التلفون	٤٨٣
التماثيل الراقصة	٤٢٨
التمدُّد	٣٤٥
تمدُّد الجوامد ٣٤٦ السائلات	٣٤٧
" الغازات	٣٤٨
تنتالس. كاسهُ	١٨٥
تندل. غناء الفرك	٣٤٣
" . انعكاس الصوت	٣٠٨
التيار	٣٩٩

ث

الثرمومتر ٣٥٠ الزئبقي	٣٥١
ثرمومتر التفاوت	٣٥٣
ثرمومتر الاعظم والاقل	٣٥٣
الثقل	١٤
الثقل النوعي ١٢٨ استعلامهُ	١٢٣
" زجاجتهُ ١٢٣ للغازات	٣٤٩
الثلج	٣٩٠
الثومتروب	٣٢٧

ج

جاذبية الالتصاق ٣٥ الثقل	٤٤

العدد

جاذبية الملاصقة ٣٨
الجاذبية الشعرية ٣٦ العامة ٤٣
الجذب والدفع بين الدقائق ٣٥
" الكهربائيان ٤٣٨ المغنطيسيان ٤٠٥
جرم الجسم . استعلامهُ ١٣٦
الجسم ١
الاجسام الساقطة . نواميسها ٤٦
الاجسام الصاعدة ١٤٩
الجلد . ثقلهُ ١٧٦ علوهُ وكثافتهُ ١٧٧
جهة ظهور الاشباح ٢٥٧
الجوهر ١

ح

الحافظة ٤٠٩
الحالة الكروية ٣٦٤
الحجم . استعلام وزنهِ ١٢٥
الحرارة . اشعاعها ٣٦٧ امتصاصها ٣٧٠
" انعكاسها ٣٦٨ حملها ٣٦٦
" الظاهرة والمختفية والنوعية ٣٤١
" عديلها الميكانيكيُّ ٣٤٠ علاقتها بالنور ٣٣٦ قوة الاجسام على اشعاعها ٣٧١ قوة الاجسام على عكسها ٣٦٩ ماهيتها ٣٣٥
" المختفية . بقاؤها ٣٤٣
" مصادرها ٣٣٧ نفوذها ٣٧٤
" نقلها ٣٦٥ النوعية . استعلامها ٣٤٣
حرارة الهواء ٣٨٥
الحركة ٦٥ اضدادها ٦٧
" انتقالها ٧٣ انواعها ٦٦
" الدائرية ٧٩ الدائمة ٨٥

العدد

الحركة المركبة ٧٥ المختبة ٨٤ الميكانيكية بالكهربائية ٤٧٣ نواميسها ٧٣
الحك ٤١١
حلُّ الاجسام ٤٦٣
حل القوات ٧٨
حل الماء ٤٦١
حل مجرّى لمجرًى ٤٨٠
حل المغنطيس للمجرى ٤٨١
الحل الكهربائي ٤٢٦ المغنطيسي ٤٠٦
الحنجرة ٢٣٥

خ

الخزانة المظلمة ٣١٩ النيرة ٣٣١
خط الاستواء المغنطيسيّ ٤١٣ اللاميل والميل المتساوي ٤١٠
الخط السمتي ٤٥
الخطاء اللوني ٣٠٨ الكروي ٣٠٧
خلاصة الكتاب ٤٨٦
الخلقين ٣٧٨

الدائرة الكلفانية البسيطة ٤٤٧
درجة الندى ٣٨٤
الدقيقة ١
الدواة الهوائية ١٨٦
دواليب الماء ١٤٥
الدولاب والجزع ٩٩
" ناموس الموازنة فيهما ١٠١
الدولاب المركب ١٠٢
الدويُّ ٢١٠
الديائرمية ٢٣٤

	العدد
ديونيسيوس. اذنهُ	٢٠٨
ذ	
ذات القرص	٤٢٤
الذراع	٩٦
ذوات الاوتار	٢٢٢
ذوات الفم	٢٢٠
ر	
الراقم	٤٧٧
الراي الجوهري	٨
الرعد	٤٣٥
الرقاص ٥٦ التعويضي	٦٢
" فوائدهُ ٦٣ قياس الوقت بهِ	٦٠
نواميسهُ	٥٧
رمسدن. آلتهُ	٤٢٤
رمكرف. لفتهُ	٤٨٠
روبرت. نقطهُ	٢٢
الرياح المنتظمة والمنقلبة	٢٩٤
" الموسمية	٢٩٥
الريح	٢٩٢
ز	
زاوية النظر	٢٤٨
الزخم.	٧٠
الزوبعة	٢٩٦
س	
السائلات. انتقال الضغط عليها	١١٦
" تجمعها كرات ٣٠ تساوي ضغطها ١١٥ ضغطها	١١٩
" قوة حملها للاجسام	١٢٩
الساعات. تاخرها وتقدمها ٦١ تاريخها	٦٤
السباحة	١٣١
السكترسكوب	٣٨٧
الستيريسكوب	٣٣٣
السحاب	٣٨٨
السراب	٣٨٣
السطح المائل	١٠٧
السفين	١١١
السكون	٦٥
السلم الموسيقي	٢٢١
السمع. حصولهُ ٢٤١ مجالهُ	٢٤٣
السمعيات	١٩٤
السموم	٢٩٥
السيرين	٢١٤
ش	
الشبكية. بقاء الاثر عليها	٢٢٧
الشفق	٣٨٣
الشفق القطبي	٤٢٧
الشمس الكاذبة ودائرتها	٣٩٩
الشمعة الكهربائية	٤٨٣
ص	
الصائنة	٤٧٧
الصاعنة وقضيبها	٤٣٦
الصدى.	٢١١
صفات المادة ٣ " العامة ٤ " الخاصة	١٥
الصفيع	٣٨٦
الصلابة	١٨
الصهر	٣٥٦
الصوت ١٩٥ آلتهُ في الانسان	٢٢٤
" استعلام البعد بسرعتهِ	٢٠٣

	العدد
الصوت انتقالهُ في السائلات والجوامد	١٩٨
" انتقالهُ في الهواء	١٩٦ انكسارهُ ٢٠٧
" انعكاسهُ	٢٠٨ بآلات النفخ ٢٢٩
" تراكب امواجهِ	٢١٧ سرعتهُ على الاطلاق ١٩٩ سرعتهُ في السوائل والجوامد ٢٠١ سرعتهُ في الهواء ٢٠٠
" شدتهُ	٢٠٤ ضعفهُ بالانعكاس ٢٠٩
" في الفراغ	١٩٧ غرائبهُ ٢٤٦
الصوت الانساني. حدوثهُ	٢٣٦ مجالهُ ٢٣٧
" " مداهُ	٢٣٨ الصوت الموسيقي ٢١٢ صفاتهُ ٢١٣ عدد امواجهِ ٢١٥ و٢١٦ طول امواجهِ ٢١٤ و ٢١٦
الاصوات. سرعتها متساوية	٢٠٢
الاصوات الملابسة	٢٢٦
الصورة وراء المرآة المستوية	٢٦٠
" تعددها في مرآة واحدة	٢٦١
صور الاشباح في الماء	٢٦٢
الصور. تعددها في مرآتين	٢٦٣
الصور بالمرايا المحدبة	٢٦٨
الصور بالمرايا المقعرة	٢٦٦
" بالعدسية المزدوجة التحديب	٢٧٨
" بالعدسية المزدوجة التقعير	٢٨٠
الصونومتر	٢٢٠

ض

الضباب	٢٨٧
الضبط المغنطيسي	٤٠٧
الضغط. حسابهُ	١٢٥

ط

الطلمبا	١٧٨ " الضاغطة ١٨٧
طلمبا السحب	١٧٩ " الضغط ١٨٠
طورشلي. عمليتهُ	١٦٥
الطيف الشمسي	٢٨٤ " الاشعة فيهِ ٢٨٥
الطيارة	٧٨

ظ

الظل والظليل	٢٥١
الظواهر الجوية	٣٨٢

ع

العدسيات	٢٧٥ " منافعها ٢٨١
العدسية المزدوجة التحديب	٢٧٧
" " التقعير	٢٧٩
عدم التداخل	٦
عفاريت القنينة	١٦٠
عقد الاهتزاز	٢٢٤ في الجرس ٢٢٧
عمق البير. معرفتهُ	٤٨
العمى اللوني	٤٢٩
عنق الحمام	٣٩٣
العين	٤٢٣ " إحكامها ٤٢٥
" ارتسام الصور عليها	٤٢٤
" صغر الصور فيها	٤٣٠

غ

الغليان. درجتهُ	٣٥٩
غليان الماء. درجتهُ	٣٦٠

ف

الفادن المائي	١٢٦ " الكحولي ١٢٧
الفارك	٤٢٤
الفانوس السحري	٤٢٢
الفجر	٣٨٢
الفحم	٩٦

العدد

فرنير ١٧٠
فرونهوفر. خطوطهُ ٣٨٦
الفعل والانفعال ٨١
الفقاعة ١٦٠
فلنا. اكتشافهُ ورصيفهُ ٤٤٦
الفنتسمغوريا ٣٣٣
الفم ٩٦
الفوتوغرافيا ٣٣٠
الفونغراف ٣٤٦

ق

القانون ٣٣٣
القبان ٩٤
القرار. مقياسهُ ٣٣٣
القرين السمعي وقرين التكلم ٣٠٦
القساوة ٣٣
القضبان المعدنية ٣٣٣
القطبان المغنطيسيان ٤١٣
القمر الكاذب ودائرتهُ ٣٩٩
القنينة الليدنية ٤٢٩ ايضاحها ٤٣٠
القوة ٦٨ بقاؤها ٦٩ الجاذبة
الى المركز ٧٩ الحية ٧١
" الدافعة عن المركز ٧٩
قوة الجذب ٣٦
قوتا الجذب والدفع ٣٥
قوة الضبط المغنطيسي ٤٠٧
القوات. تركيبها ٧٦ حلها ٧٨
قوس قزح ٣٩٥ الاصلية ٣٩٦
" الفرعية ٣٩٦ سبب استدارتها ٣٩٨
القيثار ٣٣٣

ك

كسيوت. شلالهُ ٤٣٨
كلادني. اشكالهُ ٣٣٥
الكلفانومتر ٤٦٧
كلفاني. اكتشافهُ ٤٤٥
الكليدسكوب ٣٦٣
الكمنجة ٣٣٣
الكهربائية. اشكالها وتاريخها ٤٠٣ تجمعها
على الاجسام ٤٣٣ حصرها وجمعها ٤٣٣
" سرعتها ٤٣٩ الحيوانية ٤٨٥
" ظهور نوعيها معاً ٤٣١ ماهيتها ٤٣٠
" ناموسها ٤١٩ نوعها ٤١٨
" الكلفانية ٤٤٤ الكلفانية. تاثيرها ٤٥٨
" كميتها وشدتها ٤٥٦ المغنطيسية ٤٦٦
كهربائية الجلد ٤٣٤ " الحرارة ٤٨٤
" الفرك ٤١٦ تاثيرها ٤٤٠
" " مقابلتها بالكلفانية ٤٥٧
كيسلر. انابيبهُ ٤٣٨

ل

لحم الحديد ٢٩
لسلي. مكعبهُ ٣٦٩
لغة الحدة ٤٨٠
اللغة القنوية ٤٦٩
اللهب الحاسة ٣٤٤ " المغنية ٣٤٥
اللولب ١٠٩
لون المرئيات ٣٩٠
الالوان السبعة. تركيبها ٣٨٨
الالوان المتممة ٣٨٩

م

الماء. بعض اشكالهِ ومنافعهِ ٤٠٠

	العدد
الماء. تموجهُ	١٥١
" قوة ميكانيكية	١١٧
المادة	١
المادة. تغيرها	٣
" حالاتها	٢٧
المادة. صفاتها	٢
المتيورولوجيا	٣٨٢
المجرى الفلكي	٤٤٩
" حلهُ لمجرى	٤٨٠
" حلُّ المغنطيس لهُ	٤٨١
" فعلهُ بمجرًى	٤٦٨
" فعلهُ بالمغنطيس	٤٦٦
المحور الرئيسي	٣٧٦
المخل	٨٨
" انواعهُ	٨٩
" المركب	٩٨
" المخمي	٩٧
المدد	٤٧٩
المدقق	١٧٠
المرآة المستوية	٣٥٩
" المقعرة	٣٦٤
المرايا	٣٥٨
المراشح	١٠
مركز الثقل	٥٠
" معرفتهُ	٥٢
مركز الخطران	٥٨
" معرفتهُ بالتجربة	٥٩
المرونة	١٩
مريت. ناموسهُ	١٦٨
الامزجة المجمدة	٣٤٤
المسام	١٠
المسامية	٩
المستقصية	٢٠٦
المصراع المرحلق	٣٧٧
المطر	٣٨٩
المغنطة الصناعية	٤٠٨
المغنطيس. توزُّع القوة المغنطيسية عليهِ	٤٠٤
المغنطيس. حفظهُ	٤٠٩
المغنطيس الكهربائي	٤٧٣
المغنطيسية. راي امبير فيها	٤٧٠
مغنطيسية الارض	٤٧١
" شدتها	٤١٣
المكبس المائي	١١٨
مكدبرج. كاساها	١٦٣
المصّ	١٧٣
المنائر	٣٨١
المنشور	٣٧٤
المنفاخ	١٩١
المنفاخ المائي	١٢٣
المواسم	٣٩٥
الموج. تنفسهُ	١٥٣
الامواج. تعارضها	١٥٤
الموازنة. حالاتها	٥١
مورس. تلغرافهُ	٤٧٣
الموسيقى. آلاتها	١١٨
الموصل والفاصل	٤٢٣
الموصل الاعظم	٤٢٤
الميزان	٩٥
" الهيدروستاتك	١٣٠
ميزان الفتل	٤١٩
الميكانيكيات	٨٧
الميكرسكوب	٣١٠

ن

الندى	٣٨٦
" درجتهُ	٣٨٤
نسيم البر والبحر	٣٩٥
نفوذ السائلات	٣٨
" الغازات	٣٩
نقط روبرت	٣٣
نكول. منشورهُ	٣٠٥
النهر. جري الماء فيهِ	١٤٣

	العدد
النهر . معدل سرعتهِ وما يصب	١٤٤
النوه	٣٩٨
نوبلي . رصينهُ	٤٨٤
النور ٣٤٩ " استقطابهُ	٣٠٠
" امتصاصهُ ٣٥٤ انعكاسهُ	٣٥٥
" انعكاسهُ الكلي ٣٦٩ انكسارهُ	٣٧٠
" انكسارهُ في الزجاج ٣٧٣ تشرفهُ	٣٩٤
" تعارضهُ ٣٩١ دخولهُ من ثقب	٣١٨
" سرعتهُ ٣٥٣ طول امواجهِ	٣٩٣
" المستقطب . منافعهُ ٣٠٦ نواميسهُ	٣٥٠
النوفرة . سرعتها	١٣٩
" كمية الماء المتفرغ منها	١٤١
نيوتن . نظارتهُ ٣١٦ تركيبهُ للالوان	٣٨٨
" حلقاتهُ ٣٩١ رايهُ في النور	٣٤٩
نيوكمن وكولي . آلتها	٣٨١
هـ	
الهاجرة المغنطيسية	٤١٠
الهالة	٣٩٩
هرشل . يوحنا . انعكاس الصوت	٣٠٨
هلمهلتز . اهتزاز الصوت	٣٤٣

	العدد
همبلت . ضعف الاصوات نهارًا	٣٠٩
" الانكليس الكهربائي	٤٨٥
الهواء ١٥٧ انضغاطهُ ١٦٠ تمددهُ	١٦١
" ثقلهُ ١٥٩ ثقلهُ على جسد الانسان	١٧٥
" ضغطهُ ١٦٣ تغير ضغطهِ	١٦٧
" مقدار ضغطهِ ١٦٥ قوتهُ على حمل الاجسام ١٦٤ مرونتهُ ١٦٠ مفرغتهُ	١٥٨
الهوائيات	١٥٦
الهوجاء	٣٩٧
الهيدروستاتيك	١١٤
الهيدروليك	١٢٨
هيرو . نوفرتهُ	١٨٨
الهيغرومتر	٣٨٤
الواقية و	١٩٠
الوالي	٣٧٩
الوتر . اهتزازهُ	٣١٩
الوزن . استعلام حجمهِ	١٣٥
وط . الآلة البخارية	٣٨١
ي	
الينابيع المتقطعة	١٨٤

الفاتحة

امّا بعدُ فاني لمّا رأيتُ المؤلّفات في هذا الفن باللّغة العربيّة لا تناسب لتدريس التلامذة كتلميذات المدرسة السورية الانجيلية إمّا لطول عهدها اولانها قد كُتبت لغايةٍ أُخرى كتدريس تلامذة المدرسة الكلية بَذَلْتُ جهدي في استخلاص بعض الدروس الاوليّة للتدريس في مدرستنا السوريّة . ولما عزمتُ على طبعها اشار عليّ بعض اهل العلم بتوسيع مباحثها وتكثير موادّها لتكون موافقةً للتدريس في المدارس ولمطالعة الجمهور والعيال . فاستخلصتُ هذا الكتاب من كتب عديدة مختلفة اللغات ولم استثنِ منها الكتب العربية ككتاب المعلم اسعد الشدودي في الفلسفة الطبيعيّة وغيرهِ وجمعتُ فيهِ اكثر الاكتشافات والاختراعات العلميّة الحديثة . وافرغتُ جهدي في جعلهِ بسيطًا سهل المأخَذ وافيًا باحتياجات الجمهور مفيدًا في تثقيف عقول الطلبة وتنوير اذهانهم وطبعتُ اكثر متنهِ بالحرف الكبير وشرحهُ بالحرف الصغير لتسهل مراجعتهُ على التلميذ وتوفّر فوائدهُ للمطالع . وهنا اعترف بوجوب الشكر لجناب المعلم فارس نمر ب . ع . لأنهُ أخذ بيدي في تأليف هذا الكتاب وضبط الفاظهِ ومعانيهِ



الباب الاول

في المادّة وصفاتها

المقدّمة

(١) حدود * المادّة (او الهيولى) كلُّ شيءٍ نشعر بهِ بحواسنا. والجسم جزءٌ من المادّة كبيرًا كان او صغيرًا كالكرسيّ والقلم والنحلة. والجوهر الفرد او الجوهر جزءٌ صغير جدًّا من المادّة لا يتجزّأ. والدقيقة اصغر جزءٍ من المادّة يتجزّأ بالوسائط العمليّة المعروفة بالميكانيكيّة. وهي تحتوي على عددٍ من الجواهر. فالجسم هو ما تألّف من دقائق والدقيقة ما تألّفت من جواهر والجوهر اصغر اجزاء المادّة

مثال ذلك ان الماءَ في كاسٍ جسم مؤلّف من دقائق كثيرة وكل دقيقة مؤلّفة من جوهرين من الهيدروجين وجوهر من الاكسجين

(٢) صفات المادّة * صفات المادّة وتُسمّى ايضًا خصائصها نوعان صفات عامّة وصفات خاصّة. فالصفات العامّة هي التي

يشترك فيها كل الاجسام. والصفات الخاصّة هي التي يشترك فيها بعضها فقط

مثال الاثنين. ان الذهب جسم ذو ثقل ولون اصفر. فالثقل صفة عامّة لانهُ لا يختصُّ بالذهب فقط بل يوجد فيهِ وفي بقية الاجسام ايضًا. واما اللَّون الذهبيُّ فصفة خاصّة لانهُ لا يوجد في كل الاجسام بل يختصُّ ببعضها فقط ولا سيَّما بالذهب * ومثال آخر. ان لوح الزجاج ذو شكل وقَصِفٌ اي سريع الانكسار. فالشكل يوجد في كل جسم وليس في الزجاج فقط فهو صفة عامّة واما القَصْف فيختصُّ ببعض الاجسام فقط ولا سيَّما بالزجاج فهو صفة خاصّة وقس على ما ذُكِر

(٣) تغيُّر المادَّة * تغيُّر المادَّة على نوعين تغيُّر طبيعيٌّ وتغيُّر كيماويٌّ. فالتغيُّر الطبيعيُّ لا يلحق صفات المادَّة الخاصّة والتغيُّر الكيماويُّ يلحقها

مثال ذلك. اذا طرَّقنا الليرا تنطرق وتتغيَّر عن هيئتها فتصير ورقًا رقيقًا يعرَف بوَرَق الذهب ولكن صفاتها الخاصّة كاللون وغيرهِ ممَّا سيجيء تبقى غير متغيِّرة فهذا هو التغيُّر الطبيعيُّ. وكذلك اذا صهرناها على النار فانها تذوب وهيئتها تتغيَّر ولكنَّ صفاتها الخاصّة تبقى على حالها. واما اذا وضعناها في حامض من الحوامض فتذوب وصفاتها الخاصّة تتغيَّر. وهذا هو التغيُّر الكيماويُّ * ومثال آخر اذا سحبنا مسمارًا حتى صار شريطًا فصفات الحديد الخاصّة لا تتغيَّر. واما اذا وضعناهُ في الماء فتتغيَّر صفاتهُ الخاصّة ويصير احمر لينًا قصفًا خشنًا بالصدإ كما لا يخفى فالاوَّل هو التغيُّر الطبيعيُّ والثاني هو التغيُّر الكيماويُّ

فبهذا الاعتبار تُقسَم العلوم الطبيعيَّة الى قسمين الفلسفة الطبيعيَّة والكيمياء. فالفلسفة الطبيعيَّة هي علم يُبحَث فيهِ عن تغيُّر

المادَّة تغيُّرًا طبيعيًّا . والكيمياء هي علم يُبحَث فيهِ عن تغيُّر المادَّة تغيُّرًا كيماويًّا

مسائل للتمرين * اذا مغنطنا سكينًا حتى صارت ترفع الابرة أتكون قد تغيَّرت تغيُّرًا طبيعيًّا او كيماويًّا . وابن يُبحَث عن ذلك أفي الفلسفة الطبيعية أم في الكيمياء . أشتعال الفحم تغيُّرٌ طبيعيٌّ ام كيماويٌّ . وكذلك حدوث البخار . وتكوُّن الندى . وسقوط الحجار . ونموُّ الاشجار . وطيران الطيَّارات . وقطع الحطب . وتفرقع البارود . وغليان الماء . وذوبان الحديد . وجفاف الاثواب . وجمود الماء

الفصل الاوَّل

في صفات المادَّة العامَّة

(٤) قلنا ان صفات المادَّة نوعان عامَّة وخاصَّة . اما الخاصَّة فسيأتي الكلام عليها واما العامَّة فلا بد من وجودها في كل جسم ولا يمكننا ان نتصوَّر المادَّة بدونها . واشهرها الامتداد وعدم التداخل والتجزُّؤ والمسامية والاستمرار والبقاء او عدم الملاشاة . ولنشرح كلًّا منها بالتفصيل

(٥) الامتداد * الامتداد هو كون الجسم يشغل حيزًا اي مكانًا . ويُسمَّى مقدار الحيِّز الذي يملأُهُ الجسم حجمًا . ولكل جسمٍ امتداد اي طول وعرض وعمق وهذه الامور الثلاثة تُعرَف بالقياس . اما القدماء فكانوا يقيسونها بعضوٍ من اعضائهم كالقدم والذراع

وطول الاصبع وعرضها وعرض اليد والشبر وغير ذلك . واما المتأخّرون فاصطنعوا لقياسها مقاييس مخصوصة اشهرها المقياس الانكليزي والمقياس الفرنساوي

(٦) عدم التداخل * عدم التداخل هو كون الجسم لا يشغل الاّ حيزًا واحدًا في وقتٍ واحدٍ . فاذا حلّ جسم في مكانٍ فلا يمكن ان يحلّ جسم آخر في نفس المكان الذي هو فيهِ

مثال ذلك . اذا وضعنا كتابًا على كرسيّ فلا يقدر احد في العالم ان يضع كتابًا آخر في مكانهِ وهو فيهِ . واذا اردنا ان نملأ قنينة ماء من قمع في فمها فلا يمكن ان ينزل الماء اليها ان لم يصعد منها الهواء اوّلاً في فقاقيع . غير ان البعض قد يتوهمون خلاف ذلك فيزعمون ان المسمار يتداخل في الخشب اذا دقّهُ فيهِ النجّار وان الابرة تتداخل في القماش اذا انفذها فيهِ الخيّاط . والصواب ان المسمار لا يتداخل في الخشب بمعنى انهُ يشغل واياهُ حيزًا واحدًا في وقتٍ واحد بل يبعد من امامهِ دقائق الخشب ويفتح لنفسهِ حيزًا وكذا الابرة . والبعض يتوهمون انهُ يحصل تداخل اذا انزلنا حصًى دقيقة في كأسٍ ملآنة ماء ولم ينصبّ الماء منها . والصحيح ان سطح الماء يتحدّب فيشغل بذلك حيزًا عوضًا عن الحيّز الذي شغلتهُ الحصى

(٧) التجزّؤ * التجزّؤ هو كون الجسم يقبل الانقسام . فمهما كان الجسم صغيرًا يمكن قسمتهُ الى اقسام اصغر منهُ ويتضح ذلك من الامثلة الآتية وهي

ان بعض العناكب تنسج بيوتها بخيوط دقيقة كلٌ منها مؤلّف من اربعة خيوط ادقّ منهُ وكل واحد من هذه الاربعة مؤلّف ايضًا من الف خيط وكل واحد من الالف يخرج من قناة مخصوصة في جسم العنكبوت . وقد دقّق بعض العلماء

الجرمانيين في فحص هذه الخيوط فوجدا انهُ اذا ضُمّ ٤٠٠٠٠٠٠٠٠٠ خيط منها الى خيطٍ واحد لم تكن اغلظ من شعرة واحدة من شعر لحيتهِ . ولما كان كل خيط منها مؤلّفًا من اربعة آلاف خيط ادق منهُ كما تقدّم فكل خيط من الخيوط الدقيقة يساوي غلظهُ $\frac{1}{16000000000}$ من غلظ شعرة واحدة من شعر البشر ولذلك قيل ان نصف ليبرا من خيوطها الغليظة تحيط بكرة الارض اذا جُعلت خيطًا واحدًا ولُفّت حولها. هذا ولو مددنا تلغرافًا حول الارض على خط الاستواء لاقتضى لهُ خمسون الف الف ليبرا من الشريط

اذا وضعنا قمحة من السترِكنين[1] في ١٧٥٠٠٠٠ قمحة من الماء شعرنا بطعمها في كل قمحة منهُ . ففي كل قمحة من الماء اذًا $\frac{1}{1750000}$ من قمحة من الستركنين وهذا المقدار الصغير يشعر بهِ من يذوقهُ * واذا ذوّبنا قطعة من الفضة بقدر $\frac{1}{1000000000}$ من القيراط المكعّب في الحامض النتريك . ثم صببناها في مئة قيراط مكعّب من الماء واذبنا فيها قليلاً من ملح الطعام يتعكّر المذوّب ويصير ابيض لبنيًا ويبقى هذا اللون ظاهرًا للعين ولو في ما يساوي $\frac{1}{100}$ من القيراط المكعّب وفي ذلك من الفضّة $\frac{1}{10000000000}$ فقط من القيراط المكعّب[2]

واذا فحصنا الهباء الذي نراهُ يَسطَع في البيوت من ضوء الشمس وجدنا كثيرًا منهُ بزر نبات . فاذا وقع هذا البزر على ارض رطبة نما وتكوّنت منهُ العفونة . ثم اذا فحصناها بمكرسكوب رأيناها غابًا كبير الاشجار مشتبك الاغصان حال كون العين وحدها لا تميّز شيئًا من ذلك

ففي هذه الأمثلة ندرك صفة التجزّء بحاستي الذوق والبصر فاذا عجزت حاسة

---

(١) الستركنين ضرب من السم وهو كثير الاستعمال في الطب دواء

(٢) يظهر عظم هذا العدد ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ من الفرض الآتي وهو: انهُ لو ابتدأ آدم بعد واحدًا كل ثانية من ساعة خلقهِ المعهودة الى الآن ما كمّل ربعهُ . ولو ابتدأ هو وحواء معًا في ذلك العدّ واشتغلا ليلاً ونهارًا على المعدل المذكور ما ذاقا طعم الراحة الاّ بعد مضي نحو عشرة آلاف سنة من الآن فكيف بهذا العدد ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ١٠

البصر عن ان تدركها مجرّدةً استخدمنا مع العين المكرسكوب كما تقدّم . ويظهر من هذه الأمثلة ان هذا التجزؤ لا ينتهي بل ان المادّة تقبل الانقسام مهما صغرت اقسامها ولكنّ راي الفلاسفة انهُ وان كان التجزؤُ لم ينتهِ بالتجربة فهو ينتهي في الواقع عند حدٍّ معيّن ويُعرَف رايهم هذا بالراي الجوهري

(٨) الرأي الجوهري * هو ان المادّة مؤلّفة من اجزاء على غاية الصغر تُسمّى جواهر . وان لكل جوهرٍ منها شكلاً ولونًا وثقلاً ونحوها وانها تبقى على حالها ابدًا فلا يلحقها تغيُّر طبيعيٌّ ولا كيماويٌّ . وهذه الجواهر لم يرَها احد ولا برهان قطعيٌّ على وجودها ولكنها توافق العلوم ولا سيما علم الكيمياء ولذلك اجمع العلماء على قبولها

ويستعان على تصوُّر هذه الجواهر وصغرها بما ياتي : ان بعض الحيوانات لشدّة صغرها لا ترى بالعين ان لم تستعن بالمكرسكوب فان ملايين منها تعيش في نقطة ماء صغيرة تَعلَق براس الابرة مثلاً وتنمو هناك وتتكاثر وتموت كما تعيش حيوانات البر في القفار وحيوانات الماء في البحار . ويسطو بعضها على بعض ويقاتل ويفترس بعضها بعضًا كالكواسر والجوارح . وهي كثيرة الوجود وقلَّما يخلو منها مستنقعٌ في ايام الصيف . وتصعد في البخار الذي يتصاعد عن الماء بحرارة الشمس وتطير في الجو مع الهباء ثم تعيش وتكثر حيثما نزلت ووافقتها الرطوبة والحرارة . ومع كل صغرها فقد تحجَّر منها افواج لا تحصى حتى كوّن منها طبقات متسعة من الصخور الطباشيرية في الارض . فاذا فحصنا ترابة طرابلس التي يُصقَل بها رأيناها مؤلّفة من هياكل هذه الحيوانات التي لا يساوي وزن هيكلٍ منها اكثر من $\frac{1}{187000000}$ من القمحة وكذلك اذا فحصنا الطباشير رأيناهُ مؤلّفًا من اصدافٍ دقيقة على غاية الصغر . فالذي يفكّر في صغر الحيوانات التي كانت عائشة فيها يكاد يعجز عن ادراك اجسامها بجملتها . فكيف اذا قيل لهُ ان لكل حيوان منها معدةً او اكثر لهضم

طعامهِ والاغتذاء بهِ وان طعامهُ لا يدخل الى معدهِ ولا يغذّيهِ الّا بعد ما يدور في اقنية متعددة في جسمهِ. ثم لا يخفى ان طعام هذه الحيوانات مؤلّف من دقائق سائلة ودقائق جامدة كاطعمة باقي الحيوانات فهذه الدقائق هي بالضرورة اصغر من كل ما ذُكِر حتى يكاد صغرها لا يدرك. ولكنها مع ذلك مؤلّفة من اجزاء اصغر منها وهي الجواهر التي تتألّف منها الدقائق كما تقدّم

(٩) المساميّة * المساميّة هي كون الجسم ذا مسامّ كبيرة كانت حتى تراها العين كما في ثقوب الخبز والاسفنج والفخّار او صغيرة حتى لا تراها العين كما انها لا ترى الجواهر. وسبب وجود المسام في الاجسام هو ان دقائق الجسم لا تلتصق بعضها ببعض التصاقًا تامًّا بل يبقى بينها فسحات صغيرة فاصلة بين دقيقة واُخرى

(١٠) المسامّ والجواهر * ان المسامّ الصغيرة وان تكن لشدة صغرها لا ترى بالمكرسكوب فهي اكبر من الجواهر بما لا يقاس. فلو تصورنا ان في المسام حيوانًا صغيرًا جدًّا جدًّا بحيث يعيش على جوهر من الجواهر كما يعيش انسانٌ منا على الارض. وفرضنا ان ذلك الجوهر واقع في وسط حجرٍ لكان الحيوان المشار اليهِ يرى اقرب الجواهر اليهِ بعيدة جدًّا عنهُ كما نرى نحن الشمس والقمر والنجوم وربّما كان يحتاج لمعرفة تلك الجواهر الى نظّارات كبيرة كما نحتاج نحن اليها لمعرفة الاجرام السماوية. فيظهر من ذلك اتساع المسام بالنسبة الى الجواهر. وتتضح المساميّة بالامثال الآتية

اولاً . اذا ملأنا كاسًا ماء امكن ان نزيدها ملحًا كثيرًا بدون ان نشعر بزيادة حجم الماء وانما ينبغي ان نزيد الملح شيئًا فشيئًا ليذوب ويفلت الهواء منهُ في فقاقيع . ثم امكن بعد هذا ان نزيد كثيرًا من دقيق السكر وبعدهُ جسمًا آخر يقبل الذوبان ويبقى الماء قدر ما كان اولاً . والسبب في عدم ازدياد الماء هو ان دقائق السكّر اصغر من دقائق الملح ودقائق الملح اصغر من دقائق الماء . فتحلُّ دقائق الملح في المسام التي بين دقائق الماء ودقائق السكّر في المسام التي بين دقائق الملح . كما اذا ملأنا صحنًا برنقالاً فانهُ يسع فوقهُ كثيرًا من الحمّص وفوق الحمّص مقدارًا من الحصى الصغيرة وفوق الحصى رملاً وفوق الكل قليلاً من الماء

ثانيًا . اخذ بعض اهل فيورنسا بايطاليا كرة مجوّفة من الذهب وملأها ماء ثم سدّها سدًّا محكمًا وضغطها من الخارج فتسطّحت قليلاً وصغر حجمها فخرج الماء من مسامها وتجمّع على سطحها نقطًا كنقط الندى . فتحقّق من ذلك ان الذهب ذو مسام ومسامهُ اكبر من دقائق الماء . وكان ذلك في القرن السابع عشر

ثالثًا . ان الذين يريدون تجربة المدافع الكبيرة يضغطون الماء فيها حتى يرشح من مسامها ويصير زَبَدًا على سطوحها ثم يتجمع ويقطر عنها

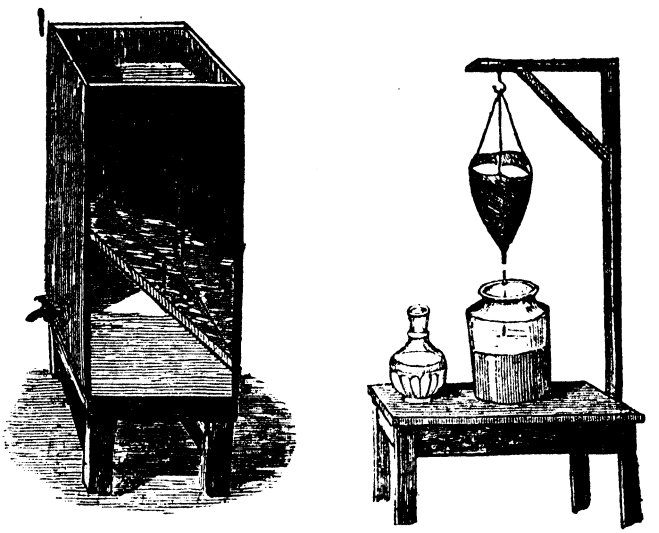
رابعًا . ان الاعمدة الحجرية والقناطر تنضغط احيانًا فتقصر اذا كانت تحت بناء عظيم لزيادة ثقلهِ . قيل ان اعمدة قبة الپانثيون[1] في باريس قد قصرت بسبب ما عليها من الثقل

خامسًا . اذا طُمِرت النار في الرماد لاتنطفئُ لان الرماد ذو مسام فيدخل منها ما يكفي من الهواء لاشعال الفحم اشعالاً بطيئًا فلا ينطفئُ

سادسًا . ان الكيماويين والصيادلة والعطّارين وغيرهم ينتفعون بالمساميّة في ترشيح المواد وتصفيتها لان المِرْشحة لا تصلح الاّ اذا كانت ذات مسام كما هو معروف .

(١) الپانثيون ومعناها كل الآلهة اسم لكل بناء مستدير مفرز لعبادة جميع الآلهة وقد يطلق الآن على الابنية المستديرة المفرزة لجميع الفديسين اولغير ذلك . اشهرها الپانثيون الذي بناهُ اغريپا برومية سنة ٢٥ قبل المسيح

فيوضع فيها السائل المراد تصفيتهُ فتنزل دقائقهُ من مسامها وتبقى فيها المواد الجامدة كالعكر ونحوهِ. وعلى هذه الكيفية يصفو الماء في الطبيعة من الاكدار والاقذار لانهُ يخلّل الحصى والرمال وينفذ من الخلايا التي بينها نقيًّا صافيًا. وعلى هذه الكيفية ايضًا يصفُّون الماء في الحياض فانهم يقسمون الحوض في الوسط ويضعون في الجانب الواحد رملاً وفحمًا وفي الجانب الآخر الماء فيجري الماء من خلال الرمل والفحم ويتنقّى. وهكذا تصنع المراشح الصغيرة ايضًا وهي عبارة عن صندوق يملأ حصًى وفحمًا الاَّ قليلاً منهُ وفي اعلاهُ وعاء يصبُّ فيهِ الماء فيتحلَّب الى اسفل الصندوق ويخرج من هناك بحَنَفيَّةٍ كما ترى في الشكل الاول



الشكل ١

سابعًا. ان الغازات اجسام ذات مسام كما يظهر من انَّا اذا ملأنا وعاء غازًا من الغازات فالوعاء يسع غازًا غيرهُ ايضًا وهو ملآن كأنَّ الغاز الاول غير موجود. وسبب ذلك هو ان دقائق الغاز الثاني تدخل بين دقائق الغاز الاول وتستقرُّ هناك وهذا معنى قولهم "الغاز الواحد فراغ للآخر"

(١١) الاستمرار * الاستمرار هو كون المادّة تبقى على حالٍ واحدة من الحركة والسكون لانها لاتقدر من نفسها ان تتحرك اذا كانت ساكنةً ولا ان تسكن اذا كانت متحركةً. فاذا تركنا كتابًا في مكان ثم رجعنا ولم نجدهُ علمنا ان شخصًا اخذهُ من مكانهِ لانهُ لايقدر ان ينتقل من ذاتهِ. وكذلك اذا رمينا حجرًا فالحجر يبقى متحركًا الى الابد ان لم يعرض لهُ ما يوقفهُ عن حركتهِ. على ان من لم يتفكّر في ذلك يظن ان كل الاجسام من طبعها السكون فاذا قيل لهُ ان الكتاب لا ينتقل من نفسهِ بل يبقى ساكنًا سلّم بديهًا واما اذا قيل لهُ ان الحجر يبقى متحركًا الى الابد اذا لم يوقفهُ شيءٌ آخر استصعب تصديق ذلك لان المشاهدة تدلهُ على ان الحجر يسكن بعد ما يتحرك. والصواب ان الحجر لا يسكن الاّ لاسباب تقاومهُ عن الحركة كما سيأتي مفصّلاً. ويتضح الاستمرار بالامثلة الآتية.

اولاً. اذا كانت عَرَبة ساكنة واردنا ان نمشّيها لزم لذلك قوة عظيمة حتى تتغلّب على استمرارها على السكون ولكن اذا تحركت لم يعد يلزم لتمشيتها كل تلك القوة. واذا اردنا ان نوقفها وهي جارية التزمنا ان نُبذل لذلك من القوة ما بذلناهُ لتمشيتها وهي ساكنة

ثانيًا. اذا كانت عَرَبة جارية وقفز منها انسان يخشى عليهِ ان يضرّ نفسهُ وذلك لان سرعة جسدهِ تكون كسرعة العربة بسبب الاستمرار فمتى لامست قدماهُ الارض تقفان واما جسدهُ فيبقى مسرعًا سرعة العربة فيقع. ولذلك لا يأمن الانسان

ضرر القفز الّا اذا قفز الى الجهة الجارية اليها العَرَبة ولم يقف عند ما تلامس قدماهُ الارض بل يركض قليلاً حتى يتغلّب على استمرار جسدهِ فيدور حينئذٍ كيف شاء

ثالثًا . اذا اردنا ان ننفض ثوبًا من الغبار نحركهُ وبذلك يبعد الثوب بغتةً عن دقائق الغبار الملتصقة بهِ وتبقى دقائق الغبار في موضعها بسبب استمرارها على السكون فتنفصل عنهُ . وكذلك اذا اردنا ان ننفض كتابًا نضربهُ بآخر فيتحرك هو وما عليهِ من الغبار حركة سريعة ثم انهُ يقف بملامسة الكتاب الآخر لهُ واما الغبار فيبقى متحركًا بالاستمرار فينفصل عنهُ

مسائل للتمرين * اذا ركض فرس بفارس ثم وقف بغتة فالى اي جهة يسقط الفارس . اذا وقفنا في قارب فلماذا نميل الى الوراء عند ما يبتدئُ القارب في السير . اذا طاردنا مطاردٌ فلماذا نعجو منهُ بالركض المعرَّج . اذا دارت عرَبة بزاوية فلماذا يخشى انقلابها . اذا وضعتَ كرتونة على اصبعك ووضعت على الكرتونة درهمًا يمكنك ان تدفع الكرتونة ويبقى الدرهم على اصبعك فما تعليل ذلك . اذا اردنا ان نقفز قفزًا كبيرًا فلماذا نطيل الجري قبلهُ . اذا ركبت فرسًا فكيف تميل عند ما تركضهُ اوتوقفهُ او تديرهُ في دائرة

(١٢) البقاء او عدم الملاشاة * هو كون المادة لا تفنى الّا بامر خالقها فمهما فعلنا بها لا نلاشيها وانما نغيّرها من صورة الى أُخرى . فاذا قطعنا شجرة مثلاً ثم نشرناها الواحًا وبنينا من الالواح بيتًا فاحترق البيت ولم يبقَ منهُ الّا الرماد لا تفنى المادة[1] بل تبقى جواهرها نفسها في الرماد وما تصاعد عنهُ من الدخان وغيرهِ ولا

(١) يحكى ان السر ولتر رالي كان ذات يوم يدخن عند اليصابات ملكة الانكليز فقال لها الى اشارط على معرفة ثقل هذا الدخان الصاعد عن غليوني فشارطتهُ على ذلك فلما فرغ وزَن ما بقي في غليونهِ من الرماد وطرحهُ من وزن التبغ الذي وضعهُ في غليونهِ فبقي وزن الدخان . قيل فاقامت الملكة بما تعهدت فَرِحةً بانها قد تعلمت بهِ شيئًا عن البقاء

تتغير شكلاً ولا لوناً ولا ثقلاً خلافاً للقدماء فانهم كانوا يزعمون ان الجسم اذا احترق يتلاشى بعض مادتهِ حتى اوضح فساد ذلك الفيلسوف لافوازيي بان حرق جسماً وجمع كل ما تطاير عنهُ وما بقي منهُ ووزنهُ فلم يجد فيهِ نقصاً

(١٣) الانضغاط * هو نتيجة المسامية ودليل عليها وتمتاز بهِ الغازات لانها تنضغط اكثر من الجوامد والسائلات . واما الجوامد فيلزم لضغطها قوة اشدُّ من القوة التي تنضغط بها الغازات. واما السائلات فتكاد لا تنضغط على الاطلاق ولذلك انكر الناس انضغاطها زماناً طويلاً . وهي وان كانت تنضغط لم يقدر الانسان ان يستخدم انضغاطها لعملٍ من الاعمال

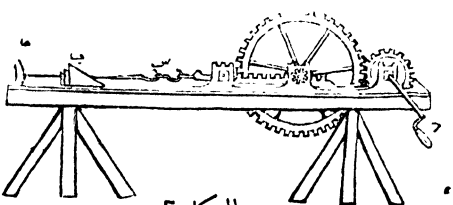
(١٤) الثقل * هو صفة من صفات المادَّة العامَّة ولكنهُ ليس لازماً لها اذ يمكننا ان نتصوَّر مادة لا ثقل لها . وهو نتيجة الجاذبيَّة فلولاها لم يكن للاجسام ثقل ولو كان في الكون جسم واحد فقط ما كان لهُ ثقل لعدم وجود ما يجذبهُ الى جهة من الجهات وسيتضح ذلك بالتفصيل ان شاء الله

الفصل الثاني

في صفات المادَّة الخاصَّة

(١٥) اننا تكلَّمنا في ما سبق عن اشهر صفات المادَّة العامَّة والآن نتكلم عن صفاتها الخاصَّة فنقول. الصفات الخاصَّة هي التي تختصُّ ببعض الاجسام دون البعض الآخر. واشهرها الانسحاب والانطراق والصلابة والمرونة والقساوة والانقصاف. وكلها حاصلة من تكيُّف جاذبيَّة الملاصقة تكيُّفات شتَّى. وسيأتي الكلام على جاذبيَّة الملاصقة

(١٦) الانسحاب * هو كون الجسم ينسحب شريطًا وهذه صورة آلة لسحب الحديد شريطًا



الشكل ٢

فالحرف ب يدل على صورة صفيحة من الفولاذ مثقوبة ثقوبًا تتناقص في الاتساع بالتدريج. والحرف ا على صورة قضيب من الحديد مرأس من احد طرفيهِ حتى يدخل في الثقوب. وبعد دخولهِ يُمسَك بكلاَّبين س ويدار الدولاب بالمقبض د فيسحب الكلاَّبان القضيب فيستدقُّ ويستطيل. ثم يُدخَل في ثقب أَضيق من الثقب الاوَّل ويُسحَب كما سُحِب اوَّلًا. ثم يُدخَل في ثقب آخر اضيق من هذا وهلمَّ جرًّا حتى يصير في الثخن

المطلوب . وتختلف سرعة السحب من قدم الى ست اقدام في الثانية حسبما يراد شكل الشريط ونوعهُ وتدهن الثقوب جيدًا بدهن او شحم . وبعد ما ينسحب القضيب بضع مرات يقلُّ انسحابهُ فيلدَّن باحمائهِ في الكور ثم يترك ليبرد رويدًا فيصير شريطًا . وكلما ازداد الحديد سحبًا زاد صلابةً فاذا كان قضيبٌ منهُ مساوٍ لربع قيراط مربع يحمل مئَة وعشرين قنطارًا فاذا انسحب شريطًا غليظًا حمل مئَة وستين قنطارًا واذا انسحب شريطًا دقيقًا حمل ثلاث مئَة وستين قنطارًا

واعلم ان الذهب والفضة واللاتين[1] اشدُّ المعادن انسحابًا . فاذا لُدِّنا قضيبًا من الفضة غلظهُ قيراط وَرَق الذهب ينسحب حتى يصير دقيقًا كالشعرة ويبقى الذهب عليهِ منسحبًا معهُ . وعلى ما تقدَّم يمكن ان ينسحب ٣٦ درهمًا من الذهب حتى يذهَّب بها طول مئَة ميل من الخيوط المذهَّبة التي يطرَّز بها . ومع ان اللاتين اثقل من الحديد نحو ثلاث مرات ينسحب شريطًا دقيقًا الى الغاية حتى تبلغ الفحمة منهُ طول مئَة ميل . والنحاس ينسحب كثيرًا ايضًا فانهم ينسجون من شريطهِ نسيجًا كالشبك دقيقًا جدًّا بحيث يكون فيهِ سبعة وستون الف خُرْبٍ في مساحة قيراط مربَّع

(١٧) الانطراق * هو كون الجسم قابلاً للتطريق والتصفيح . واشدُّ المعادن انطراقًا الذهب فانهُ ينطرق حتى يصير رقيقًا كالورق ويعرف حينئذٍ بورق الذهب وهذه طريقة اصطناعهِ

تُؤخذ سبيكة من الذهب وتمرُّ مرارًا كثيرة بين اسطوانتين من الفولاذ تدوران قريبتين احداها من الاخرى فاذا كان وزن السبيكة اثني عشر درهمًا تنطرق حتى يصير عرضها قيراطًا وطولها خمس عشرة قدمًا . ثم تقصُّ قطعًا طول القطعة منها قيراط ويُؤخذ منها مئَة وخمسون قطعة وتوضع مع قطع من الورق الشديد مساحة القطعة اربعة قراريط مربعة بحيث تلي كل قطعةٍ من الذهب قطعة من الورق .

(١) البلاتين معدن ابيض اللون كالفضة وهو اثقل جميع المعادن واقسى من الحديد

وبعد ذلك تخبط خبطًا شديدًا بمطرقة ثقيلة حتى تنطرق قطع الذهب وتصير كقطعة الورق في الاتساع. فتُفرَز من بين الورق ونقصُّ كل قطعة منها الى اربعة اقسام فتصير ٦٠٠ قطعة. ثم تُوضَع كلها في جلد يستعملهُ طارقو الذهب وتخبط ثانيةً وتخرج وتُنشَر بالتنفُّس عليها ونقصُّ ايضًا كل قطعة منها الى اربعة اقسام فتصير ٢٤٠٠ قطعة. ثم تُؤخذ هذه وتخبط ثالثةً وتخرج وتُنشَر ونقصُّ وهكذا حتى يصير سمك ٢٦٠٠٠٠ ورقة منها معًا قيراطًا واحدًا. فتسوَّى حينئذٍ وتوضع خمسًا وعشرين خمسًا وعشرين بين اوراق كتب صغيرة * ومن الاجسام المنطرقة جدًّا النحاس الاحمر فان النحَّاس يصطنع مغرفة مجوفة محكمة بتطريق كتلة غليظة منهُ

(١٨) الصلابة * هي كون الجسم شديدًا لا يُفسَخ بسهولة. واصلب المعادن الحديد فان شريطة منهُ قطرها ٠٫٧٨ من القيراط تحمل ثقل ٤٥٠ ليبرا فلو بدلنا شريط الحديد بشريط رصاص من ثخنهِ لانقصف بثقل ٢٨ ليبرا فقط

(١٩) المرونة * هي رجوع الجسم الى حالتهِ الاصلية بعدما يكون مضغوطًا او ممطوطًا او مفتولًا فهي على ثلاثة انواع مرونة الضغط ومرونة المطّ ومرونة الفتل. ولنشرح هذه الثلاثة الانواع بالتفصيل

(٢٠) مرونة الضغط * اولًا. ان كثيرًا من الجوامد تظهر مرونة الضغط فيهِ بوضوح تام فمن ذلك سيف عُرِض في معرض بلندن كان يلتوي حتى يمس راسهُ مقبضهُ ولا ينقصف ويرجع مستقيمًا كما كان حالما يرفع الضغط عنهُ. ومن ذلك العاج وتظهر مرونتهُ هكذا: ادهن سطحًا صقيلًا مستويًا من الرخام بزيت ثم ارمِ عليهِ كرة من العاج فتترك الكرة اثر مماستها على سطح الرخام وهذا الاثر يتّسع

كلما زيد العلو الذي تُرمى الكرة منهُ . وذلك دليل على ان كرة العاج تنضغط عند ما تمسُّ الرخام فتتسطَّح كما تتسطَّح طابة الهواء اذا اصابت حائطًا او نحوهُ ثم ترجع بالمرونة الى حالتها الاصلية فتندفع عن سطح الرخام كما تندفع الطابة راجعةً عن الحائط . اما اللاتونة والدلغان والعجين ونحوها فقليلة المرونة

ثانيًا . ان السائلات لا تنضغط الاَّ بصعوبة كليَّة[1] ولكن اذا ارتفع الضغط عنها ترجع الى حالها الاولى فهي اذًا مرنة

ثالثًا . ان الغازات تنضغط بسهولة وهي تامَّة المرونة . فاذا ضغط جسم سطح الماء وكان ضغطهُ لكل قيراط مربَّع من الماء يساوي ثقل ١٥ ليبرا لا يصغر حجم الماء الاَّ $\frac{١}{٢٠٠٠٠}$ منهُ فقط واما اذا انتقل ذلك الضغط الى غاز فان حجمهُ يصغر الى نصف ما كان اولاً . ويمكن ان يترك الغاز سنين منضغطًا ثم يرجع كما كان حالما يرفع الضغط عنهُ

(٢١) مرونة المطّ * هذه تشاهد كثيرًا في الجوامد وقليلاً في السائلات ولا وجود لها في الغازات . مثالها في الجوامد . اذا مطَّ المغيط وتُرك يرجع حالاً كما كان واذا لم يترك يبقى شادًّا طالبًا الرجوع الى ما كان عليهِ . الاَّ انهُ هو وبقية الجوامد اذا مطَّت زمانًا طويلاً تفقد مرونتها شيئًا فشيئًا ولذلك يرخي الموسيقيون اوتار آلاتهم اذا لم يريدوا ان يضربوا عليها فلا ترتخي * ومثالها في السائلات . اذا كان على فم قنينة نقطة ماء ومسسناها بقضيب من الزجاج نمطُّ قليلاً ثم اذا تركناها ترجع بالمرونة نقطة مستديرة كما كانت . واما الغازات فلا يظهر فيها شيء من ذلك

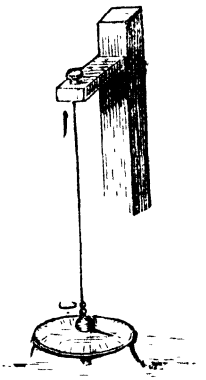
(٢٢) مرونة الفتل * هي صفة لبعض الاجسام بها يرجع الخيط الى حالهِ

---

(١) ويتضح ذلك من الجدول الآتي وهو عبارة عن انضغاط السائلات المذكورة فيهِ تحت هواء ثقلهُ ١٥ ليبرا على كل قيراط مربَّع

الماء	$\frac{٥٠}{١٠٠٠٠٠٠}$	الايثر	$\frac{١٥}{١٠٠٠٠٠٠}$	الكلوروفورم	$\frac{٦٥}{١٠٠٠٠٠٠}$
الزئبق	$\frac{٥}{١٠٠٠٠٠٠}$	الكحول	$\frac{٩٩}{١٠٠٠٠٠٠}$	ماء البحر	$\frac{٤٤}{١٠٠٠٠٠٠}$

الأُولى بعد فتلهِ وكذلك الشريط بعد ليّهِ. وهي كبيرة المنفعة في العلوم الطبيعيَّة لانها دقيقة القياس فتُقاس بها بعض القوى بدقَّة عظيمة. وهذه صورة آلة مبنيَّة عليها اسمها ميزان الفتل وسيُذكَر في باب الكهربائيَّة



الشكل ٣

(٢٣) القساوة * هي كون الجسم لايذعن للضغط الاَّ بصعوبة فيقال عن جسم انهُ اقسى من غيرهِ اذا كان يخدشهُ او ياكل منهُ. والقساوة لاتتوقَّف على الكثافة[1] فالذهب مثلاً اكثف من الحديد ولكن الحديد اقسى من الذهب والزئبق اكثف من الحديد ضعفين مع ان الزئبق سائل والحديد جامد

(٢٤) الانقصاف * هو كون الجسم سهل الكسر وكثيرًا ما يكون في الاجسام القاسية كالزجاج فانهُ يخدش الحديد ولكنهُ سهل الكسر جدًّا

(١) الكثافة هي مقدار المادة في جرمٍ مفروض فيقال ان هذا الجسم كثيف اذا كانت مادتهُ كثيرة ودقائقهُ محشودة متقاربة. وضدهُ اللطيف وهذا يقال غالبًا عن الغازات كما ستعلم



الباب الثاني

في الجاذبيَّة

الفصل الاوَّل

في قوَّتَي الجذب والدفع بين الدقائق

(٣٥) تُسمَّى هاتان القوتان[1] بقوَّتَي الدقائق لانهما توجدان في دقائق المادَّة وتفعلان على ابعاد لا يُشعَر بها لصغرها كما يتضح ممَّا يأتي: اذا اردنا ان نفسِّخ حديدة لم نقدر على ذلك لان بين دقائقها قوةً تمسكها بعضها ببعض بحيث تبقى متلاصقة وتقاوم قوَّتنا. وكذلك اذا اردنا ان نضغطها وجدنا لن بين دقائقها قوة تبعدها بعضها عن بعض وتقاوم قوَّتنا مع ان انضغاطها ممكن لابتعاد دقائقها بعضها عن بعض بسبب المسام التي بينها. فيستنتج من ذلك انَّ بين دقائق المادَّة قوَّتين متضادَّتين احداها تجذب

(١) القوة هي ما يحدث الحركة او يبطلها كما سيجيء

الدقائق بعضها نحو بعض وتُسمَّى قوة الجذب والأُخرى تدفعها بعضها عن بعض وتُسمَّى قوة الدفع. اما قوَّة الدفع فهي قوة الحرارة لاننا اذا احمينا ثلجةً مثلاً فقوة الجذب تتناقص بين دقائقها وقوة الدفع تتزايد حتى تصير الثلجة ماءً اي حتى يصير الجامد سائلاً وتتغلَّب قوة الدفع بزيادة الحرارة حتى يصير ذلك الماء بخارًا. ثم اذا ابطلنا الحرارة وبرد البخار يصير ماءً ثم ثلجًا فيرجع جامدًا كما كان

(٣٦) قوة الجذب * واما قوة الجذب فعلى ثلاثة انواع جاذبيَّة الملاصقة وجاذبيَّة الالتصاق والالفة الكيماويَّة. اما الالفة الكيماويَّة فتغيِّر الاجسام تغييرًا كيماويًّا والبحث عنها يختصُّ بعلم الكيمياء فلا نتعرَّض لها هنا. واما جاذبيَّة الملاصقة فهي القوة التي بها تلصق دقائق نوع واحد فقط من المادَّة بعضها ببعض وبها يتعلَّق ما يأتي. واما جاذبيَّة الالتصاق فسيأتي الكلام عليها*

(٣٧) حالات المادَّة الثلاث[1] * المادَّة اما جامدة او سائلة او غازيَّة. وهذه الحالات الثلاث تتوقَّف على قوة الجذب وقوة الدفع وبعبارة اخصَّ على جاذبيَّة الملاصقة والحرارة. فاذا كانت قوة الجذب اشدَّ من قوة الدفع في جسمٍ فذلك الجسم جامد.

(١) في اواسط ١٨٧٩ جرَّب كروكس الانكليزي تجارب عديدة امام المجمع الملكي تشير الى وجود حال رابعة للاجسام وراء الغازية

واذا كانت قوة الجذب مساوية تقريباً لقوة الدفع فالجسم سائل واذا كانت قوة الجذب اضعف من قوة الدفع فالجسم غازيٌّ. وكلُّ الاجسام يمكن ان تتحول من حال الى اخرى من هذه الحالات الثلاث[1] فاذا احمينا جسماً جامداً كالثلج تحوَّل الى ماء اي الى سائل ثم الى بخار اي الى غاز. وبالعكس اذا برَّدنا البخار تحوَّل الى ماء ثم الى ثلج. واكثر الجوامد يتحوَّل بسهولة الى السيولة وبعضها يتحوَّل غازاً بدون ان يتحوَّل الى السيولة قبلاً

(٣٨) ان جاذبيَّة الملاصقة تفعل على ابعاد لا يُشعَر بها ويتضح ذلك من الامثلة الآتية

اذا اخذنا رصاصتين وقصصناهما حتى تسطَّحتا ثم ضغطنا الواحدة على الاخرى وادرناها عليها قليلاً نرى انهما تلتصقان عند ما تقترب دقائقهما بعضها الى بعض وتظهر متماسَّة. فالتصاق الرصاصتين لا يحدث الاَّ بجاذبيَّة الملاصقة التي بين دقائقهما * وكذلك اذا اتفق ان لوح زجاج وقع على لوح آخر فقد يلتصقان احدهما بالآخر بجاذبية الملاصقة فيقطعهما الزجَّاج ويصقلهما معاً كانهما لوح واحد * واذا قرَّبنا نقطتين من الزئبق احداهما الى الاخرى تبقيان منفصلتين حتى تتماسَّا فحينئذٍ تتحدان حالاً وتصيران نقطة واحدة * واذا قشرنا قطعتي مغيط واحميناهما قليلاً ثم ضغطنا الواحدة على الاخرى تتحدان وتصيران قطعة واحدة

(٣٩) لحم الحديد * ويتضح ذلك ايضاً من لحم الحديد. فاذا انقصف قضيب من الحديد بيد الحدَّاد واراد ان يلحمهُ بحميهِ من طرفي الكسر الى درجة

(١) لم يحوَّل غاز الاكسجين والهيدروجين والنتروجين الى حالة السيولة الاَّ في اواخر كانون الثاني ١٨٧٧ بتجارب بكتي السويسري وكليتي الفرنساوي فثبت بالتجربة ان كل الاجسام قابلة التحويل من حال الى حال

البياض اي حتى يبيضّ من شدّة الحرارة فبذلك تضعف جاذبيّة الملاصقة فيسهل على الدقائق ان تحرّك بعضها على بعض . ثم يضع احد الطرفين على الآخر ويطرقها بمطرقة ثقيلة الى ان تتقارب الدقائق وتصير جاذبيّة الملاصقة فيها قادرة على ربطها معًا فيلتحم القضيب ويرجع قطعةً واحدةً كما كان . ولا يلتحم من المعادن مثل الحديد الاّ اللاتين لانهما وحدهما يلينان قبلما يذوبان واما الزجاج فيلتحم مثلها وكذلك الكوتابرخا (١) اذا سُخِّن في الماء والعجين والشمع والزبدة ونحوها من الاجسام

(٣٠) السائلات تتجمّع في اشكال كرويّة * امزج ماءً بالكحول حتى اذا القيت في مزيجها نقطةً من الزيت تثبت في وسطهِ . فبذلك لا تجذب الارض نقطة الزيت بل دقائق النقطة تتجاذب فتتحرّك وتترتّب بحيث يصير شكلها كرويًّا . وكل السائلات تتجمّع في نقط مستديرة اذا تُرِكَت لنفسها كما يُشاهَد في قطرات الندى والمطر والزئبق وفي عمل الخردق (٢) وما اشبه . وسبب ذلك هو ان

(١) الكوتابرخا جسم كالمغبط يصنع من عصير بعض الاشجار وهو كثير الاستعمال على صورة انابيب لجر الماء الى غرف البيوت ونحو ذلك

(١) الخردق مركب من نحو جزء واحد من الزرنيخ لكل مئة جزء من الرصاص . ويصنع في ابراج علو بعضها نحو مئتين وخمسين قدمًا . وكيفية عملهِ انهم يذوّبون المركّب على راس البرج ثم يصبونهُ في مصافٍ فينزل من ثقوبها وتتجمع نقطًا مستديرة ويجمد وهو نازل ويقع في بير ماء بعد نزولهِ لئلا يصطدم بجسم جامد فيبرد فيها . ثم يخرجونهُ منها ويضعونهُ في اسطوانة دائرة مثقوبة ثقوبًا متفاوتة في الصغر والكبر فينزل الصغير من ثقوبها الصغار والذي اكبر منهُ من ثقوب اوسع وهكذا يجمع انواعًا انواعًا . ثم يضعونهُ مع الرصاص الاسود على دواليب سريعة الدوران فيحتك بالرصاص فيصقل . ثم يدحرجونهُ على سطوح مائلة موضوعة قريبة بعضها من بعض فاذا كانت الخردقة محكمة الاستدارة قفزت من سطح الى آخر والاّ قصرت عن ذلك . وقد يدحرجونها على سطح واحد مائل فالمستديرة تتدحرج الى اسفلهِ والبقية تتدحرج عن جوانبهِ فلا تبلغ اسفلهُ

جاذبيَّة الملاصقة تجذب الدقائق الى جهة مركز النقطة فلا تزال الدقائق تتحرك حتى تترتَّب على صورة كرة لانهُ حينئذٍ تتساوى جاذبيَّة الملاصقة على دقائقها السطحيَّة اذ الجسم الكروي يكون كل جزء من سطحهِ على بعد واحد من مركزهِ

(٣١) الجوامد تكوِّن بلَّورات قياسيَّة * اذا تحوَّل جسمٌ سائلٌ الى جسمٍ جامد اتَّخذ على الغالب شكلاً منتظمًا لان جاذبيَّة الملاصقة لا تترك دقائقهُ تتجمَّع بعضها على بعض بلا ترتيب بل ترتِّبها وتجمعها في اشكال هندسيَّة على غاية الجمال والاتقان. وتُعرَف هذه الاشكال بالبلَّورات ويُعرَف تحوُّل الجسم السائل اليها بالتبلور . ثم ان كل نوع من المادَّة لهُ بلورات ذات شكل وزوايا خاصَّة بها فالبعض بلوراتهُ طويلة دقيقة كالابر وزواياهُ صغيرة والبعض الآخر بلوراتهُ مكعَّبة وهلمَّ جرًّا . ومن النظر الى اشكال هذه البلورات وزواياها يُعرَف نوع مادَّتها فلو ذُوِّبَت اجسام مختلفة في وعاء واحد ثم جمدت وتبلورت لأمكن لمن يفحص بلوراتها ان يعرف تلك الاجسام من دون ان يكون قد علم بوجودها في المذوَّب . ومن يتأمَّل في حسن اشكال هذه البلورات ودقَّة صنعها وكمال اتقانها ورونقها يحار عقلهُ ممَّا فيها من حسن الذوق واحكام العمل ويقرُّ بعجزهِ . ألا ترى بهاء الماس والعقيق والياقوت وسائر

الحجارة الكريمة فهذه كلُّها بلورات صاغتها الطبيعة بامر باريها على مثال الحسن والاحكام. ومثلها رقَع الثلج والصقيع فان الانسان اذا نظر الثلج على الارض متغلِّظًا متلبِّدًا حسبهُ بلا شكل ولا ترتيب ولكنهُ اذا امعن النظر فيهِ وجدهُ مؤلَّفًا من بلورات متعدِّدة الاشكال غريبة التركيب على غاية الاتقان والترتيب. وكذلك من يراقب سطح الماء وهو يجمد يرى البلورات فيهِ تنتُو من جوانب الوعاء مرتَّبة في اشكال حسنة. واكثر تراب الارض مؤلَّف من بلورات متكسِّرة او متحلِّلة من تأثير الماء والصقيع ونحوهما في صخورها

ومن رام ان يراقب البلورات ليعرف كيفيَّة تكونها معرفة واضحة فعليهِ بان يصطنعها بنفسهِ. فمن جملة الطرق التي تُصنَع بها ان يُضَاف الشب الى الماء السخن حتى لا يعود يذوب شيءٌ منهُ في الماء ثم تمدَّ على وجهِ الوعاء خيوط من جانب الى جانب ويُترَك الماء حتى يبرد. فتتكون حينئذٍ بلورات جميلة ذات ثمانية اجناب على الخيوط وجوانب الوعاء. وكلما طالت مدَّة التبلور كانت البلورات اكبر. وعلى ذلك تكون البلورات الكبيرة التي تكونت في الطبيعة قديمة العهد جدًّا. واما بعض الاجسام فتجمد ولا تتبلور كالزجاج والشمع ونحوهما

(٣٢) ان تقسية المعادن (السقي) وتليينها يوضحان خاصَّة

عجيبة من خصائص جاذبيَّة الملاصقة * فاذا احمينا حديدة ثم غططناها في الزيت او الماء تصير قاسية قصفة . وبالعكس اذا احميناها وبرَّدناها تدريجًا فانها تصير ليِّنة لَدْنة[1] ومن الغريب ان النحاس الاحمر يصير قاسيًا قصفًا بما يصير بهِ الحديد ليِّنًا لدنًا وبالعكس. والمظنون ان ترتُّب دقائق المعادن وقوتها الناتجة عن ذاك الترتُّب يتوقَّفان على المدة التي يبرد المعدن فيها . اما الفولاذ فيُقسَّي باحمائهِ الى درجة البياض وتبريدهِ سريعًا ثمَّ يليَّن باحمائهِ وتبريدهِ تدريجًا وكلما زاد احماؤهُ زادت ليونتهُ

(٣٣) نقط رُوْبِرْت * هي نقط من الزجاج الذائب تُقطَر في الماء فتبرد بسرعةٍ ويجد خارجها متبلورًا تبلورًا قياسيًا . واما باطنها فاذ لا يجد مكانًا ليتمدد فيهِ يضغط خارجها ولكنهُ لا يقدر ان يشقَّهُ لانهُ يكون قد تصلَّب بحيث لا ينكسر ولو طُرِق بمطرقة فاذا كُسِر قسم صغير من ذيلها تكسَّرت كلُّها وتطايرت قطعًا صغارًا

(٣٤) مسائل للتمرين * (١) لماذا لا نقدر ان نلحم قطعة حديد وقطعة نحاس معًا . (٢) لماذا يكون قضيب الحديد اقوى من قضيب الخشب (٣) اذا لحمت قطعة من الحديد جيدًا فلماذا تصير اقوى ممَّا كانت قبلما انقصفت (٤) لماذا تكون نقط سوائل مختلفة متفاوتة الحجم . (٥) اذا صببت الدواء نقطًا فلماذا تكون النقط الاخيرة الباقية في القنينة اكبر ممَّا سواها . (٦) لماذا تكون النقط اكبر اذا نزلت رويدًا رويدًا . (٧) لماذا تكون الانبوبة اقوى من

(١) يراد باللين هنا خلاف القاسي وباللدن خلاف القصف

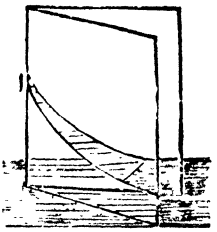
قضيب مُصْمَت وزنهُ كوزنها . (٨) اذا ذُوِّبت قطع من الرصاص معًا فلماذا تصير كلها قطعة واحدة جامدة عند ما تبرد . (٩) ما هي السائلات التي تكون جاذبية الملاصقة فيها اعظم ممَّا هي في غيرها . (١٠) اذكر بعض الجوامد التي تتطاير بدون ان تذوب

(٣٥) جاذبيَّة الالتصاق * هي القوة التي تلتصق بها دقائق انواع مختلفة من المادَّة بعضها ببعض لا دقائق نوع واحد[1] . مثال ذلك اننا نلصق قطعتين من الخشب احداهما بالاخرى بواسطة الغراء وقطعتين من الصيني بواسطة المِلاط وقطعتين من القرميد بواسطة الطين وقطعتين من الفضَّة بواسطة اللحام وقطعة من الزجاج وأُخرى من الخشب بواسطة اللاقونة والورق بالحائط بواسطة الصمغ . وكل ذلك بسبب جاذبيَّة الالتصاق وبها ايضًا يلصق الدهان بالخشب والغبار بالحائط والطباشير باللوح

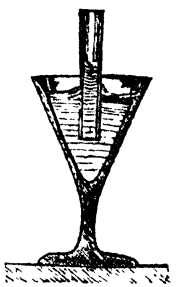
هذا وقد مرَّ معنا ان الماء يتنقَّى من الاكدار بمروره في الفحم فربما كان ذلك لسبب ان جاذبيَّة الالتصاق بين الاكدار والفحم اشدُّ ممَّا هي بينها وبين الماء * اذا نفخنا رغوة الصابون تكوَّنت منها فقاقيع فالماء الذي يكوِّن هذه الفقاقيع يتجمَّع في قشرة رقيقة مغلِّفة للفقَّاعة لان الصابون يضمُّهُ بعضهُ الى بعض بواسطة قوة الالتصاق التي فيهِ

(١) فالفرق بينها وبين جاذبية الملاصقة انها تفعل في انواع مختلفة من المادَّة وجاذبية الملاصقة تفعل في نوع واحد فقط

(٣٦) الجاذبيَّة الشعريَّة * هي نوع من جاذبيَّة الالتصاق. وتظهر جيدًا في الماء اذا وُضع فيهِ لوحان من الزجاج فانهُ يرتفع بينهما كما ترى في الشكل ٤ ولكنها تظهر باجلى وضوح في الانابيب الدقيقة كالشعر[1] ومن ذلك تسميتها بالجاذبيَّة الشعريَّة ولنوضحها الآن بالامثلة الآتية


الشكل ٤

اولًا اذا وضعنا انبوبة صغيرة من الزجاج في الماء ارتفع الماء فيها كما ترى في الشكل ٥ وذلك لان جاذبية الالتصاق بين دقائق الزجاج والماء اشدُّ من جاذبية الملاصقة بين دقائق الماء. فالماء يرتفع في انبوبة الزجاج بقوة التجاذب بينهُ وبينها. وكلما كانت الانابيب ادقَّ زاد ارتفاع الماء فيها


الشكل ٥

ثانيًا اذا وضعنا انبوبة من الزجاج في كاس تحتوي زئبقًا انخفض الزئبق فيها عن مساواة سطحهِ في الكاس كما ترى في الشكل ٦ وذلك لان جاذبيَّة الالتصاق بين دقائق الزئبق ودقائق الزجاج هي اضعف من جاذبيَّة الملاصقة بين دقائق الزئبق. فبين دقائق الزجاج والزئبق تدافع لا تجاذب


الشكل ٦

ثالثًا ان فتائل السرج والشموع هي حزم من الخيوط او الانابيب الشعريَّة التي يصعد فيها الزيت او الدهن او نحوهما ويشتعل فلذلك تحتاج القناديل الكحوليَّة

(١) هذه الانابيب تصنع من انابيب الزجاج باحمائها على القنديل الكحولي ومدِّها فتمتد بقدر ما يراد

الى اقماع تغطي فتائلها عندما لا يراد اشعالها والاَّ يتصاعد الكحول الى رؤوس الفتائل ويتطاير عنها حتى لا يبقى منهُ شيءٌ في القنديل

رابعًا اذا غُمِس طرف منشفة في الماء تبتل بعد برهة يسيرة بسبب صعود الماء في الياقها الدقيقة بالجاذبية الشعريَّة وعلى هذا الحكم يُنشِّف الانسان جسدهُ بعد الاغتسال

خامسًا الورق النشَّاش يمتصُّ الحبر بواسطة الانابيب الشعرية التي فيهِ

سادسًا اذا صُبَّ الماء في وعاء مغروس صعد من مسام التراب ودخل الغرس بالجاذبية الشعريَّة

سابعًا بالجاذبية الشعريَّة يصعد الماء في الارض الى سطحها حيث يبلُّ جذور النبات ويهيِّئُ لها طعامها بتذويبهِ الاجسام التي تغتذي بها. واذا اكتسى سطح الارض جليدًا في الشتاء فالماء يصعد كجاري عادتهِ ويتحوَّل الى جليد وفي فصل الربيع يذوب ويبلُّ التراب فيصيّرهُ وحلاً. ولذلك قد تكثر الاوحال في الاماكن التي ينزل عليها قليل من الثلج او المطر * هذا ولا يخفى ان حرث الارض يحفظها من الجفاف لان السكة تخلخل التراب فتكبِّر المسام الشعريَّة وتقلل صعود الماء الى سطح الارض اذ الجاذبيَّة الشعريَّة تنقص كلما زاد اتساع المسام

ثامنًا ان الحبال اذا امتصت الماء بالجاذبيَّة الشعريَّة تخشن وتقصر فاذا كانت حبال الغسيل مشدودة فقد تنقطع عندما تمطر السماء عليها. وقد يتقلَّص بعض الحبال بشدة وقوة فيرفع اثقالاً عظيمة(١)

---

(١) يتضح ذلك من القصة الآتية: ان في بلاد مصر اعمدة كبيرة على قواعد اقامها الفراعنة وتعرف بالمسلاَّت وقد نقل اكثرها ملوك الرومانيين وغيرهم من اهل اوربا واميركا الى بلادهم. فلما اراد البابا سكستوس الخامس ان ينصب مسلة كبيرة من هذه المسلاَّت في ساحة كنيسة مار بطرس برومية اصدر امرًا بان لا يتفوه احد بكلمة حتى ينادي المهندس ان العمل قد تم والخطر قد مضى. وكان الفعلة يرفعون العمود والناس شاخصون اليهم حتى قارب العمل ان يتم فزاد الشد على الحبال فزلت واوشكت المسلة ان تسقط ففرَّ من كان اسفلها من الفعلة مذعورين واذا صوت ينادي بهم بلوا الحبال فنظروا فاذا هو المهندس زابَغليَا فبلوها فشخنت وانقبضت على المسلة فرفعوها واوقفوها على قاعدتها

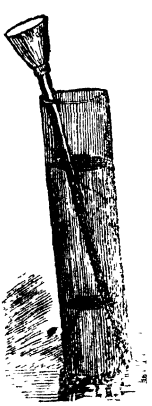
تاسعًا ان البيوت تصير رطبة بدخول الرطوبة اليها من مسام الحجر او الخشب بالجاذبيَّة الشعريَّة

عاشرًا ان اهل جرمانيا يشقّقون حجار الرحى بالحطب. فانهم يقطعونهُ على شكل السفين ويدخلونهُ في شقوق الحجار وهو جاف. فيمتص الرطوبة فيضخم ويشق الحجر الذي هو فيهِ فُسيتغنَى بذلك عن انفاق الدرهم وبذل التعب

(٣٧) التذويب * اذا وضعنا السكّر في الماء يذوب لان جاذبيَّة الالتصاق بينهُ وبين الماء اقوى من جاذبيَّة الملاصقة بين دقائقهِ ولمَّا كانت الحرارة مضعفة لجاذبيَّة الملاصقة (عد ٣٥) فهي تساعد على التذويب ولذلك اذا ذوَّبنا جسمًا في الماء الحار يذوب منهُ في وقتٍ قصير اكثر ممَّا يذوب في الماء البارد في وقتٍ اطول. ولهذا السبب يُسرع تذويب الاجسام اذا سُحِقَت. واذا لم يكن بين الجسم الجامد والسائل جاذبيَّة التصاق فلا يذوب. وبجاذبيَّة الالتصاق يمتصُّ الماء مقدارًا كبيرًا من بعض الغازات كامتصاصهِ للهواء فان الماء لا يخلو من الهواء الذي يزيد طعمهُ لذَّةً. ولذلك اذا صببناهُ من وعاء الى آخر رأينا فقاقيع الهواء الملتصقة بهِ تنزل معهُ ثم تطفو على سطحهِ حيث تنفقئ ويفلت الهواء منها. وقد اشار بعضهم باستعمال هذا المبدإ لتجديد الهواء في المعادن * هذا ولمَّا كان الضغط والبرد يضعفان قوَّة الدفع في الغازات (عد ٣٥) فهما يوافقان جاذبيَّة الالتصاق بين دقائق الغازات ودقائق الماء

ولذلك يفور ماء الصودا ويصير طعمهُ حرّيفًا من غاز الحامض الكربونيك الذي فيهِ . لان ماء الصودا اذا ضُغِط امتصَّ غاز الحامض الكربونيك ثم اذا أُزيل الضغط عنهُ أفلت غاز الحامض الكربونيك منهُ في فواقع لمّاعة واحدث الفوران وافاح الرائحة الحرّيفة التي يُشعَر بطعمها

(٣٨) نفوذ السائلات * املأْ وعاءً طويلاً ماءً ملوَّنًا باللتموس[1] الازرق . ثم ضع فيهِ قمعًا طويلاً يصل الى قعرهِ وصبَّ فيهِ ماءً يحوى قليلاً من زيت الزاج (انظر الشكل ٧) فينزل هذا الماء الى اسفل الوعاء ويبقى مستقلاً عن الماء الاول كما يظهر من لونيهما . ولكنهُ يختلط بهِ بعد بضعة ايام كما يظهر من تغيُّر اللتموس الازرق الى لون احمر . فاختلاطهما احدهما بالآخر هو نفوذهما . واكثر السائلات يختلط بعضها ببعض اذا جُمِعَت في وعاءٍ واحدٍ غير انهُ اذا لم يكن بينها جاذبيَّة التصاق فلا تختلط بل تتفرَّق ولو هُزَّت معًا هزًّا شديدًا


الشكل ٧

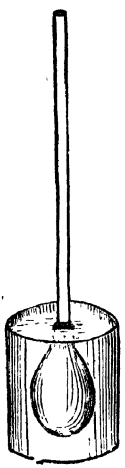
(٣٩) نفوذ الغازات * ان غاز الهيدروجين اخفُّ من الهواء ١٤ مرةً غير انا اذا ملأْنا قنينتين منها ووضعنا التي تحتوي

(١) اللتموس صباغ يستخلص من بعض انواع النبات

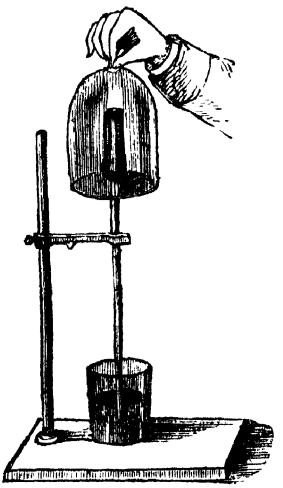
الخفيف الى اسفل والتي تحتوي الثقيل الى اعلى كما في الشكل ٨ رأينا انهما يختلطان اختلاطاً تامًّا بُعَيد قليلٍ. وهذا ما يُعرَف بنفوذ الغازات


الشكل ٨

(٤٠) أُزمُوس السائلات * اذا فصلنا بين السائلات بجسمٍ رقيق ذي مسام فلا تختلط على السواء بل يكون اختلاطها متوقِّفًا على طبائعها وعلى مادَّة ذلك الجسم الفاصل كما ترى ممَّا يأتي: خذ انبوبة من الزجاج وادخل طرفها في مثانة مملوءة كحولًا (الشكل ٩) وضعها في وعاءٍ ملآن ماءً ثم انظر الى حيث يرتفع الكحول في انبوبة الزجاج وسِم هناك سمةً واصبر قليلًا. ثم عُد وانظر فترى الكحول قد ارتفع عن السمة. واذا دقَّقت النظر وجدت ان الكحول يخرج من المثانة ويختلط بالماء والماء يدخل المثانة اسرع من دخول الكحول اليهِ. وقد علَّلوا ذلك بان جاذبيَّة الالتصاق بين المثانة والماء اشدُّ منها بين المثانة والكحول فيدخل الماء الى داخل المثانة بالجاذبيَّة الشعريَّة ويختلط من الداخل بالكحول بنفوذ السائلات وكذلك ينفذ بعض الكحول المثانة ويختلط بالماء. ومهما كانت السوائل فالذي


الشكل ٩

منها يبلُّ الغشاء الفاصل قبل غيرهِ ينفذها اسرع من غيرهِ ايضًا. فلو استعملنا زقًّا من الكُلُوْدِيُون[1] عوضًا عن المثانة في التجربة المذكورة آنفًا لانعكس الامر فيها فكان الكحول ينفذ كثيرًا والماء قليلًا لان الكحول يبلُّ الكلوديون قبل الماء. ويُسمَّى هذا النفوذ أُزموس السائلات



الشكل ١٠

(٤١) أُزمُوس الغازات * ان هذا لم يؤكَّد حدوثهُ ولكنهُ مرجَّح كما يظهر مما يأتي: خذ قدحًا ذا مسام وادخل في فمهِ فلينة ادخالًا محكمًا وادخل في الفلينة انبوبة من الزجاج واقلب القدح فوق وعاء فيهِ ماءٌ وانزل طرف الانبوبة السائب تحت الماء قليلًا واسندها الى شيء ثابت كما ترى في الشكل ١٠ لتثبت كذلك. ثم اقلب على القدح زجاجة واسعة تُعرَف بالقابلة ملآنة من غاز الهيدروجين. فينفذ الغاز من مسام القدح وينزل سريعًا من الانبوبة الى الماء فتظهر فقاقيعهُ عليهِ

(١) جسم لزج يستعملهُ الجرَّاحون دهانًا للجروح ليقيها من العوارض الخارجية ويستعملهُ المصوِّرون بالفوتوغرافيا ايضًا

ولا يخفى ان البلونات الصغيرة التي يلعب بها الاولاد تهبط الى الارض في زمانٍ يسيرٍ وذلك لان غاز الهيدروجين الخفيف الذي تملأ بهِ يفلت من مسامها اسرع من دخول الهواء اليها فتتكمَّش وتهبط الى الارض من ثقلها

(٤٢) مسائل للتمرين * (١) اذا ابتلَّ الجوخ فلماذا يتقلَّص . (٢) اذا تسابق اصحاب القوارب فلماذا يبلُّون القلوع . (٣) لماذا لا يصحُّ تجفيف الكتابة بالقرطاس الاعتيادي . (٤) اذا دُهِن الخشب فلماذا يمتنع عنهُ التقلص . (٥) كيف يكون شكل سطح الماء وسطح الزئبق في كاس من الزجاج . (٦) اذا عصرنا منشفة فلماذا لا تنشف تماماً . (٧) اذا طلي مخمل دقيق بالدهن فلماذا لا ينزل الماء منهُ . (٨) لماذا يذوب الكافور في الكحول ولا يذوب في الماء . (٩) لماذا يرتفع الزئبق في انابيب من النوتيا كما يرتفع الماء في انابيب من الزجاج . (١٠) لماذا يعسر رفع اللوح من الماء . (١١) اذا لوَّث حد الكتاب بالحبر فلماذا يتحلَّل الحبر الى جوانب صفحاتهِ (١٢) اذا انصبَّ الحبر على حافة الكتاب فهل نشدُّ اوراقهُ بعضها على بعض لنعصرهُ منها . (١٣) لماذا لا يمتزج الزيت بالماء (١٤) ما هي فائدة البلبلة في الابريق * الجواب لولا البلبلة لكان الماء ينصبُّ عن جوانب الابريق بجاذبية الالتصاق كما ينصبُّ من الطاس ونحوهِ ولكن البلبلة تسلمهُ لجاذبيَّة الثقل قبل ان تتصرَّف فيهِ جاذبيَّة الالتصاق فينزل منها . (١٥) لماذا يبلُّ الماء اليد ولا يبلُّها الزئبق . (١٦) لماذا يتشقق البرميل ويتكسَّر اذا لم يملأ ماء او يوضع في دهليز (١٧) اذكر بعض الاحوال التي تزيد فيها قوة جاذبيَّة الالتصاق على جاذبيَّة الملاصقة

الفصل الثاني

في الجاذبيّة العامة وجاذبيّة الثقل

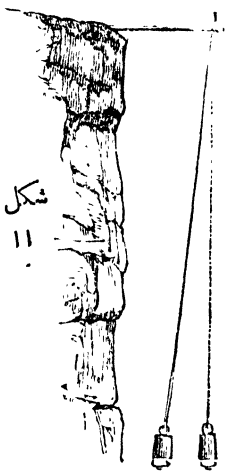
(٤٣) تكلّمنا في ما مضى عن الجاذبيّة التي تفعل بين دقائق الاجسام على بعدٍ غير محسوس وقَصَدنا الآن ان نتكلّم عن الجاذبيّة التي تفعل بين الاجسام على كل بعدٍ من الابعاد وهي تُعرَف بالجاذبيّة العامّة وتجري على ناموس[1] كثير الاعتبار في العلوم الطبيعيّة[2] وهذا تعريفهُ: ان كل جسم من اجسام الكون يجذب غيرهُ بقوّة تناسب مقدار مادّتهِ وتنقص كمربّع البعد عنهُ * فاذا قطعنا فلّينة متساوية الكثافة قطعتين احداهما كبيرة والأُخرى صغيرة ووضعناهما في الماء الواحدة بقرب الأُخرى فانهما تتجاذبان ويزيد جذب الكبيرة على جذب الصغيرة بقدر ما تزيد مادّتها على مادّتها اي ان كلاً منهما تجذب الأُخرى بقوّة تناسب مقدار

(١) الناموس او الشريعة في عرف الطبيعيين الطريقة غير المتغيرة التي يجري الله الطبيعة عليها

(٢) اكتشف ناموس الجاذبية العامّة الفيلسوف اسحق نيوتن. قيل انهُ كان ذات يوم جالساً تحت شجرة من التفاح يتفكر في بعض القضايا العلمية فسقطت امامهُ تفاحة فقال في بالهِ ما الذي اسقط هذه التفاحة الى الارض وما الذي يسقط الجماد من قمم الجبال الى اسفل الاودية. أليست القوة التي تسقط الاجسام هنا تدير القمر ايضاً حول الارض والارض والسيارات حول الشمس. ولم يزل على مثل هذه الافكار حتى اكتشف ناموس الجاذبية هذا

مادَّتها. ثم اذا ابعدناهما الواحدة عن الأُخرى فالجاذبيَّة التي بينهما تنقص ولكن على نسبةٍ تزيد عن البعد. فاذا صار البعد بينهما بقدر ما كان اوَّلاً مرَّتين فالجاذبيَّة لا تنقص عمَّا كانت مرَّتين فقط بل اربع مرَّات اي مربَّع المرَّتين وذلك معنى قولنا ان الجاذبيَّة تنقص كمربَّع البعد. ويزداد ما سبق وضوحًا بالمثالين الآتيين

اذا سقط حجر من مكان عالٍ ينزل الى الارض والارض تصعد اليهِ لانهُ هو يجذبها وهي تجذبهُ. ولكن جاذبيَّتها تزيد على جاذبيَّتهِ بقدر ما تزيد مادَّتها على مادَّتهِ فلذلك يقطع في النزول اليها مسافة اعظم من المسافة التي تقطعها هي في الصعود اليهِ بقدر ما تنقص مادَّتهُ عن مادَّتها * واذا علَّقنا ثقلاً بخيط وربطنا الخيط بجانب جبل فالخيط لا يبقى على استقامتهِ بل يميل نحو الجبل لان الجبل يجذبهُ اليهِ ويظهر ذلك من الشكل ١١ حيث يفرض ا ب المنقَّط الخيط مدلًّى على استقامتهِ و ا ب الخيط منحرفًا نحو الجبل بالقوة التي يجذبهُ الجبل بها. وقد كُبِّرت زاوية الانحراف هنا لزيادة الايضاح



شكل ١١

واعلم ان ناموس الجاذبيَّة العامَّة يصدق على كل عوالم الكون كما يصدق على اجسام ارضنا. فان جميع الأجرام السماويَّة مرتبطة بعضها ببعض بالجاذبيَّة العامَّة فكل نجم من نجوم السماء مرتبط بالارض وببقيَّة الكواكب والارض مرتبطة بهِ وببقيَّة الكواكب وكلها متوازنة ولذلك تهدأُ في السماء على لا شيء. فكأَنَّ جاذبيَّة

الشمس للارض حبل غليظ يمتدُّ منها ويربط الارض. وكأنَّ جاذبيَّة النجوم خيوط دقيقة تخرج منها وتلتفُّ حول الارض ايضاً. وكأنَّ جاذبيَّة الارض للشمس ولبقيَّة النجوم خيوط خارجة منها ومرتبطة بالشمس وببقيَّة النجوم. فكما ان الحبال والخيوط تربط الاجسام بعضها ببعض هكذا الجاذبيَّة العامَّة تربط ارضنا بالاجرام السماويَّة والاجرام السماويَّة بها وتثبِّتها في نواحي السماء

(٤٤) جاذبيَّة الثقل * قد ظهر ممَّا تقدَّم ان في الارض قوَّة تجذب بها الاجرام السماويَّة. فبهذه القوة تجذب ايضاً جميع الاجسام التي عليها نحو مركزها وتُسمَّى حينئذٍ جاذبيَّة الثقل. فاذا قلنا ان هذا الجسم ثقلهُ عشرة ارطال فالمراد ان الارض تجذبهُ اليها بقوة عشرة ارطال[1] وهذا الثقل يختلف بحسب موقعهِ في الارض كما يأتي مفصَّلاً

اوَّلاً. اذا كان الجسم في مركز الارض فثقلهُ لاشيء لأن كل موادّ الارض تجذبهُ بالتساوي الى كل جهةٍ فلا يرجح الى جهةٍ ولذلك يكون عديم الثقل

(١) اذا سقط حجر من مكانٍ عالٍ ينزل الى الارض بجاذبية الثقل كما تقدَّم فلو كانت الارض لا تصدُّهُ عن ان ينزل فيها لبقي نازلاً بالجاذبية الى مركزها. ولكن الارض تصدهُ عن النزول فيها لجمود سطحها فلذلك يبقى مجذوباً اليها وضاغطاً لسطحها فاذا وضع في كفة ميزان يوزن مقدار ضغطهِ. وهذا المقدار هو ثقلهُ فالثقل اذاً هو قياس جاذبية الثقل ونتيجتها

ثانيًا . اذا كان الجسم فوق سطح الارض ينقص ثقلهُ ونقصانهُ يزيد كمربَّع بعدهِ عن مركزها . فلو قيل اذا كان ثقل جسم ١٠٠ رطل على سطح الارض (سطح الارض يبعد عن مركزها نحو ٤٠٠٠ ميل) فكم يكون ثقلهُ على بعد الف ميل عنهُ (اي على بعد ٥٠٠٠ ميل عن مركز الارض) فالعمل في معرفة ذلك ان تقول نسبة (٥٠٠٠ ميل)٢ الى (٤٠٠٠ ميل)٢ :: ١٠٠ رطل الى الجواب وهو ٦٤ رطلاً

ثالثًا . اذا كان الجسم على سطح الارض فثقلهُ يختلف باختلاف عرض المكان الذي هو فيهِ . فاذا كان الجسم على خط الاستواء فثقلهُ ينقص عمَّا اذا كان في مكان آخر لسببين . اولهما ان كرة ارضنا منتفخة عند خط الاستواء . فيكون الجسم هناك ابعد عن مركزها الذي تجذب الاجسام اليهِ فيقلُّ جذبها لهُ وينقص ثقلهُ . وثانيهما ان القوَّة التي تدفع الاجسام عن مركز الارض تكون اشدَّ على خط الاستواء ممَّا على غيرهِ كما سيأتي وذلك ينقِّص الثقل ايضًا * واذا كان الجسم في قطبٍ من القطبين فثقلهُ يزيد عمَّا اذا كان في مكانٍ آخر لسببين ايضًا . اوَّلهما ان كرة ارضنا مسطَّحة من القطبين فالجسم يكون عليهما اقرب الى المركز ممَّا يكون على غيرهما فيزيد جذب الارض لهُ ويزداد ثقلهُ . وثانيهما ان القوَّة

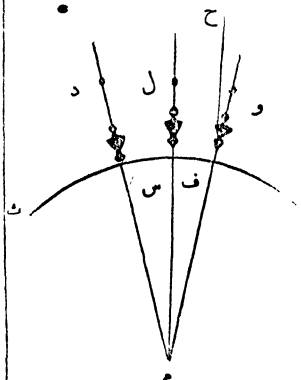
التي تدفع الاجسام عن المركز تكون في القطبين اضعف مما في بقية الاماكن

فائدة * قد تقدم ان الجاذبية العامة وجاذبية الثقل هما من نوع واحد والفرق بينهما انما يكون للتخصيص واما جاذبية الملاصقة فلا يوجد دليل على انها من نوعها. لانها يزيدان بقدر ما تزيد مادة الجسم وينقصان بقدر ما يزيد مربع بعدهِ. واما هي فالظاهر انها لا تزيد ولا تنقص كذلك. والاَّ لكان التصاق الدقائق القريبة من مركز ثقل الجسم بعضها ببعض اشدّ من التصاق الدقائق البعيدة عنهُ بعضها ببعض او من التصاقها هي نفسها اذا كسّر الجسم كسرًا

الفصل الثالث

في الاجسام الساقطة

(٤٥) الخطُّ السمتيُّ * انَّ الارض تجذب الاجسام نحو مركزها كما تقدَّم فاذا بقيت الاجسام بلا معارضٍ نزلت في خطٍّ مستقيمٍ الى مركزها. وهذا الخطُّ يُسمَّى خطًّا سمتيًّا



الشكل ١٢

اذا علَّقنا رصاصة بخيط ودلَّينا الخيط من محلٍّ عالٍ ينزل في خطٍّ سمتيٍّ. واذا تدلَّت خيوط كثيرة كهذا في اماكن متعدّدة فكلها تتجَّه نحو مركز الارض وتلتقي فيهِ لو أُخرِجَت اليهِ كما ترى في الشكل ١٢ فالقوس اث هي قطعةٌ من سطح الارض وم مركز الارض والخطوط دم و لم و وم خطوط سمتيَّة قد أُخرِجَت حتى التقت في المركز

(٤٦) نواميس الاجسام الساقطة * للاجسام الساقطة اربعة نواميس وهي : اولاً . كلُّ الاجسام تسقط بسرعةٍ واحدة اذا جُذِبَت بجاذبيَّة الثقل فقط. فاذا وضعنا درهماً وريشة طائرٍ في انبوبةٍ طويلة كما ترى في الشكل ١٣ وفرَّغنا الانبوبة من الهواء ثم قلبناها بسرعة يسقطان من الطرف الواحد الى الآخر في وقتٍ واحدٍ . واما اذا ادخلنا الهواء الى الانبوبة وقلبناها فالدرهم يسبق الريشة كثيرًا . فيُستنتَج من ذلك ان الاجسام اذا سقطت في الفراغ تسقط بسرعة واحدة وان سبب سقوط الاجسام الثقيلة بسرعة وسقوط الاجسام الخفيفة ببطوء انَّما هو مقاومة الهواء لها وهي ساقطة .



الشكل ١٣

ويظهر ذلك ايضاً مما اذا رمينا ورقة فانها لا تصل الى سطح الارض الاَّ بعد زمان . واما اذا لففناها حتى تلبَّد بعضها على بعض ورميناها فتصل الى الارض حالاً وليس ذلك من نقصان قوة الجاذبيَّة بل من نقصان مقاومة الهواء

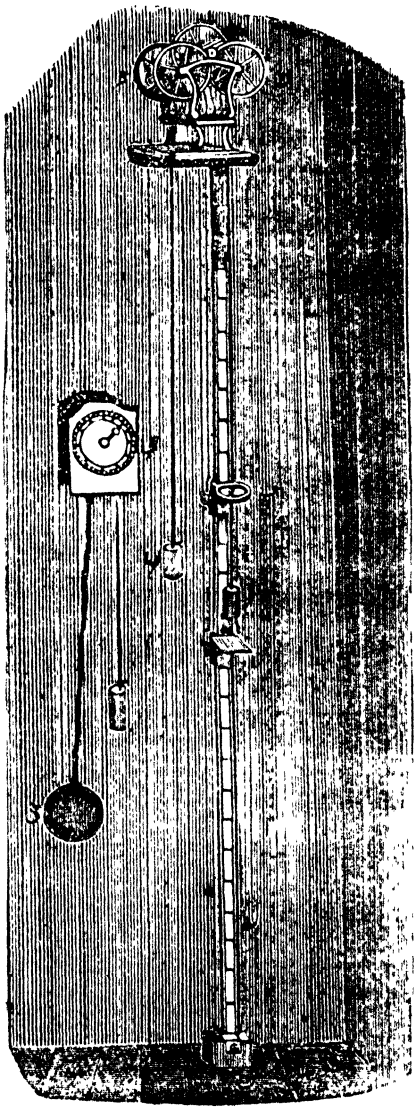
ثانيًا . اذا أُخذ جسمٌ في السقوط صارت سرعتهُ في آخر الثانية

الأُولى ٣٢ قدمًا وقطع في تلك الثانية ١٦ قدمًا. وقد تحقَّق ذلك بتجارب جُرِّبَت بالرقَّاص وبآلةٍ تُعرَف بآلة أَتْوُد * اما كونهُ يقطع ١٦ قدمًا في الثانية الاولى فلأَن سرعتهُ تكون في بداية سقوطهِ صفرًا ثم تزيد تدريجًا حتى تصير في آخر الثانية الأُولى ٣٢ قدمًا ومعدَّل الصفر و٣٢ هو ١٦

واما آلة أَتْوُدّ فالغرض منها قياس سرعة الاجسام الساقطة والابيان التي تقطعها في اوقاتٍ معلومة لانهُ يتعذَّر قياس ذلك بمراقبة الاجسام بلا آلة لعظم سرعتها ولكون الهواء يضادُّها في نزولها فيقلِّل سرعتها عمَّا هي حقيقةً. وهذه الآلة مؤلَّفة من عمودٍ منتصبٍ ل (الشكل ١٤) مرتكز على قاعدةٍ وعلى راسهِ افريز ومن ساعةٍ تتك للثواني. وعلى ظهر الافريز خمسة دواليب والخامس د يقع كلٌّ من طرفي محورهِ على محيطَي دولابين من الاربعة الباقية كما ترى حتى يكون الفرك قليلاً. ويُوضَع في محزّ هذا الدولاب خيطٌ من الحرير معلَّق ثِقَلٌ بكلٍّ من طرفيهِ. ويتصل بالعمود حلقة س تتحرَّك عليهِ صاعدًا ونازلاً ورفٌّ صغيرٌ ايضًا يتحرَّك كذلك. امَّا الحلقة فلكي يمرَّ احد الثقلين منها واما الرفُّ فلكي يهدأ ذلك الثقل عليهِ * ويُصنَع الثِقَلان ا وب متساويين تمامًا ولذلك يهدآن اذا تُرِكا لذاتهما مدلَّين عن جانبي الدولاب ويتحركان اذا زيد على احدهما ثِقَلٌ لاختلال الموازنة حينئذٍ

لنفرض ان وزن كلٍّ من الثقلين ١٢١ اوقيَّة وأنَّا زدنا على الثقل ا قضيبًا من النحاس وزنهُ اوقيَّة واحدة فيكون وزن الكل ٦٤ اوقية. وهذه متى تحرَّكت تتحرَّك بفعل الجاذبيَّة بقوَّة اوقيَّة واحدة فقط فتكون سرعتها $\frac{1}{64}$ من سرعة الاوقيَّة وحدها كما لا يخفى. فبذلك نجعل الجسم يسقط بقوَّة متصلة هي الجاذبية ولكنَّنا

نقلّل سرعتهُ حتى لا تزيد عن $\frac{1}{64}$ من سرعة الاجسام السافطة فنقضي بذلك غرضين الاوّل اننا نتمكّن من قياس حركة الجسم في سقوطهِ والثاني اننا نقلّل مقاومة الهواء لهُ حتى نكاد نفنيها



الشكل ١٤

فاذا اردنا الامتحان بهذه الآلة رفعنا الثقل ا الى راس العمود وعلّقنا بهِ قضيبًا من النحاس بحيث لا ينزل من الحلقة ووضعنا الحلقة على بعد معلوم منهُ والرف على بعد آخر. ثم اذا وصل عقرب الثواني في الساعة الى الصفر تركنا الثقل يسقط هو والقضيب فعند وصولها الى الحلقة يَعلَق القضيب وامّا الثقل فيمرُّ فيها فنستعلم وقت وصولها الى الحلقة من الساعة وكذلك نستعلم وقت وصول الثقل وحدهُ الى الرفّ. وعلى هذا الاسلوب نحقّق الناموس الثاني واللذين بعدهُ

ثالثًا. بعد الثانية الاولى تكون سرعة الجسم ١٦ قدمًا مضروبةً في ٤ للثانية الثانية وفي ٦ للثانية الثالثة وفي ٨ للثانية الرابعة وهلمَّ جرًّا بزيادة اثنين على المضروب فيهِ. وتكون المسافة التي يقطعها ١٦ قدمًا مضروبةً في هذه الاعداد الوتريَّة[1] ٣ و٥ و٧ و٩ الى آخرهِ لكل ثانية على التوالي وللايضاح نقول

يبتدئُ الجسم في الثانية الثانية ولهُ من السرعة ٣٢ قدمًا فالامر واضح انهُ يقع في هذه الثانية ٣٢ قدمًا بسرعتهِ فقط لا بالجاذبيَّة. ولمَّا كان فعل الجاذبيَّة بهِ متصلاً على الدوام يكتسب سرعة ٣٢ قدمًا ايضًا فوق سرعتهِ فتصير سرعتهُ ٦٤ قدمًا اي ٤ × ١٦ كما ذكرنا آنفًا. ثم يبتدئُ في الثانية الثالثة ولهُ من السرعة ٦٤ قدمًا فيكتسب علاوةً عليها سرعة ٣٢ قدمًا ايضًا بالجاذبيَّة فتصير سرعتهُ ٩٦ قدمًا اي ٦ × ١٦ وقس عليهِ ما بقي * ثمَّ ان معدَّل ٣٢ قدمًا وهي سرعة الجسم في اوَّل الثانية الثانية و٦٤ قدمًا وهي سرعتهُ في آخر تلك الثانية هو ٤٨ قدمًا اي ٣ × ١٦ ومعدَّل ٦٤ قدمًا وهي سرعتهُ في اول الثانية الثالثة و٩٦ قدمًا وهي سرعتهُ في آخرها هو ٨٠ قدمًا اي ٥ × ١٦ وقس عليهِ بقية ما ذُكِر آنفًا. فلنا من ذلك هذا الحكم وهو أنَّ سرعات الاجسام كالاعداد الشفعيَّة والابعاد التي تقطعها كالاعداد الوتريَّة

رابعًا. ان الجسم يسقط في ايِّ عددٍ كان من الثواني ما يساوي ١٦ قدمًا مضروبة في مربَّع ذلك العدد

---

(١) يُعرَف العدد الوتريُّ للثانية من الثواني بتضعيف عدد تلك الثانية وطرح واحد من الحاصل مثالهُ: اذا قيل ما هو العدد الوتريُّ للثانية الثامنة فقل ٨ × ٢ — ١٦ و١٦ — ١ — ١٥ وهو العدد الوتريُّ الثامن

فقد تقدّم معنا ان الجسم يسقط ١٦ قدمًا في الثانية الاولى و٤٨ قدمًا في الثانية الثانية فيسقط اذًا في الثانيتين معًا ١٦+٤٨=٦٤ قدمًا اي ٢٢ في ١٦ قدمًا وكذلك يسقط في ٣ ثوانٍ ١٦+٤٨+٨٠=١٤٤ قدمًا اي ٣٢×١٦ قدمًا وهلمّ جرًّا

(٤٧) معادلات الاجسام الساقطة * اذا فرضنا ان الحرف س سرعة جسمٍ ساقطٍ والحرف ب بَيْنُهُ (اي البعد الذي يقطعهُ) و و وقتهُ ينتج معنا ممّا مضى أنّ

(١) س = ٣٢ و

(٢) ب = ١٦ و٢

(٣) س٢ = ٦٤ ب

ثمّ ليدلّ ج على قوّة الجاذبيّة المتّصلة العمل فلنا من المعادلة (٣) هذه المعادلة (٤) س = ٢ ج ب

(٤٨) طريقة سهلة لمعرفة عمق البير * يتضح ممّا تقدّم أنّنا اذا عرفْنا الوقت الذي يسقط فيهِ جسم عرفنا البَين الذي يقطعهُ ايضًا . فاذا رمينا حجرًا في بيرٍ وعددنا الثواني التي تمرُّ قبلما نسمع صوت وقوعهِ على قعرها ثم ربّعنا عدد الثواني وضربناهُ في ١٦ قدمًا يكون الحاصل عمق البير اقدامًا . اما الثواني فتُعَدُّ بساعة ذات عقرب للثواني واذا لم يتيسّر الحصول عليها تُعَدُّ دقّات النبض وتُحسَب كلُّ دقّة ثانيةً . غير انهُ متى صدم الحجر قعر البير

يتأخَّر صوتهُ قليلاً حتى يصل الينا ولكنَّ وقت تأخُّرهِ يكون قصيرًا جدًّا فلا يعتدُّ بهِ هنا

(٤٩) الاجسام الصاعدة * ان ما مرَّ عن الاجسام الساقطة اذا عكسناهُ يصدق على الاجسام الصاعدة ايضًا . فاذا رُمي جسم الى فوق قلَّت سرعتهُ ٣٢ قدمًا كلَّ ثانية بدلاً من ان تزيد لان الجاذبيَّة تضادُّهُ . ولذلك اذا أُريد ايصالهُ الى علو مفروض وجب ان تكون سرعتهُ مساوية للسرعة التي يكتسبها عند سقوطهِ من ذلك العلو الى الارض لانَّهُ يصعد في وقت مفروض بقدر ما يسقط . فاذا اطلقنا قنبلةً في جهة سَمْت الراس فبقيت دقيقتين صاعدة تبقى دقيقتين نازلة ايضًا في رجوعها . ويقتضي ان يكون زخمها عندما تصيب الارض وهي نازلة بقدر ما كان عند خروجها من فم المدفع . ولكنَّ الواقع خلاف ذلك لان الهواء يقاومها في سيرها فينقص زخمها السُّدس وهي صاعدة والسُّدس وهي نازلة

الفصل الرابع

في مركز الثقل

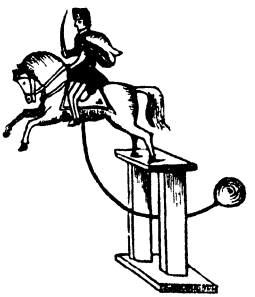
(٥٠) مركز ثقل الجسم هو النقطة التي اذا ارتكزت على شيء توازنت عليها اجزاء ذلك الجسم . وخطُّ الجهة هو الخطُّ السمتيُّ المرسوم من مركز الثقل ويمرُّ مركز الثقل فيهِ اذا سقط الجسم . والجسم الساكن هو ما توازنت الجاذبيَّة على اجزائهِ

اذا هدأت العصا على الاصبع فمركز ثقلها هو نقطتها المرتكزة على الاصبع وخطُّ جهتها الخطُّ الذي يرسم من تلك النقطة عموديًّا على سطح الارض . وهي انما تهدأ لتوازن الجاذبيَّة على اجزائها الواقعة على جانبي مركز الثقل

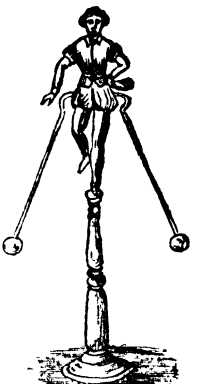
(٥١) حالات الموازنة * الموازنة على ثلث حالات موازنة ثابتة وموازنة غير ثابتة وموازنة مطلقة . فاولًا اذا كان مركز الثقل تحت النقطة التي يرتكز عندها الجسم على شيء او يُعلَّق منها بشيء او اذا كانت ادنى حركة ترفع مركز الثقل قيل ان الجسم في حال الموازنة الثابتة

مثال الشرط الاوَّل الشكل ١٥ حيث ترى صورة رجلٍ مرتكز على قاعدة وقد عُلِّق بهِ كرتان من الرصاص حتى صار مركز ثقلهِ تحت نقطة ارتكازهِ . فما دامت الكرتان معلَّقتين بهِ يبقى متوازنًا وهاديًا واما اذا رُفِعتا عنهُ فيسقط حالًا * ومثال الشرط الثاني اي ان ادنى حركة ترفع مركز الثقل في الموازنة الثابتة

الشكل ١٦ وهو صورة لعبة مصنوعة لتسلية الاولاد فان الحصان وراكبه معلّقان برجلي الحصان ويتصل ببطنهِ شريط ملتوٍ التواءً مستديرًا ومثقّل من طرفهِ الآخر بكرة من الرصاص بحيث يقع مركز الثقل تحت نقطة التعليق . فاذا حُرّكت اللعبة يرتفع مركز الثقل عن وضعهِ فيخطر ذهابًا وايابًا على جانبي نقطة التعليق حتى يهدأ تحتها فتخطر اللعبة بخطرانهِ وتهدأ بهدوئهِ . ويتبيّن ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق

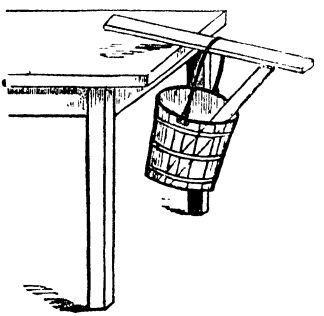


الشكل ١٦

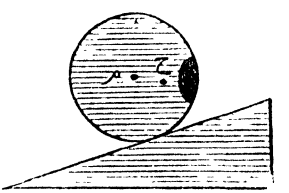


الشكل ١٥

مما يأتي : املأ دلوًا ماءً وعلّقهُ على مائدة بعارضة من الخشب متصلة بعارضةٍ أخرى تدخل الى قعر الدلو وتدفعهُ الى تحت المائدة كما ترى في الشكل ١٧



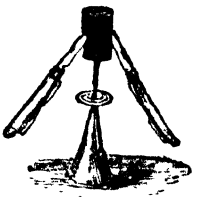
الشكل ١٧



الشكل ١٨

فمصير مركز الثقل حينئذٍ تحت نقطة التعليق فيثبت الدلو ولولا العارضة السفلى لسقط حالاً * وقد يتحرّك الجسم ضدّ الجاذبيّة ظاهرًا اذا طلب الموازنة الثابتة كما يظهر مما اذا اخذنا قرصًا من الخشب وثقّلناهُ بثقل من الرصاص

في جانبهِ كما ترى في الشكل ١٨ حتى يصير مركز ثقلهِ عند ح فاذا وضعناهُ حينئذٍ على سطحٍ مائلٍ يصعد عليهِ حتى يصير مركز الثقل ح اسفل مركز الجسم م الذي يُحسَب نقطة التعليق



الشكل ١٩

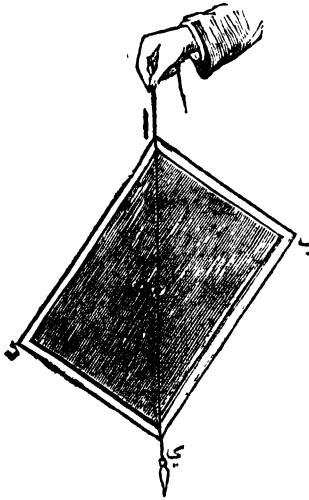
اذا اريد ان تُوقَّف ابرة على راسها فليوضع على احد طرفيها فلينة مغروز فيها سكينان كما ترى في الشكل ١٩ فيوطأ مركز ثقلها ويهدأ على راسها بالموازنة الثابتة

وثانيًا . اذا كان مركز الثقل تحت نقطة التعليق او الارتكاز او اذا كانت ادنى حركة توطِّئهُ قيل انهُ في حال الموازنة غير الثابتة . فاذا اخذنا الفلينة متوازنةً كما في الشكل ١٩ وقلبناها عسر علينا ان نجعلها تتوازن وان توازنت تكون سريعة الوقوع لان ادنى حركة توطِّئ مركز ثقلها

وثالثًا . اذا كان مركز الثقل هو نقطة التعليق او الارتكاز او اذا كانت الحركة لا ترفعهُ ولا توطئهُ قيل انهُ في حال الموازنة المطلقة . فاذا اخذنا كرةً متساوية الكثافة ووضعناها على سطح مستوٍ نقف كيفما وُضِعَت لان مركز ثقلها يتحرَّك في خطٍّ موازٍ للسطح المذكور كيف ادرناها

(٥٢) معرفة مركز الثقل * يُعرَف مكان مركز الثقل إمَّا بجعل الجسم متوازنًا او بتعليقهِ من زاوية من زواياهُ كما ترى في الشكل ٢٠ . تُربَط رصاصة بطرف خيط وتُعلَّق بالزاوية المشار

اليها فيُستعلَم منها خط الجهة ا ى ثم تُعلَّق بزاوية أُخرى فيُستعلَم منها خط الجهة ب د فنقطة تقاطعهما س هي مركز ثقلهِ

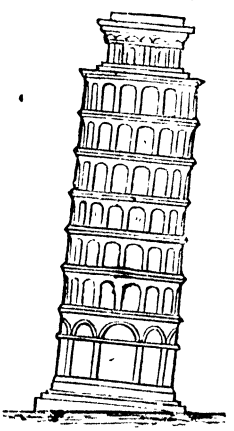


الشكل ٢٠

(٥٢) ان مَنْ يمعن النظر في ما تقدَّم لا يعسر عليهِ فهم القضايا الآتية وهي: اوَّلًا ان مركز الثقل في جسم يطلب اوطأ نقطة فيهِ

وثانيًا . ان الجسم لا ينقلب فيسقط ما دام خط الجهة داخل قاعدتهِ ولكنهُ يسقط حال وقوع خط الجهة خارجها

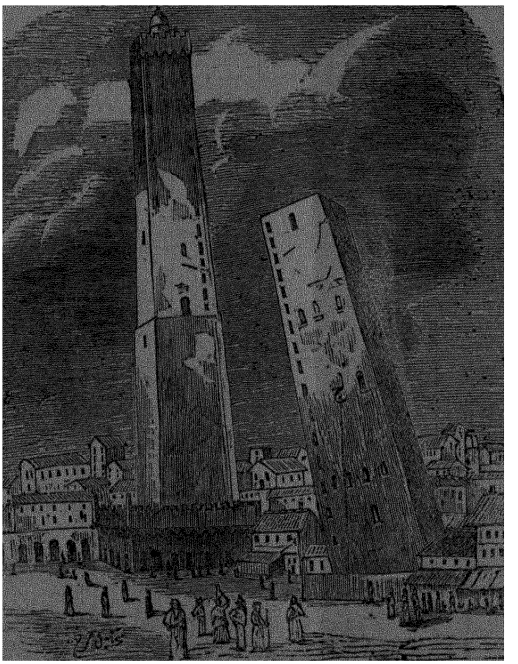
وثالثًا . بقدر ما يُحتمَل رفع مركز الثقل مع بقاء خط الجهة داخل قاعدة الجسم يكون ثبوت ذلك الجسم في محلّهِ عظيمًا


الشكل ٢١

رابعًا . بقدر ما يوطأ مركز الثقل في جسم يزيد ذلك الجسم ثبوتًا في محلّهِ

خامسًا . كلَّما ضاقت قاعدة الجسم وزاد علوُّهُ قلَّ ثبوتهُ وكلما اتَّسعت قاعدتهُ وقلَّ علوُّهُ زاد ثبوتهُ

(٥٤) من الامثلة على ما سلم برج بيزا بايطاليا فان علوّهُ ١٨٠ قدمًا وراسهُ مائل ١٥ قدمًا عن قاعدتهِ كما ترى في الشكل ٢١ ولكن خطّ الجهة واقع داخل قاعدتهِ كثيرًا حتى صار لهُ اكثر من سبع مئة سنة مبنيًّا ولم يزل راسخًا ثابتًا كما كان قديمًا . واذا وقف انسان غريب عند اسفلهِ اجفل خائفًا من هبوطهِ عليهِ لعظم ميلهِ . وسبب وقوع خط الجهة داخل قاعدتهِ مع ميلهِ هو ان الجزء الاسفل منهُ مبنيٌّ من حجار كثيفة جدًّا ووسطهُ من قرميد واعلاهُ من حجر خفيف ذي مسام . ويقارب برج بيزا في الغرابة برجا بولونيا (الشكل ٢٢) فان اوطأهما مائل ٨ اقدام عن الخط العمودي وعلوهُ ١٢٠ قدمًا



الشكل ٢٢ برج بولونيا المائل

(٥٥) ان الانسان يراعي شروط مركز الثقل في اكثر حركاتهِ

عن غير قصدٍ وتكلُّفٍ . فان قدميهِ والفسحة التي بينهما هي قاعدة جسدهِ ولذلك اذا اراد ان يوسّع هذه القاعدة يميل ابهامي قدميهِ الى الوحشيَّة اي الى الخارج. واذا اراد ان يقف على رجل واحدة يميل ليُوقع خط الجهة داخلها واذا حمل دلو ماء ينحني الى الجهة المقابلة ليوازنهُ. واذا صعد الى جبل ينحني الى الامام . واذا انحدر عنهُ يميل الى الوراء. واذا اراد ان ينهض عن كرسي ينحني الى الامام فيقع مركز الثقل فوق قدميهِ والاَّ فعضلاتهُ تعجز عن رفع جسمهِ . واذا مشى يميل الى الامام ليوقع مركز ثقلهِ امامهُ ولذلك لا يكون المشي الاَّ نوعًا من السقوط. واذا ركض يميل الى الامام اكثر ممَّا اذا مشى ولذلك لا يكون الركض الاَّ سقوطًا اسرع من سقوط المشي

الفصل الخامس

في الرقَّاص

(٥٦) حدود * الرقَّاص هو كل ثقلٍ معلَّق بحيث يتحرَّك بغير ممانعة . وخطران الرقَّاص هو حركتهُ ذهابًا وايابًا بقوَّة الجاذبيَّة والاستمرار[1] . وقوس خطرانهِ هي الفسحة التي يتحرَّك فيها

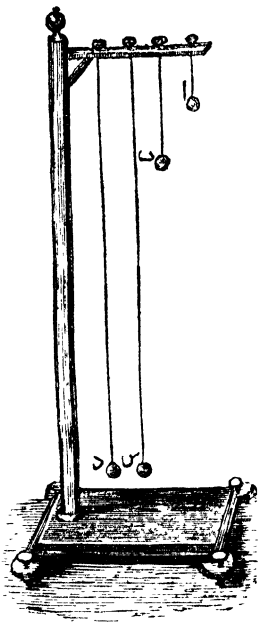
(١) اذا ترك الرقاص لذاتهِ فانهُ يسكن بجاذبية الثقل في خط سمتي . ثم اذا حرِّك يخطر حتى يبلغ نهاية قوس خطرانهِ فتردُّهُ الجاذبية الى وضعهِ الاول ولكنهُ يتجاوزهُ بالاستمرار حتى يبلغ نهاية قوس خطرانهِ من الجهة الاخرى فتردهُ الجاذبية ايضًا فيخطر كذلك حتى تسكّنهُ قوة اخرى

فاذا خطر في تلك القوس من طرف الى طرف قيل انهُ خطر نصف خطرة او خطرة مفردة واذا خطر من طرف وعاد اليهِ قيل انهُ خطر خطرة كاملة او مزدوجة. وسعتهُ هي مقدار تلك الفسحة. واذا خطر في اوقات متساوية فخطرانهُ تُسمَّى متساوية الاوقات. وهو إمَّا بسيط وامَّا مركَّب فالبسيط ما تألَّف من ثِقَلٍ فقط معلَّق بخيطٍ لا ثقل لهُ وهذا عديم الوجود لانهُ لا يوجد خيط عديم الثقل وانَّما يُفرَض موجودًا ليتوصَّل بهِ الى معرفة نواميس الرقَّاص. والمركَّب هو كل جسمٍ نجعلهُ يخطر حول نقطة كرقَّاص الساعة. وهو في الغالب مؤلَّف من قضيب من الزجاج او الفولاذ ومتَّصل من راسهِ بصفيحة لدنة من الفولاذ ومن طرفهِ بقطعةٍ من النحاس او معدنٍ آخر عدسيَّة الشكل او كرويَّتهِ

(٥٧) نواميس الرقَّاص * للرقَّاص اربعة نواميس. الاول ان خطرات رقَّاص واحد تكون متساوية الاوقات اذا كانت سعاتها صغيرة[1]. فاذا حرَّكنا كرةً من الكرات الاربع المرسومة في الشكل ٢٢ وعددنا الخطرات التي تخطرها في دقيقة واحدة وجدناها متساوية

(١) واما اذا كانت سعاتها كبيرة كما اذا زادت عن اربع درجات او خمس فلا يصدق تمامًا

اكتشف هذا الناموس العلاّمة غليليو وهو فتى . وكيفيّة اكتشافهِ له انهُ كان جالسًا في كنيسة بيزا بايطاليا فرأى قنديلاً مدلًّى من قبّة الكنيسة يخطر ذهابًا وايابًا فراقب اوقات خطراتهِ فوجدها متساوية فاستدلّ منها على قياس الوقت بها



الشكل ٣٢

الثاني. ان وقت الخطران لا يختلف مهما كانت مادّة ثقل الرقّاص . فاذا كانت الكرة س في الشكل ٣٢ من حديد والكرة د من خشب تخطران معًا في وقتٍ واحد

الثالث. اذا خطر اكثر من رقّاص واحد واختلفت طولًا فاوقات خطراتها لا تكون متساوية بل متناسبة للجذور الماليّة من اطوالها . فاذا كان طول ا في الشكل ٣٢ $\frac{1}{4}$ طول س وخطرا معًا يسرع ا ثلاث مرّات سرعة س لان الجذر المالي من ٩ هو ٣ واذا كان طول ب ربع طول س يسرع ب سرعة س مرّتين . وبالعكس اذا خطر اكثر من رقّاص واحد فاطوالها تكون مناسبة لمربّعات اوقات خطراتها . فالرقّاص الذي يخطر خطرة واحدة في الثانية يكون طولهُ ٤ امثال طول رقّاص يخطر خطرة واحدة

في نصف ثانية

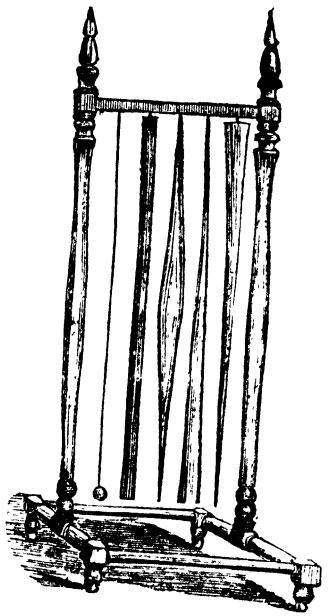
الرابع. اذا خطر رقّاص واحد فاوقات خطراتهِ تختلف باختلاف الاماكن على سطح الارض اي انها تقصر بقدر ما يزيد الجذر المالي من قوّة الجاذبيّة. فاذا خطر على خط الاستواء كان خطرانهُ ابطأ ممَّا يكون على عرض آخر. واذا خطر على قطب من القطبين كان اسرع لان اضعف الجاذبيّة على خط الاستواء واشدّها على القطبين كما مرَّ (عد ٤٥) ولمَّا كانت الاطوال مناسبة لمربَّعات اوقات الخطران فطول الرقّاص الذي يخطر خطرة في الثانية يختلف باختلاف العرض على سطح الارض كما ترى

	عرض شمالي	طول الرقّاص
في سبتسبركن	٥٨″ ٤٩′ ٥٩°	٣٩٫٣١٤٦ من القيراط
في ادنبرج	٤٠ ٥٨ ٥٥	٣٩٫١٠٥٤ " "
في لندن	٠٨ ٤١ ٥١	٣٩٫١٣٩٠ " "
في جاميكا	٠٧ ٥٦ ١٧	٣٩٫٠٣٥٠ " "
في سرالبوني	٢٨ ٢٩ ٠٨	٣٩٫٠١٩٥ " "

وكذا يختلف الرقّاص الذي يخطر في غير الثواني

(٥٨) مركز الخطران * ان طول الرقّاص المُطلَق يُقاس من طرفهِ الواحد الى طرفهِ الآخر وامَّا طولهُ الحقيقي فيُقاس من نقطة تعليقهِ الى مركز خطرانهِ. ومركز خطرانهِ يتَّضح ممَّا يأتي وهو: ان القسم الاعلى من الرقّاص يخطر اسرع من القسم الاسفل

وبذلك يزيد سرعة الرقّاص والقسم الاسفل يبطئُ عن الاعلى وبذلك يقلّل سرعتهُ . فلا بدَّ من ان يكون بين القسم الاعلى والقسم الاسفل نقطة لا تسرع ولا تبطئُ عمَّا لو تحرَّكت وحدها معلّقة بخيط وهميّ. فهذه هي مركز الخطران وموقعها تحت مركز الثقل قليلاً. ويظهر ما يحصل من الفرق بين طول الرقّاص الحقيقي وطولهِ المطلق من الشكل ٢٤ فانهُ يحتوي على رقّاصات مختلفة الاشكال طولها المطلق واحدٌ واما طولها الحقيقيُّ فمختلف فاذا حُرِّكت معًا تتفاوت اوقات خطراتها فلا يخطر اثنان منها في وقت واحد



الشكل ٢٤

(٥٩) معرفة مركز الخطران بالتجربة * اذا جُعِلَت نقطة التعليق مركز الخطران وجُعِل مركز الخطران نقطة التعليق يبقى الرقّاص كما كان . فلذلك اذا تحقّقنا وقت خطران رقّاص ثم ادرناهُ جاعلين نقطة التعليق الى اسفل وعلّقناهُ بنقطةٍ أُخرى فحيثما رجع وقت خطرانهِ كما كان كانت

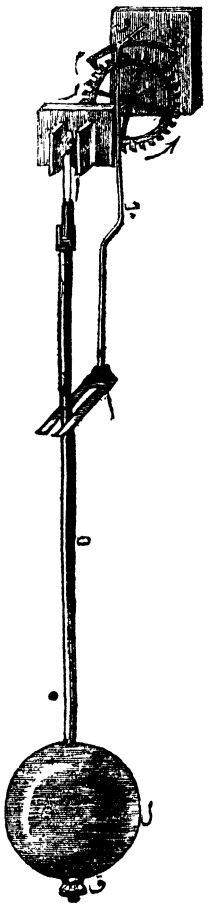
تلك النقطة هي مركز الخطران فتُحسَب نقطة التعليق وتُحسَب نقطة التعليق مركز الخطران

ويُعرَف مركز الخطران بطريقة أُخرى ايضًا وهي ان نربط رصاصة بخيط دقيق خفيف فتحسَب رقّاصًا بسيطًا لان الخيط يكاد يكون بلا ثقل لخفّتهِ بالنظر الى الرصاصة . ثم نعلّق الخيط بالمحور المعلّق بهِ الرقاص المطلوب مركز خطرانهِ بحيث يقع تجاه الرقّاص ونحرّكهُ ونطيلهُ او نقصرهُ اذا اقتضى الامر حتى يخطر هو والرقّاص في وقتٍ واحدٍ . ومتى هذا نعيّن المساحة التي تغطّيها الرصاصة من الرقّاص ونستعلم مركزها فهو مركز الخطران بالتقريب

(٦٠) قياس الوقت بالرقّاص * اذا علّقنا رقّاصًا بمسمار وحرّكناهُ يخطر مدّة ثم يهدأ لانهُ يفرك على المسمار عند نقطة تعليقهِ فتقلّ حركتهُ ولان الهواء يقاومهُ وهو يخطر فيهِ فتقلّ حركتهُ ايضًا حتى تفنى . فاذا أُريد تحريكهُ تحريكًا دائمًا اقتضى ان يُعوَّض لهُ عمّا يخسرهُ بالفرك ومقاومة الهواء وذلك يكون باستخدام الدواليب وادوات أُخَر كما ترى في الساعة الاعتياديّة فان آلاتها انما يُقصَد منها ادامة حركة الرقّاص وعَدّ خطراتهِ

انظر الى الشكل ٣٥ فان ر دولاب يديرهُ الثقل او الزُّنبُرك ولم يُرسَما هنا و م ن شاكوش يُحرَّك بالماسك المشعَّب ا ب ويمسك اسنان الدولاب بطرفيهِ . فكلّما خطر الرقّاص خطرة مزدوجة يفلت الشاكوش سنًّا من اسنان الدولاب فتُعَدُّ خطرات الرقّاص بذلك . واما الفرك ومقاومة الهواء فيعوَّض عنهما بالثقل او الزُّنبُرك الذي يدير الدولاب لانهُ يشدُّ بالدولاب دائمًا فاذا افلتت سن من اسنانهِ من الشاكوش تدفع الشاكوش فتتصل قوة الدفع منهُ

الى الماسك المشعّب ومن الماسك الى الرقّاص فيستعين بهذه القوّة على الفرك ومقاومة الهواء ويبقى متحركًا على الدوام . ثم اذا اتصل بمحور الدولاب عقربٌ يدور على مينا فكلما افلت من الدولاب سن يدور العقرب على المينا فيقيّد خطران الرقّاص فيُعرَف الوقت بذلك . ويتضح كل ما تقدّم من النظر الى آلات ساعةٍ دائرة

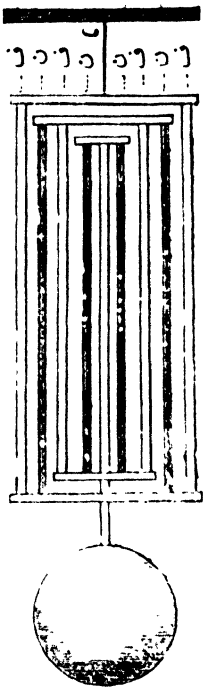


الشكل ٢٥

(٦١) تأخُّر الساعات وتقدُّمها * لايخفى ان الحرارة تمدّد الاجسام اي تكبّر حجمها والبرودة تقلّصها اي تصغّرهُ فلذلك يطول الرقّاص في الصيف ويقصر في الشتاء فتتأخّر الساعات في الصيف وتتقدّم في الشتاء (عد ٥٧ الناموس الثالث) ويُصلَح ذلك برفع ثِقَل الرقّاص ل او بخفضهِ بواسطة اللولب ف في آخر القضيب ت

(٦٢) الرقّاص التعويضيّ او المصبّع * هذا الرقّاص مؤلَّف من قضبان نحاسيّة وقضبان فولاذيّة متّصلة بعضها ببعض على شكل ان قضبان النحاس ن ن ن ن في الشكل ٢٦ تطول صاعدًا اذا تمدّدت وقضبان الفولاذ ف ف ف ف تطول نازلاً فيبقى مركز الخطران غير متغيّر ولو تغيّرت

درجة الحرارة * والرقّاص الزئبقي يشتمل على كاس فيها زئبق فاذا زادت الحرارة وتمدّد قضيب الرقّاص نازلًا يتمدّد الزئبق في الكاس صاعدًا فيبقى مركز الخطران في محلّهِ



الشكل ٢٦

(٦٣) فوائد الرقّاص * اوّلًا لمّا كان وقت خطران الرقّاص يدلُّ على قوة الجاذبيّة (عد ٥٧ الناموس الرابع) ولمّا كانت قوة الجاذبيّة تنقص بقدر ما يزيد مربّع البعد عن مركز الارض (عد ٤٤ ثانيًا) فاذا انتقلنا بالرقّاص من مكانٍ الى آخر عرفنا من خطرانهِ طول نصف قطر الارض في ذلك المكان. ومن معرفة طول نصف قطر الارض في اماكن شتّى يُعرَف شكل استدارتها. ثانيًا اذا استعملنا قوّة الجاذبيّة في مكان نستعلم منها سرعة جسم ساقط (عد ٤٧). ثالثًا يمكن استعمال الرقّاص قياسًا ثابتًا للمقاييس فان الاقيسة الانكليزيّة منقولة عن طول رقّاص الثواني في مدينة لندن. رابعًا ان العلّامة فوكول اثبت دوران الارض عيانًا بالرقّاص وهذه الفائدة الاخيرة والفائدة الأُولَى يُستوفَى الكلام عليها في علم الهيئة. وللرقّاص فوائد أُخرى

(٦٤) مسائل للتمرين * (١) اذا سقطت تفّاحة الى الارض فكم تنهض الارض لملاقاتها. (٢) أعلى الجبل يزيد ثقل الجسم ام في الوادي. (٣) أسقوط الاوقيّة ابطأ من سقوط الاوقيّتين أم لا. (٤) أُلقي حجرٌ في بئرٍ فلم يبلغ قعرها الاّ بعد ثلاث ثوانٍ فكم عمقها. (٥) هل يكون مركز الثقل داخل الجسم دائمًا. (٦) اين مركز الثقل لحلقة من حديد. (٧) اذا وصلْنا بين جسمين ثقل احدهما اوقيّتان وثقل الآخر ٤ اواقٍ بقضيب من حديد طولهُ قدمان فاين مركز ثقلهما. (٨) اين مركز الثقل لكرة متساوية الكثافة. (٩) لماذا تتدحرج الكرة عن الجبل. (١٠) لماذا يُدحرَج الجسم المستدير اسهل ممّا يُدحرَج المربّع. (١١) لماذا يسهل قلب غمر من البلاّن ويعسر قلب حمل من الحجار. (١٢) لماذا يكون الهرَم امتن الابنية. (١٣) اذا رُمي قدوم فايُّ طرف منهُ يصيب الارض. (١٤) لماذا يحمل البهْلوان عصًا ثقيلة وهو يمشي على الحبل. (١٥) اذا ثُقِبَت الارض ثقبًا مارًّا بمركزها وأُلقي في الثقب كرةٌ فماذا يحدث بها. (١٦) اذا حُمِلَت ساعة الى راس جبل أتتقدّم ام تتأخّر. واذا حُمِلَت الى القطب الشمالي. (١٧) أتقصّر رقّاص ساعتك ام تطوّلهُ في الشتاء. (١٨) لماذا يُفضّل ان يكون ثقل الرقّاص مسطحًا لا مستديرًا. (١٩) ما هو سبب تكّ الساعة. (٢٠) كم هو طول رقّاص يخطر خطرة في الدقيقة على عرض نيويورك (طول رقّاص الثواني في نيويورك ٣٩٫١ قيراط) الجواب (ثانية ١)٢ : (٦٠ ثانية)٢ :: ١ : ٣٩٫١ قيراط : + ٣٫٢ اميل وهو الجواب. (٢١) وكم هو طول رقّاص فيها يخطر خطرة في نصف ثانية. وآخر يخطر خطرةً في ربع ثانية. وآخر خطرةً في الساعة. (٢٢) اذا كان طول رقّاص ١٦ قيراطًا وطول آخر ٦٤ قيراطًا فما هي نسبة وقت خطران احدهما الى وقت خطران الآخر. (٢٣) اذا وقفت بلصق حائط فلماذا لا تقدر ان ترفع حجرًا من بين قدميك. (٢٤) اذا سقط حجر عن راس برج علوُّهُ ٩٨ قدمًا فباي سرعة يصيب الارض. (٢٥) بقي جسم ٥ ثوانٍ ساقطًا فباي سرعة يصيب الارض. (٢٧) رُمي جسم الى فوق بسرعة ١٩٢ قدمًا في

الثانية الاولى فالى اي علوّ يصل. (نُحَلُّ هذه المسألة كما نُحَلُّ هذه: كم يسقط الجسم حتى تصير سرعته ١٩٢ قدمًا). (٣٨) اذا اطلقت رصاصة الى فوق بسرعة ٢٥٦ قدمًا فالى اي علوّ تصل وكم تبقى صاعدة. (٣٩) لماذا لا تنزل نقطة المطر بزخم مطابق لنواميس الاجسام الساقطة. الجواب لصغر حجمها فيقاومها الهواء حتى يفني سرعتها تقريبًا. ولولا عناية الباري تعالى في مقاومة الهواء لها لكانت سرعتها تزيد حتى تصير في آخر الدقيقة الأولى من وقوعها مثل سرعة قنبلة المدفع ولكان المطر شرًّا على البشر والارض باسرها من رصاص المتحاربين عند اشتداد المعارك. (٤٠) هل يكون خطّان سمتيّان متوازيين. (٤١) سقط حجرٌ عن جسر فاصاب الماء في ثلث ثوانٍ فما هو علوّ الجسر. (٤٢) سقط حجر عن رأس برج كنيسة فاصاب الارض بعد اربع ثوانٍ فما علوّ البرج. (٤٣) اذا سقط جسم عن ارتفاع ١٢٠٠٠ ميل عن سطح الارض فكم يسقط في الثانية الاولى. (٤٤) وزن جسم على سطح الارض مئة قنطار فما وزنهُ على ارتفاع ١٠٠٠ ميل عنهُ. (٤٥) اراد ولد ان يستعلم علوّ برج فرمى اليهِ سهمًا فبلغ السهم راس البرج ونزل الى الارض في ٦ ثوانٍ فكم علوُّ البرج. (٤٦) سقطت هرّة من بالون فاصابت الارض في عشر ثوانٍ فمن اي علوّ سقطت. (٤٧) طول رقاص ٤٠ قدمًا ففي كم من الزمان يخطر خطرة واحدة. (٤٨) ظهر في الجو نيزكان بينهما مسافة ١٢ ميلاً وثقل احدهما ١٠٠ اوقية وثقل الآخر ٢٠٠ اوقية فاذا تجاذبا فكم من المسافة يقطع كلٌّ منهما حتى يلتقيا. (٤٩) وزن جسم على سطح الارض ٢٠٠٠ اوقية فما وزنهُ على ارتفاع ٢٠٠٠ ميل عنهُ. وعلى ارتفاع ٥٠٠ ميل. (٥٠) على اي ارتفاع عن الارض يسقط الجسم في الثانية الاولى $21\frac{1}{16}$ القيراط فقط. (٥١) كم يسقط الجسم في ٨ ثوانٍ. وفي الثانية الثامنة. وفي ١٠ ثوانٍ. وفي الثانية الثلاثين

ملحق

في تاريخ الساعات

كان القدماء يقسمون الوقت بآلات كلّيّة البساطة اقدمها المِزْوَلة (اي الساعة الشمسيّة) والساعة الرمليّة والساعة المائيّة وهي عبارة عن كوبة مثقوبة تُملأ ماء وتُوضَع فوق وعاء فيهِ جسمٌ خفيف فينزل الماء من ثقبها الى الوعاء ويطفو الجسم الخفيف عليهِ فيُستعلَم الوقت من ارتفاع ذلك الجسم. وقد تفنّن العرب كثيرًا في هذه الساعة واتقنوها اتقانًا عظيمًا ويُقال ان الخليفة هرون الرشيد اهدى شارلمان الافرنجي ساعة بديعة الصنعة في القرن التاسع. وروى المؤرّخون ان ملك الانكليز ألفرد الكبير كان يقسم الوقت باضاءة شمعٍ متساوي الحجم فيوقد كل يوم ست شمعات ويضعها ضمن علب من قرن الحيوان ليمنع عنها مجاري الهواء فيستعلم الوقت منها. ولم تُستعمَل الساعة في اوربا قبل القرن الحادي عشر والظاهر انها نُقِلت اليها عن العرب ولا استُعمِل الرقّاص فيها قبل اوائل القرن السابع عشر. ولمّا صنعوا الساعة الأُولى في بلاد الانكليز سنة ١٢٨٨ ب.م. كان لها عندهم قيمة وساع حتى انهم وكّلوا بها رجلًا من ذوي المراتب السامية. وكانت ساعات هاتيك الازمان على غايةٍ من الاتقان تدلّ على حركات الاجرام السماوية ويخرج منها اطيار مغرّدة ودبوك صائحة وجنود مبوّقة واجراس رنّانة واساقفة وخوارنة ورهبان وضبّاط وقوّاد مختلفة الملابس والهيئات وتمرّ حول ميناها مخبرة بالوقت. وفي القرن الخامس عشر صُنِعَت الساعات الصغيرة في مدينة نورمبرج بالمانيا وكانت تُسمّى بيض نورمبرج وشاع استعمالها في القرن السادس عشر فكان منها ما هو صغير كساعات هذه الايام وما هو كبير كالصحون. غير انها كانت تُدوَّر مرّتين في اليوم ولم يكن فيها عقرب

للثواني ولا للدقائق وكانت مع ذلك عسرة العمل مؤلّفة من ٨٠٠ قطعة. وفي سنة ١٦٥٨ اخترع الدكتور هير الزُّنبرك فصارت الساعات الصغيرة تجري بدقّة الرقّاص. وتسهّل عملها كثيرًا فلا يوجد الآن في الساعات الصغيرة المعروفة بساعات وَلتهَم اكثر من ١٢٠ قطعة. وقد برع اهل هذا الزمان في صنع الساعات براعة غريبة حتى ان بعضها لا يخلّ اكثر من دقيقة في نصف سنة

م



الباب الثالث

في الحَرَكة

الفصل الاوَّل

في الحَرَكة والقوَّة

(٦٥) حدود * الحَرَكة الانتقال من مكانٍ الى آخر وهي امَّا مُطلَقةٌ وامَّا نِسْبِيَّةٌ. وعدمها السكون وهو ايضًا امَّا مُطلَقٌ وامَّا نِسْبيٌّ. فالحركة المطلقة هي انتقال الجسم بالنظر الى جسمٍ آخر تامّ السكون والحركة النسبيَّة هي انتقال الجسم بالنظر الى جسمٍ آخر نسبيّ السكون كانتقال الانسان من محلّ الى آخر فانَّ حركتهُ تكون بالنسبة اليهما. والسكون النسبيُّ مثل جلوس المسافر في سفينة جارية فانهُ ساكن بالنسبة الى سواريها وبقيَّة ما فيها ولكنَّهُ متحرّك بالنسبة الى الماء والاماكن التي تمرُّ السفينة عليها. واما السكون المُطلَق فلا علمَ لنا بوجودهِ

لا يكون الجسم ساكنًا سكونًا مطلقًا الاَّ اذا خلا من الحركة تمامًا ولا دليل على انهُ يُوجَد جسمٌ كذلك في الكون . فانَّ الارض تتحرَّك بكلّ ما فيها دائرةً حول الشمس وكذلك سائر السيَّارات والاقمار وقد ثبت أنَّ الشمس وبعض النجوم الثوابت تتحرَّك في السماء ولا يبعد ان تكون النجوم الثوابت كلها متحرِّكة ايضًا * والمظنون ان كلّ الاجسام تتحرَّك حركة ذاتيَّة مستقلَّة عن حركة الارض او غيرها من الحركات الظاهرة . فان الحجر مثلاً يظهر لنا ساكنًا على الارض ولكنَّ دقائقهُ تتحرَّك تحرُّكًا عنيفًا فيما بينها على ما يُظَنُّ ولو كان ذلك لا يظهر باقوى المكبِّرات * ولمَّا كانت الحركة المطلقة لا تُعرَف الاَّ بالنظر الى السكون المطلق وكان هو غير موجود فهي غير موجودة . ولذلك يُقال ان الحركة ناموسٌ من النواميس الطبيعيَّة ولا بُدَّ منها لقيام الكون واما السكون فلا يكون الاَّ بالنسبة اليها * ومعدَّل الحركة هو السرعة فاذا تحرَّك جسمٌ عشرة اميال في الساعة قيل ان سرعتهُ عشرة اميال

(٦٦) انواع الحركة * الحركة إمَّا مستقيمة واما منحنية . فالمستقيمة هي التي يتحرَّك بها الجسم في خطٍّ مستقيم والمنحنية هي التي يتحرَّك بها الجسم في خطٍّ منحنٍ وسيأتي تفصيلها . وكلٌّ منهما امَّا متساوية او متفاوتة فالمتساوية هي التي يقطع بها الجسم ابيانًا متساويةً في اوقاتٍ متساوية . مثالها دوران عقرب الساعة فانهُ يدور دوراتهِ على ميناها في اوقاتٍ متساوية ودوران دولاب الماء اذا حرَّكهُ الماء بقوَّةٍ متساوية . والمتفاوتة هي التي يقطع بها الجسم ابيانًا غير متساوية في اوقاتٍ متساوية . فاذا تزايدت الابيان التي يقطعها في وقتٍ واحدٍ قيل ان حركتهُ المتفاوتة متسارعة كحركة

المركبة عند اوّل جريها فانها تبتدئ ببطوء ثم تسرع تدريجًا وكذلك نزول الاجسام كما مرّ (عد ٤٦). واذا تناقصت الابيان التي يقطعها في وقتٍ واحد قيل ان حركتهُ المتفاوتة متباطئة كحركة المركبة عندما يراد توقيفها فانها تتباطأ تدريجًا حتى تسكن وكذلك صعود الاجسام كما مرّ (عد ٤٩)

(٦٧) أضداد الحركة * اشهر اضداد الحركة ثلثة : الفَرْك والهواء وجاذبيَّة الثقل . فالفرك في اصطلاح الفلاسفة هو الممانعة الحاصلة لحركة الجسم من السطح الذي يزلق الجسم او يتدحرج عليهِ فيكون الفرك على نوعين فرك الزلَق وفرك التدحرُج . والسبب في فرك الاجسام بعضها على بعض خشونتها فان الاجسام مهما صُقِلَت ومَلَسَت لا يزال بعض اجزائها ناتئًا وبعضها غائرًا كما يظهر اذا نُظِرت بالمكرسكوب. فلو أمكننا صقلها حتى تصير تامَّة الملاسة لتلاشى الفرك ولكنَّنا انَّما نستطيع الآن ان نقلِّل فركها بتزييت سطوحها او بدهنها بالدهن حتى تمتلئ الاجزاء الغائرة التي فيها فتصير على مساواة النائتة * والفرك يختلف كثيرًا بين الاجسام فاذا كانت من موادّ متشابهة كان عظيمًا واذا كانت من موادّ غير متشابهة كان قليلاً. واذا زاد ضغطها بعضها لبعض زاد واذا قلّ قلّ. وهو كبير المنفعة فلولاهُ لم تكن

فائدة للمسامير واللوالب والخيطان والدواليب لانها لا تثبت الاَّ بهِ. ولولاهُ ايضًا ما استطاع الانسان ان يلتقط او يمسك شيئًا ولا ان يقف او يمشي بل كان يزلَق كلَّ خطوة اكثر ممَّن يزلق على أملس الجليد

والهواء يحيط بكرة الارض من كل ناحيةٍ فحيثما سار الانسان على سطحها او صعد عنهُ الى الجوّ او نزل من الجوّ اليهِ عارضهُ الهواء وقاوم حركتهُ. وذلك لان الانسان اذا تحرَّك طرد الهواء من مكانهِ وحلَّ محلَّهُ وهذا لا يكون بدون ان يقاومهُ الهواء. وقد وُجِدَ أَنَّ هذه المقاومة تزيد بقدر مربَّع السرعة. فاذا أَردنا ان نضاعف سرعتنا في الركض اقتضى ان نحلَّ محلَّ مقدارٍ مضاعف من الهواء في نصف مدَّة سرعتنا الأُولى. ولذلك يقتضي ان نربّع قوَّتنا الأُولى اي ان نجعلها اربعة اضعاف ما كانت. ومثل الهواء الماء ايضًا

وجاذبيَّة الثقل تجذب كلَّ الاجسام الى السكون على سطح الارض فتضادُّ كلَّ حركة لا تطاوعها

(٦٨) القوَّة * هي ما يحدث الحركة او يبطلها فاذا دامت تحرّك الجسم كقوة الجاذبيَّة سُمِّيَت المتَّصلة والاَّ فهي المنقطعة. واشهر القوات الطبيعيَّة قوة الجاذبيَّة وقوة الاجسام الحيَّة وقوة

الاجسام المَرِنة . ويُعتبَر في القوة ثلثة امور مكان فعلها في الجسم وجهتها ومقدارها . امَّا مكان فعلها فهو النقطة التي تفعل بها من الجسم وامَّا جهتها فهي الخطُّ الذي تسير فيهِ تلك النقطة وامَّا مقدارها فمفهوم

اذا رَبَط ولدٌ حجرًا بخيط وجرَّهُ فالجرُّ هو فعل قوَّتهِ والنقطة التي يربُط الخيط بها من الحجر هي مكان فعلها والخطُّ الذي يجرُّ الحجر عليهِ هو جهتها وامَّا مقدارها فيكون بالنسبة الى ثقل الحجر

(٦٩) بقاء القوَّة * قد تقدَّم ان المادَّة لا تتلاشى بل تتحوَّل من صورة الى اخرى (عد ١٢) وكذلك القوَّة فان الطفل اذا رفس الارض برجلهِ ففوَّة رفسهِ تتحوَّل الى حركة فتحرِّك الارض كلها وهذه الحركة تتحوَّل الى فعلٍ آخر وهلمَّ جرًّا . وعلى هذا المنوال يقطع الحبل خرزة البير وتاكل القدم الناعمة الصخرة الصمَّاء

(٧٠) الزَّخم * اذا تحرَّك جسمٌ بقوَّة ولم تمانعهُ اضداد الحركة حتى صدم جسمًا آخر فانهُ يصدمهُ بقوة تساوي القوة التي تحرِّك بها وتُسمَّى قوة صدمهِ هذه زخمًا . فالزخم هو مقدار حركة الجسم ويساوي ثقلهُ مضروبًا بسرعتهِ معبرًا عنها باقدام . فاذا رُمي حجرٌ ثقلهُ ٥ ارطال بسرعة ٢٠ قدمًا في الثانية فزخمهُ = ٥ × ٢٠ اي ١٠٠ رطلٍ

(٧١) القوة الحيَّة * اذا تحرَّك جسمٌ بقوة ومانعتهُ اضداد الحركة حتى صدم جسمًا آخر فالامر واضحٌ انَّهُ يصدم الجسم الثاني بقوة اقلَّ من القوة التي حرَّكتهُ . وامَّا اذا تحرَّك بقوة متَّصلة تُبقي

سرعتهُ واحدةً مع مقاومة اضداد الحركة لهُ فانهُ يصدم الجسم الثاني بقوة تساوي القوة التي حرَّكتهُ . وتُسمَّى هذه القوة القوة الحيَّة . هذا وقد تقدَّم (عد ٦٧) ان المقاومة تزيد كمربَّع السرعة فالقوة الحيَّة تتغيَّر كمربَّع السرعة[1] ايضًا وتساوي ثقل الجسم مضروبًا في مربَّع سرعتهِ وليس في سرعتهِ فقط كالزَّخم

فاذا اطلقنا قنبلة مدفع ثقلها رطلان بسرعة ١٤٠٠ قدم في الثانية على غَرَضٍ صدمت ذلك الغرض بقوة ٢ × ١٤٠٠ = ٣٩٢٠٠٠٠ رطل لانَّا اذا ضربنا الحاصل ٣٩٢٠٠٠٠ واذا وضعنا القدوم على مسمار وشددنا بكل قوتنا عليهِ لم نحرِّك المسمار وامَّا اذا لُحنا القدوم وضربنا بهِ المسمار نزل كلهُ او اكثرهُ في الخشب لانَّ الجسم تزيد قوتهُ الحيَّة بزيادة سرعتهِ ولو كان خفيفًا . ان السفن قد تتكسَّر من مصادمتها بعضها لبعض ولو كانت حركتها بطيئةً وقد حاول بعض الجنود ان يوقفوا قنابل المدافع وهي تندحرج امامهم بعد اطلاقها فكانت سوقهم تتقصَّف من عظم قوتها مع قربها من السكون

(٧٣) انتقال الحركة * ان الحركة لا تنتقل الى كل اجزاء الجسم دفعةً واحدة بل تدريجًا . فاذا اردنا ان ندحرج حجرًا كبيرًا ندفعهُ اولًا فلا يتزحزح حتى تنتقل حركة الدَّفع من دقيقة الى أُخرى فيهِ وتمتدُّ الى كل اجزائهِ فيتحرَّك ويتدحرج . واذا سُقنا

(١) وذلك لان القوة الحيَّة تعدل القوة التي تحرِّك الجسم حركة متساوية مع مقاومة الاضداد لهُ وهذه القوة تزداد اذا ازدادت مقاومة الاضداد وتنقص اذا نقصت اي انها تتغير مثلها فالقوة الحية تتغير مثلها . وهذه الاضداد تتغير كمربع السرعة فالقوة الحية تتغير كمربع السرعة

حصانًا يجرُّ مركبة ثقيلة فالحصان يسحب برهةً حتى تتحرَّك المركبة لانَّ حركة جرٍّ لا تمتدُّ الى كل اجزاء العربة الاَّ تدريجًا . فاذا وثب بغتةً فقد يكسر المركبة لانهُ لا يصبر على الحركة حتى تمتدَّ الى كل دقائقها فالدقائق التي تحرَّكت تسير معهُ والتي لم تتحرَّك تبقى مكانها

قيل انهُ اذا فعلت قوة بطرف قضيب من الحديد طولهُ ميل فطرفهُ الآخر لا يتحرَّك الاَّ بعد نصف دقيقة من الزمان * اذا ضربنا لوح زجاج بحجر يتكسَّر كسرًا واماَّ اذا اطلقنا عليهِ رصاصة فتثقبهُ ثقبًا مستديرًا على قدرها وتترك الباقي صحيحًا . وسبب ذلك ان الرصاصة لعظم قوتها الحيَّة تثقب اللوح وتنفذهُ قبلما تمتدُّ الحركة الى الدقائق المجاورة واماَّ الحجر فلا ينفذهُ حتى تكون الحركة قد اتَّصلت الى بقيَّة دقائقهِ فيتكسَّر . وعلى ذلك يمكن ان تثقب الشمعة اللينة الخشب الفاسي اذا أُطلِقَت عليهِ من بندقيَّة لانها تقع عليهِ بسرعةٍ عظيمة فتنفذهُ قبلما تنضغط اجزاؤها اللينة وترتدُّ . وبعبارةٍ أُخرى ان سرعتها حينئذٍ اذا ضُرِبَت بجاذبيَّة الملاصقة التي بين دقائقها زادت قوةً عن قوة جاذبيَّة الملاصقة التي بين دقائق الخشب

الفصل الثاني

في نواميس الحركة

(٧٣) نواميس الحركة[1] * نواميس الحركة ثلاثةٌ : الأوَّل اذا تحرَّك جسمٌ بقي متحرِّكًا الى الابد في خطٍّ مستقيم ما لم تمانعهُ قوة

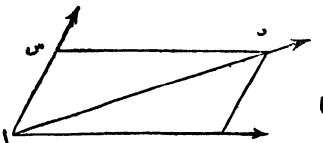
(١) اوَّل من اوضحها الفيلسوف اسحق نيوتن

أُخرى. فهذا عين الاستمرار (عد ١١) ويتضح من خَطَران الرقّاص كما يأتي: يُصنَع الرقّاص حتى يخطر باقلّ ما يمكن من الفرك ثم يُوضَع في قابلة من الزجاج فوق مفرّغة الهواء. فكلما بُولغ في تفريغ الهواء طال زمان خطران الرقّاص. قيل انهم اتّصلوا في تفريغ الهواء الى ان صار الرقّاص يخطر ٢٤ ساعة من نفسهِ والمظنون انهُ لو استطاع الانسان ملاشاة كل اضداد الحركة لبقي الرقّاص يخطر الى الابد. وهذا الظن مبنيٌّ على انهُ اذا تحرّك الجسم بقي متحركًا الى الابد في خطٍّ مستقيم ما لم يمنعهُ مانع. ولكن لمّا كان الانسان عاجزًا عن ملاشاة اضداد الحركة كان عاجزًا ايضًا عن اثبات الناموس الاول تمامًا بالتجربة

(٧٤) الناموس الثاني. اذا فعلت قوة بجسمٍ ساكن او متحرّك عملت عملًا واحدًا سواءٌ كانت وحدها او اقترنت بغيرها ويتّضح ذلك من الامثلة الآتية

كلُّ الاجسام الارضية متحرّكة على الدوام لان الارض متحركة ولكنّنا اذا اردنا ان ننقل جسمًا من محلٍّ الى آخر فنقلهُ لا يكون اعسر مما لو كانت الارض غير متحرّكة. واذا رمينا غرَضًا بحجر نصيبهُ مع انهُ يكون قد تقدّم كثيرًا قبل وصول الحجر اليهِ لان الارض تتحرّك بهِ دائرةً حول الشمس على معدّل ١٨ ميلًا في الثانية. واذا رمينا حجرًا في الجوّ بقوة تصعدهُ ٥٠ قدمًا صعد خمسين قدمًا مهما كانت الريح الافقيّة الهابّة حينئذٍ. واذا اطلقنا قنبلةً من مدفعٍ في

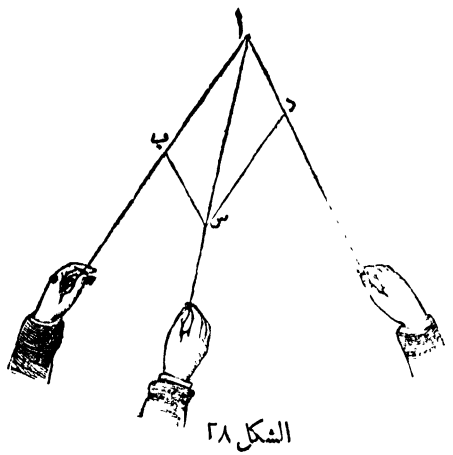
جهةٍ افقيّة سقطت واصابت الارض في الوقت الذي تصيبها فيهِ لو سقطت من فم المدفع



الشكل ٢٧

(٧٥) الحركة المركّبة * لنفرض انّا وضعنا كرةً عند ا في الشكل ٢٧ ثم فعلت بها قوّتان كما اذا ضربناها ضربتين في وقت واحد ضربةً تدفعها في جهة الخط ا ب والأُخرى في جهة ا س فهي لا تطاوع واحدةً منهما وحدها بل تسير بينهما في جهة الخطّ ا د ويُسمَّى الشكل ا ب د س الشكل المتوازي الاضلاع للقوّات[1] ويُسمَّى القطر ا د النتيجة

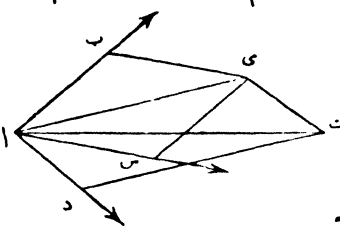
(٧٦) تركيب القوّات * فكلما فعلت قوّتان بجسمٍ نرسم خطّين يدلّان على جهتَيهما (عدد ٦٨) ونقطع منهما قطعتين كالقطعة ا د والقطعة ا ب في الشكل ٢٨ مناسبتَين في طولهما



الشكل ٢٨

(١) الخطوط المتوازية هي التي اذا رُسمت في سطح مستوٍ لا تلتقي مهما اخرجت كالخطين ا ب و د س والخطين ا س و د ب . ولما كان كل خطين متقابلين في هذا الشكل متوازيين سمي متوازي الاضلاع . وضلعهُ هو الخطُّ منهُ كالضلع ا ب و د س وقطرهُ الخطّ من زاوية منهُ الى التي تقابلها

لسرعتي القوّتين . ثم نتمّ الشكل المتوازي الاضلاع فنرسم من ب الخطّ ب س متوازيًا للخطّ ا د ومن د الخطّ د س موازيًا للخطّ ا ب ونرسم القطر ا س فيدلّ على نتيجة تينك القوّتين وهي الجهة التي يسير الجسم فيها . واذا فعل بالجسم اكثر من قوتين في وقتٍ واحدٍ تُستعلَم اولًا نتيجة قوّتين منهما كما تقدّم ثم تُؤخَذ هذه النتيجة وقوةٌ أُخرى وتُستعلَم نتيجتهما وهلمّ جرًّا حتى تستعلم نتيجة سائر القوّات

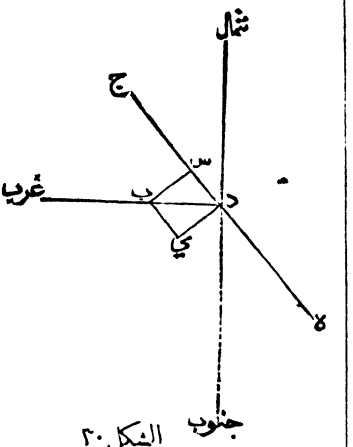


الشكل ٢٩

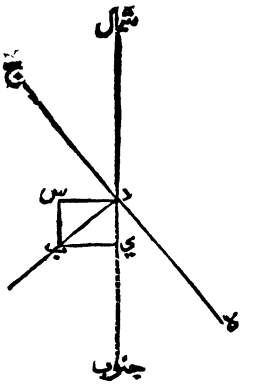
فاذا فعل بجسم عند ا (الشكل ٢٩) ثلاث قوات ا ب واس واد نجد الجهة التي يسير فيها الجسم برسم شكل متوازي الاضلاع ا س ي ب واستعلام قطره ا ى فيكون نتيجة القوتين ا ب واس . ثم نرسم من هذا القطر ومن القوة الثالثة ا د شكلًا آخر متوازي الاضلاع ا د ت ى ونستعلم قطرهُ ا ت فهو نتيجة الثلاث اي الجهة التي يسير الجسم فيها بفعل ثلاث قوات

(٧٧) أمثلة تركيب القوات * اذا اراد رجلٌ ان يقطع نهرًا في قارب فالنهر بالطبع ياخذهُ معهُ في جريهِ ولذلك يجذّف الرجل نحو مكان فوق المطلوب حتى يصل الى المطلوب . واذا كان انسان مسافرًا في مركبة سريعة السير ورمى حجرًا على غرضٍ يخطئهُ اذا لم يرمِ الحجر الى ما وراء الغرض قليلًا . وذلك لان الحجر يكون مشاركًا للمركبة في السير فاذا رماهُ الراكب صار مفعولًا بهِ من قوتين قوة تاخذهُ في جهة المركبة وقوة تاخذهُ نحو الغرض تمامًا فيذهب في نتيجتهما ولا يصيب الغرض بل يصيب محلًّا فوقهُ * ان الذين يُطاردون على الخيل في ميادين مستديرة قد يقفزون عن ظهورها ويمرُّون في حلقاتٍ معلّقة امامهم

ويعودون اليها دون ان يمسُّوا الارض. وكيفيَّة قفزهم انهُ اذا قارب الفارس منهم الحلقة وثب عن ظهر جوادهِ الى الاعلى فيكون مفعولاً لقوتين احداها وثوبهُ الى الاعلى والاخرى سرعة جوادهِ فيذهب في نتيجتهما ويمرُّ في الحلقة ويرجع راكبًا على متن الجواد * ان الطائر يحرّك الهواء بجناحَيهِ فيذهب في الجهة التي بينهما والسابح يحرّك الماء بيديهِ ورجليهِ فيذهب في الجهة التي بينها ايضًا



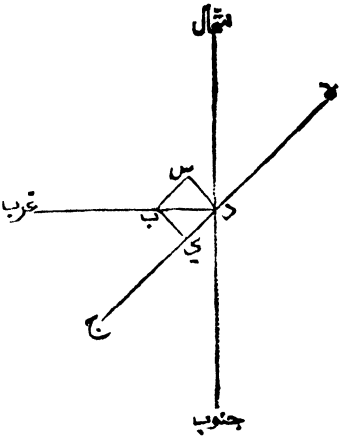
الشكل ٢٠



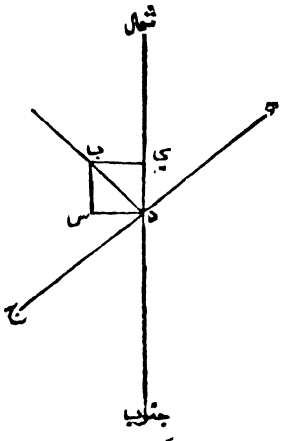
الشكل ٢١

(٧٨) حلُّ القوَّات * حلُّ القوات عكس تركيبها وهو معرفة القوتين على فرض معرفة النتيجة. وذلك يكون بأخذ تلك النتيجة وجعلها قطرًا لشكلٍ متوازي الاضلاع. مثالهُ: اذا فُرِض الخط ج ه في الشكل ٢٠ قلع قاربٍ مسافر الى الشمال بريحٍ غربيَّةٍ. فحلَّ قوة الريح المدلول عليها بالخطّ ب د الى قوتين ب ي و ب س. فالقوة ب ي توازي القلع كما ترى ولذلك لا تؤثّر فيهِ وامَّا القوة ب س فعموديَّة عليهِ ولذلك يقتضي ان

تدفعهُ نحو الشمال الشرقيّ. ثم ليدل ب د في الشكل ٢١ على القوة ب س المارّ ذكرها. حلّها الى القوتين ب ي و ب س فالقوة ب ي تدفعهُ في جهتها ولكن شكل جرم القارب والدفّة يضادّانها فيبطلان فعلها وامّا القوة ب س فتوازي الجهة التي يسير القارب فيها فتسوقهُ امامها الى الشمال. ولذلك ترى الملّاحين يديرون القلوع في رجوعهم عمّا تكون في ذهابهم او يقلعون شمالًا وغيرهم يقلع جنوبًا بريح واحدة



الشكل ٢٢

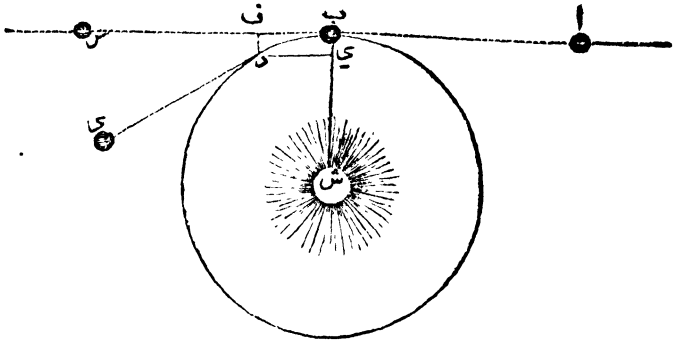


الشكل ٢١

ثم اذا فُرِض ان وَضْع القلع كان في جهة ه ج في الشكل ٢٢ و٢٣ وان الريح لم تزل غربيّة فيحلّ قوتها مرتين تُستخرَج قوةٌ تسوق القارب الى الجنوب وهي ب د في الشكل ٢٣. وقد ضربنا صفحًا عن تفصيل ذلك هنا ليكون للتلميذ مندوحةٌ لتفصيلهِ على

ما تقدَّم * واذا كانت الريح غربيَّة المهبّ وطلب القارب ان يسافر غربًا اي ضدها يسافر تارةً الى الشمال الغربي وطورًا الى الجنوب الغربي فيذهب في وجه الريح

وعلى قاعدة حلّ القوات تُحَلّ القوات الثلاث التي تطير بها الطيّارة وهي ثقلها وشدّ خيطها وقوة الريح عليها فاذا فُرِض ج ه في الشكل ٣٠ وجه الطيّارة يكون ب د قوة الريح فتحلّ الى ب س وب ي . اما ب ي فلا تؤثّر في



الشكل ٣٤

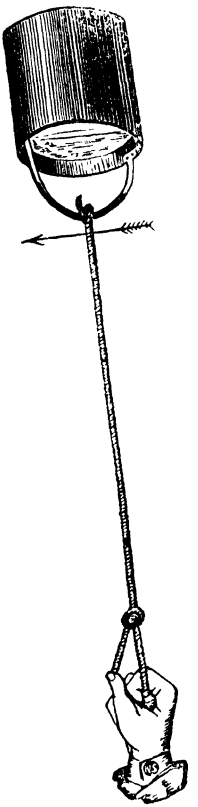
الطيّارة واما ب س التي هي ب د في الشكل ٣١ فتحلّ الى قوتين ب ي وب س (الشكل ٣١) فالقوة ب س تغلب ثقل الطيّارة وتطلب ان ترفعها والخيط يمنعها في جهة ب د اي في جهة عموديَّة على وجهها فيكون الفاعل بها حينئذٍ قوة الريح وشدّ الخيط فلا تطاوع واحدًا منهما وحدهُ بل تطير بين الجهتين في جهة ج د

(٧٩) الحركة الدائريَّة * هي نوعٌ من الحركة المركَّبة وتحصل من فعل قوتين احداهما تجذب الجسم نحو نقطة معيَّنة والأُخرى تدفعهُ عنها. وتُعرَف القوة الاولى بالقوة الجاذبة الى المركز والثانية

بالقوة الدافعة عن المركز وهما تظهران جليًّا في حركات الاجرام السماويَّة كما ترى: افرض ش الشمس (الشكل ٣٤) و ب الارض قبالتها. فعلى فرض ان الباري تعالى دفع الارض لمَّا خلقها فانها تتحرَّك الى الابد في خطٍّ مستقيم كالخط ب س حسب الناموس الاوَّل من نواميس الحركة. ولكنَّ جاذبيَّة الشمس تقاوم تلك الحركة فلا تؤذن للارض في الافلات منها فتقع الارض تحت فعل قوتين احداهما قوة دفع الباري لها كما فرضنا فتذهب بها وحدها الى س ومن هناك في خط مماس للدائرة الى ما شاء الله وهي القوة الدافعة عن المركز. والأُخرى جاذبيَّة الشمس لها التي تجذبها من مكانها الى الشمس اي من ب الى ش وهي القوة الجاذبة نحو المركز فتذهب الارض بينهما اي في جهة ب د ويبرهن ان سيرها يكون في خطوطٍ منحنية حتى تتمَّ الدائرة فلو بطلت القوة الدافعة عن المركز لكانت القوة الجاذبة اليهِ اي جاذبيَّة الشمس تجذب الارض اليها فتحترق بنيرانها. ولو بطلت القوة الجاذبة الى المركز لفرَّت الارض بالقوة الدافعة عنهُ وتاهت في فضاء هذا الكون

وأَمثلة ذلك كثيرة المشاهدة. فاذا دار حجر الرحى بسرعة شديدة تطاير الماء عن جوانبهِ لأَنَّ القوة الدافعة للماء تغلب على جاذبيَّة الالتصاق التي بينهُ وبين الحجر فتبعدهُ عنهُ. وقد تُدار هذه الحجار بسرعة عظيمة جدًّا في بعض

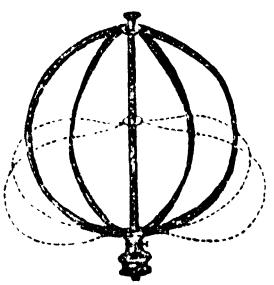
الاماكن حتى تتغلَّب القوة الدافعة على جاذبيَّة الملاصقة التي بين دقائقها فتتمزَّق متطايرة اربًا اربًا * واذا رُبط دلوٌ ملآن ماء بحبلٍ وأُدير بسرعة لم يسقط الماء منهُ مع انهُ ينقلب بدورانهِ الى فوق (الشكل ٣٥) حتى لا يبقى مانع من انصباب الماء منهُ بجاذبيَّة الارض وذلك لانَّ القوة الدافعة عن المركز تتغلَّب على جاذبيَّة الارض للماء فلا ينصبُّ من الدلو. واما اذا ابطأ دوران الدلو فضعفت القوة الدافعة انصبَّ الماء حالاً * واذا رُبطت اسفنجة بخيطٍ ثم بُلَّت بماء وأُديرت بسرعةٍ فالماء يتطاير منها الى كل الجهات لانَّ القوة الدافعة تزداد حتى تتغلَّب على جاذبيَّة الالتصاق التي بين الاسفنجة والماء. وعلى هذا الاسلوب يجفَّف الافرنج الثياب المغسولة بوضعها في آلات وادارتها بسرعة فيُعصَر الماء منها بالقوة الدافعة. وقيل انهُ اذا أُديرت الثياب الخفيفة الفًا وخمس مئة دورة في الدقيقة ونُشرت في الشمس بضع دقائق تجفُّ مهما كانت مبتلَّة * اذا ركض الحصان بسرعةٍ في دائرةٍ انحنى الى داخل الدائرة ليقاوم القوة الدافعة عن المركز



الشكل ٣٥

(٨٠) إهليلجيَّة الارض * قد تبيَّن (عد ٧٩) انهُ حيثما وُجد جسمٌ يدور فلا بدَّ من وجود القوة الدافعة عن المركز هناك وانَّهُ بقدر ما يسرع في دورانهِ يزيد فعلها. ولمَّا كانت الارض سريعة الدوران جدًّا فالقوة الدافعة عنها عظيمة جدًّا ايضًا. ولولا جاذبيَّة الثقل التي تضادُّها فتجذب كل

ما على الارض نحو مركزها لفرّ الكلّ عنها الى جوف هذا الكون الواسع * ثم ان القوة الدافعة تزيد في النواحي الاستوائيّة عمّا هي في النواحي القطبيّة لسبب سرعة الاجزاء الاستوائيّة وبطوء الاجزاء القطبيّة في دورة الارض اليوميّة . فبهذه الزيادة تخفّ الاجسام على خط الاستواء $\frac{1}{289}$ من وزنها على القطبين . وبها طُرِد الماء من النواحي القطبيّة الى النواحي الاستوائيّة . وكبرت الارض وانتفخت من النواحي الاستوائيّة وتسطّحت من ناحيتَي القطبين فصارت اهليلجيّة الشكل كالبرتقالة المنتفخة من وسطها والمنضغطة من مَغرَزَ عِرْقها وما يقابلهُ[1] فلو ابطأت الارض في دورانها لعاد الماء الى النواحي القطبيّة وجعل كرويّة الارض اتمّ ممّا هي عليهِ الآن * ويتّضح تسطّح الارض بقوة التباعد عن المركز من التجربة الآتية : ترى في الشكل ٣٦ صورة سَيْرَين معدنيّين مَرِنَين مصنوعَين على شكل إطارَين متّصلَين ومثقوبَين بحيث يدخل



الشكل ٣٦

---

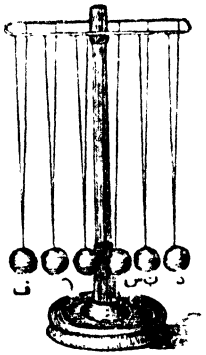
(١) المظنون ان الارض كانت قديمًا ذائبة مائعة وانها لسبب دورانها على محورها انتفخت من وسطها وتسطحت من قطبيها فصار شكلها اهليلجيًا . وقد قيس قطرها من قطب الى قطب ومن نقطةٍ في خط الاستواء الى اخرى تقابلها فكان الاوّل اقصر من الثاني بستةٍ وعشرين ميلاً

ثقباهما في المحور وينزلان ويصعدان فيهِ . فاذا أُديرَ المحور فدار الإطاران ينزلان وكلما ازدادت سرعة الدوران تسطّحا من ناحيتي الثقبين واتّسعا من وسطيهما كما في الشكل المارّ وسبب ذلك قوة التباعد عن المركز كما هو ظاهر

(٨١) الناموس الثالث * ان الفعل يساوي الانفعال ويعاكسهُ . يراد بالفعل تأثير الشيء في شيءٍ آخر وبالانفعال او ردّ الفعل رجوع ذلك التأثير وهما متعاكسان ومتساويان كما يتضح من الامثلة الآتية .

ان الطائر اذا طار ضرب الهواء بجناحيهِ الى الاسفل فيردُّ الهواء لهُ مثل ذلك فيحملهُ . ففعل الطائر هو ضغطهُ الهواء الى اسفل وردُّ فعل الهواء هو ردُّهُ ذلك الضغط الى جناحَي الطائر ورفعهُ اياهُ الى الاعلى . وكذلك الملّاح اذا اراد تسيير قاربهِ فانهُ يضرب الشاطئ بمجدافهِ فيردُّ لهُ الشاطئُ فعلهُ ويدفع قاربهُ في الماء . والسابح يضرب الماء برجليهِ فيردُّ لهُ الماء فعلهُ ويدفعهُ الى الامام . واذا أُريد اطلاق الرصاصة من البارودة يُشعَل البارود فيكبر حجمهُ ويدفع الرصاصة الى جهةٍ والبارودة الى جهةٍ أُخرى بزخمٍ واحد . وامّا الرصاصة فتكون سرعتها اعظم من سرعة البارودة وتأثيرها اشدّ لانها اخفُّ من البارودة فيؤثّر فعل البارود فيها اكثر ممّا يؤثّر ردُّ فعلهِ في البارودة ولذلك يخشى الخطر من اطلاق الغدّارات او الطبنجات لانها تكون خفيفة فتندفع بردّ الفعل اندفاعًا شديدًا وتلطم مَنْ يطلقها وربما آذتهُ . وكلما ثقلت الاسلحة قلّ خطر لطمتها . واذا قفز رجلٌ من القارب فالقارب يبعد عن الشاطئ بردّ الفعل اذا لم يحترس الرجل لمنع ذلك . واذا قفز عن الارض دفعها عنهُ برجليهِ فتردُّ لهُ الفعل

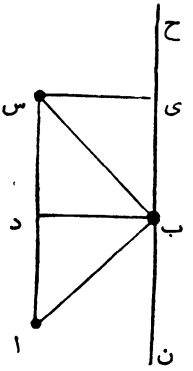
وتدفعهُ عنها . فهو يبعد الارض والارض تبعدهُ بزخمٍ واحدٍ ولكنَّ سرعتهُ في الابتعاد عنها اعظم من سرعتها في الابتعاد عنهُ بقدر ما هو اخفُّ منها . ولمَّا كان اخفَّ منها كثيرًا جدًّا كان ابتعادهُ عنهُ قليلاً جدًّا فلا يظهر الاَّ ابتعادهُ عنها . واذا اراد ان يقفز عن ارض ليِّنة لم يقدر لانها تلين تحت رجليهِ فلا تردُّ فعلهُ وامَّا اذا قفز عن لوح على زُنبُرُك فيقفز كثيرًا لانهُ يردُّ لهُ الفعل حالاً . والناس يمشون على الارض بردّ الفعل منها اليهم فكلُّ خطوة يخطوها الانسان يهزُّ بها الارض



الشكل ٢٧

(٨٣) ويتَّضح الانفعال من الكرات في الشكل ٢٧ . فهذه الكرات مصنوعةٌ من العاج ومعلَّقٌ بعضها بجانب بعض بحيث يسهل عليها الخطران . فاذا رُفِعَت الكرة د ثم تُرِكَت تصدم الكرة ب فهذه تسكِّنها بردّ الفعل اليها وتوصل الحركة التي اكتسبتها منها الى س وهذه الى ر وهلمَّ جرًّا حتى تتصل الحركة بالفعل وردّ الفعل الى ف فتردُّ ف الفعل وتسكِّن التي قبلها وتبعد هي عنها بقدر ما ابعدت د عن ب اوَّلاً الاَّ ما خسرتهُ بالفرك . واذا رُفِع الكرتان ل وب ثم تُرِكتا حتى تصدما س تسكنان ويرتفع كرتان ايضًا من الجانب الآخر . واذا رُفِع كرتان من الجانب الواحد وكرةٌ من الجانب الآخر فعند المصادمة ترتفع كرتان على الجانب الواحد وكرة على الآخر بعكس ما كان قبل المصادمة

(٨٣) الحركة المنعكسة * هي الحركة التي يحدثها ردُّ الفعل من سطحٍ اذا صادمهُ جسمٌ مَرِنٌ. فاذا فُرِض ن ي ب ح في الشكل ٢٨ حائطًا قد صادمهُ جسمٌ مرنٌ آتيًا في جهة ا ب انعكس ذلك الجسم راجعًا في جهة ب س. فاذا رُسِم على ب خطٌ عموديٌّ كالخطّ ب د فهذا يقسم الزاوية ا ب س التي تحدث من وقوع الجسم وانعكاسهِ الى زاويتين متساويتين احداهما ا ب د وتُسمَّى زاوية الوقوع والأُخرى د ب س وتُسمَّى زاوية الانعكاس. ومن ذلك هذا الناموس وهو ان زاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس في الاجسام التامَّة المرونة

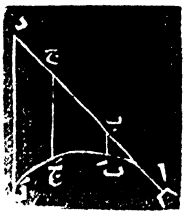


الشكل ٢٨

(٨٤) الحركة المنحنية * اذا فعلت بجسمٍ قوتان منقطعتان او اكثر فنتيجتها خطٌ مستقيم واما اذا كانت احداهما منقطعة والأُخرى متَّصلةً فنتيجتها خطٌ منحنٍ. كما يُشاهَد في الحجر اذا رُمي فانهُ يسير بقوتين احداهما منقطعة وهي التي رمتهُ بها اليد والأُخرى متَّصلة وهي جاذبيَّة الثقل ولذلك ينزل في خطٍ منحنٍ ما لم يرمَ في خطٍ سمتي فانهُ ينزل في خطٍ مستقيم

وكذلك اذا اطلقت قنبلة من المدفع ا (الشكل ٢٩) حتى تصل في ثلث

ثوان الى د فان جاذبيَّة الارض تجذبها في آخر الثانية الاولى الى ب وفي آخر الثانية الى جَ وفي آخر الثالثة الى دَ تذهب في الخط المنحني ا بَ جَ دَ وليس في الخط المستقيم ا ب ج د



الشكل ٢٩

(٨٥) الحركة الدائمة * لا يمكن الانسان ان يصطنع آلةً دائمة الحركة لانهُ لا يمكنهُ ان يصنع آلةً تحدث القوة من ذاتها كما يحدث الانسان القوة من ذاتهِ. فلا تقدر آلة ان تعمل عملاً ما لم تنفعل بها اوَّلاً قوة خارجةٌ عنها. وعدا ذلك لا تخلو آلة من الفرك الذي من شأنهِ ابطال الحركة (عد ٦٧). فلهذين الامرين لا يقدر الانسان ان يصنع آلة دائمة الحركة كما خلقهُ الباري تعالى دائم الحركة. وقد حاول كثيرون عمل آلات دائمة الحركة طمعًا بمنافعها فخابت مساعيهم

(٨٦) مسائل للتمرين * (١) اذا عُلِّقت منشفةٌ بطرفٍ من اطرافها واُطلِقت عليها رصاصةٌ فهل تنفذها. (٢) اذا رميت رصاصة على وجه لوحٍ واقف على جنبهِ ترميهِ وأمَّا اذا اطلقت عليهِ من بارودة فتثقبهُ بدون ان تزحزحهُ فما سبب ذلك. (٣) اذا فُتِح الباب بعض الفتح واطلقت عليهِ قنبلة مدفع فقد تنفذهُ بدون ان تغلقهُ فما سبب ذلك. (٤) لماذا ينزل حديد القدوم في عصاهُ اذا دققتَ طرف العصا. (٥) اذا كنتَ في قطارٍ (قابور الحديد) يسير بسرعة ٣٠ ميلاً في الساعة ووقف بك بغتةً فبكم من القوة تقذف عنهُ الى الامام. (٦) اذا رُميَت كرةٌ عن راس برجٍ عالٍ وقعت شرقيَّ الخطِّ العموديِّ قليلاً فما سبب ذلك. (٧) سقط حجر عن راس السيارية

والسفينة مسافرة ففي اي خطٍ يقع . (٨) ادّعى صاحب كارّة على صاحب مركبة بانهُ عطّل كارتهُ بمصادمة عربتهِ لها وملخّص دعواهُ ان سائق المركبة كان يحثُّ السوق جدًّا فلما اصطدمت مركبتهُ بكارتهِ سقط صاحب المركبة الى الامام على موطئِ قدميهِ . فلم تُقَم دعواهُ عند الفحص اذ تبيَّن من تقريرهِ انهُ هو الذي كان يحثُّ السوق لا صاحب المركبة . فكيف تبيَّن ذلك . (٩) وُضع مدفع في آخر رتلٍ مسافر بسرعة ٣٠ ميلاً في الساعة وحُكِّم على موازاة طريق الرتل والى الجهة المعاكسة لجهة سيرهِ فاذا أُطلقت منهُ قنبلةٌ بسرعة مسير الرتل فاين تقع . (١٠) شرع انسانٌ يقفز وهو على ظهر سفينةٍ سريعة الجري أتكون قفزتهُ اكبر اذا قفز في جهة جري السفينة او في عكس تلك الجهة . (١١) لماذا تكون قفزة الراكض اكبر من قفزة الواقف . (١٢) اذا سقط حجر عن راس السارية والسفينة متحرّكة فهل يسقط في المكان الذي يسقط فيهِ لو كانت السفينة ساكنةً . (١٣) اذا لعب جماعة بالطابة على ظهر سفينة تقطع ٣٠ ميلاً في الساعة فهل يلعبون بها كما يلعبون على سطح الارض من حيث رميها وتلقّفها . (١٤) قلنا ان الفعل يساوي الانفعال فلماذا لا يخشى خطر لطمة البارودة كما يخشى خطر الرصاصة . (١٥) اذا اردت ان تقفز من مركبة جارية بسرعة فهل تقفز الى نفس البقعة التي تريد النزول اليها . (١٦) اذا اردنا ان نقوّس عصفورًا طائرًا فهل نضبط البارودة عليهِ تمامًا . (١٧) اين تكون القوة الدافعة عن المركز على اقلّها على سطح الارض . (١٨) ما هو الدليل على ان الارض كانت قديمًا ذائبة . (١٩) ان السكك الحديديّة يكون جانب منها اعلى من الجانب الآخر حيث تنعطف من ناحيةٍ الى أُخرى . فما الغرض من ذلك . (٢٠) على اي مبدإٍ يُرمَى الحجر بالمقلاع . (٢١) لماذا نتطاير الاوحال عن دواليب المركبات وهي جارية . (٢٢) ان نبع نهر مسيسبي يقرب الى مركز الارض بـ ٢ ½ ميل اكثر من مصبّهِ فمصبُّهُ ارفع من نبعهِ بميلين وثلث ميل وكأنَّ ماءهُ يجري صاعدًا لا نازلاً خلافًا لناموس جاذبيّة الثقل فما سبب هذا الخلاف . (٢٣) هل تنقص

البيضة بالفعل او بالانفعال عند صدمها للحجر. (٣٤) سقط رجلٌ من محلٍ عالٍ فقال ان علوَّ السقطة لم يضرني بل سرعة السكون هي التي اضرَّتني فهل قوله صحيح. (٣٥) اذا نطح ولدٌ ولدًا آخر فايُّهما يتالَّم اكثر من الآخر واذا صدم شخصٌ شخصًا آخر فايُّهما يكون تاثُّرهُ بالصدمة اشدّ. (٣٦) وهل تختلف شدَّة الصدمة اذا اصطدم الشخصان وهما راكضان في جهتين متقابلتين. (٣٧) لماذا لا يمكن ان تُطلَق رصاصةٌ حول جبل. (٣٨) لماذا تكون لطمة البارودة اضعف من لطمة الفرد. (٣٩) سحب رجلٌ قاربًا صغيرًا وهو على ظهر سفينة كبيرة فكم تقدَّمت السفينة للافاة القارب. (٤٠) رُبط خيطٌ باحد طرفيهِ ثقل ٢٧ رطلاً عُلِّقت بطرفهِ الآخر فاذا حُلَّت الارطال عنهُ وامسك رجلان بطرفَيهِ فكم يشدُّ كلٌّ منهما حتى ينقطع الخيط. (٤١) اذا وقف الانسان على اصابعهِ في الميزان فهل يخفُّ ثقلهُ عمَّا اذا وقف على رجليهِ. (٤٢) اذا أُدير فم مدفع الى سمت الراس وأُطلِقَت منهُ قنبلة والهواء هادئٌ فاين تنزل القنبلة. (٤٣) صدمت باخرةٌ محمولها اربعة آلاف قنطار وسرعتها ١٠ اقدام في الثانية صخرًا تحت الماء فباي زخمٍ صدمتهُ (انظر القوة الحيَّة عد ٧١). (٤٤) كم هي القوَّة الحيَّة لقدوم يُحرَّك بسرعة ٢٠ قدمًا في الثانية ولآخر بسرعة ١٠ اقدام فيها

تنبيه. اننا لم نفصِّل القوَّة الدافعة عن المركز في الحركة الدائريَّة (عد ٧٩) طلبًا للتسهيل. ففي قولنا ان قوَّة دفع الباري للارض الخ هي القوة الدافعة عن المركز اجمال. وتفصيلهُ ان القوَّة الدافعة عن المركز تنشأ من القوة المنقطعة التي دُفِعت بها الارض اولًا وتضادُّ القوة الجاذبة الى المركز وبها يطلب الجسم الدائران يذهب في خطٍّ مستقيم مماس لدائرته

الباب الرابع

في مبادئ الميكانيكيّات

تمهيد

(٨٧) الميكانيكيّات فنٌ يبحث فيهِ عن الآلات . والآلة هي كلُ ما ينقل تأثير القوّة من عامل الى معمول بهِ. وتُسمَّى القوّة التي تحرّك الآلة محرّكًا . فاذا قصصت تفّاحةً بسكّين مثلاً فقوّة يدك التي تحرّك السكّين هي المحرّك والسكّين التي تنقل عمل يدك الى التفّاحة هي الآلة * واذا جرّ حصانٌ مركبةً فالحصان هو المحرّك والمركبة التي تستخدمها قوّة الحصان لنقل الاثقال هي الآلة * واذا ادارت الريح مطحنةً او ادار الماء دولابًا او سيّر البخار سفينةً فالريح والماء والبخار محرّكات والمطحنة والدولاب والسفينة آلات

فانضح ممّا تقدّم أنّ الآلة لا تقضي عملاً من الاعمال الّا اذا عملت بها قوّة خارجة عنها لان الآلة لا تقدر ان تُحدِث قوّةً من نفسها ولا ان تزيد قوّةً على القوّة المحرّكة لها. ومع ذلك فلا يُستغنَى عنها لانهُ بواسطتها تُستخدَم القوة بحيث تفعل ما لا نستطيع فعلهُ بدونها . ألا ترى ان الفاعل يقلب بالعتَلَة (المخل)

صخوراً لا يكاد يزحزحها بدونها مع ان قوتهُ هي هي في كلا الحالين. هذا فضلاً عن أننا نستعين بالآلات على استخدام القوات الطبيعيَّة كالريح والماء والبخار الخ. وتُقسَم الآلات الى قسمين بسيطة ومركَّبة فالبسيطة ستة وهي العَتَلَة وتُعرَف بالمخل والدولاب والسطح المائل واللَّولَب ويُعرَف بالبرغي ايضاً والسَّفين والبكَرَة. والمركَّبة تشمل اكثر الآلات وهي ما تركَّب من البسيطة. وكل الآلات تردُّ الى اثنتين المخل والسطح المائل

واعلم انهُ يُعتبَر في عمل كل آلة بسيطة امران القوة التي تحرِّكها والثِقَل الذي يرتفع بها. ولا بدَّ لرفع الثقل من ان تفعل القوة بقدر ما يفعل الثقل ولذلك اذا رفع الانسان بالبكرة ثقلاً عظيماً بقوَّة قليلة اقتضى لهُ وقت اطول ممَّا كان يقتضي لو رفعهُ بقوة عظيمة لانَّ ما يربحهُ بالبكرة من جهة القوة يخسرهُ من جهة الوقت[1]. فلا بدَّ ان يكون عمل القوَّة مساوياً لعمل الثقل طبقاً لناموس الميكانيكيَّات الآتي وهو: اذا ضُرِبت القوَّة في البين الذي تتحرَّك فيهِ فحاصلها يعدل حاصل الثقل في البين الذي يتحرَّك فيهِ.

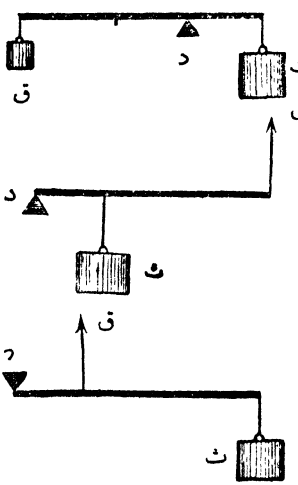
(١) من الاقوال المشهورة في المخل قول ارخميدس وهو «اعطوني داركاً ومخلاً طويلاً وانا الكفيل بزحزحة الارض ونقلها من مكانها». وقد حسبوا انهُ لو جعل ارخميدس داركهُ نقطة مركز الثقل للارض والقمر معاً (وهي على نحو ٢٠٠٠ ميل من مركز الارض) لكان طرف الساعد الذي يحركهُ ارخميدس من ساعدَي المخل يقع بين النجوم الثوابت على بعد نحو خمسة عشر الف الف الف الف الف ميل. فلو اراد ارخميدس ان ينقل الارض من مكانها قدماً واحدة فقط لاقتضى لهُ ان يحرِّك المخل سبعة وعشرين الف الف الف الف سنة. وذلك على فرض انهُ يحركهُ بسرعة القنبلة المنطلقة من المدفع. لانهُ لا يربح من القوة ما لم يخسر من الوقت

مثالهُ اذا تحرَّكت قوة تساوي رطلاً واحدًا في بين ١٠ اقدام فذلك يعدل ثقل عشرة ارطال تتحرَّك في بين قدمٍ واحدة اي ان ١ ط × ١٠ = ١٠ ط × ١ واذ قد انتهينا من هذا التمهيد نشرع في الكلام على الآلات البسيطة بالتفصيل

الفصل الاوَّل

في المخل وتوابعهِ

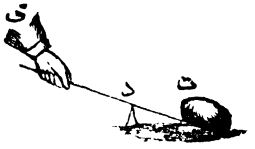
(٨٨) المخل * هو قضيبٌ من الحديد او نحوهِ يتحرَّك على نقطةٍ تُسمَّى دارِكًا ويُعتبَر فيهِ خمسة امور القوة التي تحرِّكهُ ويَدُلُّ عليها في ما يأتي الحرف (ق) والثِقَل الذي يتحرَّك بهِ ويدلُّ عليهِ (ث) والدارك الذي يتحرَّك هو عليهِ ويدلُّ عليهِ (د) وساعداهُ وهما الجزءان الواقعان على جانبي الدارك



الشكل ٤٠

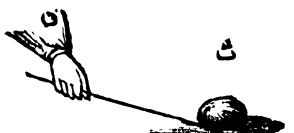
(٨٩) انواع المخل * انواع المخل ثلثة . الاوَّل ما وقعت فيهِ القوة على طرفٍ والثقل على آخر والدارك بينهما (الشكل ٤٠)

والثاني ما وقعت فيهِ القوَّة على طرف والدارك على آخر والثقل بينهما والثالث ما وقع فيهِ الثقل على طرف والدارك على آخر والقوَّة بينهما



الشكل ٤١

(٩٠) النوع الاول من المخل * اذا اردنا ان نرفع حجرًا نضع تحتهُ راس المخل ثم نضع تحت المخل حجرًا د (الشكل ٤١) ونشدُّ على طرف المخل عند ق. وهكذا يُسحَب الماء بالطلمبا فان قوَّة اليد ق



الشكل ٤٢

والماء المسحوب ث والمحور الذي تدور يد الطلمبا عليهِ د. ومثل الطلمبا المِقَصُّ فانَّهُ مخل مزدوج من هذا النوع تُحسَب الاصابع فيهِ ق ومسمارهُ د والشيء المراد قصُّهُ ث

(٩١) النوع الثاني من المخل * يمكن ان يُرفَع الحجر ايضًا بمخلٍ من النوع الثاني كما في الشكل ٤٢ حيث فُرِض أنَّ راس المخل قد أُدخِل تحت الحجر وأُسنِد الى الارض فتكون الارض تحت راسهِ د والحجر على ما يلي راسهُ ث وقوَّة اليد ق. ومن هذا النوع مجذاف السفينة فان اليد ق والسفينة ث وتُحسَب واقعة بين المجذاف والماء والماء د

(٩٢) النوع الثالث من النحل * هو ما وقعت فيهِ القوّة بين الثقل والدارك كقصبة الصيّاد فان الصائد اذا مسكها بيديهِ تكون اليد القريبة الى راسها ق والبعيدة عنهُ د والسمكة ث. وكالمِلْقَط فان كلًّا من شعبتَيهِ مخلًا من هذا النوع فيهِ ق شدُّ اليد



الشكل ٤٢

و د وراءها مكان اتصال الشعبتين معًا و ث ما بقي من الشعبة. وكالآلة المرسومة في الشكل ٤٢ فانها تُدار بضغط الرِّجْل على الخشبة اب س فطرفها س المرتكز على الارض هو د وضغط الرِّجْل ق وهي تنتقل على القضيب الى مِكَبّ الخيطان الذي هو ث

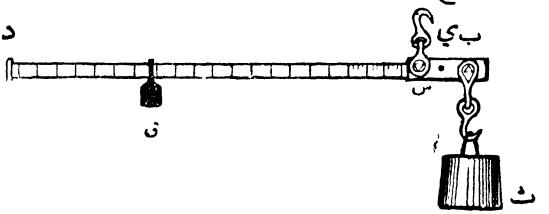
(٩٣) ناموس الموازنة في المخل * يتوازن المخل اذا كان ساعدهُ المعلَّق بهِ الثقل موازنًا لساعدهِ الفاعلة بهِ القوَّة وحينئذٍ يكون طول البين الذي يتحرَّك فيهِ الثقل او القوَّة وقصرهُ بالنسبة الى طول ساعد كلٍّ منهما وقصرهِ. مثال ذلك: اذا فُرِض ان ب ق بُعد القوَّة عن د وب ث بُعد الثقل عن د. فان كان طول ب ق مضاعف طول ب ث تتحرَّك القوَّة في بَيْنٍ يعدل مضاعف البين الذي يتحرَّك الثقل فيهِ. وحسب ناموس الميكانيكيَّات المتقدِّم ذكرهُ يكون ق × ب ق = ث × ب ث ويحلُّ هذه المعادلة الى نسبةٍ اي بجعل احد جانبيها طرفين والجانب الآخر وسطين لنا

ق : ث :: ب ث : ب ق

ففي النوع الثاني من المخل يكون البين الذي يتحرَّك الثقل فيهِ اقصر من البَيْن الذي تتحرَّك القوَّة فيهِ لانَّ الثقل اقرب من القوَّة الى الدارك. وفي النوع الاول يحتمل ان يكون بين الثقل اقصر من بين القوة او اطول منهُ ولكن المعتاد ان يكون اقصر. وفي النوع الثالث يكون بين القوة اقصر من بين الثقل. فلذلك يربح العامل قوةً ويخسر وقتًا في النوع الاوَّل والنوع الثاني ويخسر قوة ويربح وقتًا في النوع الثالث حسب النسبة المتقدِّمة

(٩٤) القبَّان * هو مخلٌ من النوع الاوَّل وتكون القوَّة فيهِ عند ق والثقل عند ث والدارك عند س بينهما (الشكل ٤٤)

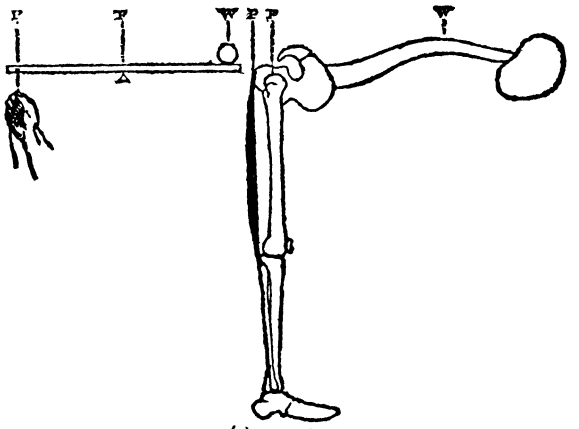
فاذا كان البعد بين س و ب قيراطًا واحدًا وبين س و ق اثني عشر قيراطًا فحينئذٍ اذا تعلق رطلٌ عند ق وازن ١٢ رطلًا عند ث حسب النسبة المذكورة آنفًا . واذا كان عند ي صنّارة أُخرى مثل س وعُلِّق القبّان بها فحينئذٍ يصير الدارك عند ي . فاذا فُرِض بعد هذا الدارك عن ث رُبْع بُعد الدارك س عن ث فالرطل الواحد عند ق يوازن ٤٨ رطلًا عند ث . وعلى ذلك قسموا قضيب القبّان الى درجات توافق هذين الوضعين وجعلوا الدرجات الموافقة للوضع الواحد على جانبٍ منهُ والموافقة للوضع الآخر على جانبٍ آخر



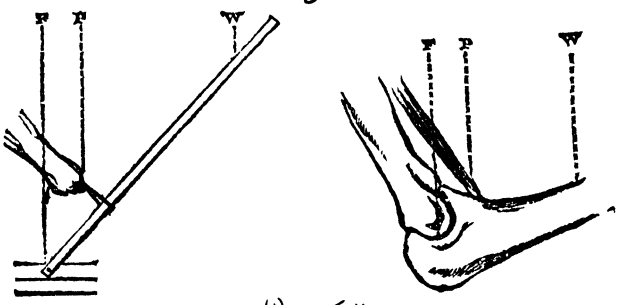
الشكل ٤٤

(٩٥) الميزان * الميزان آلةٌ لمعرفة ثقل الاجسام وهو من النوع الاوّل من الخل يُحسَب العيار فيهِ قوةً والموزون ثقلًا او بالعكس والدارك بينهما عند المسمار الذي تنزل الكفتّان او تصعدان عليهِ . ويُضبَط الميزان بجعل ساعدَيهِ متساويين تمامًا في الطول والثقل وجعل كفّتَيهِ متساويتين ايضًا حتى اذا كانتا فارغتين يكون ساعداهُ موازيين لسطح الافق . فاذا نقصهُ شرط من هذه الشروط وقع فيهِ الخلل وكان من ميازين الغش . الاّ انهُ قد يُستعلَم الوزن الصحيح بميزان الغش وذلك بان نضع الموزون في كفّةٍ ورملًا او حصًى او ما اشبه في الكفّة

الأخرى حتى يتوازنا تمامًا . ثم نبدل الموزون بعبارات توازن الرمل او الحصى فيعرف ثقل الموزون منها . وللميزان انواع كثيرة على المبدإ المتقدّم وسيأتي ذكر نوع منها (عد ٩٧)



الشكل ٤٥[1]



الشكل ٤٦[1] .

(٩٦) اعضاء الانسان امثال * ان كثيرًا من اعضاء الانسان يتحرّك على مبدإ المثل فاذا اراد الانسان ان ينتصب بعد الانحناء مثلاً انتصب على مبدإ النوع الاوّل وكانت ق عضلات الفخذ ود راس الفخذ وث الجذع كما في الشكل ٤٥ . واذا اراد ان يفتح فمهُ فتحهُ على مبدإ النوع الثاني وكانت ق

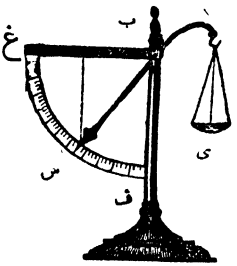
(١) P القوة . F الدارك . W الثقل في هذين الشكلين

العضلات التي يخفض بها الفكُّ السفلي وث عمل العضلات التي تطبق الفم ود المفصل بين الصدغ والفك . واذا قبض ساعدهُ على عضدهِ قبضة على مبدإِ النوع الثالث فان عضلةً قويَّة من عضلات ذراعهِ تندغم في الساعد على بعد نحو قيراطين من المفصل المرفقي . ومن هذا المفصل الى مركز الكف نحو ثلاثة عشر قيراطًا فتُحسَب العضلة ق (الشكل ٤٦) والمفصل المرفقي د واليد او اليد وما يحمل بها ث . ولذلك يكون ث × ب = ١٢ قيراطاً و ق × ب = قيراطين حسبما مرَّ في ناموس الموازنة (عد ٩٢) . ثم ان ١٢ قيراطًا تساوي ست مرات ونصف مرة قيراطين فلا ترفع هذه العضلة رطلاً من الثقل الاَّ بقوة ستة ارطال ونصف وذلك خسارة في القوة ولكنهُ ربح في الوقت (عد ٩٣) . ولمَّا كان مطلوب البشر السرعة في الاعمال جعلت العناية الالهية اياديهم موافقة لمطلوبهم



الشكل ٤٧

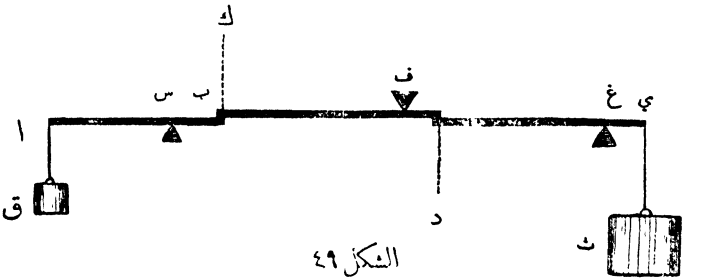
(٩٧) المخل المنحني * هو ما لم يكن ساعداهُ في خطٍّ واحدٍ مستقيم كالقدوم اذا استُعمل لقلع المسامير على ما ترى في الشكل ٤٧ . ويُحسَب طول ساعدَيهِ الخطَّين المستقيمين اللذين يوافقان الجهة التي يعمل فيها الثقل والقوة بالنسبة الى الدارك



الشكل ٤٨

ويُستعمَل المخل المنحني في بعض انواع الميزان ايضًا كما ترى في الشكل ٤٨ فان اب س مخل منحنٍ طرفهُ س مثقَّل بثقلٍ ثابت . وهذا المخل يدور على الدارك ب الذي هو مسمار في العمود ب ف فيتحرَّك طرفهُ س على الربع المقسَّم ف غ المتصل بالمحور . واما طرفهُ الآخر ا فتعلَّق بهِ الكفَّة ى . فاذا أُريد الوزن بهِ يُوضَع الموزون في ى فيُعرَف ثقلهُ من موقع س على درجات الربع المقسَّمة على عبارات معروفة

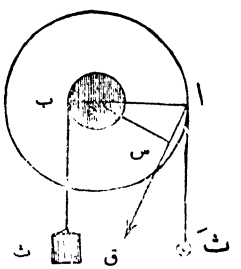
(٩٨) المخل المركَّب * هو ما تركَّب من عدَّة مخال على شكل ان ساعد الواحد الاقصر يفعل بساعد الثاني الاطول وهلمَّ جرًّا الى الاخير كما ترى في الشكل ٤٩. فاذا كان بُعد ا عن المدارك س اربعة اضعاف بعد ب عنهُ فقوَّة خمسة ارطال عند ا ترفع ثقل ٢٠ رطلًا عند ب واذا كان ساعدا ب د وهو المخل الثاني من المخل المركَّب مناسبين لساعدَي المخل الاوَّل في الطول فقوَّة



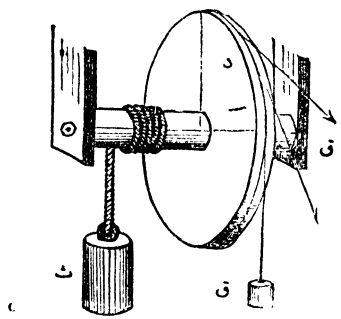
الشكل ٤٩

٢٠ رطلًا عند ب ترفع ٨٠ رطلًا عند د وكذلك قوَّة ٨٠ رطلًا عند د في المخل الثالث د ي ترفع ٣٢٠ رطلًا عند ي. فبالمخل المركَّب ترفع قوَّة خمسة ارطال ٣٢٠ رطلًا من الثقل. غير انهُ اذا أُريد رفع هذا الثقل قدمًا واحدةً لزم ان تهبط القوَّة ٦٤ قدمًا. ويصحُّ ان يُستعمَل المخل البسيط اذا كان طويل الساعدَين عوضًا عن المخل المركَّب ولكنَّ المركَّب يُفضَّل عليهِ لانهُ اخف منهُ ثقلًا واسهل استعمالًا. ويُستخدَم لوزن البضائع عند اصحاب الارتال ونحوها

(٩٩) الدولاب والجُزْع * الجُزْع في اصطلاح هذا الفن اسطوانة داخلة في وسط الدولاب ومتَّحدة به اتحاداً محكماً وكلاهما يدور على خطٍّ مستقيم يمرُّ بمركزي قاعدتَي الجزع ويُسمَّى المِحْوَر. وهما ضربٌ من المخل. مثال ذلك خنزيرة البير التي يُسحَب الدلو عليها ففيها تفعل القوة بيدها ويُحسَب الدلو ثقلاً والمحور داركًا وطول اليد ساعد المخل الاطول ونصف قطر الجزع ساعده الاقصر وليس فيها دولاب. ويظهر الدولاب والجزع جليًّا من الشكل ٥٠ وهو صورة مقطوعها عرضاً فالحرف د يدلُّ على



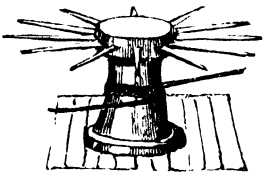
الشكل ٥٠



الشكل ٥١

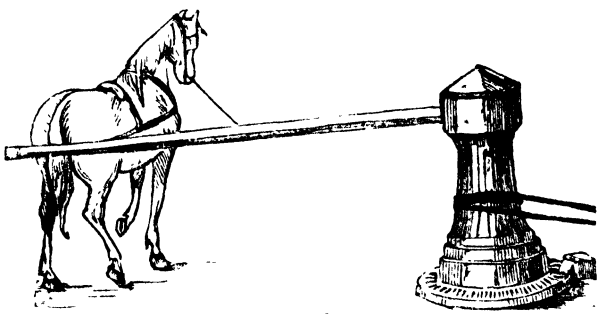
الدارك ود ا على الساعد الاطول ودب على الساعد الاقصر وث على الثقل وثَ على القوة. وهذه صورة الدولاب والجُزْع كاملةً (الشكل ٥١) فترى الثقل ث ملتفًّا فيها على الجزع والقوة ق مدلاَّةً عن جانب الدولاب. وامَّا الشكل ٥٢ فيدلُّ على الآلة التي تُرفَع بها مرساة السفينة من البحر. وذلك بادارة

الجزع بواسطة القضبان النائتة منهُ فيلتفُّ الزنجير عليهِ وامَّا الشكل ٥٣ فصورة آلة تُستعمَل غالبًا لنقل الأبنية ويديرها حصان



الشكل ٥٢

(١٠٠) واعلم ان للدولاب والجزع مزيَّة على المخل بكون عملها مستمرًّا بخلاف المخل فانهُ يلزم فيهِ ان يُسنَد الثقل ويجدَّد وضع المخل كلَّ قليلٍ كما يُشاهَد في قلع الصخور ونحوها فيكون عملهُ متقطِّعًا. ولذلك يُسمَّى الدولاب والجزع ايضًا المخل الدائم العمل



الشكل ٥٣

(١٠١) ناموس الموازنة في الدولاب والجزع * كلما ادرنا الدولاب دورةً يلتفُّ الحبل حول الجزع لفَّةً واحدة ويرتفع الثقل بقدر طول تلك اللفَّة. فحسب ناموس الميكانيكيَّات القوة × محيط الدولاب = الثقل × محيط الجزع. ولمَّا كان محيط الدائرة الواحدة الى محيط الدائرة الاخرى كنصف قطر تلك الدائرة الى

نصف قطر هذه[1] فلنا

ق : ث :: نصف قطر الجزع : نصف قطر الدولاب

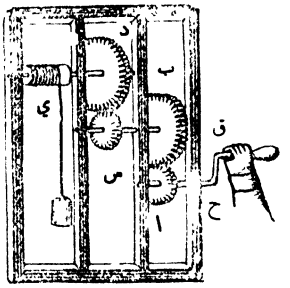
فاذا كان نصف قطر الجزع ٦ قراريط ونصف قطر الدولاب ٢٤ قيراطاً فالثقل اربعة اضعاف القوة

(١٠٢) الدولاب المركَّب هو ما تركَّب من عدة دواليب وجزوع تفعل بعضها ببعض على مبدإِ المحل المركَّب . وذلك بان تكون الدواليب والجزوع مسنَّنة فتدير اسنان جزع الدولاب الواحد اسنان الدولاب الآخر فيدور هو وجزعهُ . ثم تدير اسنان جزع هذا اسنان دولابٍ آخر فتديرهُ هو وجزعهُ ايضاً وهلمَّ جرًّا حتى يتَّصل فعل القوة الى الثقل

وتُستعمَل الدواليب نفسها لادارة بعضها البعض ايضاً كما ترى في الشكل ٥٤ . فتُسنى التي توصل الحركة الى المحيط مثل ا وس السائقة والأُخرى مثل ب ود المسوقة وتُحسَب اليد ق ح من الدواليب المسوقة والجزع ى من السائقة . فاذا كان ق ح ١٢ قيراطاً ونصف قطر الدولاب السائق ا قيراطين وفعل الانسان بقوة رطل واحد تصير القوة على الدولاب ب ٦ ارطال . واذا فُرِض نصف قطر الدولاب السائق س قيراطين ايضاً ونصف قطر المسوق ب ١٢ قيراطاً تصير القوة التي كانت ٦ ارطال على ب ٣٦

(١) محيط الدائرة هو الخط المستدير الذي يرسم حولها . ومركزها هو نقطة في وسطها جميع الخطوط الخارجة منها الى المحيط متساوية . وقطرها هو كل خط يرسم من جانب من محيطها الى جانب آخر مارًّا بمركزها . ونصف قطرها هو نصف ذلك الخط مرسومًا من المركز الى المحيط . فبقدر ما يطول نصف قطر الدائرة يتسع محيطها .

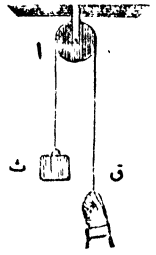
رطلاً على د وتوازن ثقل ٢١٦ رطلاً على الجزع ى الذي نصف قطرهِ قيراطان . اي ان قوة رطل واحد توازن ثقل ٢١٦ رطلاً الاَّ ان هذا الثقل لايتحرَّك الاَّ $\frac{1}{216}$ من المسافة التي تتحرَّك فيها القوة . فاذا ربحهُ بالدولاب المركَّب من رفع ثقلٍ عظيم بقوةٍ صغيرة يعادل ما نخسرهُ من الوقت على رفع ذلك الثقل . واذا اردنا العجلة زدنا القوة وجعلناها تفعل بالجزع عكس ما تقدَّم كما هو شائع في المعامل حيث يدور دولاب الماء او غيرهُ بزخمٍ شديدٍ فيدير بقوَّتهِ العظيمة غيرهُ من الدواليب والمغازل بسرعةٍ شديدة



الشكل ٥٤

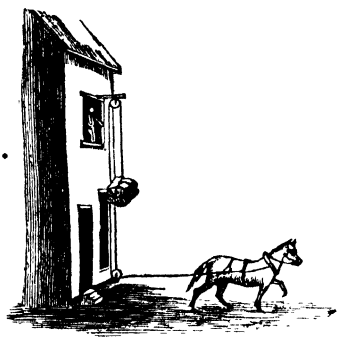
---

(١٠٣) البَكَرَة * البَكَرَة ضربٌ من المخل يدور على محور ثابت هو داركهُ وهي عبارةٌ عن دولابٍ في حرفهِ محزٌّ ينزل فيهِ الحبل او نحوهُ . وفائدتها تظهر ممَّا يأتي . اذا اردنا ان نوصل القوة من محلٍّ الى آخر بالآلات فعلنا ذلك إمَّا بالدفع او بالسحب . امَّا الدفع فتُستخدَم لهُ الاجسام الصلبة كالمخل وامَّا السحب فتُستخدَم لهُ الاجسام اللينة كالحبال والاوتار والخيوط ونحوها . ويمتاز السحب على الدفع بانهُ مع ايصالهِ القوة كالدفع يمكن فيهِ تغيير جهتها كما في البَكَرَة الثابتة المفردة (الشكل ٥٥) فهذه مخل من النوع الاول متساوي الساعدَين . فلا



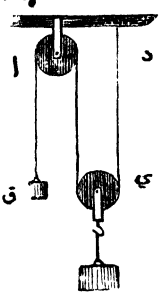
الشكل ٥٥

يُربح بها قوةٌ ولا سرعةٌ لان اليد ق تسحب نازلًا بقدر صعود الثقل ث وكلاهما يتحرّك بسرعةٍ واحدةٍ. ولكنّها مع ذلك كبيرة الفائدة كما يتّضح من رفع الرايات من على الارض الى رؤوس السواري مثلًا. فلولاها لالتزم البحري او غيرهُ ان يخاطر بنفسهِ الى راس السارية لرفع الراية * واذا وُضِعَت بكرتان ثابتتان كما في الشكل ٥٦ ولفَّ حولها حبلٌ ثم رُبِط ثِقَلٌ باحد طرفيهِ وحصان بطرفهِ الآخر وسيق الحصان ارتفع الثقل بقوة الحصان عن الارض الى العلو المراد



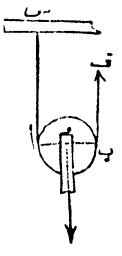
الشكل ٥٦

(١٠٤) البكرة المتحرّكة * تُستعمَل البكرة ايضًا متحرّكةً وهي التي ترتفع على الخيط فيرتفع الثقل معها وتكون إمَّا مفردة او مركّبة. فمثال المفردة الشكل ٥٧ حيث ا بكرة ثابتة وي المعلَّق الثقل بها بكرة متحرّكة. ولا يخفى ان نصف الثقل معلَّق بالخيط د ي والنصف الآخر تحملهُ القوة ق بالخيط ا ي. فالقوة اذًا توازن الثقل في البكرة المتحرّكة المفردة اذا ساوت



الشكل ٥٧

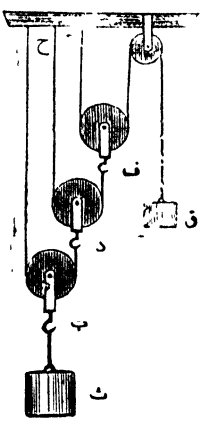
نصفهُ فقط ولذلك يكون البين الذي تتحرَّك فيهِ مضاعف البين الذي تتحرَّك فيهِ اذا كانت مسلموية لهُ كلهِ . اي انَّا نربح بها قوةً ونخسر وقتًا



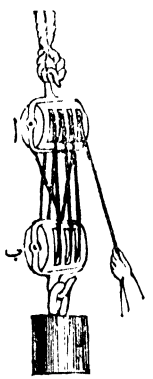
الشكل ٥٨

ولزيادة ايضاح ذلك نقول ان ا (الشكل ٥٨) في هذه البكرة بمنزلة الدارك في المخل ور بمنزلة الثقل فاعلاً في جهة الخط ور وب القوة . فهذه البكرة من النوع الثاني من المخل ويصدق عليها ما قيل عنهُ . ولمَّا كان الثقل فيها واقعًا في منتصف البعد بين الدارك والقوة تحصل الموازنة اذا ساوت القوة نصف الثقل

(١٠٥) البكرة المركَّبة * اذا نظرت الى الشكل ٥٩ وجدت ان الثقل معلَّق بخيوط على عدَّة بكرات مركَّبةٍ معًا فالبكرة ف تحمل ثقلاً بقدر مضاعف القوة ق (عد ١٠٤) والبكرة د تحمل ثقلاً مضاعف ما تحملهُ ف كذلك والبكرة ب مضاعف د . فتكون القوة في نظام هذه البكرات موازنة لثقلٍ اكبر منها بثمانية اضعاف . فقوة رطل واحد توازن ثقل ثمانية ارطال ولكنها لا ترفع الثقل قيراطًا



الشكل ٥٩



الشكل ٦٠

واحدًا حتى تنزل ثمانية قراريط على ما علمت * وتُركَّب البكرات على هيئاتٍ أُخرى منها الشكل ٦٠ وهو يدلُّ على البكرات المستعملة عند العاملين بالآلات

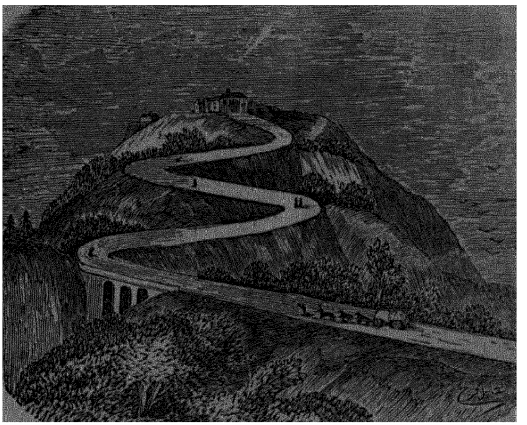
(١٠٦) ناموس الموازنة في البكرة * في كل نظامٍ من نظامات البكرة يفقد نصف القوة تقريبًا بالفرك فلا يؤدّي المرام واكثر النظامات المستعملة يكون الثقل فيها مساويًا للقوة مضروبةً في مضاعف عدد البكرات المتحرّكة

الفصل الثاني

في السطح المائل وتوابعهِ

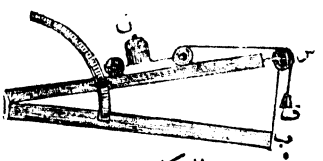
(١٠٧) السطح المائل * اذا اردنا ان نرفع حملاً ثقيلاً الى مركبةٍ او حجرًا ثقيلاً على ظهر جمل ولم نقدر على رفعهِ لثقلهِ نصل بين المركبة او ظهر الجمل والارض بخشبة مائلة ثم نقلب الحمل او الحجر عليها حتى يصل الى العربة او ظهر الجمل . فسطح الخشبة هذا يُسمَّى سطحًا مائلاً. واذا اردنا ان نصعد من الارض الى علّيَّة نصل بينهما بسلَّم فالسلَّم سطح مائل وانما درجهُ واسطة لتسهيل الصعود عليهِ . ومثل ذلك اذا صعدت المركبات او الدوابُّ في الجبال فانها تدور في الغالب على سطح مائل كما ترى في الشكل ٦١

قيل ان في اميركا الجنوبية طريقاً مصنوعة على سطح مائل طولها ستة اميال وتمتدُّ من كالاو الى ليما في علو ١١٥ قدماً . وهي من اطول السطوح المائلة في الارض واتقنها



الشكل ٦١

(١٠٨) ناموس الموازنة في السطح المائل . اذا فرضنا ق في الشكل ٦٢ القوَّة و ن الثقل موضوعاً على عجلةٍ و س بكرة ينسحب الثقل عليها و اس سطحاً مائلاً فالقوَّة لا ترفع الثقل الى علوّ ب س ما لم تهبط في مسافة تساوي اس . وحسب ناموس الميكانيكيَّات ق × طول السطح المائل = ث × علو السطح المائل . فيحلُّ ذلك الى نسبةٍ يكون



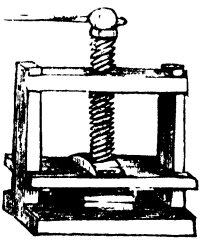
الشكل ٦٢

ق : ث :: علو السطح المائل : طولهِ

فاذا اردنا ان ندحرج حجرًا ثقلهُ ٢٠٠ اقَّة الى ظهر جبلٍ علوُّهُ ٣ اقدام عن الارض على سطحٍ مائلٍ طولهُ ١٢ قدمًا لزم لنا قوَّة ٥٠ اقَّة اي ربع الثقل فقط لانَّ القوَّة : ٢٠٠ اقَّة :: ٣ اقدام : ١٢ قدمًا فالقوة = ٥٠ اقَّة . فكأنَّنا بدحراج الحجر على السطح المائل خفَّفنا ثقلهُ حتى صار ربع ما كان . ولكنَّ ما نكسبهُ من تخفيف الثقل نخسرهُ في قضاء الوقت لاننا ندحرج الحجر على السطح المائل مسافة ١٢ قدمًا ولو رفعناهُ دفعةً واحدةً لرفعناهُ مسافة ٣ اقدام اي ربع تلك المسافة فقط * واذا جرَّ حصان مركبةً في طريقٍ طالعة وكان كلَّما سار في الطريق ١٠٠ قدم يرتفع قدمًا واحدةً في العلوِّ فلا يبذل من القوَّة على جرِّ المركبة الَّا ما يساوي $\frac{1}{100}$ من ثقلها . هذا عدا ما يقتضيهِ الفرك * واذا تدحرج جسمٌ من شاهقٍ الى الارض على سطحٍ مائلٍ تكون سرعة انحدارهِ مساويةً لسرعتهِ لو هبط من الشاهق الى الارض في خطٍّ عمودي

ان في جوار بحيرة لوسرن بسويسرا غابةً من شجر السندیان على راس جبلٍ شامخ من جبال الپا يصعد اليها الناس ويقطعون شجرها ثم يدحرجونهُ فينزل مسافة ثمانية اميال في ثماني دقائق ويسير في قناةٍ من الخشب الى الماء فتتعاظم سرعتهُ جدًّا في نزولهِ حتى يُسمَع لهُ صوت كالرعد القاصف واذا اتَّفق ان شجرة أفلتت من القناة تحطَّمت كل تحطُّمٍ

(١٠٩) اللَّوْلَب * اللولب ويُعرَف بالبرغي ايضًا آلة مركَّبة من اسطوانةٍ وسطحٍ مائلٍ ملتفٍّ حوْلها وتُعرَف الاسطوانة بالجسم والسطح المائل بالخيط (الشكل ٦٣) ويدخل اللولب في جوزة ذات خيوط معاكسة لخيوطهِ بحيث تدخل خيوطهُ في خيوطها فتدور هي عليهِ او يدور هو عليها. وتفعل القوَّة بهِ او بها حسبما يتَّفق بمفتاحٍ او مخلٍ. وهو كثير الاستعمال في المعاصر لعَصْر الزيتون والتفَّاح والعنب وبزر الكتَّان وقصب السكَّر ونحوها. وفي المطابع لطبع المكاتيب وسكِّ النقود وما شاكل. وفي الملازم. وفي رفع الابنية وغير ذلك



الشكل ٦٣

(١١٠) ناموس الموازنة في اللولب * اذا فعلت القوَّة بطرف مخل لولبٍ رَسَمت دائرةً نصف قطرها طول المخل ومحيطها البَيْن الذي تدور فيهِ القوَّة ورفعت الثقل في كل دورةٍ بقدر البعد بين خيطٍ وآخر من خيوط اللولب. فبحسب ناموس الميكانيكيَّات ق × محيط الدائرة = ث × البعد بين خيطٍ وآخر. اي ان

ق : ث :: البعد بين خيطين : المحيط

وعلى ذلك تزداد قوَّة اللولب إمَّا بتطويل المخل او بتقليل البعد بين الخيوط

(١١١) السَفين * السفين آلة مركَّبة من سطحين مائلين موضوعين قفًا لقفًا (الشكل ٦٤) ويُستعمَل لشقّ الحطب وقلع الصخور ورفع السفن لاجل تصليحها وعَصْر الزيت وتقويم المداخن الكابيَة. وعلى مبدإهِ تستعمل الآلات الثاقبة والقاطعة كالابَر والمسامير والمواسي ونحوها



الشكل ٦٤

(١١٢) ناموس الموازنة في السفين * هو كناموس الموازنة في السطح المائل اي

ق : ث :: سمك السفين : طولهِ

ولكنَّ هذا الناموس لا يصدق عملاً فان قوَّة السفين اعظم جدًّا ممَّا يقتضيهِ. لانَّ الفرك الذي ينقّص قوَّة السطح المائل وغيرهِ من الآلات الميكانيكيَّة يزيد السفين قوَّةً ولولاهُ لكان السفين يرتدُّ من موضعهِ بعد كل ضربةٍ فيذهب تعب الضارب سدًى. وايضًا لان القوَّة الفاعلة بغير السفين من الآلات الميكانيكيَّة هي قوَّة ثابتة على حالٍ واحدة واما القوَّة الفاعلة بالسفين فهي ضربات متقطّعة تساوي زخم المطرقة الطارقة عليهِ

الخاتمة * انَّ ما تقدَّم عن الآلات الميكانيكيَّة يصدق عليها نظرًا لا عملاً وذلك لاننا كنَّا نعتبر المخل مثلاً عديم الثقل والواقع ان لهُ ثقلاً ينبغي الالتفات اليهِ عند التحقيق في الحساب . وكنَّا نفرض المخل وغيرهُ من الآلات تامَّة النساوة لاتاين ولا تنضغط وحبال البكرات وخيوطها تامَّة الليونة لا يقتضي لَيُّها ادنى قوَّة . وكنَّا نقطع النظر عن الفرك فنحسبهُ غير موجود والصحيح ان هذه كلَّها موجودة ويقتضي الالتفات اليها عملاً * هذا ومع انَّ الغرض من الآلات الميكانيكيَّة رفع الاثقال فلا يُبحث في هذا الفن عن القوَّة اللازمة لرفع الثقل بل عن القوَّة اللازمة لموازنتهِ كما تقدَّم وذلك لانهُ متى حصلت الموازنة فاقلُّ زيادةٍ على القوَّة ترفع الثقل . فتنبَّه

(١١٣) مسائل للتمرين * (١) لماذا يصحُّ ان يُسمَّى مجذاف القارب مخلاً وكذلك الباب . والسقَّاطة . والرفش . والمجرفة . ومقصّ الجزَّاز . والمِجْرَد . والملقط . والميزان . والمِنكَثة (الشكل ٦٥) . ومِكسَر الجوز والبندق ونحوها . والانسان اذا فتح الباب ويدهُ قريبة من مصراعهِ . والمِعوَل اذا تحركت معهُ الذراع من الكَتِف .



الشكل ٦٥

(٢) اذا مسكت بطرف السلَّم ونصبتهُ على الحائط فكيف تبيّن انك تنتقل برفعهِ من النوع الاوَّل الى النوع الثاني من المخل . (٣) لماذا يزيد ألم القرص بشعبتي الملقط قرب ملتقاها عن ألم القرص بهما قرب طرفيهما . (٤) اراد رجلان ان يحملا ٢٥٠ اقة من الحرير بعودٍ على كتفيهما طولهُ عشر اقدام فاين يعلّقان الحرير حتى يحمل احدهما ٥٠ اقة فقط . (٥) عندنا مخل من النوع الاوَّل طولهُ ست اقدام ومرادنا ان نجعل قوة رطل واحد توازن عليهِ ٢٣ رطلاً من الثقل فاين نضع داركهُ . (٦) اراد زيدٌ ان يرفع صندوقًا على دولاب قطر جزعهِ قدم وطول يدهِ ٣ اقدام فما القوَّة اللازمة لذلك . (٧) اذا وازن ثقل ٢٠٠ اقَّةٍ قوَّة مئة أوقية على دولاب قطرهُ ٦ اقدام فكم يكون قطر جزعهِ . (٨) كم بكرةً متحركةً ترفع ٢٠٠ رطل من الثقل بقوة ٢٥ رطلاً . (٩) كم رطلاً من الثقل يرتفع بمئة رطلٍ من القوَّة على

نظامٍ مؤلَّفٍ من اربع بكرات متحركةٍ وبكرةٍ ثابتةٍ لتغيير جهة القوة. (١٠) كم من الثقل يرتفع بقوة حصانٍ[1] واحد تَسحبُ بنظامٍ من البكرات (كالنظام المرسوم في الشكل ٦٠). (١١) رفع زيدٌ مئتي اقَّة بقوة ٢٥ رطلاً على لولبٍ طول يدهِ ٣ اقدام فكم كان البعد بين خيوطهِ. (١٢) انحدرت قوة ١٢ رطلاً ١٦ قدمًا على سطح مائل فالى اي علوّ رفعت ٩٦ رطلاً من الثقل. (١٣) اراد عمرٌو ان يرفع حجرًا الى ظهر جملهِ على ارتفاع اربع اقدام عن سطح الارض وقوة عمرو ٢٤ رطلاً فقط فكم يجب ان يكون طول العارضة التي يُدحرَج الحجر عليها. (١٤) عندنا قوة ١٠٠ رطل ولولبٌ طول يدهِ اربع اقدام والبعد بين كل خيطين من خيوطهِ ثلاثة ارباع القيراط فكم من الثقل يرتفع بها. (١٥) طول قبّان قدمان والبعد بين صنّارة الثقل وصنّارة الدارك قيراطان والقوة عليهِ رطل فكم توازن من الثقل (احسب ذلك على نوعي القبّان عد ٩٤). (١٦) كيف يمكن ان يُستعمَل الرفش في حفر الاراضي على مبدإٍ كل نوع من انواع المخل الثلاثة. (١٧) لماذا لا يُصنَع ملقط الحدّاد والملقط الاعتيادي على مبدإٍ واحد. (١٨) طول ساعد من مخل من النوع الثالث ١٢ قدمًا وبعد ث عن د ٣ اقدامٍ و ق ٥٠ رطلاً فكم رطلاً من الثقل توازن عليهِ. (١٩) طول مخل من النوع الاوّل ١٢ قدمًا وبعد د عن ث ٣ اقدام و ق ٥٠ رطلاً فكم رطلاً من الثقل توازن عليهِ. (٢٠) عندنا دولاب وجزع فاذا كانت ق = ٤٠ رطلاً و ث = ٢٤٠ رطلاً وقطر الجزع = ٨ قراريط فكم محيط الدولاب. (٢١) اذا فُرِضَت ق = ٢٠ رطلاً و ث = ٢٤٠ رطلاً وقطر الدولاب = ٤ اقدام فكم محيط الجزع. (٢٢) قطر الجزع ١٠ قراريط و ق ١٠٠ اوقية و ث ١٢٠٠ اوقية فما قطر الدولاب. (٢٣) اي قوَّة تحمل ٣٧٨٠ رطلاً بست بكرات وخيط واحد يمرُّ عليها كلّها. (٢٤) كم بكرةً متحركةً تحمل ٤٢٠ رطلاً من الثقل اذا فُرِضَت القوة ٢١٠ ارطال

---

(١) قوة الحصان الواحد في الميكانيكيات تساوي قوة ترفع ٣٣٠٠٠ ليبرا قدمًا واحدة في دقيقةٍ واحدة بدون معونة الآلات

الباب الخامس

في ضغط السائلات

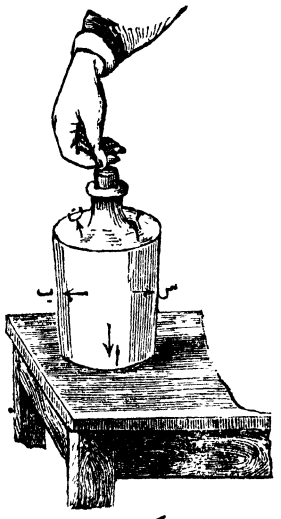
الفصل الاوَّل

في الماء الساكن او الهيدرُوستاتِك

(١١٤) الهيدروستاتِك لفظة مشتقَّة من اليونانيَّة معناها موازنة الماء . وهي فنٌّ يبحث فيهِ عن موازنة السائلات الساكنة وضغطها . ولمَّا كان الماء اعظم السائلات مقدارًا كان أيسرها استعمالًا في التجارب الفلسفيَّة ولذلك يتَّخذ نائبًا عنها كلِّها

(١١٥) تساوي ضغط السائلات * اذا ضُغِطَت السائلات أُوْصَلَت الضغط بالتساوي الى كل الجهات . ويُسمَّى ذلك ناموس پاسكال لان پاسكال كشفهُ وهو اشهر نواميس السائلات . وبيانهُ ان دقائق السائلات سهلة الحركة بعضها على بعض فاذا ضغطتها قوَّةٌ فلا فرك ينقصها بل تتَّصل بالتساوي الى الاعلى والاسفل وبقيَّة الجهات

والدليل عليهِ انهُ اذا ملأْتَ قنينةً ماءً وسدَدْتَها بفلينةٍ وضغطتَ الفلّينة بقوة اوقيَّة انتقل الضغط على دقائق الماء من دقيقةٍ الى أُخرى . فاذا كانت مساحة الفلّينة قيراطًا مربعًا فالضغط لكل قيراط مربَّع من القنينة عند ن (الشكل٦٦) او ا او ب او س يساوي اوقيَّةً . ولذلك اذا كانت مساحة السطح الداخليّ من القنينة مئَة قيراط مربَّع فضغط الاوقيَّة الواحدة للفلّينة يصير مئَة اوقية من القوة داخل القنينة فيكاد يكسرها



الشكل٦٦

(١١٦) انتقال الضغط على السائلات * ان انتقال الضغط على السائلات قد يكون اتمَّ من انتقالهِ على الجوامد كما يتَّضح ممَّا يأْتي : لتُدخَل اسطوانةٌ من الرصاص في انبوبةٍ مستقيمةٍ ا ب في الشكل ٦٧ وليُجعَل مِدَكٌ في طرف الانبوبة فاذا حرَّكتْ المدكَّ ف قوَّةٌ عند و انتقل فعلها



الشكل٦٧

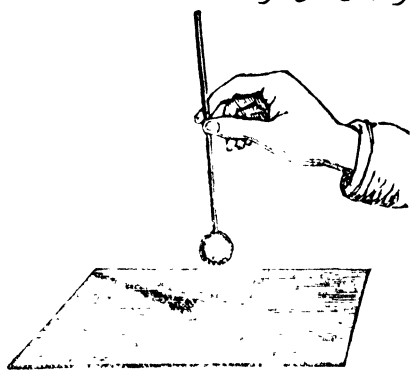
هذا الى ف بدون ان ينقص شيءٌ منهُ . واممَّا اذا أُدخِلَت اسطوانةٌ منحنيةٌ من الرصاص في انبوبةٍ منحنية كما في الشكل ٦٨ ثم أُدخِل مدكٌ في الاسطوانة وحرَّكتهُ قوَّةٌ عند و فيذهب فعلها هذا في جهة السهم و ولا يصل منهُ الى ف الاَّ القليل . هذا في الجامد واممَّا

في السائل فاذا مُلِئَت الانبوبة المنحنية ماء ونُزِعَت اسطوانة الرصاص منها وحرّكت القوّة المدك عند و ففعلها يتصّل الى ف بدون أن ينقص شيءٌ منهُ



الشكل ٦٨

ان البكرة وخيوطها والمخل وغيرها من الآلات الميكانيكيّة يفقد فيها نحو نصف القوة بسبب الفرك وامّا السائلات فلا ينقص فيها ما يُشعَر بهِ من القوة. ويتبيّن ذلك جليًّا مما اذا اخذنا زجاجةً ذات بلبوس وانبوبةٍ (الشكل ٦٩) وملأناها ماء كما يُملأ الثرمومتر على ما سيجيء ثم انزلناها من بين الاصابع بحيث يضرب بلبوسها الارض ولا تنكسر فانهُ يمكن ان تدقّ حينئذٍ بقوة عظيمة على سطحٍ مستوٍ ولا تنكسر لان الزجاج يوصل اثر الدقّ الى الماء الذي فيهِ والماء لا ينضغط الاّ قليلاً فهما قويت اللطمة على الزجاج تناولها الماء عنهُ ووقاهُ من الكسر وربما جعلهُ صلبًا كالحديد * ويتبيّن

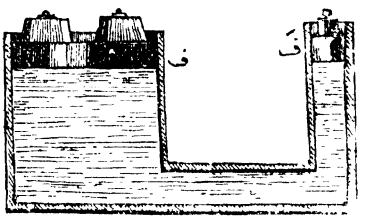

الشكل ٦٩


الشكل ٧٠

ذلك ايضًا مما اذا وُضِعَت نقطة روبرت (عد ٣٣) في قنينة ماء (الشكل ٧٠) ثم

كسر جزء صغير من ذنبها فانها تطاير اربًا كما سبق وتنتقل القوة التي تكسّرها بين دقائق الماء حتى تصل الى كل اجزاء القنينة فتكسّرها حالاً

(١١٧) الماء قوّة ميكانيكيّة * خُذ اسطوانتين احداهما ثخينة ف في الشكل ٧١ والاخرى دقيقة فَ وصِل بينهما بانبوبة من الاسفل كما ترى وأَدخِل في كلٍّ منهما مِدكًا. ولتكن مساحة فَ قيراطين ومساحة ف ١٠٠ قيراط. فبحسب ناموس پاسكال (عد ١١٥) اذا ضغطت قوّة اوقيّة نازلاً قيراطًا مربّعًا من فَ انضغط كلُّ قيراطٍ مربّع من

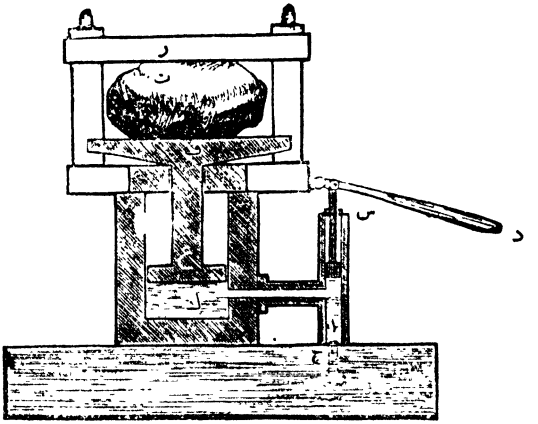


الشكل ٧١

الانبوبة ف بقوّة اوقيّة صاعدًا ولذلك اذا ضغطت قوة رطلين مدك الاسطوانة فَ رفعت ثقل ١٠٠ رطلٍ على المدك ف. وكلّما قلّ ثخن فَ وزاد ثخن ف ازداد الثقل الذي يرتفع بقوّة مفروضة حتى انهُ يمكن لبنتٍ صغيرة ان ترفع بثقل كفّها بارجة كبيرة. ولذلك سمّوا الماء القوّة السابعة من القوات الميكانيكية

(١١٨) المكبس المائيّ * المكبس المائيّ آلةٌ عظيمة الضغط مبنيّة على ناموس پاسكال وهذا مقطوعها طولاً (الشكل ٧٢) فالحرف ا انبوبة وس مدكٌ مُدخَلٌ فيها ادخالاً محكمًا

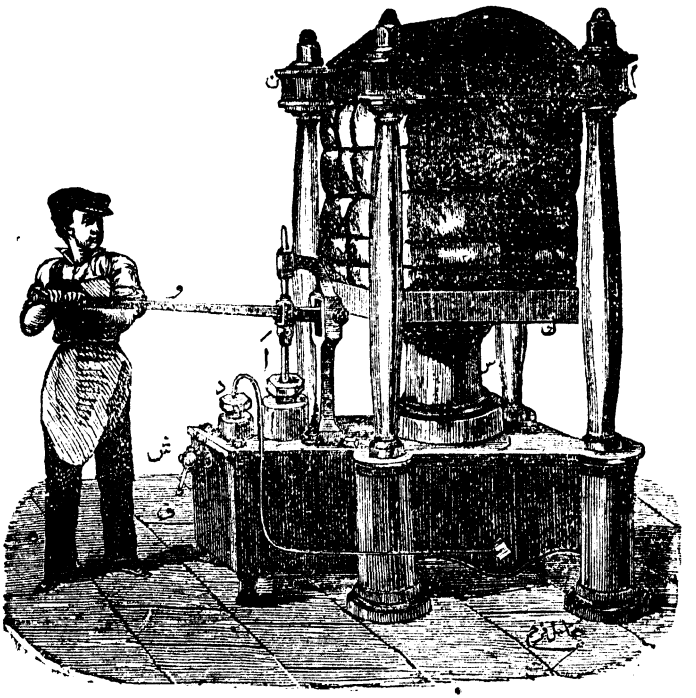
ومتصلٌ باليد د . وح مصراعٌ ينفتح عند ارتفاع المدك في الانبوبة وينطبق عند انزالهِ فيها . وتحت هذا المصراع حوض ماء . فاذا أُنزِلَت اليد د يرتفع المدك في الانبوبة وينفتح المصراع ح فيدخل



الشكل ٧٣

الماء منهُ اليها . ثم اذا رُفِعَت اليد د ينزل المدكُ في الانبوبة وينطبق المصراع ح على الماء فيجري من تحت المدك الى ك ويستقرُّ تحت المدك الكبير ع ف . ويكرَّر العمل على ما تقدَّم حتى يعلو الماء في ك تحت المدك الكبير ويرفعهُ فيرتفع نحو العارضة ر ويضغط الثقل ت الذي بينهُ وبينها . فاذا كان هذا الثقل ورقًا كُبِس او زيتونًا او بزر كتّان او غيرها عُصِر او صوفًا تلبَّد وهلمَّ جرًّا . وهذه صورة الآلة كاملة (الشكل ٧٣) وقد قبض رجل بيدها فاذا شدَّها الى الاسفل ارتفع المدك آ في الانبوبة ا ثم

اذا رفعها انطبق المصراع الذي في اسفل ا وجرى الماء الى الاسطوانة د وسار منها في الانبوبة الى الحوض تحت المدك الكبير س وتجمّع هناك حتى يرفع س فيرتفع هو والاثقال التي على العارضة ك ويضغطها بين ك والعارضة العليا م ن



الشكل ٧٣

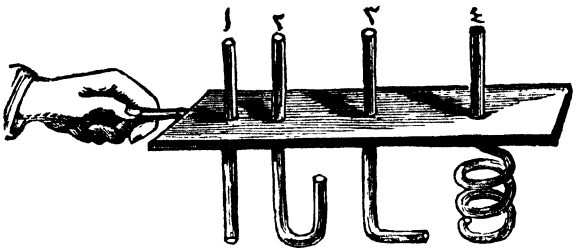
وتكون قوة ضغطهِ كما يأتي : اذا كانت مساحة المدك آ قيراطًا ومساحة س ١٠٠ قيراط فقوة ١٠٠ رطل ترفع ١٠٠٠٠ رطلٍ من الثقل. هذا اذا قطعنا النظر عن اليد واما اذا حُسِبت اليد ايضًا فيزيد الضغط جدًّا لانها محلٌ من النوع الثاني. فان كان بعد مقبض الرجل (من اليد) عن الدارك ١٠ اضعاف بعد

المدكّ عنهُ وحرّك اليد بقوة ١٠٠ رطل تصير قوة ١٠٠٠ رطل على المدك آ وقوة ١٠٠٠٠٠ رطل على المدك الكبير س . اعلم ان القنطار الواحد يرفع مئة الف قنطار. الّا انهُ بحسب ناموس الميكانيكيّات يكون ق × ق د = ث × ث د فما نكسبهُ من القوة بهذه الآلة نخسرهُ في الوقت كما في باقي القوات الميكانيكيّة. ولذلك لا يرتفع الثقل الّا $\frac{1}{100000}$ من المسافة التي تنزل فيها اليد * وقد اخترع هذه الآلة رجلٌ يقال لهُ اَبْرَامَه سنة ١٧٩٦ وهي كبيرة النفع في كل ما يلزم لهُ قوة عظيمة ككَبْس الورق والقش . وعَصْر الشَّمَنْدَر والتفّاح والزيتون . وحَدْر السفن الى المياه. وامتحان متانة المدافع وخلاقين البخار والزناجير وما اشبه. قيل ان المكابس التي استُعملت في رفع الانابيب في جسر بريطانيا كان كلٌّ منها يرفع ٢١٢٧٦٠٠ اقّة وذلك لو استُعمل في رفع الماء في الفراغ لرفعهُ الى علو ستة اميال تقريبًا

(١١٩) ضغط السائلات بجاذبيّة الثقل * كان كلامنا في ما تقدّم مقصورًا على ضغط السائلات من الاجسام الخارجة عنها واما الآن فيكون كلامنا في الضغط الذي يحصل لها من ثقلها هي: لا يخفى أن اسافل الماء تحمل ثقل اعاليهِ فكل نقطةٍ من الماء السّاكن واقعةٌ تحت ضغط عمود من النقط التي عليها وهي ايضًا تضغط الى كل الجهات بنفس القوّة الضاغطة لها والّا تَزِح من مكانها فيضطرب الماء ولا يسكن حتى يتساوى الضغط بين نقطهِ . وعلى ذلك قُرِّرَت النواميس الآتية

(١٢٠) اولاً. كلُّ سائلٍ ساكنٍ يضغط الاسفل والاعلى والجوانب بقوةٍ واحدة * وبيانهُ اذا غطّت انابيب مختلفة

الاشكال (الشكل ٧٤) في الماء صعد الماء فيها كلها على السواء لى مساواة سطحهِ الاصليّ ويكون صعودهُ في الاولى بضغطهِ الى الاعلى وفي الثانية الى الاسفل وفي الثالثة بضغطهِ جانبًا وفي الرابعة بضغطهِ الى الجهات الثلاث المذكورة معًا



الشكل ٧٤

(١٢١) ثانيًا. الضغط يزيد بالعمق * فالضغط على عمق قدم يساوي ثقل قدم مكعَّبة من الماء اعني ٦٢½ ليبرا (٦٣٫٥ من الليبرا تساوي رطلاً) وعلى عمق قدمين مضاعف ذلك وهلمَّ جرًّا (١) هذا في الماء العذب واما في الماء المِلح فيزيد فان ثقل القدم المكعَّبة منهُ ٦٤٫٣٧ من الليبرا * ويظهر تاثير هذا الضغط اذا اخذنا زجاجةً فارغةً مربَّعة الشكل وسددْناها سدًّا محكمًا ثم غطسناها

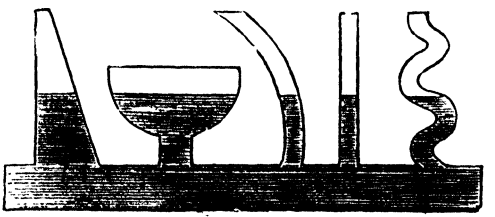
(١)

على عمق	ليبرات في القدم المربعة
١ قدم	٦٣٫٥
١٠ اقدام	٦٣٥٫٠
١٦ قدمًا	١٠٠٨٫٠

وعلى عمق	ليبرات في القدم المربعة
١٠٠ قدم	٦ ٣٥٠
١ ميل	٣٣٠ ٠٠٠
٥ اميال	١٦٥٠ ٠٠٠

في الماء فانها تنكسر قبلما تبلغ عشر باعات من العمق لعظم الضغط عليها. ويقال ان الحوت الكرينلندي يغوص في الماء احيانًا الى عمق ميل فيصعد معيى يبقُ دمًا من عظم ضغط الماء له. واذا غرقت سفينة يدخل الماء بين مسامها لعظم ضغطهِ لها فتثقل وتغوص في قرار البحر الى الابد

(١٢٢) ثالثًا. ان الضَّغط لا يتوقَّف على شكل الوعاء ولا على حجمهِ * فاذا اخذنا آنيةً مختلفة الاشكال وركَّبناها بعضها مع بعض بحيث يكون بينها اتصال كما ترى في الشكل ٧٥ فالماء يصعد فيها

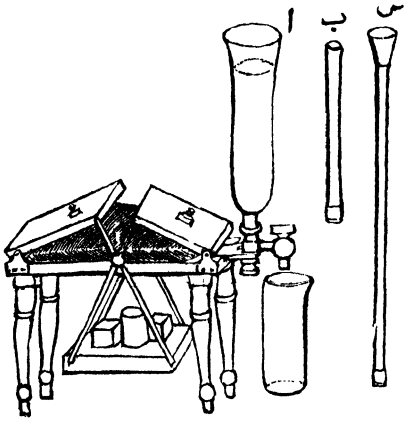


الشكل ٧٥

كلها على التساوي مهما اختلف شكلها وتباين حجمها. وكلما زيد الماء في واحدٍ منها صعد في الكل على التساوي

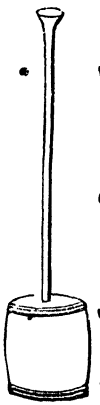
وعلى هذا الناموس صُنع المنفاخ المائيُّ وهو اشكال منها الشكل ٧٦ وهو مؤلف من خشبتين متصلتين من حافتيهما بكرسيّ بواسطة مفصَّلات وتحتها زقٌّ من المغيط متصل بالانبوبة ا. وتتصل بالخشبتين خشبة ثالثة تحت الكرسي بقضبان بينها وتوضع على هذه الخشبة اثقال. ثم يصبُّ الماء من الانبوبة ا حتى تمتلئ هي والزق المتصل بها فينتفخ ويرفع الخشبتين اللتين عليهِ وهما ترفعان الخشبة التي تحت الكرسي بما عليها من الاثقال ولو كانت هذه الاثقال اعظم

كثيرًا من ثقل الماء في الانبوبة. ولا فرق في الانبوبة سواء كانت غليظة ام دقيقة بشرط ان يكون طولها واحدًا. فاذا صُبَّ الماء في الانبوبة ب عوضًا عن ا برفع الاثقال بضغطهِ كما رفعها اولاً. واما اذا صبَّ في س فيرفعها اكثر من ذلك كثيرًا لان س اطول من ا وب



الشكل ٧٦

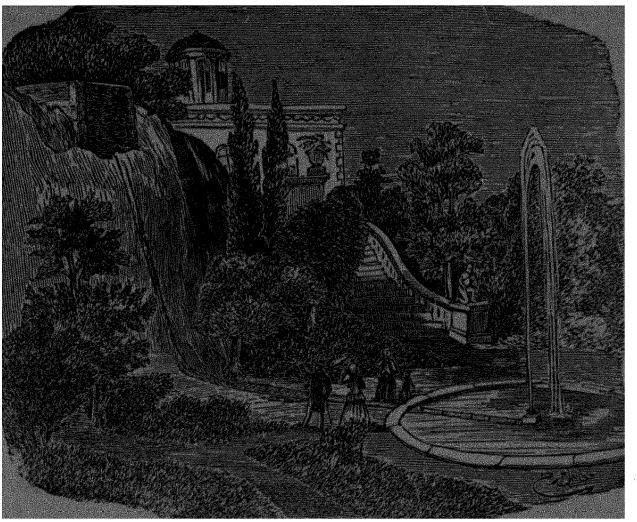
ومما نتضح بهِ صحة هذا الناموس ايضا اننا اذا ادخلنا انبوبة طولها ٣٠ او ٤٠ قدمًا في برميل (الشكل ٧٧) وملأناها ماء الى راسها يتشقق البرميل ويجري الماء منهُ لانَّ ضغط الماء لهُ يساوي ضغطهُ لبرميل ملآنٍ طولهُ ثلاثون او اربعون قدمًا. اذ الضغط لا يتوقَّف على شكل الوعاء. فسواء كانت الانبوبة دقيقةً او ثخينةً كالبرميل يكون الضغط فيها واحدًا


الشكل ٧٧

وعلى ذلك قد يفعل الضغط في الطبيعة افعالاً عظيمة فاذا وقع المطر على راس جبل ثم تخلَّل اتربتهُ ونفذ الى داخلهِ ولم يجد مصرفًا منهُ تجمَّع داخلهُ وازداد ضغطهُ حتى يفلق الجبل فتتشقق صخورهُ وربما اندكَّ الى اصولهِ

(١٢٣) رابعًا. الماء يطلب المساواة* ونعني بذلك ان سطحهُ يكون دائمًا على استواء واحد اذا لم يمنعهُ مانع. ويظهر ذلك في العيون والماء المجرور من الحياض المرتفعة الى

المدن فانهُ يرتفع حيثما تيسَّر لهُ حتى يكاد يبلغ مساواة مصدرهِ.



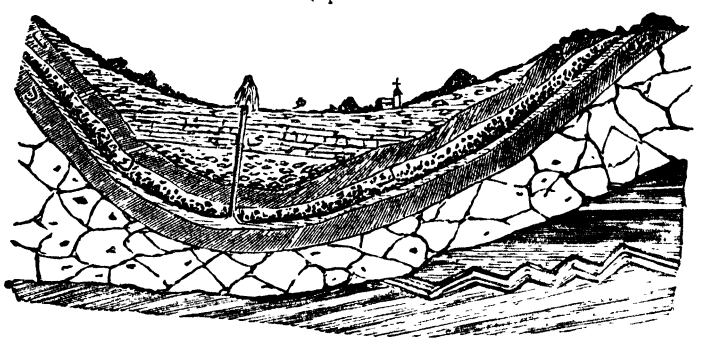
الشكل ٧٨

ترى صورة الحوض على راس تل عن اليسار وقد جرى الماء منهُ في انابيب تحت الارض الى النوفرة حيث صعد حتى صار على مُساواة سطح الماء في الحوض الاَّ قليلاً. والسبب في عدم بلوغهِ سطح الماء في الحوض تمامًا هو ان الفرك يصدُّهُ وهو واثب من فم النوفرة فينقّص زخمهُ والهواء يقاومهُ ونقطهُ العالية تقع على النقط الواطئة فيقلّ ارتفاعهُ بذلك

قيل ان الرومانيين كانوا يجهلون هذا الناموس لانهم كانوا اذا ارادوا جرَّ الماء من مكان الى آخر يصنعون لهُ اقنية من الحجر طول بعضها مئة ميل ويبنون لها القناطر العالية ليجرُّوها فوق الاودية او يخرقون لها الجبال كما في

القناطر المعروفة بقناطر زبيدة على نهر بيروت والسرداب الذي بجانبها . وذلك يقتضي نفقة ومشقة لا يحتملها من يعرف هذا الناموس بل يمدُّ الاقنية الى اسافل الاودية وقمم الجبال كما يفعل مهندسو هذه الايام. وربما علم المتقدّمون هذا الناموس ولكنهم جهلوا عمل الانابيب المتينة التي تحتمل ضغط الماء ولا تنشقق فاضطروا الى فعل ما فعلوا

وعلى هذا الناموس يتجمع الماء في الينابيع والآبار. فان جاذبيَّة الثقل تحدر ماء المطر من الاماكن المرتفعة الى اماكن اوطأ منها فيجري بعضهُ في الانهار والجداول ويصبُّ في البحر ويغور البعض الآخر في الارض متشعّبًا في باطنها كما يتشعّب على سطحها. فاذا حُفِرت الارض عن هذه الشُعَب صعد الماء منها الى البئر او العين كما يصعد في النوفرة



الشكل ٧٩

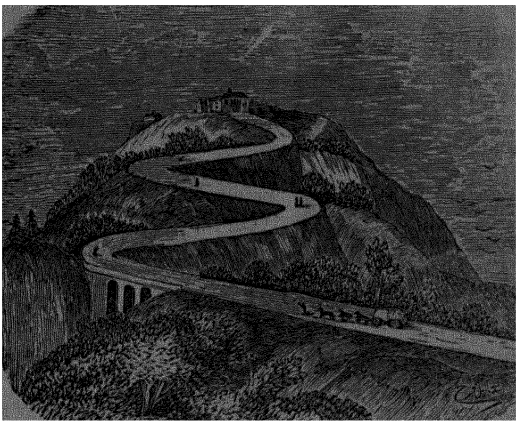
(١٢٤) الآبار الأَرْتَوَازِيَّة * الآبار الارتوازية ثقوب في الارض تثقبها آلة شبيهة باللولب قطرها قيراطان او ثلاثة حتى تصل الى نبع . وسُمِّيت ارتوازيَّة نسبةً الى ولاية ارتواز حيث حُفِرت منذ زمان ولكنها كانت معروفة عند المصريين والصينيين قبل ذلك بزمان طويل. ثم لا يخفى ان تربة الارض إمّا متخلخلة كالرمل والحصى فينفذها الماء واما متماسكة كالدلغان فلا ينفذها الماء فلنفرض ا ب وس د في الشكل ٧٩ طبقتين منحنيتين من الاتربة الدلغانية وك

ك بينهما طبقة من الرمل والحصى ونحوهما فبعد ما يقع المطر على قمم الجبال يتخلل الارض ويتجمع في حضيض الطبقة الغائرة س د. فاذا حُفرت بير عند ه فلا تبلغ الطبقة المتخلخلة حتى يثب الماء صاعدًا فيها الى مساواة مصدره وكثيرًا ما يشبُّ من الارض كالنوفرة لعظم الضغط على اسافلهِ من الجانبين * من اشهر هذه الآبار بيرٌ في كرانلّ قرب باريس عمقها ١٨٠٠ قدم ونبف وهي محفورة في غور طبقة من الطباشير تمتدُّ اميالاً كثيرة من باريس وتصب ١٠٠٠٠٠٠ جالون من الماء يوميًّا. ومنها في شيكاكو بالولايات المتحدة ما عمقهُ ٧٠٠ قدم ويصبُّ ١٢٥٠٠٠٠ جالون من الماء البارد يوميًّا. ومنها بير حفرت حديثًا في مدينة پست بالمجر عمقها ٢٦٠٠ قدم وهي اعمق بيرٍ في الارض وكانت تصبُّ ١٧٥٠٠٠ جالون من الماء الحار يوميًّا لما كان عمقها ٢١٣٠ قدمًا فقط. وقد حفروا آبارًا منها في صحراء افريقية واخرجوا ماء وغرسوا غيطانًا من النخل وحدائق وبساتين ولم يزالوا الى اليوم يوغلون في الصحراء ويستخرجون ماء من حيث لا يؤمَّل الماء

(١٢٥) قاعدتان لحساب الضغط * القاعدة الاولى لمعرفة الضغط على قعر الوعاء. وهي اضرب مساحة قاعدة الوعاء في ارتفاعهِ العمودي ثم اضرب الحاصل في ثقل قدمٍ مكعَّبة من السيال الذي فيهِ فلك ضغطهُ للقعر * والثانية لمعرفة الضغط لجانب الوعاء وهي. اضرب مساحة الجانب في نصف ارتفاعهِ العمودي ثم اضرب الحاصل في ثقل قدمٍ مكعبةٍ من السيال الذي في الوعاء فلك ضغطهُ لذلك الجانب * ويتحصَّل مما تقدم ان ضغط الماء لقعر وعاء مكعَّب الشكل يساوي ثقلهُ وضغطهُ لكل جانب من جوانبهِ يساوي نصف ثقلهِ. فضغطهُ لجوانبهِ الاربعة مضاعف

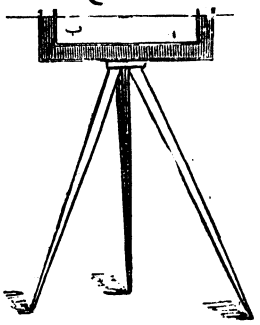
ثقلهِ وكل ضغطهِ للقعر وللجوانب الاربعة ثلاثة اضعاف ثقلهِ

(١٢٦) الفادن المائيُّ *سطح الماء الساكن مستوٍ اي انهُ اذا عُلّق حجر بخيط ودُلّي اليهِ يقع عمودياً عليهِ . ولكنهُ لا يُحسَب



الشكل ٨٠

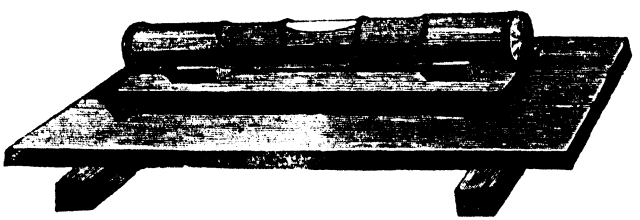
مستوياً الّا اذا كان في بقعٍ صغيرة فاذا اشغل بقعاً متسعة كماء البحر والبحيرات العظيمة (الشكل ٨٠) تحدّب كتحدُّب سطح الارض لان سطح الارض كرويٌّ والماء يوافقهُ في التحدُّب لسهولة حركة دقائقهِ بعضها على بعض وجذبهِ بجاذبية الثقل نحو مركز الارض . ومقدار هذا التحدّب ٨ قراريط في ميل واحد و٢×٨=٢٢ قيراطاً في



الشكل ٨١

ميلين و٣ × ٨ = ٧٢ في ثلثة اميال و٤ × ٨ = ١٢٨ قيراطاً في اربعة اميال وهلمَّ جرًّا بترقية عدد الاميال الى القوَّة الماليَّة وضربهِ بعد ذلك في ٨ كما يُبرهَن في الهندسة

والفادن المائي أُنبوبة معدنيَّة ذات طرفَيْن ملتويَيْن في كل منهما انبوبة من الزجاج . وهو كثير الاستعمال في فتح طرق العربات والسكك الحديدية والترع ونحوها لمعرفة ارتفاع مكانٍ عن آخر . وذلك بأن تُوضَع الانبوبة المذكورة على قرصٍ مستوٍ له ثلاث قوائم (الشكل ٨١) ويُصَبّ الماء فيها حتى يرتفع الى جانبيها ويسكن فيهما على استواء واحدٍ . ثم ينظر رجل من عند مساواة الماء في الجانبين الى بقعةٍ في عَلَمٍ عموديّ يحملهُ رجل آخر قبالتهُ ويعيّن ارتفاع المكان الواقف عليهِ صاحب العَلَم . ثم ينتقل صاحب العَلَم الى المكان الآخر ويرفع العلم او يوطئهُ حتى تقع تلك البقعة تحت نظر صاحب الفادن ويعيّن ارتفاع المكان الثاني فيعرَف الفرق بينهُ وبين ارتفاع الاوّل



الشكل ٨٢

(١٢٧) الفادن الكحولي * هو عبارةٌ عن انبوبة من الزجاج قليلة التحدُّب جدًّا تُملأ كحولاً الاَّ بقعةً صغيرةً منها تشغلها فاقعةٌ من الهواء وتوضع في علبةٍ من الخشب او غيرهِ (الشكل ٨٢) فاذا كان السطح الذي يوضع عليهِ هذا الفادن مستويًا ثبتت الفاقعة في

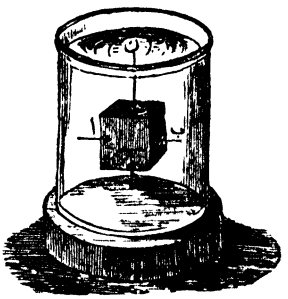
وسط الانبوبة والاَّ مالت الى المحل المرتفع منهُ فيعرف منها استواء ذلك السطح او عدم استوائهِ . وهذا الفاذن ادقُّ من الفاذن المائي في دلالتهِ وضبطهِ ويستعمل عند النجَّارين والبنَّائين والمهندسين ولاسيَّما عند علماء الفلك في ضبط الآلات الفلكيَّة

(١٢٨) الثقل النوعيُّ * هو ثقل جسمٍ بالنظر الى ثقل جسمٍ آخر من حجمهِ ولكن من غير مادَّتهِ. فلو كانت كل الاجسام من ثقلٍ واحد لكان ثقلها النوعي واحدًا ولكنها متفاوتة في الثقل ولو كانت متساوية في الحجم. فالذهب مثلاً اثقل من الخشب والفضَّة من الصوف لانهما اكثف من الخشب والصوف فيكون الثقل النوعي مجرَّد معرفة كثافة الاجسام . ولما كان الثقل النوعي لجسمٍ لا يُعرَف الاَّ من مقابلتهِ بجسمٍ آخر اتَّفقوا لاسباب شتى على جعل الماء المقطَّر[1] قياسًا للجوامد والسوائل والهواء قياسًا للغازات. فاذا قلنا ان القيراط المكعَّب من التوتيا يزن سبعة امثال ما يزن القيراط المكعَّب من الماء كان ثقل التوتيا النوعيُّ سبعةً وثقل الماء النوعيُّ واحدًا . وكذلك اذا كان القيراط المكعَّب من الحامض الكربونيك يزن ١٫٥٢ ممَّا يزن القيراط المكعَّب من الهواء فثقلهُ النوعي ١٫٥٢ وثقل الهواء النوعي ١ ويحسب الثقل النوعي للماء

(١) ان قيراطًا مكعبًا من الماء المقطر يزن ٢٥٢٫٤٥٦ من القمحة على ٦٢° فارنهيت من الحرارة و٣٠ قيراطًا من البارومتر

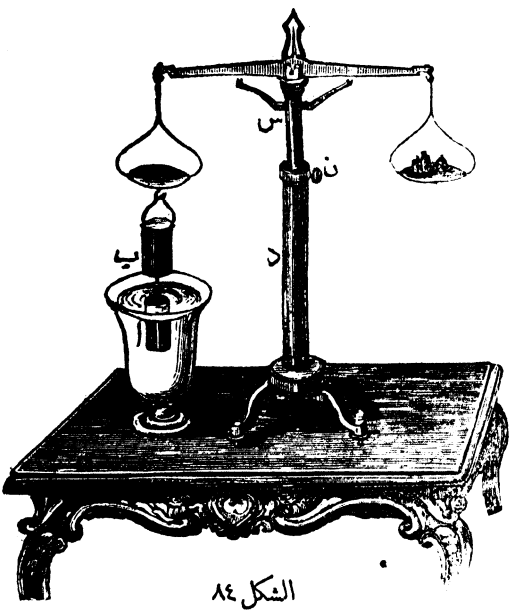
وللهواء واحدًا ابدًا . ويُستعلم الثقل النوعي للجوامد والسوائل بطرقٍ ثلثٍ نذكرها بعد الكلام على قوة السوائل على حمل الاجسام

(١٢٩) قوّة السوائل على حمل الاجسام * يتّضح المُراد بذلك من النظر الى الشكل ٨٣ حيث ترى الجسم المكعّب الشكل ا ب س د مُغطّسًا في الماء فالضغط على جانبهِ ا يساوي الضغط على ب لانّ كلا الجانبين على عمقٍ واحدٍ ولذلك لايميل المكعّب نحو جانب من الوعاء اكثر من ميلهِ نحو الجانب الآخر. واما الضّغط على قاعدتهِ س فاعظم من الضّغط على د لان س اعمق من د فالضّغط على س يرفعهُ والضّغط على د يغرّقهُ ولكن قوّة الرفع اعظم من قوّة التغريق فيرتفع المكعّب بحمل الماء لهُ ويطلب ان يطفو على وجههِ


الشكل ٨٣

(١٣٠) ناموس قوّة الحمل * اكتشف ناموسها الفيلسوف ارخميدس وهو هذا: ان قوّة السائل على حمل جسمٍ تساوي ثقل ما يحلُّ الجسم محلّهُ من ذلك السائل . فضغط الماء للسّطح د (الشكل ٨٣) الذي بهِ يغرق المكعّب يساوي ثقل عمود من الماء

مساحة دائرتهِ مثل اعلى المكعب وعلوُّهُ بقدر د ن وضغط الماء للسطح س الذي بهِ يرتفع الجسم يساوي ثقل عمود من الماء مساحة دائرتهِ مثل مساحة العمود الاوَّل واما علوُّهُ فبقدر س ن فقط والفرق بين س ن و د ن هو قوَّة الماء على حمل المكعَّب. فتكون هذه القوَّة مساويةً لكميَّةٍ من الماء على قدَر المكعَّب طبقًا لناموس المتقدِّم ذكرهُ



الشكل ٨٤

ويتَّضح ذلك ممَّا يُعرَف بالميزان الهيدروستاتيك (الشكل ٨٤) بان يعلَّق باحدى كفتيهِ وعاء اسطوانيٌّ الشكل ب يسع جسمًا آخر من شكلهِ ا ويعلَّق ا بالوعاء ب حتى يتدلَّى في وعاء فارغ من الزجاج ويعيَّر كذلك بعيارات توضع في الكفَّة الأُخرى من الميزان كما ترى . ثم يصبّ ماء في وعاء الزجاج

فيحمل الماء الجسم ا بقوته على الحمل فينقص وزن هذه الكفة عن وزن التي فيها العبارات فترجح هذه وترتفع تلك(١)

هذا وكل من يتحرك في الماء يعلم ان جسدهُ يخفُّ والحركة تسهل عليهِ فيمشي على الصخور الكثيرة الخارب ولا تخدش قدماهُ ولو مشى عليها خارج الماء لتهشمتا تهشيماً. وما ذلك الاَّ لانهُ يخفُّ عند نزولهِ في الماء بقدر ثقل الماء الذي حلَّ هو محلهُ واما في الهواء فيكون ثقلهُ عظيماً فتثقل وطأتهُ

(١٢١) السباحة * السمك يعوم في الماء لوجود زقٍّ ممتلئ هواء تحت فقراتهِ ينضغط ويتمدد بارادة السمكة فاذا ضغطتهُ فصغر ثقلت وغاصت واذا مددتهُ فكبر خفَّت وعامت. والانسان يعوم لان جسدهُ اخف من مقدارٍ يساويهِ من الماء ولاسيما ماء البحر لانهُ اثقل من الماء العذب. واذا قيل ان كان الانسان يعوم فلماذا يغرق من لا يحسن السباحة. قلنا ان راس الانسان اثقل من اجزائهِ السفلى ولو وُضع في الماء وحدهُ لغاص فيهِ ولذلك يكون من شانهِ الغوص ما دام متَّصلاً بالجسد. فالذين لا يحسنون السباحة يغرقون لانهم لا يستطيعون رَفع رؤوسهم فوق الماء ولا يأمنون الغرق حتى يتعلموا ذلك. ولو ان جاهل السباحة بتأنٍّ ويقلب على ظهرهِ في الماء بحيث لا يمتنع عن التنفس لأَمن الغرق مهلةَ ما يأتي من ينجيهِ. ولكنهُ لاشتداد الخطر يحاول الخلاص فيرفع ذراعيهِ ويخبط في الماء خبطاً شديداً فيقرِّب بذلك زمان غرقهِ لان ثقل بدنهِ

(١) يحكى ان هيرو الطاغية ملك سرقوسه اعطى صائغاً مقداراً من الذهب الخالص ليصوغهُ تاجاً لزفس اله الآلهة. فلما صنع التاج وزنهُ الملك فوجد ثقله ثقل الذهب الذي سلمهُ الصائغ ولكنهُ ارتاب بالصائغ من ان يكون قد غشهُ بالفضة ولم يشا ان يحكمهُ لجهالهِ واتقان صناعتهِ ففوَّض امتحانهُ الى الفيلسوف ارخميدس وطلب منهُ ان لا يغير فيهِ شيئاً. ففكر ارخميدس في ذلك طويلاً ولم يفتح عليهِ الى ان كان ذات يومٍ يستحمُّ في مغطس ففطن الى سهولة الحركة في الماء وعسرها في الهواء واهتدى من ذلك الى الناموس المذكور آنفاً فوثب من المغطس وهرول نحو منزلهِ فرحاً وهو يصفق بيديهِ في الازقة ويقول باليونانية Εὕρηκά اي وجدتها ثم امتحن التاج فوجدهُ مغشوشاً

يزداد برفع ذراعيهِ فكانَّ ذراعيهِ تعينان راسهُ على تغريقهِ. واما ذوات الاربع فالراس فيها اخفُّ من الاسافل ولذلك تسبح بلا علمٍ ولا مزاولة. ولا يخفى ان العوم اسهل على السمان مما هو على النحاف لانهم يحلون محلَّ مقدار اكبر من الماء. ولذلك يعوم الانسان بربط قرعٍ جافٍّ على ظهرهِ او بالتمنطق بمناطق من الفلين على حقويهِ لانهُ يحلُّ محلَّ مقدار من الماء اثقل منهُ. واعلم ان من الطيور ما تسهل السباحة عليهِ كالوز والبطّ والوز العراقي وغيرها لان لهُ على اسافل بدنهِ زغبًا صغيرًا ناعمًا كثيفًا لا يخرقهُ الماء فيحلُّ محلَّ مقدار من الماء يساوي ثقلهُ مع انهُ لا يغطس من جسمهِ الاَّ القليل فيعوم

(١٣٢) قلنا (عد ١٣١) ان الجسم يعوم في الماء الملح اكثر مما يعوم في العذب ويتضح ذلك من الشكل ٧ (عد ٣٨) فانهُ اذا مُلئَ الوعاء ماء حلوًا الى نصفهِ ووُضِعت فيهِ بيضة غاصت الى قعرهِ ثم اذا ادخل فيهِ قمع ذو انبوبة تصل الى قعرهِ وصبَّ فيهِ ماء ملح يهبط الماء الملح الى القعر لانهُ اثقل من العذب وتعوم البيضة فيهِ. وسبب عومها هو انهُ اذا ذاب جسم جامد كالملح في الماء تخلَّلت دقائقهُ مسام الماء فزادت كثافتهُ وقوتهُ على حمل الاجسام بدون ان تزيد حجمهُ. ولهذا يتعسَّر على الانسان ان يغوص في بحيرة لوط ولو قصد ذلك لان ماءها بحملهُ فيطفو عليهِ كما يطفو الفلين حتى يمكن ان الانسان يتوسَّد خشبة وينام عليهِ كما ينام على فراشهِ لكثرة ما فيهِ من الملح الذائب وعظم كثافتهِ

اذا طُرِقت حديدةٌ حتى رقَّت تطفو على وجه الماء لانها تحلُّ محل مقدارٍ اثقل منها ولذلك يطفو الفلكن والدست والسفن الحديدية ولو شحنت شحنًا ثقيلاً حال كون الحصاة الصغيرة تغوص الى القعر. ويكون مركز الثقل في الجسم الطافي في اوطإ قسمٍ منهُ. ويتضح ذلك مما حكاهُ الفيلسوف هرشل عن رجل لبس حذائين كبيرين من الفلين وحاول ان يمشي على الماء فانقلب راسهُ الى الاسفل ورجلاهُ الى الاعلى ولم يُرَ منهُ الاَّ ساقان تضربان الماء والهواء

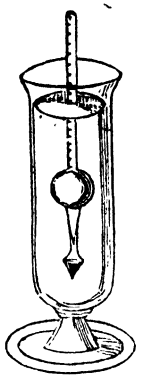
(١٢٣) استعلام الثقل النوعي * يُستعلَم الثقل النوعي للجوامد والسوائل بثلاث طرق الميزان الهيدروستاتك والهِيْدرُومِتَر وزجاجة الثقل النوعي. والعمل فيها كلها مبنيٌّ على استعلام ثقل الجسم ثم استعلام ثقل مقدار يساويهِ من الماء كما سترى * اولاً لتستعلم الثقل النوعي لجسمٍ جامدٍ بالميزان الهيدروستاتك (الشكل ٨٤) زن الجسم في الهواء ثم زنهُ في الماء وخذ الفرق بين الوزنين فهو ثقل مقدار يساويهِ من الماء. واقسم وزنهُ في الهواء على هذا الفرق فالخارج ثقلهُ النوعي. مثالهُ: ان اوقيةً من الكبريت تصير نصف اوقية اذا غطست في الماء اي تنقص نصف وزنها فثقلها النوعي ٢ اي انها اثقل من الماء مرَّتين

ثانيًا لتستعلم الثقل النوعي لسيَّال بزجاجة الثقل النوعي خذ قنينة تسَع ١٠٠٠ قمحة من الماء مثلاً فاذا وسعت ١٨٤٠ قمحة حامضًا كبريتيكًا فثقلهُ النوعي ١٨٤ على فرض ثقل الماء النوعي واحدًا واذا وسعت ١٣٥٠٠ قمحة من الزئبق فثقلهُ النوعي ١٣٥

ثالثًا لتستعلم الثقل النوعي لسيال بالهيدرومتر. خذ انبوبةً من الزجاج (الشكل ٨٥) لها في احد طرفيها بلبوس يحتوي زئبقًا او خردقًا وسدها من طرفها الآخر واقسمها درجات بخزَّاتٍ تحزُّها عليها حتى اذا وُضعت في الماء المقطَّر تغرق الى درجة الصفر فاذا

وُضعت بعد ذلك في الكحول مثلاً تغرق فيهِ اكثر مما تغرق في الماء بقدر ما هو اخفُّ من الماء. وتُحسَب كل درجة منها جزءاً من المئة.

والهيدرومتر انواع شتَّى تُستعمل لمعرفة الثقل النوعي للحليب والحوامض وانواع المذوَّبات



الشكل ٨٥

واعلم ان الثقل النوعي للجوامد والسوائل يصحُّ استعلامهُ بكلٍ من هذه الطرق الثلث ولكنا لم نستوفِ تفصيل ذلك لضيق المقام وسهولة تحصيلهِ على الفطن

(١٣٤) استعلام وزن حجم مفروض من اي مادة كان * اضرب وزن قدم مكعبة من الماء في الثقل النوعي لتلك المادة ثم اضرب الحاصل في عدد الاقدام المكعبة في ذلك الحجم فما كان فهو وزنهُ. مثالهُ اذا قيل ما وزن ثلث اقدام مكعبة من الفلين قلنا وزن القدم المكعبة من الماء ١٠٠٠ اوقية (الاوقية ٨ دراهم) وثقل الفلين النوعي ٢٤٠ . فلنا ١٠٠٠ ق × ٢٤٠ = ٢٤٠ ق و ٢٤٠

جدول يتضمن الثقل النوعي لبعض الاجسام على فرض الماء واحداً

اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي
البلاتين	٢١٫٥٠	الفضة	١٠٫٤٧	الحديد	٧٫٨٠
الذهب	١٩٫٣٦	النحاس الاحمر	٨٫٨٠	حديد الصب	٧٫٢١
الزئبق	١٣٫٦٠	القصدير	٧٫٢٩	التوتيا	٦٫٨٦
الرصاص	١١٫٣٥	الفولاذ	٧٫٨١	الماس	٣٫٥٠

ق X ٣ (عدد الاقدام المكعبة من الفلين) = ٠ ٧٢ ق فالجواب ٧٢٠ اوقية وهو وزن المقدار المفروض

(١٣٥) استعلام حجم وزنٍ مفروض من اي مادَّة كان. اضرب وزن قدم مكعبة من الماء في الثقل النوعي لتلك المادة واقسم الوزن المفروض على الحاصل فاخرج فهو الحجم محسوبًا اقدامًا مكعبة: فلو قيل ما هو حجم ٢٠٠٠٠ اوقية من الرصاص لقيل ١٠٠٠ ق X ٣٥ر١١ = ١١٢٥٠ و ٢٠٠٠٠ ÷ ١١٢٥٠ = ١ر٧٦+ من القدم المكعبة وهو الحجم المطلوب

(١٣٦) استعلام جرم الجسم * زن الجسم في الماء فينقص ثقلهُ بقدر وزن الماء الذي حلَّ الجسم محلهُ. ثم ان وزن القدم المكعبة من الماء ١٠٠٠ اوقية فيُعرَف من ذلك حجم الماء المساوي للجسم. مثالهُ: اذا نقص جسم ١٠ اواقي عند وزنهِ في الماء فوزن الماء الذي حلَّ ذلك الجسم محلهُ ١٠ اواقي ولذلك يكون حجمهُ $\frac{1}{1000}$ من

اسم الجامد	الثقل النوعي
الزجاج الصوالي	٢ر٤٣
الرخام	٢ر٧٠
الطباشير	٢ر٦٥
الكبريت	٢ر٠٠
العظم	١ر٩٩
الفصفور	١ر٨٣
السكَّر	١ر٦٠
الفحم الحجري	١ر٣٠

اسم الجامد	الثقل النوعي
شمع العسل	٠ر٩٧
حجر الخفان	٠ر٩٣
الجليد	٠ر٩٢
البوتاسيوم	٠ر٨٦
خشب الصنوبر	٠ر٦٦
الفلين	٠ر٢٤

اسم السيال	الثقل النوعي
الحامض الكبريتيك	١ر٨٤
ماء بحر لوط	١ر٢٤
الحليب	١ر٠٣
ماء البحر	١ر٠٣
الماء الصرف	١ر٠٠
زيت الزيتون	٠ر٩١
الكحول الصرف	٠ر٨٠
الايثر	٠ر٧٢

القدم المكعبة وهذا هو جرم الجسم تماماً

(١٢٧) مسائل للتمرين * (١) اذا اردنا ان نمتحن قوّة الصفوة القيمنا فيها بيضةً وحكمنا على قوتها من عَوْم البيضة او غوصها فيها فما هو تعليل ذلك. (٢) لماذا يستسهل السمين السباحة اكثر من النحيف . (٣) اذا غرق الانسان وغاص الى قعر الماء اطلقوا وراءهُ مدفعاً فيطفو على وجه الماء فما سبب ذلك . ج . ان المدفع يهزُّ قعر الماء فتفلت جثة الغريق من الاوحال او الاعشاب التي تكون قد اشتبكت بها . (٤) لماذا تطفو جثة الغريق على وجه الماء بعد موته . ج لان جسدهُ يخلُ فتتولّد فيهِ غازات خفيفة فيخفُّ ويطفو . (٥) لماذا تكبر فقاقيع الهواء عند صعودها من قعر جرّةٍ ملآنة ماء . (٦) عندنا بيرٌ علوُّها ١٤ قدماً وعرضها ١٠ اقدام وفي اسفل جانبها باب فكم يكون ضغط الماء على بابها اذا مُلئت ماء . (٧) بيد زيد دلوٌ ملآن ماء وبيد عمروٍ دلوٌ آخر مساوٍ لهُ ملآن ماء ايضاً وفيهِ سمكة حيَّة فدلوا ايّهما اثقل . (٨) دخل الماء في خرق صخر طولهُ ٢٥٠ قدماً ووسعهُ قيراط مربع ثم نفذ الى حوضٍ محصور في باطن الارض مساحة سطحهِ ٢٠ قدماً مربعة فكم ضغط الماء لما حولهُ من جوانب الصخر . (٩) لماذا يكون تحريك الحجارة في الماء اسهل مما على اليابسة . (١٠) لماذا يعسر الخوض في الماء حيث يجري مجرًى او تيّارٌ . (١١) لماذا يُصنَع سدُّ المطحنة صغيراً من الاعلى كبيراً من الاسفل . (١٢) هل يقتضي للمهندس ان ينظر الى تحديب الارض في حفر الترع ومدّ السكك الحديدية . ولماذا . (١٣) هل ماء البحر اكثف عند القعر منهُ عند السطح . (١٤) لماذا تتحرّك فاقعة الهواء في الفادن الزئبقي عند ادارتهِ . (١٥) هل يتجرّح من يسبح اذا داس على الزجاج او نحوهِ في الماء . (١٦) هل يغوص الحديد في الزئبق . (١٧) لماذا تطفو الدِوَاية على وجه الحليب . (١٨) اذا غرقت سفينة في البحر فالى اي عمقٍ تصل . (١٩) رمى صبيٌّ طابتهُ في ثقبٍ عميق ولم يقدر ان يصل

اليها فملأ الثقب ماء فلم تصعد فاصعدها بواسطة اخرى فما هي . (٣٠) ايهما اقوى على حمل الاجسام الماء ام الزيت . (٣١) ما وزن اربع اقدام مكعبة من الفلين . (٣٢) كم درهما من الحديد تحمل قدماً مكعبة من الفلين على الماء. (٣٣) ما هو الثقل النوعي لجسم وزنهُ ٣٠ قمحة في الهواء و٢٠ قمحة في الماء. وكم هو اثقل من الماء. (٣٤) عندنا دلوٌ مملوءٌ من ماء البحر وآخر من الماء العذب فايهما اثقل . (٣٥) وُزنت قطعة من صخر في الهواء فكانت ٨ر٤٩٤١ القمحة ثم وُزنت في الماء فكانت ٥ر٢٦٠٧ القمحة فما ثقلها النوعي . (٣٦) وزن قطعة من الزبرجد ٤٥ر٢١ من القمحة في الهواء و٤٣ر١٦ من القمحة في الماء فما ثقلها النوعي. (٣٧) ما حجم قنطار من الحديد . ومن الذهب ومن النحاس . (٣٨) ما وزن مكعب من الذهب مساحة كل جانب من جوانبهِ الستة اربع اقدام . (٣٩) طول حوضٍ ١٢ قدماً وعرضهُ ٦ اقدام وعمقهُ ١٠ اقدام فكم يكون ضغط الماء لكل جانب منهُ اذا امتلأ . (٤٠) لماذا تطفو السمكة الميتة على ظهرها . (٤١) وزن حجمٍ من الماء ٥ر٦٢ القمحة ووزن آخر من الحامض الموريانيك ٧٥ قمحة فما الثقل النوعي للحامض المذكور. ج ٢ر١ . (٤٢) عندنا وعاء يسع عشر اواقٍ من الماء فكم يسع من الزئبق . (٤٣) ما حجم حجر وزنهُ ٨٠ اوقية في الهواء و٥٠ اوقية في الماء . (٤٤) كم يجب ان يكون حجم كرةٍ مجوّفةٍ من الحديد وزنها ١٠ اواقٍ لتطفو على الماء

الفصل الثاني

في الماء الجاري او الهيدروليك

(١٣٨) الهيدرُوليك لفظةٌ مشتقّةٌ من اليونانيّة معناها ماء

الانابيب . وهي فنٌ يُبحَث فيهِ عن السائلات المتحرّكة من حيث تفرُّغها من ثقوب وجريها في انابيب واقنية وتموُّجها وما اشبه . ويُتَّخذ الماء فيهِ نائبًا عن البقية كما في الهيدروستاتك . ونواميسهُ هي نفس نواميس الاجسام الساقطة الاَّ انها لا تصدق عليهِ عملاً بل نظرًا لاسبابٍ شتَّى ولذلك يعوَّل فيهِ على التجارب العمليَّة ولا يُلتفَت الى النواميس النظريَّة . اما اسباب الفرق بين النواميس النظريَّة والعمليَّة فمنها اختلاف حرارة السائلات فان الحرارة تزيد سيولة السائل . وتفاوتها في الصفاء . وتفاوت جاذبية الملاصقة بين دقائقها وفركها على جوانب الاوعية التي تجري منها . ومقاومة الهواء لها . وشكل الثقوب التي تتفرَّغ منها . واختلاف جريها باختلاف هيئة الاماكن التي تجري فيها الى غير ذلك من الاسباب

(١٢٩) سرعة النوفرة * السائل يصعد من النوفرة بسرعة تعدل سرعة جسمٍ يسقط من ارتفاعٍ بقدر ارتفاع السائل الذي في مصدر النوفرة . فاذا ارتفع ماء النوفرة عشر اقدام فسرعتهُ تعدل سرعة حجر يسقط من علو عشر اقدام وذلك يتَّضح مما مرَّ (عد ١٣٢) وهو ان الماء يصعد في النوفرة الى مساواة سطح ينبوعهِ وما مرَّ (عد ٤٩) في الاجسام الصاعدة وهو ان الجسم لا يصعد الى علوٍّ مفروض ما لم تكن سرعتهُ بقدر السرعة التي يسقط بها من ذلك

العلوّ. فسرعة النوفرة تتوقف اذًا على ارتفاع مصدرها عن ثقبها. وينبغي ان تصعد كل السائلات منها بسرعة واحدة فالدبس والزئبق ينبغي ان يرتفعا منها بقدر ما يرتفع الماء كما ان الرصاصة والريشة ينبغي ان تصلا الى الارض في وقتٍ واحدٍ اذا سقطتا من علوٍّ واحدٍ (٤٦عد). ولكنَّ الاسباب التي ذكرناها (عد١٣٨) تؤثّر في السائلات تأثيرًا متفاوتًا جدًّا فيختلف بذلك ارتفاعها. فلا يرتفع الزئبق والماء ارتفاعًا واحدًا ولو كان مصدراهما متساويين كما ان الرصاصة والريشة لا تسقطان في وقتٍ واحدٍ بسبب مقاومة الهواء لهما

(١٤٠) استعلام سرعة الماء الخارج من نوفرةٍ * تُستعلَم سرعتهُ بالمعادلة الرابعة من معادلات الاجسام الساقطة. وهي س = ٢ ج ب (عد٤٧) ويراد بالحرف ب هنا انخفاض فم النوفرة عن سطح الماء في الحوض الذي تستمدُّ الماء منهُ. مثال ذلك اذا قيل: كم سرعة نوفرة في سهل اذا اورد الماء اليها من اكمة علوها ٦٤ قدمًا. فالجواب يعرف بالتعويض عن ب بالعدد ٦٤ وعن ج بالعدد ١٦ وهو عدد الاقدام التي ينزل فيها الجسم في الثانية الأُولى بالجاذبية (عد٤٦) فلنا س = ٢ √(١٦ × ٦٤) = ٦٤ قدمًا

(١٤١) استعلام كميَّة الماء المتفرِّغة في وقت مفروض * العمل

في ذلك ان تضرب مساحة الثقب المتفرّغ الماء منهُ في سرعة الماء ثم تضرب الحاصل في عدد الثواني او الدقائق او الساعات المفروضة فلك كميّة الماء المتفرّغة

مثال ذلك : اذا نزل ماء المطر عن سطح بيتٍ في انبوبةٍ طولها ١٦ قدمًا ومساحة فوهتها نصف قدم مربعة فكم يتفرّغ منها من الماء في ٥ ثوانٍ . الجواب اذا انحدر الماء ١٦ قدمًا فسرعتهُ = $\sqrt{٢ \times ١٦ \times ١٦}$ = ٣٢ قدمًا في الثانية . نضربها في $\frac{١}{٢}$ اي مساحة الفوهة فالحاصل ١٦ قدمًا مكعّبةً وهي كمية الماء المتفرّغة في ثانيةٍ واحدةٍ . نضربها في ٥ ثوانٍ فالحاصل ٨٠ قدمًا مكعبةً وهي كمية الماء المتفرّغة في الوقت المفروض . هذا بحسب الناموس النظريّ . واما بالعمل فلا يتفرّغ اكثر من ٦٣ في المئة مما ذكر اي ٤٩٫٦ القدم المكعبة فقط للاسباب المتقدّمة آنفًا (عد ١٢٨)

(١٤٢) تأثير الانابيب * انّ الانابيب تؤثّر كثيرًا في كميّة الماء المتفرّغة من الوعاء فاذا امعنّا النظر في الماء الخارج من ثقبٍ راينا هُ يصغر حجمًا بعد خروجهِ من الثقب حتى يصير $\frac{٢}{٣}$ ما كان وهو فيهِ . وسبب ذلك ان الماء يجري في مجارٍ تقاطع بعضها بعضًا وهو خارج من الثقب لانهُ يخرج من جميع جهاتهِ . فلو أُدخل في الثقب انبوبةٌ اطول من قطرهِ بضعفين او ثلثة لجرى الماء ملاصقًا لجدرانها فلا يتقاطع ولا يعيق بعضهُ بعضًا فتزيد الكميّة المتفرّغة منهُ حتى تصير ٨٢ في المئة مما يقتضي ان يتفرّغ بالحساب

ولو أُدخِل الطرفُ الواسع من انبوبةٍ مخروطيّة الشكل في الثقب لصارت الكميّة المتفرّغة ٩٢ في المئة ولو ادخل فيهِ الطرف الضيّق منها لزادت الكميّة المتفرّغة ٣٥ في المئة عما يقتضي ان تكون بالحساب وذلك من الامور المستغربة . والظاهر ان ادخال الانبوبة في الثقب على ما تقدّم يسهّل المرور على الماء حتى كأنها تجذبهُ اجذابًا الى الخارج . واذا جرى الماء في انابيبَ طويلةٍ او مختنقةٍ

ابطأ جريهُ فيها وقلّت الكميّة المتفرّغة منهُ لسبب فركها عليهِ . فقد قيل انهُ اذا جرى على زاويةٍ قائمةٍ في انبوبةٍ تنقص الكميّة المتفرّغة منهُ النصف واذا جرى في انبوبة طولها ٣٠٠ قدم يتفرّغ منهُ نصف ما يتفرّغ من انبوبةٍ طولها قيراط اي اقصر من تلك ٢٤٠٠ مرة

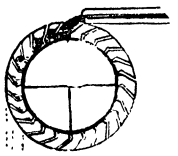
(١٤٣) جَرْي الماءِ في الانهار * الماء وسائر السوائل لا تجري الّا اذا كان مجراها عموديًّا على سطح الافق او مائلًا عليهِ. ولا حاجة ان يكون الميل عظيمًا فانها لسهولة تحرّك دقائقها تجري على الارض ولو كان انحدارها قليلًا جدًّا . فالماء يجري بسرعة ثلثة اميال في الساعة على ارضٍ لا تنحدر اكثر من ثلثة قراريط في الميل. فان نهر الكنج لا ينحدر الّا ٨٠٠ قدم في مسافة ١٨٠٠ ميل فلا يقطع ماؤهُ تلك المسافة الّا بعد مضي اكثر من شهر من ابتداء جَرْيهِ . واذا انحدر سطح الارض ثلث اقدام في الميل جَرَى الماء فيهِ جريًا عنيفًا كما في سواقي الجبال . ويبلغ جريهُ اشدّهُ في الوسط . ويسمّى عند العامّة بالسبلة. ويكون ضعيفًا على القعر والضفّتين لسبب مقاومة الارض لهُ

(١٤٤) استعلام معدّل سرعة النهر وما ينصبُّ منهُ * تُستعلَم سرعتهُ في الوسط وعلى القعر وعند الضفّتين ويُقسَم مجموعها على ثلثة فيخرج لنا معدّل سرعتهِ. فلو قيل سرعة الماء على جوانب نهرٍ ٣ اميال وعلى قعرهِ ٤ وفي وسطهِ ٥ فكم سرعتهُ لقيل $\frac{٣+٤+٥}{٣} = ٤$

اميال وهي الجواب. ويُستعلَم معدَّل ما ينصبُّ منهُ بضرب عرض جزءٍ منهُ في معدَّل عمقهِ وضرب الحاصل في معدَّل سرعتهِ

(١٤٥) دواليب الماء * دواليب الماء آلات يستعمل بها الانسان قوَّة الماء الجاري لقضاء حاجاتهِ كفراش المطحنة والناعورة وما اشبهها وتجري على حكم المخل اذا فعلت القوة بساعدهِ الاقصر. وهي على اربعة انواع الدولاب الفوقيُّ والدولاب التحتيُّ والدولاب الجانبيُّ والدوَّار

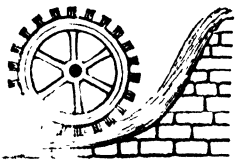
(١٤٦) الدولاب الفوقيُّ * هذا يُستعمل اذا كان الماء قليلاً لانهُ يدور بقليل من الماء. ولهُ على محيطهِ دِلاءٌ ينزل اليها الماء من ميزابٍ كما في الشكل ٨٦ ويُصنَع هذه الدلاء بحيث تمسك الماء وهي نازلة على الجانب الواحد وتصبُّهُ وهي صاعدة على الجانب الآخر. فبذلك يدور الدولاب لانهُ متى امتلأَ بعضها يثقل فيهبط فيدير الدولاب حتى ينصبَّ الماء منهُ ويصعد فارغًا اذ يمتلئ غيرهُ من الدلاء ويدير الدولاب بثقلهِ ايضًا وهلمَّ جرًّا. فيدور الدولاب بقوَّة الماء كما يدور بقوَّة الانسان وغيرهِ * ويكون هذا الدولاب كبير الحجم ففي الولايات المتحدة دولاب علوُّهُ ٩٦ قدمًا فاذا فُرِض الماء فيهِ ق والبين الذي ينزل فيهِ كلَّ دورةٍ ب فقوتهُ = ق × ب



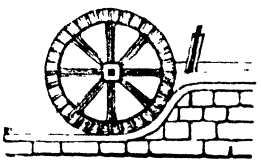
الشكل ٨٦

بالحساب ولكنها لا تزيد عن ٨٠ في المئة من ذلك بالعمل

(١٤٧) الدولاب التحتيّ * هذا يُستعمَل حيث الماء كثيرٌ ولا يسقط من علوٍّ شاهق وليس لهُ دلاءٌ بل عوارض نابتة من حافّتهِ فيصدمها الماء وهو جارٍ ويديرها بزخمهِ فيدور الدولاب معها (الشكل ٨٧). قيل انهُ لا يُستعمَل بهذا الدولاب اكثر من ٢٠ في المئة من قوّة الماء


الشكل ٨٧

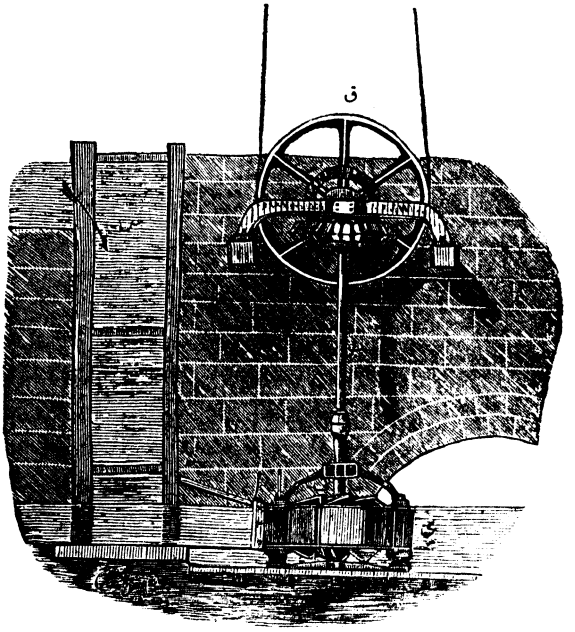
(١٤٨) الدولاب الجانبيّ * هذا يتوسّط بين الفوقيّ والتحتيّ (الشكل ٨٨) فيديرهُ ثقل الماء وزخمهُ معًا. ويُستعمَل حيث الماء معتدل المقدار


الشكل ٨٨

(١٤٩) الدوّار * هذا يسمّيهِ الافرنج التَرْبِن وهو حديث العهد واقوى من سائر الدواليب عملاً فانهُ يُستعمَل بهِ نحو ٩٠ في المئة من قوّة الماء. ويختلف عنها اختلافًا جوهريًّا كما سترى ويُغمس في الماء ويوضع فيهِ افقيًّا ويضنع على صورتي منها الشكل ٨٩

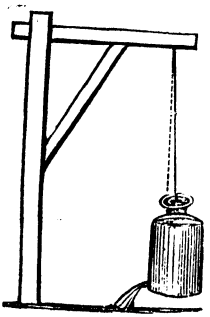
وشرحهُ ان س د قناةٌ ينزل الماء فيها ويجري منها في المِيزاب د ا حتى يقع على الدولاب. وف محور هذا الدولاب وهو اسطوانة تتفرّع منها عوارض مسطحة الى كل الجهات. وفي اطار مقبّب يحيط بهنّ العوارض على دائرها.

وعلى اعلى هذا الاطار واسفلهِ قرصان مستديران متصلان بالاسطوانة وبالعوارض المتفرّعة منها . وفي هذين القرصين شبه اقماع مقوّرة تبتدئ بقرب



الشكل ٨٩

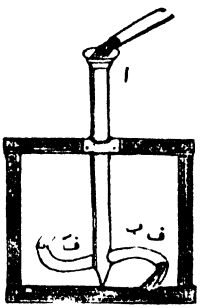
الاسطوانة وتنحني الى الخارج بحيث يبقى تقعيرها نحو الاسطوانة وتكون بارزة فوق القرص الاعلى وتحت الاسفل كما ترى . فينزل الماء من الميزاب د الى الاقماع العليا ويخرج من السفلى في عكس الجهة التي دَخَل فيها فيدور الدولاب وتدور الاسطوانة ف ب وتدير الدولاب ق الذي يلتفُّ على حرفهِ سير يوصل آلات أُخرى بهِ * والدوّار يدور على مبدإ اختلاف الضغط في عمودٍ من السائل كما يتضح من الشكل ٩٠ علّق ابريقًا ملآنًا ماء مخيط فالماء يضغط كلّ جوانبهِ ضغطًا متساويًا حسب ناموس پاسكال (عد ١١٥)



الشكل ٩٠

فيهدأ بذلك . ثم اذا ثقبتهُ من جانبهِ يجري الماء من الثقب فيرتفع الضغط عن ذلك الجانب ويبقى على الجانب الآخر فيدفع الابريق الى الجهة المقابلة لجهة الثقب اي يبعدهُ عن الخشبة التي تجاههُ

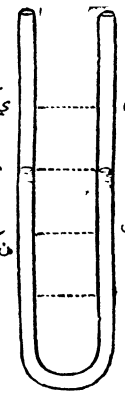
(١٥٠) مطحنة باركر * وعلى هذا المبدإ صُنِعَت مطحنة باركر ايضاً وهي مؤلَّفة من اسطوانة مجوَّفة ا ب في الشكل ٩١ موضوعة بحيث تدور بسهولة ومن اسطوانة أُخرى ف فَ عموديَّة على الأُولى وموازية لسطح الافق وطرفاها معكوفان ومفتوحان الى جهتين متعاكستين (ويزاد فيها ايضاً اسطوانة ثالثة افقيَّة كالثانية ولكنها عموديَّة عليها) فاذا سُدَّت فتحتا الاسطوانة الافقية وصُبَّ الماء في ا ب تبقى المطحنة ساكنة لان ضغط الماء متساوٍ على ف وفَ واما اذا فتحت ف وفَ فيزول الضغط عنها ولكنهُ يبقى على الاجزاء المقابلة لها من الاسطوانة. فاذا تفرَّغ الماء من الفتحة ف الى اليمين مثلاً اندفع الجانب ف ب المقابل لها الى اليسار. وهكذا يُقال في الفتحة فَ والجانب فَ ب من الاسطوانة. ولذلك تدور الاسطوانة ف فَ بتفرُّغ الماء من فتحتيها. ولا يخفى انهُ كلما طال جانبا الاسطوانة ف فَ وبقي الضغط عليها واحداً تزيد القوَّة على الثقل كما اذا طال ساعد القوَّة على ساعد الثقل في المحل. وهذه الآلة من اعظم الآلات فعلاً اذا قُصد استعمال مقدار مفروض من الماء يسقط من علوٍّ مفروض



الشكل ٩١

(١٥١) تموُّج الماء * اذا صببنا ماء في انبوبة ملتوية كما في الشكل ٩٢ الى حد م ومَ ثم ادخلنا مجرًى من الهواء الى م فضغط الماء حتى هبط من م الى ن يرتفع في الجانب الآخر من مَ الى يَ. واذا أزلنا هذا الهواء الضاغط يهبط الماء من يَ الى مَ

وينزل بالاستمرار الى نَ فيرتفع في الجانب الآخر الى ي. ثم يهبط من ي ويرتفع من نَ ولكنَّ الهابط لا يصل حينئذٍ الى ن ولا المرتفع الى يَ لان الهواء والفرك على جوانب الانبوبة يعوقانهما ولذلك لا يزالان بين هابطٍ ومرتفعٍ حتى يتلاشى استمرارهما بالفرك ومقاومة الهواء فيسكنان عند م ومَ كما كانا قبلاً. فلو ارتفع الهواء والفرك او لو جُعِل للماء واسطة تحرّكهُ على الدوام كما يتحرّك الرقاص لبقي في حال الاضطراب الى ما شاء الله. وعلى ما تقدم يتموّج الماء في البركة اذا رُمي فيها حجر امواجًا مستديرة تتسع شيئًا فشيئًا حتى تمحي. لان الماء ينضغط تحت الحجر فيهبط فيرتفع ما حولهُ ثم يهبط هذا ايضًا ويرتفع ما حولهُ ولا تزال دقائق الماء بين هابطٍ ومرتفعٍ حتى يبطل تموّجها بفَرْكها بعضها على بعض وبمقاومة الهواء لها



الشكل ٩٢

(١٥٢) الموج * يحدث الموج من فرك الريح على وجه الماء فاذا كانت الريح خفيفة احدثت امواجًا صغيرة يتراكب بعضها على بعض في وسط البحر حتى تصير موجًا طامًّا ينقلّب على متْن المياه. لان الريح اذا هبّت على الماء ترفع دقائقهُ فتهبط الدقائق المجاورة لها كما تقدم في عمودَي الماء في الانبوبة. (عد ١٥١) ثم تهبط الدقائق المرتفعة بالجاذبيّة وترتفع الهابطة وتهبط هذه وترتفع ما يليها وهلمَّ جرًّا فيحدث الموج من ارتفاع دقائق الماء وهبوطها بدون ان تتقدّم من مكانها. واما تقدُّمها الظاهر فمن الامور التي تخدع بها العين كما تخدع بتموُّج

البساط اذا نُفِض او الحبل اذا هُزَّ او القمح او الشعير اذا ماجا بالريح * اذا راقبنا قرعةً او خشبةً على الماء رأيناها تتقدَّم على راس الموجة بضع اقدام او قراريط حسب طول الموجة ثم تقف وتتأخَّر راجعةً في المطمئنّ الذى يلي الراس ثم تقف عن الرجوع وتتقدم على راس الموجة الثانية وتقف وترجع ايضًا في المطمئِن الذي يليهِ وهكذا على الدوام. فتعلو وتهبط مع الموجة ولكنها لا تسير على وجه الماء الى الشاطئ. وذلك لانَّ دقائق الماء تدور في الموج في دوائر او في اشكال اهليلجيّة فتتأخَّر في دورانها بقدر ما تتقدم فتكون حركتها محصورة في حدودٍ كما يتضح من الشكل ٩٣. ليكن ا ب وس د موجتين وب س المطمئِنّ بينهما. فاذا انتقلت الموجة ا ب الى موضع س د لا تنتقل دقائق الماء في تقدُّمها او تأخُّرها الاَّ مسافة ا ب او س د امَّا تقدُّمها فيكون على راس الموج وأما تاخُّرها ففي مطمئنّهِ كما تدلُّ عليهِ السهام ز ل ج ي ف و . ويحتمل ان تكون سرعة الدقائق اقل كثيرًا من سرعة الموج فقد قيل ان الارض اذا زُلزلت فكثيرًا ما تهتزُّ دقائقها بسرعة ثلاث اقدام فقط في الثانية مع ان سرعة امواج الزلزلة ٢٠٠٠ قدم في الثانية



الشكل ٩٣

(١٥٢) تنفُّس الموج * اذا قربت الامواج من الشاطئ او من صخرٍ لم يوازنها ماء الشاطئ لقلَّة عمقهِ وعظم عمقها فتتقدَّم حتى يمنعها الشاطئ من التقدُّم فتنتشر وتتنفس ويُعرَف تنفُّسها عند العامة بفقش الموج. وقد ظهر بالتجربة والملاحظة ان الامواج لا تهبط اكثر من ٣٠ قدمًا عن مساواة سطح مائها وان اعظم الامواج لم يعلُ اكثر من ٤٣ قدمًا من قمتهِ الى حضيضهِ

(١٥٤) حدود * تسمّى الاجزاء المتوافقة من الامواج كرُوسها ومطمئنّاتها وجوهها المماثلة واجزاؤها المتخالفة كراس موجةٍ ومطمئن أُخرى وجوهها المتضادّة . وتسمّى المسافة بين كل وجهين مماثلين كالمسافة بين راس موجة وراس التي تليها طول الموجة . فاذا فرضنا ان موج المدّ الحادث من تفاوت جذب الشمس او القمر لماء الارض سائر من الشرق الى الغرب وان نوءًا نزل في البحر فاحدث امواجًا بعيدةً عن موج المدّ وسائرةً وراءهُ وان ريحًا خفيفة هبّت على قسم متوسّطٍ بينهما من البحر فاحدثت فيهِ امواجًا صغيرة فامواج كل فاعلٍ من هذه الفواعل الثلثة تبقى ممتازةً عن امواج الآخر حتى تلتقي . وحينئذٍ فإمّا ان تتلاقى وجوهها المماثلة او المتضادّة . فاذا تلاقت وجوهها المماثلة كما اذا التقت رُؤوس امواج المدّ برُؤوس امواج النوء ومطمئنات امواج الواحد بمطمئنات امواج الآخر حصل من التقائها موج علوُّهُ بقدر مجتمع علو الاثنين معًا . واذا التقت وجوهها المتضادّة كما اذا التقت رُؤوس امواج الواحد بمطمئنات امواج الآخر حصل من التقائها موج علوهُ بقدر الفضل بينهما . فاذًا اذا توالى موجان وكان طول الموجة وعلوها في كلٍّ منهما متساويين وكان الاوّل سابقًا للثاني بنصف طول موجة يفني احدهما الآخر لسبب التقاء وجوهها

المتضادَّة ويقال لذلك تعارض الامواج لانها تعارض بعضها بعضًا . واعلم ان لهذا المبحث اعتبارًا عظيمًا في الصوت والنور كما سيجيء فاحفظهُ جيدًا

(١٥٥) مسائل للتمرين . عندنا حوض لهُ ميزابان متساويان احدهما اوطأ من سطح الماء باربع اقدام والآخر بثمانٍ فكم يفرّغ الثاني اكثر من الاول . (٢) قطر انبوبة اربعة قراريط وعمقها ٤٨ قدمًا تحت سطح الماء فكم من الماء تفرّغ في الثانية . (٣) لماذا يكون الماء الخارج من بلبلةٍ اغزر على فمها ممَّا يكون وهو بعيد عنها . (٤) اذا لوينا طرفي الاسطوانة ف فَ من مطحنة باركر

(عد ١٥٠) الى جهةٍ واحدةٍ وثقبناها من تلك الجهة

فاذا تكون النتيجة . (٥) هل يلزم ان تدخل

الحنفية في البرميل الى

ما وراء الواحدِ

الباب السادس

في الهوائيّات

الفصل الاوّل

في الغازات ومفرّغة الهواء

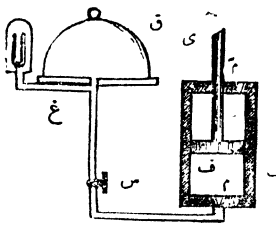
(١٥٦) الهوائيّات فنٌّ يُبحَثُ فيهِ عن صفات الغازات وضغطها * والغازات اجسام قوّة الجذب بين دقائقها اضعف من قوّة الدفع (عد ٣٧) فلذلك تكون حركة دقائقها اسهل من حركة دقائق السائلات فيصدق عليها ما يصدق على السائلات من ايصال الضغط الى كل الجهات على السواء وقوّتها على حمل الاجسام وثقلها النوعي . وهي كثيرة العدد ولكن اربعة منها فقط بسيطة وهي الاكسجين والهيدروجين والنتروجين والكلور والبقيّة مركّبة. ومنها ما لهُ لون او رائحة ومنها ما ليس لهُ. ومنها ما يضرُّ الانسان والحيوانات اذا استنشقتهُ كغاز الحامض الكربونيك ومنها ما لا يضرُّ كالهيدروجين والنتروجين ولكنهُ لا يصلح لحياة

الحيوان ومنها ما لا تقوم الحياة الاَّ به وهو غاز الاكسجين فاذا انقطع عن الحيوان بضع ثوانٍ مات لامحالة . ويكون مدار الكلام في الهوائيَّات على الهواء فقط لانهُ ينوب عن كل الغازات بما انهُ اكثرها مقداراً كما ينوب الماء عن السائلات

(١٥٧) الهواء * الهواء ويُعرَف عند التخصيص بالهواء الكرويّ او الجَلَد غازٌ من الغازات محيطٌ بكرة الارض كلَّ الاحاطة فيملأُ ما كان فارغًا فيها ويحيي ما عليها من الحيوان والنبات . وهو مؤلَّف من غازين الاكسجين والنتروجين ممتزجين معًا على نسبة ٢٣ وزنًا من الاكسجين الى ٧٧ وزنًا من النتروجين ويحتوي ايضًا قليلاً من الحامض الكربونيك وكميَّةً من البخار المائي تكثر وتقلُّ بحسب الاحوال . وليس لهُ رائحة ولا طعمٌ ولا لونٌ ولكنهُ اذا تكاثر تلوَّن بالازرق كما يشاهد في لون السماء فان قبَّتها الزرقاء التي تاهت في جمالها عقول الشعراء هواءٌ صرف قد تلوَّن بالزرقة من ضوء الشمس ولو تلاشى الهواء لزال بهاؤُها واسودَّ وجهها . ولهذا يضرب لونها الى السواد كلَّما ارتفع الناظر عن الارض واذا ارتفع كثيرًا رآها سوداء من تلطُّف الهواء فوقهُ . وهو ايضًا شفَّاف مرن فلولاهُ لم نقدر على سمع الاصوات ولم نطرب على رنَّة العود

(١٥٨) مفرَّغة الهواء * قلنا ان الهواء يملأُ ما كان فارغًا على

الارض فاذا اردنا ان نفرّغ الاجسام منهُ لم نستطع ذلك بكبّها كما اننّا لا نستطيع ان نفرّغ الآنية من الماء كذلك وهي مغموسة فيهِ. ولذلك احتال العلاّمة أُطو فُن كَرِكِّي على تفريغهِ بآلة اخترعها سنة ١٦٥٠ وتسمّى مفرّغة الهواء. اخصُّ اجزائها ظاهر في الشكل ٩٤ فالحرف ق وعاءٌ من زجاج يُعرَف بالقابلة ويُوضَع على صفيحة ملساء غ وب اسطوانة وس انبوبة تصل بين القابلة والاسطوانة

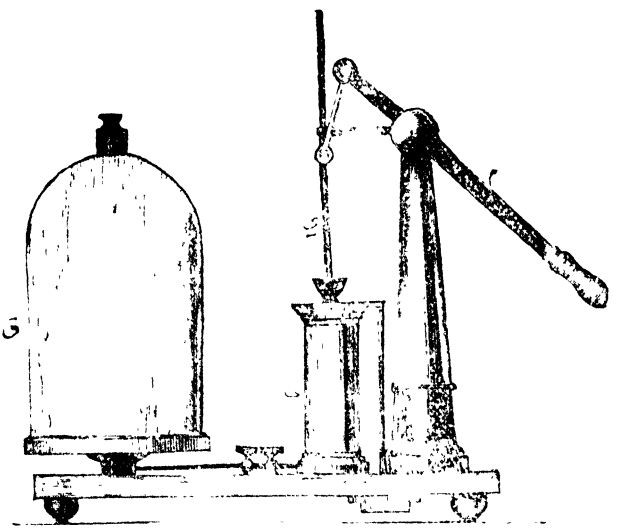


الشكل ٩٤

وم مصراع ينطبق على طرف الانبوبة المتّصل بالاسطوانة وينفتح الى الاعلى وف مدكٌّ يُنزَل ويُرفَع داخل الاسطوانة باحكامٍ وفيهِ مصراع مَ ينفتح الى الاعلى ايضاً

امّا كيفيّة تفريغ الهواء بها فكما ترى: اذا فُرِض ان المدك في اسفل الاسطوانة وان المصراعين منطبقان فحينما يُرفَع المدك بانزال يد المفرّغة ي يرتفع حاملاً الهواء الذي عليهِ ويبقى ما تحتهُ من الاسطوانة فارغاً. فيتمدّد الهواء الذي في القابلة وفي الانبوبة س كما سياتي (عد ١٦١) ويرفع المصراع م ويدخل الى ما تحت المدك فيملأُ الفراغ. ثم ينزّل المدك برفع يد المفرّغة فيضغط الهواء الذي تحتهُ والهواء يضغط المصراع م الى الاسفل فيطبقهُ ويضغط المصراع مَ الى الاعلى فينفتحهُ ويخرج منهُ. واما سبب ضغطهِ للمصراع الاعلى فلان الهواء كالماء يوصل الضغط الى الاعلى والاسفل وبقية الجهات بالسواء (عد ١١٤) ثم يُرفَع المدكّ ثانيةً فيفرّغ الهواء من الاسطوانة على ما تقدّم فيأتي مكانهُ هواءٌ من القابلة

ايضاً على طريق المصراع م . وينزّل ثانيةً فينفتح المصراع مَ فيجد الهواء منفذاً منهُ وهلمَّ جرًّا . فيتفرّغ الهواء من القابلة شيئًا فشيئًا بتنزيل المدك ورفعهِ حتى يصير على غاية اللطافة ولا يعود يقدر على رفع المصراعين . فتفرّغ القابلة من الهواء الاَّ قليلاً ويقاس مقدار تفرُّغها بالمقياس ل . واما تفريغ الهواء تمامًا فلم يتوصّلوا اليهِ . وهذه صورة المفرّغة كما هي (الشكل ٩٥) م اليد وي المدك وب الاسطوانة وق القابلة



الشكل ٩٥

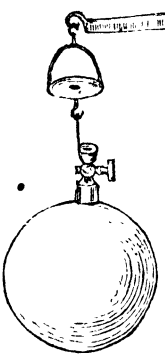
اذا وضعنا جسمًا مشتعلاً كجمرة نار او قنديل متّقدٍ في قابلة وفرّغنا الهواء منها ضعف نورهُ شيئًا فشيئًا كلَّما تلطّف الهواء حتى ينطفئ وذلك لقلّة الاكسجين الذي هو علّة اشتعالهِ . واذا وضعنا حيوانًا وفرّغنا الهواء مات فان كان من ذوات الثدي او طائرًا اسرع موتهُ وان كان من السمك او الزحّافات ابطأ وان كان من الحشرات كالصرصور بقي حيًّا بضعة ايام تبعًا لاحتياج ذلك الحيوان الى الاكسجين الذي تقوم الحياة بهِ . واذا وضعنا اجسامًا خفيفةً او ثقيلةً في طرف انبوبةٍ طويلةٍ وفرّغنا الهواء منها وقلبناها نزلت كلُّها الى الطرف الآخر في وقتٍ

واحدٍ كما مرَّ (عد ٤٦) * واعلم ان جميع الاجسام النباتية والحيوانية تتحلَّل وتفسد من فعل الاكسجين بها وقيل من غير ذلك . فتمكَّنوا بمفرّغة الهواء من حفظ الاطعمة من الفساد وذلك بوضعها في اوعيةٍ وتفريغ الهواء منها وسدّها سدًّا محكمًا يمنع الهواء من الدخول اليها

الفصل الثاني

في صفات الهواء

(١٥٩) الثقل * الهواء جسمٌ كسائر الاجسام ومن صفاته الثقل ودليل ذلك اننّا اذا فرَّغنا قنينة تسع ١٠٠ قيراطٍ مكعَّب من الهواء وعيَّرناها (الشكل ٩٦) ثم فتحناها حتى يدخل الهواء اليها ثقل وترجح على العيار ولا ترجع الى الموازنة الاَّ بعد ما يزاد على العيار الاوَّل عيار ٣١ قمحة . اذًا ثقل مئة قيراطٍ مكعَّبٍ من الهواء ٣١ قمحةً . وكذلك وُجِدان ثقل مئة قيراطٍ مكعَّبٍ من الحامض الكربونيك ٤٧٫٣٥ من القمحة ومن الهيدروجين اخف الغازات ٢٫١٤ من القمحة وان ثلاثين قمحةً من الماء اثقل من ثلاثين قمحة من الهواء ٧٧٠ مرة



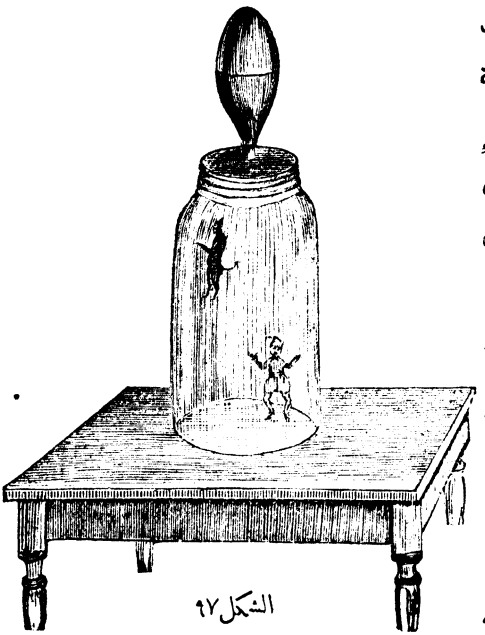
الشكل ٩٦

(١٦٠) المرونة والانضغاط * ومن صفات الهواء ايضاً المرونة والانضغاط ويظهر ذلك من لعبةٍ للصبيان تُعرَف عند العامَّة بالفقَّاعَة وهي عود صغير من التين ينزع لبُّهُ ويُدخَل فيهِ مدكٌ . ثم يُصنَع لهُ هِنَتَان من الكِتيت وتُدخَل فيهِ احداهما بالمدك كرهًا من احد الطرفين الى الآخر . ثم تُدخَل الأُخرى وراءها كذلك . فمتى اقتربت اليها ينضغط الهواء بينهما فتزيد قوَّة مرونتهِ ويدفع الهنَة السابقة بفرقعة شديدة . وكذلك اذا أُدخل مدكٌ في انبوبةٍ متينة ادخالاً محكمًا فلا يمكن ان يمس قعرها مهما كان الشدُّ عليهِ لان الهواء يبقى بينهما وكلَّما انضغط زادت مرونتهُ حتى يشعر بهِ تحت المدكِ ليناً مرناً كالزنبرك او المخدَّة الرخفة

ومَّما يوضح ذلك لعبةٌ اسمها عفاريت القنينة (الشكل ٩٧) فالعفاريت فيها اشخاص من الزجاج مجوَّفة ومثقوبة من اذنابها تُوضع في قنينةٍ ملآنة ماء وفي اعلاها وعاء مرن يعي الهواء . فلخفَّة العفاريت تطفو على الماء حتى يُضغَط الوعاء الذي على القنينة فيخرج الهواء منهُ ويضغط الماء فيوصل الماء الضغط الى الهواء الذي في اجواف العفاريت فينضغط ويصغر حجمهُ فيدخل الماء في اجوافها فيزداد ثقلها فتغوص . ثم اذا ارتفع الضغط عن الوعاء المرن يرجع الهواء اليهِ فيرتفع الضغط عن الماء وعن الهواء الذي في جوف العفاريت فيتمدَّد ويطرد الماء منها فتخفُّ وتصعد حتى تطفو كما كانت . وكلما اقتربت العفاريت من قعر القنينة سهل تحريكها حتى انهُ اذا احسن العامل الاعتناء في تحريكها جعلها تبدي من الحركات ما تبديهِ المخلوقات الحيَّة المتحرِّكة بارادتها . وقد تُبدَّل العفاريت بسمك وغيرهِ * فيستدلُّ من كل ذلك ان الهواء مرن وقابل للانضغاط وان

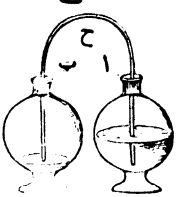
مرونتهُ تزيد بزيادة انضغاطهِ

واعلم ان هذه اللعبة تصلح لاظهار قوّة السائلات على حمل الاجسام وايصالها الضغط الى كل الجهات وزيادة ضغطها بزيادة العمق وايضاح مبدإٍ مطمئنة باركرمًا ذُكِر في السائلات ولا حاجة الى اعادة ذكرهِ هنا



الشكل ٩٧

(١٦١) التمدُّد* ومن صفات الهواء التمدد ويتَّضح ذلك بما ياتي: خذ زقًّا ناشفًا وسدَّهُ بحنفيَّة سدًّا محكمًا تاركًا فيهِ قليلاً من الهواء. ثم ضعهُ في قابلة وفرِّغ الهواء منها فيتمدد الهواء فيهِ عندما يرتفع عنهُ ضغط الهواء الذي كان في القابلة فينتفخ وربما انشقَّ من تمدُّد الهواء فيهِ وضغطهِ لهُ(١)



الشكل ٩٨

او خذ قنينتين ا وب في الشكل ٩٨ وضع فيهما

(١) بيَّن الفيلسوف اسحق نيوتن انهُ لو أُبعد قيراطٌ كرويٌّ من الهواء اربعة آلاف ميل عن الارض لتمدَّد حتى اشغل دائرةً محيطها اوسع من فلك زحل الذي قطرهُ اكثر من ١٧٤٤ ٢٦٨ ٠٠٠ ميل

قليلاً من الماء الملوّن ثم ادخل فيهما انبوبةً منحنيةً ح وليكن ادخالها في ب محكمًا يمنع الهواء من الدخول اليها وليس كذلك في ا. ثم ضع الكل في قابلةٍ وفرّغ الهواء منها فعند ارتفاع ضغط هذا الهواء عن الهواء الذي في ا يتمدّد فيضغط هواء ب الماء الذي تحته ويطرده في الانبوبة الى ا. واذا رُدَّ الهواء الى القابلة ينضغط الهواء الذي في ا فيرجع الماء منها الى ب ردًّا للموازنة. وتكرار العمل يُطرَد الماء من قنينةٍ الى أُخرى حسبما يرام

OSMANIA UNIVERSITY LIBRARY HYDERABAD

الفصل الثالث

في ضغط الهواء

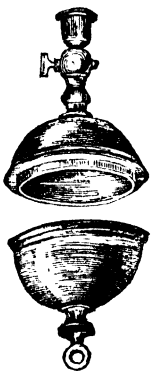
(١٦٢) يظهر ضغطهُ ممَّا يأتي: خذ قنينةً لا قعر لها وضعها على صفيحة مفرّغة الهواء. وضع يدك على فمها كما ترى في الشكل ٩٩ وفرّغ الهواء منها فترى ان بعض كفك قد دخل في فمها من ضغط هواء الخارج ليدك. او اربط على فم القنينة قطعةً من مثانةٍ طريّةٍ مرطّبة وعندما تجفّ فرّغ الهواء من القنينة فتتمزّق المثانة اربًا من شدّة ضغط الهواء لها. وما دام الهواء داخل القنينة فلا تتمزّق المثانة لأنَّ ضغطهُ يضادُّ ضغط الهواء الخارجيّ ويساويهِ فيفني احدهما الآخر ولا يظهر تاثير الواحد

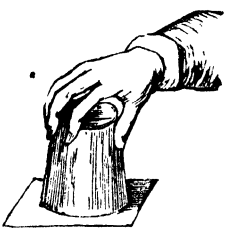


الشكل ٩٩

الاَّ بزوال تاثير الآخر

(١٦٣) كاسا مكدبرج * ظهر ممَّا سبق ان الهواء يضغط نازلاً وهو يضغط الى كل الجهات كما يظهر من كاسي مكدبرج . وهما نصفا كرة يركَّبان معًا (الشكل ١٠٠) اخترعها اُطّوفن كركيّ المكدبرجي فاضيفا الى اسم بلدتهِ. فاذا رُكِّبت احداها على الاخرى وبقي الهواء فيهما يفكّان بسهولة . واما اذا فُرِّغ الهواء منهما وسُدَّت الحنفية المتصلة باحداها حتى لا يدخلها الهواء فلا يفكّها الاَّ جماعةٌ من الرجال يشدُّون معًا من ضغط الهواء الخارجي لهما[1] . ولا فرق في الضغط سواءٌ كان وضعهما كما في الصورة او خلافهُ

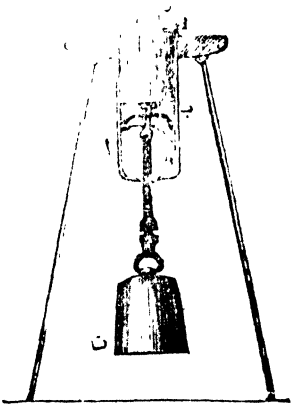

الشكل ١٠٠


الشكل ١٠١

ويتضح ضغط الهواء صاعدًا مما ياتي : املأ كاسًا بماء وضع على فمها قطعةً من القرطاس ثم اقلبها عاجلاً (الشكل ١٠١) فتبقى قطعة القرطاس على فمها ولا ينصبُّ الماء منها لان الهواء يضغطها صاعدًا * ويظهر ضغط الهواء صاعدًا من الشكل ١٠٢ وهو اسطوانة من الزجاج ا في داخلها مدكٌّ نازل فيها نزولاً محكمًا ومعلَّق به

(١) يقال ان اطوفن كركي المذكور صنع كاسين قطر كل منهما قدمان ثم ركبهما وفرَّغ الهواء منهما فلم تنكّ الواحدة عن الاخرى حتى ربط الى كل منهما ستة احصنة وجعلها تشدُّ الى جهتين متضادَّتين

الثقل ث . فتركز الاسطوانة وتوصل بمفرّغة الهواء بواسطة حية من المغيط تدخل في س فمتى فُرّغ الهواء منها يضغط الهواء الذي في الخارج المدكّ من اسفل صاعدًا فيرتفع ويرفع الثقل معهُ فيلبث الثقل معلقًا كانهُ معلّق بصنّارة او نحوها



الشكل ١٠٢

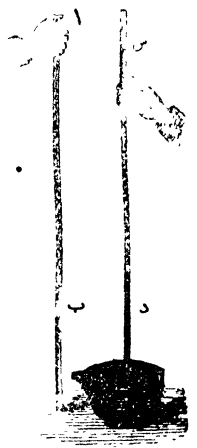
(١٦٤) قوّة الهواء على حمل الاجسام* كما تطفو الاجسام في الماء بحملهِ لها تطفو في الهواء ايضًا بحماه لها جاريةً على ناموس ارخميدس (عد ١٣٠) وذلك كثير المشاهدة فالدخان والسحاب يعومان في الهواء كما يعوم الخشب على الماء لانهما اخفُّ منهُ ويُحمَلان عليهِ بقوّة تساوي ثقل الهواء الذي يحلّان محلهُ

يتبيّن ذلك ممّا باني : خذ كرة مجوّفة من النحاس وصلها في طرف ساعدٍ من ساعدي الميزان وعلّق بطرف الساعد الآخر عيارًا يوازنها تمامًا في الهواء. ثم ادخلها هي والعيار الى قابلةٍ فيبقيا متوازنين ما دام الهواء في القابلة . واما اذا تفرّغ منها فترجح كرة النحاس . وما ذلك الّا لان الهواء كان حاملاً بعض ثقلها بقوّتهِ على حمل الاجسام فلما زال الهواء زاد ثقلها على ثقل العيار لانها اكبر منهُ حجمًا فهبطت وارتفع

(١٦٥) مقدار ضغط الهواء* علمنا ممّا تقدّم ان الهواء يضغط الاجسام بثقلهِ والآن نقول ان مقدار ذلك الضغط يساوي ضغط عمود من الزئبق علوُّهُ ثلاثون قيراطًا او عمودًا من الماء علوُّهُ نحو

٣٤ قدمًا . وبعبارة أُخرى ان الهواء يضغط كل قيراطٍ مربَّع من سطح الارض بثقل ١٥ ليبرا

لم يعرَف شيءٌ من ذلك حتى كشفهُ طُورِشَلّي الايطاليُّ سنة ١٦٤٣ كما يأتي: أَخذ انبوبةً من الزجاج طولها نحو ثلث اقدام مفتوحة الطرفين وشدَّ على احد طرفيها جلدةً ليِّنةً رطبةً وتركها حتى جفَّت جيدًا ثم ملأَ الانبوبة زئبقًا وسدَّ طرفها الآخر المفتوح ا باصبعهِ كما ترى في الشكل ١٠٣ وقلبها في وعاءٍ مملوءٍ زئبقًا ايضًا



الشكل ١٠٣

فهبط الزئبق في الانبوبة حتى استقرَّ عند س على علوّ نحو ثلاثين قيراطًا من سطح الزئبق الذي في الوعاء وبقي ما فوق الزئبق من الانبوبة فارغًا من الهواء فسُمِّي فرغ طورشلي . واما السبب في استقرار الزئبق على هذا الارتفاع فهو ان الهواء يضغط الزئبق الذي في الوعاء وهذا الزئبق يسند العمود الذي عليهِ فيبقيهِ على ارتفاع ٣٠ قيراطًا . وهذا هو المراد من قولنا ان ضغط الهواء للاجسام يساوي ضغط عمودٍ من الزئبق علوهُ ٣٠ قيراطًا . فاذا كانت مساحة سعة الانبوبة قيراطًا واحدًا فثقل الثلاثين قيراطًا التي فيها من الزئبق ١٥ ليبرا ولذلك يكون ضغط عمود الزئبق الذي مساحتهُ قيراط وعلوُّهُ ٣٠ قيراطًا ١٥ ليبرا لكل قيراطٍ مربَّع من الزئبق الذي تحتهُ . ولما كان هذا العمود يوازن عمودًا من الهواء مساحتهُ كمساحتهِ في الغلظ وعلوُّهُ من سطح الارض الى اعلى الجَلَد فضغط عمود الهواء هذا ١٥ ليبرا لكل قيراط مربَّع من سطح الارض

ثم ان الزئبق اثقل من الماء ١٣½ مرة فعمود الزئبق المذكور يوازن عمودًا من الماء غلظهُ كغلظهِ وعلوهُ ١٣½ مرة اعظم من علوّهِ فيكون علوهُ ٣٠ قيراطًا في ١٣½ وذلك يساوي ٣٣¾ القدم . وهو المراد من قولنا ان ضغط الهواء

يساوي ضغط عمود من الماء علوُّهُ نحو ٣٤ قدمًا

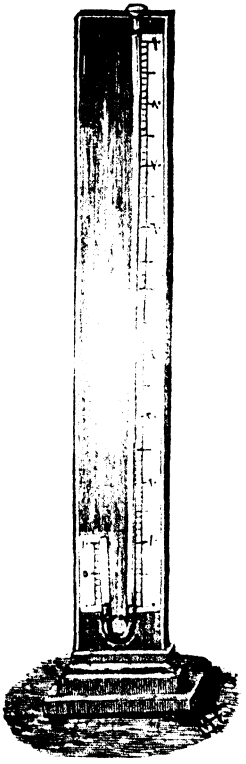
(١٦٦) تجربة پاسكال * قلنا ان سبب استقرار عمود الزئبق على علو ٣٠ قيراطاً هو ضغط الهواء لسطح الزئبق الذي في الوعاء وذلك اثبتهُ العلاَّمة پاسكال بالتجربة: قال اذا كان الهواء هو الذي يسند عمود الزئبق فيبقيهِ على ارتفاع ٣٠ قيراطًا على سطح الارض فاذا صعدنا الى محلٍ عالٍ فلا بدَّ من هبوط هذا العمود لان الهواء يخفُّ في الاعالي فلا يوازن ما يوازنهُ على سطح الارض. وطلب الى بعض اقربائهِ ان يجرّب ذلك في محل عالٍ فجرَّبهُ فهبط عمود الزئبق ثلاثة قراريط فصار علوهُ ٢٧ قيراطًا فقط. ثمَّ جرَّب پاسكال ذلك بسوائل أُخرى كالماء والزيت فطابق حَدْسهُ الواقع وادرج بين البيِّنات المثبتة

(١٦٧) تغيُّر ضغط الهواء * نحن في قعر بحرٍ من الهواء كسمكٍ في قعر بحرٍ من الماء لجّجهُ تغمرنا وامواجهُ تجيش وتتلاطم فوق رؤوسنا. الآن امواجهُ اعظم من امواج البحر جدًّا واضطرابهُ اعظم من اضطرابهِ بكثير. وذلك لان دقائقهُ لما كانت سهلة الحركة بعضها على بعض بسبب ضعف جاذبية الملاصقة بينها فادنى سببٍ يحرِّكهُ ويهيجهُ كتغيُّر الحرارة والرطوبة ونحوهما من الاسباب. فلذلك يتغيَّر ضغط الهواء وتغيُّرهِ تغيُّر ارتفاع عمود الزئبق او الماء او السائل الآخر الذي يوازنهُ فيطول تارةً ويقصر أُخرى. فاذا صعدنا بعمود منها الى راس جبل قصر لان ضغط الهواء اقلُّ هناك واذا هبطنا بهِ الى بطن وادٍ طال لان ضغط الهواء اكثر هناك بسبب تراكمهِ كما ان ضغط الماء يقلُّ بقلة العمق ويزيد

بزيادتهِ (عد ١٢١) واذا وقفنا بهِ على شاطئ البحر يكون طولهُ ٣٠ قيراطاً اذا كان زئبقاً وكانت حرارة الهواء ٦٠° فارنهيت ويكون ٣٤ ٣/٤ القدم اذا كان ماء وكانت حرارة الهواء ٦٠ ف. ايضاً. فيجعل طول العمود على شاطئ البحر ودرجة الحرارة المذكورة محطاً ثابتاً ويقاس منهُ مقدار الارتفاع والهبوط. والخلاصة ان ضغط الهواء يتغير بتغير الحرارة او الرطوبة التي فيهِ او بالارتفاع او بالانخفاض عن مساواة سطح البحر ويقاس تغيرهُ بالعمود الزئبقي

(١٦٨) ناموس مَرْيُت * ويعرف بناموس بُويل ايضاً. هو انهُ اذا بقيت حرارة الهواء على حالها فحجم مقدار من الهواء يتغير بالقلب كالضغط عليهِ. فاذا كان حجمهُ قدماً مكعبةً والضغط عليهِ رطلاً يصير حجمهُ ١/٢ قدم مكعبة اذا صار الضغط رطلين لان مقلوب ١/٢ هو ٢/١.

ولبيان ذلك تُؤخذ انبوبةٌ ملتوية كما في الشكل ١٠٤ ساقها الواحدة طويلة مفتوحة الطرف والأخرى قصيرة مسدودة وتُصَبُّ فيها زئبقٌ حتى يبلغ علامة الصفر في كتفا الساقين فيكون ارتفاعهُ متساوياً ويثبت كذلك متوازناً. ولما كان ضغط الهواء للزئبق الذي في الساق الطويلة يساوي ضغط عمودٍ من الزئبق طولهُ ٣٠ قيراطاً كما تقدم فضغط الهواء المحصور في الساق القصيرة للزئبق الذي تحتهُ لا يوازنهُ الا لانهُ يساوي ضغط ٣٠ قيراطاً من الزئبق ايضاً. فان هذا الهواء وان يكن صغير الحجم فهو مضغوط ومرن جداً فيضغط



الشكل ١٠٤

الزئبق بقوة مرونته بقدر ما يضغط الهواء الخارجي الزئبق الذي في الساق الطويلة .

ثم انّا اذا زدنا الزئبق حتى يصير علوّ في الساق الطويلة ٣٠ قيراطاً اي حتى يبلغ علامة ٣٠ تضاعف مقدار الضغط لان ضغط الهواء يساوي ٣٠ قيراطاً من الزئبق كما تقدم وقد زدنا عليه ٣٠ قيراطاً اخرى . فحينئذٍ يرتفع الزئبق في الساق القصيرة الى علامة الخمسة وذلك لان الهواء الذي كان شاغلاً ما بين صفر وعشرة منها قد صغر حجمه الى نصف ما كان عليه بتضاعف ضغط العمود الموازن له فصار يشغل ما بين خمسة وعشرة فقط . وكذلك اذا صار الضغط ثلاثة اضعاف في الساق الطويلة صغر حجمه الى ثلث ما كان في الساق القصيرة وهلمّ جرّاً (١)

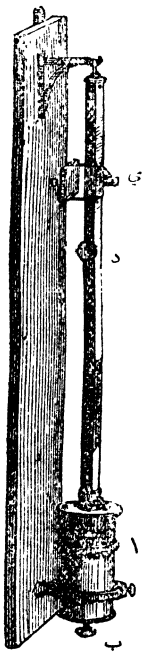
الفصل الرابع

في البارومتر وثقل الجلد

(١٦٩) البارومتر الزئبقيّ * قد تقدّم (عد ١٦٧) ان ضغط

(١) وجد بعض المدققين ان ناموس مريت لا يصدق تماماً على الغازات اذا تعاظم الضغط بل يختلف . ولكن هذا الاختلاف زهيدٌ لا يعبأ به في اكثر الاعمال المعتادة

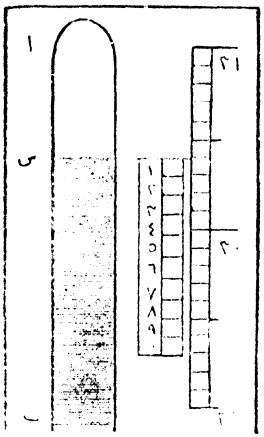
الهواء للاجسام لا يلزم حالاً واحدةً بل يزيد وينقص لاسباب شتّى. وقد اخترعوا لقياس زيادتهِ ونقصانهِ آلة سمّوها البارُومتر وهي انواع منها البارومتر الزئبقي. فهذا مؤلّف من انبوبة وكاس فيها زئبق كما رأيت في الشكل ١٠٣ فيركّبان معًا ويوصل بالانبوبة مقياس مقسّم قراريط واعشار القيراط وثِرْمومِتر (مقياس الحرارة) لمعرفة حرارة الزئبق ويُحفَظ الكل في محفظة. وهو اشكال كثيرة نذكر منها شكلاً واحدًا يسمّى بارُومتر فُرْتِن (الشكل ١٠٥). فهذا يُستعمل فيهِ عوضًا عن الكاس اسطوانة من الزجاج ا متصلة باسطوانة من خشب البقس قعرها من الجلْد اللّين. ويُوْضَع الزئبق فيها وفي الانبوبة وتوضعان كلتاهما في محفظة من الحديد صورتها كما في الشكل. فينفذ الهواء الى الزئبق من شقوق المحفظة ومسامّ الجلْد ويضغطهُ فيرتفع في الانبوبة ويُرصَد ارتفاعهُ من اعلاها عند ي ويقاس تغيرهُ بالمقياس المقسّم ي ب وبذلك يقاس ضغط الهواء ويعرف تغيرهُ بتكرار الرَّصْد



الشكل ١٠٥

(١٧٠) المدقّق* ان المقياس المقسّم يُقسَم الى قراريط واعشار القيراط فاذا اردنا زيادة التدقيق في التقسيم اعتمدنا على مقياس آخر اسمهُ المدقّق او ڤرنير (اسم مخترعهِ) يتّصل بالمقياس

المقسّم ويتحرّك على محاذاتهِ الى الاعلى والاسفل . فتُعرَف منهُ اجزاء المئة من القيراط كما ياتي. ليكن ب س في الشكل ١٠٦ لا اعلى عمود الزئبق في البارومتر



الشكل ١٠٦

و٢٩ و٣٠ و٣١ الى يمينهِ القرار بط على المقياس المقسّم مفسوماً كلٌّ منها الى عشرة اقسام . ولنفرض ان كل ١٠ اقسام من المدقّق عن يسارهذه الاقسام تساوي ١١ قسماً منها فيزيد كلُّ قسم من المدقّق عُشْرًا على كل قسمٍ منها . ولما كان كلُّ قسمٍ منها عشر القيراط فتكون زيادة كل قسمٍ من المدقق على كل قسمٍ منها عُشْر عُشْر القيراط اي جزءًا من مئة من القيراط . فاذا اردنا ان نعرف ارتفاع العمود الزئبقي بالمدقيق نقول ان اعلاهُ واقع بين ٣٠ و٣١ القيراط . ثم نجعل اعلى المدقّق مطابقًا لهُ وننزل حتى نجد المطابقة بين اقسام المدقّق والمقياس وهي في الشكل عند ٨ فيكون ارتفاع الزئبق ٣٠٫٣٨ من القيراط . وعلى هذا المنوال يُقسَم المقياس الى اجزاءٍ من الالف ايضًا . فيُعرَف تغير ضغط الهواء ولو كان جزءًا من الف جزءٍ من القيراط

(١٧١) فائدة البارومتر * البارومتر يستعمل لامرين اهمّهما الدلالة على الطقس والآخر قياس ارتفاع الجبال . امَّا الدلالة على الطقس فلا تؤخذ منهُ راسًا لانهُ انمَّا يدلُّ على تغيُّرات ضغط الهواء . وهذه التغيُّرات منها ما هو دوريٌّ فيحدث في ساعات معلومة من اليوم ومنها ما هو عَرَضيٌّ فلا يحدث في اوقاتٍ معلومة . فيستنتج حال الطقس من هذه التغيُّرات العرضيَّة . والمعتاد ان يكون ارتفاع

الزئبق دليلاً على حسن الطقس وهبوطهُ دليلاً على رداءتهِ. وينتظر هبوب رياح شديدة او حدوث انواء اذا هبط الزئبق هبوطاً عظيماً فجائيًا. ولكنَّ دلالات البارومتر لا يُجزَم بصدقها وما ذكرناهُ منها اصدق ممَّا سواهُ

واما قياس ارتفاع الجبال بهِ فلانهُ كلما زاد الارتفاع خفَّ ضغط الهواء (عد ١٦٧) فيهبط الزئبق حتى يوازنهُ فيعرف مقدار الارتفاع من هبوط الزئبق بجداول دقَّقه مصنوعة لذلك

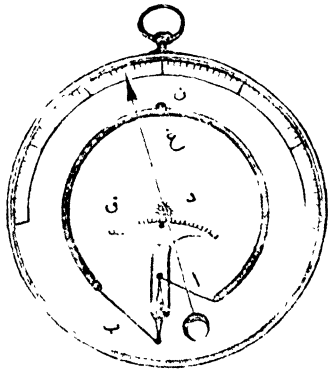
(١٧٣) البارومتر المائي * من انواع البارومتر البارومتر المائي وهو مثل الزئبقي في مبدإهِ ولكن الماء ينوب فيهِ عن الزئبق وطول انبوبتهِ ٣٤ قدمًا اي نحو ١٣ م طول انبوبة البارومتر الزئبقي

قيل ان اوَّل بارومتر صُنع كان مائيًا صنعهُ اطوفن كَرَكِّي المكدبرجي صاحب الكاسين المعروفتين باسمهِ (عد ١٦٣) فنصب انبوبة طويلة من حوض في قبو بيتهِ الى سطح البيت. واوقف شخصًا من الخشب على وجه الماء في الانبوبة. فكان اذا حسن الطقس يرتفع الشخص بارتفاع الماء ويشرف على ما حولهُ من المساكن واذا تكدَّر الطقس واقترب النوء ينزل ويختفي. ومازال يفعل ذلك في حينهِ حتى شعر اهل المدينة بهِ وزعموا ان بين اطوفن كركي وبين الشيطان علاقةً وانهُ يُصعد ذلك الشخص ايَّام الصحو وينزلهُ ايَّام النوء بعلمٍ سابقٍ من الشيطان فاشتكوا عليهِ واكرهوهُ على ابطالهِ

واعلم ان البارومتر الزئبقي يستخار على المائي لزيادة خفتهِ واحتمالهِ للبرد وقلَّة ما يتحوَّل منهُ الى بخار بالنسبة الى ما يتحوَّل من

الماء. فقد وجدوا انهُ اذا كانت الحرارة ٣٢° ف (وهي درجة الجليد) ينخفض الماء في البارومتر المائي نصف قيراط بسبب ما يتحوَّل عنهُ الى بخار واذا كانت الحرارة ٧٥° ينخفض ١٢ قيراطًا

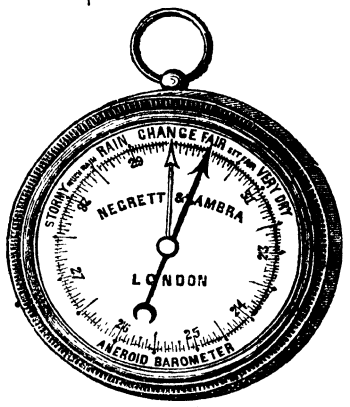
(١٧٣) البارومتر المعدنيُّ * ومن انواع البارومتر البارومتر المعدنيُّ اخترعهُ رجل فرنساويّ اسمهُ بوردون وهو سيرٌ رقيقٌ أجوف من النحاس ن منحنٍ على شكل قوس دائرةٍ. يُربَط طرفاهُ ا و ب بشريط ويفرَّغ الهواء منهُ ويسدُّ سدًّا هرمسيًّا[1] ويوضع في علبةٍ. فاذا زاد ضغط الهواء لهُ من الخارج انضغطت جدرانهُ الى الداخل واقترب طرفاهُ احدهما الى الآخر واذا نقص ضغط الهواء من الخارج ابتعدا احدهما عن الآخر. فمن تحرُّكهما اقترابًا وابتعادًا ثم انتقال حركتهما على القوس المسنَّة ق ومنها على الدولاب د الى العقرب غ يتحرَّك العقرب يمينًا او يسارًا على مينا مقسَّمة اقسامًا متساويةً فتُعرَف منها تغيُّرات ضغط الهواء ومنها تغيُّرات الطقس



الشكل ١٠٧

(١) يراد بالسد الهرمسي في اصطلاح الكيميين ان يحكم السدُّ حتى لا تدخل منهُ لطف الاجسام وادقها كالهواء والغازات وذلك بطمي لحمًا محكمًا او بسدهِ بسدادة محكمة

(١٧٤) البارومتر الأنيرويد * اخترعهُ ڤيدي الپاريسي وهو كالبارومتر المعدني في كونهِ يقيس ضغط الهواء بواسطة صفيحةٍ رقيقةٍ من النحاس او نحوهِ. وهو عبارة عن علبةٍ صغيرةٍ مستديرةٍ غطاؤُها رقيق جدًّا يفرَّغ الهواء منها ويسد غطاؤُها سدًّا هرمسيًّا. ثم توضع في علبةٍ أُخرى وجهها مقسَّم كانهُ مينا ساعةٍ كما ترى في الشكل ١٠٨ فاذا زاد ضغط الهواء عليها انضغط غطاء العلبة الجوَّانية الى الداخل واذا نقص ضغطهُ عاد الغطاء وارتفع فتنتهي حركة انضغاطهِ ورجوعهِ هذه الى عقربٍ بواسطة عدة انحال دقيقة فيدور العقرب على وجه الغطاء البرَّاني ويظهر دورانهُ مكبَّرًا واضحًا. فيُعرَف منهُ تغيُّر ضغط الهواء. ولهذه الآلة مزيَّة على غيرها من جنسها بسهولة حملها. واذا كانت محكمة الصنع دلَّت على تغيُّر الضغط مهما قلَّ. فانها تتغيَّر ولو ارتفع حاملها من الارض الى كرسيٍّ فقط. ولذلك تُستعمل كثيرًا لقياس علو الجبال غير انهُ اذا اريد تمام التدقيق بها تُقابَل بالبارومتر الزئبقي كلَّ يسيرٍ



الشكل ١٠٨

واعلم ان ما يُكتَب على البارومتر لتعيين الصحو والمطر والنوء والاعتدال الخ. فصحتهُ لا يُقطَع بها ولا سيَّما في غير الاماكن التي كُتِب بها وسبب ذلك واضح لمن تمعَّن في ما قيل عن تغيُّر ضغط الهواء ودلالتهِ على الطقس (١٦٧ و١٧١)

(١٧٥) ثقل الهواء على جسد الانسان * ان مساحة جسد الانسان المتوسط القامة ١٦ قدمًا مربعةً اي ٢٣٠٤ قراريط مربَّعة. وضغط الهواء ١٥ ليبرا على القيراط المربَّع فضغطهُ على ٢٣٠٤ قراريط

اي مساحة جسد الانسان ٣٤٥٦٠ ليبرا او اكثر من ٦١ قنطارًا

فاذا قيل كيف يحمل الانسان ٦١ قنطارًا من الهواء ولا يشعر بثقلها مع انهُ لو حُمِّل ٦١ قنطارًا من غير الهواء لسُحِق تحت ثقلها سحقًا قلنا ان الهواء يضغط الجسد من كل جهةٍ فضغطهُ على الصدر مثلاً يقاوم ضغطهُ على الظهر. واذا قيل فلماذا لا ينطبق الصدر على الظهر بين ذينك الضغطين ولا ينسحق الجسد كلهُ كذلك قلنا ان في الجسد اجزاء جامدة كالعظام واللحم وسائلة وغازيَّة فالجامدة تحمل اثقالاً اعظم جدًّا من هذه والسائلة لا تنضغط بضغط الهواء لها الاَّ قليلاً جدًّا (عد ٢٠) والغازية تنضغط كثيرًا ولكنها تزداد مرونةً كلما انضغطت (عد ١٦٠) فتقاوم الهواء الضاغط الجسد من الخارج فيحمل الجسد ثقل الهواء ولا يتثقَّل بهِ. ولذلك اذا أُخرج الهواء من الصدر بالتنفُّس يشعر الانسان بضيق في صدرهِ من ثقل الهواء الخارجي عليهِ. واذا زال الهواء الخارجيُّ عن الجلد ينتفخ ويصير الانسان كالمورَّم لان الهواء الذي داخلهُ يضغطهُ من الداخل ولا شيء يقاومهُ من الخارج. وعلى ذلك يجري التجربم فترى المحجَّم يحرق ورقةً في المحجمة ليخفَّ الهواء داخلها ويتلطف فيقلّ كأنهُ قد فُرِّغ بالمفرَّغة. ثم يقلب فمها على الجسد فيبرز الجلد تحتها لان الغازات الداخلية تضغطهُ من الداخل وضغط الهواء الباقي في المحجمة قليل لا يساوي ضغطها فيجتمع الدم في ما برز وانتفخ من الجلد. ولذلك ايضًا اذا مصَّ الانسان هواء من قنينةٍ تلتصق بفمهِ. فكأنَّ الباري خلق فيهِ مفرَّغة تفرِّغ الهواء وجعل صدرهُ اسطوانتها

وعلى ما تقدَّم يمشي بعض الناس على سقوف البيوت منقلبين رؤوسهم الى الاسفل وارجلهم الى الاعلى. وبيان ذلك انهم يلصقون بالسقوف قطعًا من الجلد بتفريغ الهواء من بينها ويعلقون ارجلهم باوتار مربوطة بالجلد. ويمشون برفع حرف الجلدة قليلاً حتى يدخل الهواء بينها وبين السقف ويسهل رفعها ثم بالصاقها بمكانٍ آخر ورفع الرجل الأُخرى كذلك. وعلى ما تقدَّم ايضًا يمشي الذباب على

الزجاج ويلصق البزاق والتراق بالصخور والحجار ونحوها لانها جميعها تفرّغ الهواء ما بينها وبين ما تلتصق به

(١٧٦) ثقل الجلد * لما كان ضغط الجلد ١٥ ليبرا على القيراط المربّع من سطح الارض فاذا استعلمنا مساحة سطح الارض من القراريط وضربناها في ١٥ ليبرا خرج لنا ثقل الجلد كلهِ وهو

١١٦٢٤٩١٤٨٨٠٤٠٨٨٢٨٢٢٢ ليبرا

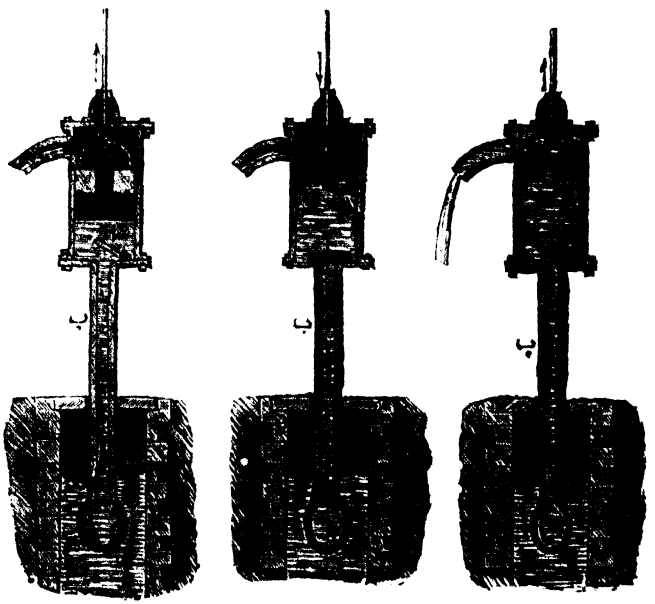
(١٧٧) علوُّ الجلد وكثافتهُ * من صفات الهواء انهُ يتمدَّد ويتَّسع كما مرَّ (عد ١٦١) وربما تُوهِّم من ذلك انهُ يرتفع عن الارض الى ما لانهاية لهُ وهو غير صحيح. لانهُ كلما تمدَّد الهواء وارتفع عن الارض ضعفت قوَّة التمدُّد فيهِ بسبب برد الاعالي التي يصل اليها حتى تتساوى فيهِ اخيرًا قوَّة التمدُّد التي بها تتباعد دقائقهُ بعضها عن بعض وقوَّة الجاذبيَّة التي بها تتقارب دقائقهُ بعضها الى بعض فينتهي الهواء هناك ولا يتجاوز الى ما فوقهُ

وقد حسبوا علوَّهُ من الشفق ما بين اربعين وخمسين ميلاً ومن الخسوف ٦٦ ميلاً ومن الشُّهب والشفق القطبي بين ٢٠٠ و٥٠٠ ميل. وهو هناك على غاية ما يكون من اللطافة فان كثافتهُ تقلُّ سريعًا كلما ارتفع حتى تصير على علو ٣ ١/٢ ميل نصفَ ما على مساواة سطح البحر. وعلى علو ٤٠ ميلاً ككثافة الهواء الذي يبقى في القابلة بعد تفريغ كل ما يمكن تفريغهُ منها

الفصل الخامس

في الآلات الهوائيَّة

(١٧٨) الطلمبا * الطلمبا آلة لرفع السائلات اختُرِعت منذ قديم الزمان والمظنون ان مخترعها اُكْتَسِيبُوس صانع اشتهر بالاسكندرية سنة ١٣٠ قبل المسيح. والطلمبات على اشكال متعددة تندرج جميعها تحت نوعين طلمبا السحب وطلمبا الضَّغط



الشكل ١٠٩

(١٧٩) طلمبا السحب * اما طلمبا السحب فهي اسطوانة من

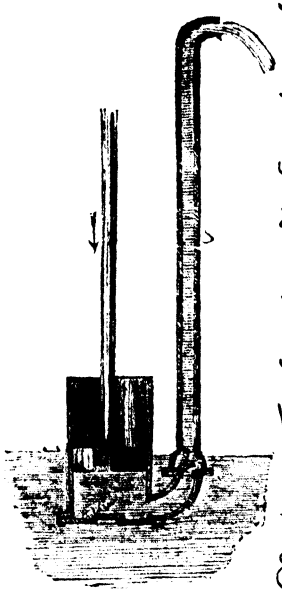
الحديد يتّصل باسفلها انبوبة ب في الشكل ١٠٩ وتنزل منها الى بير الماء. ولها مصراعان احدهما ا في اعلى الانبوبة ب وقد رُسِم منفتحًا في الاولى والاخيرة ومنطبقًا في الوسطى والآخر س في المدك النازل في الاسطوانة وقد رُسِم منفتحًا في الوسطى فقط ومنطبقًا في الأُخريين

واما كيفيّة سحب الماء بها فكما ياتي : لنفرض أنّا وصلنا يدًا بالمدك وانّ المصراعين منطبقان والمدك في قعر الاسطوانة فالامر ظاهر ان الهواء يملأ الاسطوانة والانبوبة ولذلك يكون ضغط الهواء الذي في الانبوبة لماء البئر مساويًا لضغط الهواء الخارجي لهُ فيكون سطح الماء على استواء داخل الانبوبة وخارجها. فاذا انزلنا اليد ارتفع المدك وبقي مصراعهُ منطبقًا لان الهواء الخارجي يضغطهُ نازلاً. فيتفرّغ هواء الاسطوانة محمولاً على ظهر المدك ولذلك يصعد هواء من الانبوبة ب متمددًا بزوال الضغط عنهُ ويفتح المصراع ا ويملأ الاسطوانة فضلاً عن الانبوبة. فيكبر حجمهُ فيتلطّف وتقلّ مرونتهُ (عد ١٦٠) فيقل ضغطهُ لماء البئر عن ضغط الهواء الخارجي لهُ فيصعد الماء في الانبوبة كما ترى في الشكل. ثم اذا رفعنا اليد نزل المدك فينطبق المصراع ا لان هواء الاسطوانة ينضغط تحت المدك فيطبقهُ. واما مصراع المدك س فينفتح (لان الهواء المنضغط تحت المدك يضغطهُ الى الاعلى كما يضغط الى الاسفل) ويصعد الهواء منهُ الى اعلى الاسطوانة ويختلط بهواء الجلد. واذا انزلنا اليد ثانيةً ارتفع المدك فيحدث ما حدث عند رفعهِ في المرّة الاولى ويصعد الماء في الانبوبة زيادةً عمّا كان اولاً. وهكذا لا يزال الماء يصعد شيئًا فشيئًا برفع اليد وانزالها حتى يملأ الانبوبة والاسطوانة فينصبّ من مِيزابها كما ترى في الطلمبا الاخيرة من الشكل

ولما كان ارتفاع الماء بطلمبا السحب متوقفًا على فرق ضغط الهواء للماء

داخلها وخارجها فلا يرتفع الماء بها الى اعلى من ٣٤ قدماً عن سطح ماء البئر. لانّ ضغط الهواء لا يرفع الماء الى اعلى من ٣٤ قدماً كما مرّ (عد ١٦٥) حتى الاربعة والثلاثين قدماً لا يبلغها الماء بالطلمبات لان الهواء لا يتفرّغ منها تفرّغاً تاماً كما علمت والمدك لا يمكن تحكيمه على الاسطوانة تحكيماً يمنع كل الهواء من الدخول اليها. ولذلك لا ترفع طلمبا السحب الماء اكثر من ٢٨ قدماً فاذا طالت الانبوبة او زاد عمق الماء في البئر عمّا ذُكِر لم تصلح هذه الطلمبا لرفعه

(١٨٠) واما طلمبا الضغط فلا يرتفع الماء فيها بضغط الهواء بل بضغط المدك. وليس لها انبوبة تنزل من اسطوانتها الى البير بل توضع الاسطوانة نفسها في الماء كما ترى في الشكل ١١٠. وليس لها مصراع في المدك كطلمبا السحب وتختلف اسطوانتها عن اسطوانة طلمبا السحب بكونها ذات انبوبة د ومصراع و بينها وبين الانبوبة فضلاً عن المصراع س الذي في اسفلها

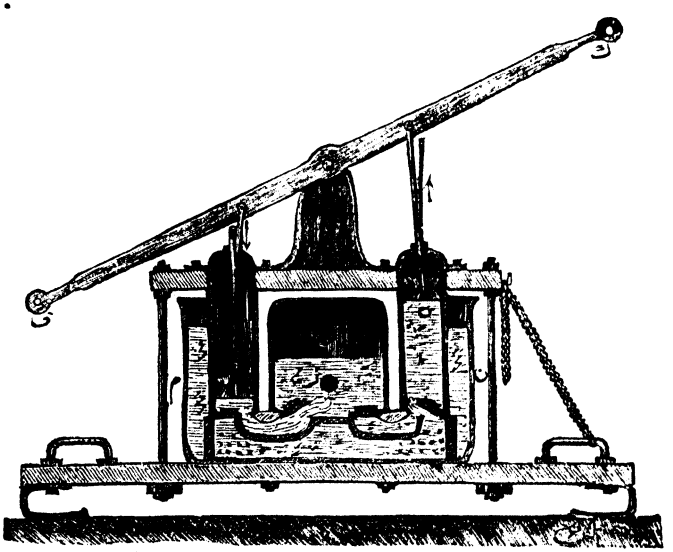


الشكل ١١٠

وكيفيّة رفع الماء بها ان ينزّل مدكها ب حتى يمس قعرها ثم توضع في الماء ويُرفَع المدك فيحمل الهواء ويترك ما تحته من الاسطوانة فارغاً. فيرفع الماء المصراع س بضغطه له ويدخل منه الى الاسطوانة. ثم يُنزّل المدك فيضغط الماء والماء يضغط المصراع س فيطبقه ويضغط هو بين المدك وقعر الاسطوانة حتى يرفع المصراع والى الاعلى ويدخل انبوبة التفريغ فينصبّ منها الى حيث يراد.

ويتوقف مقدار ارتفاع الماء في هذه الانبوبة على مقدار ضغط المدك فاذا كان ضغطهُ جَلَدًا واحدًا (١٥ ليبرا على القيراط المربع) ارتفع الماء ٣٤ قدمًا واذا كان جَلَدين (٣٠ ليبرا على القيراط المربع) ارتفع ٦٨ قدمًا. ولذلك يمكن رفع الماء بها من اي عمق أُريد بخلاف طلمبا السحب فانها لا ترفع الماء الاَّ من عمق ٣٨ قدمًا كما تقدَّم (عد ١٧٩)

ويتضح ممَّا مرَّ ان الماء لا يرتفع في انبوبة التفريغ الاَّ عند تنزيل المدك وانهُ يبقى في مكانهِ عند رفعهِ. فمتى بلغ فم انبوبة التفريغ لا يتفرَّغ منها تفرُّغًا متواصلاً بل متقطعًا ولذلك تلافوا سدَّ هذا الخلل بوضع طلمبيين تدفعان الماء الى انبوبة واحدة بحيث انهُ متى نزَّل مدك الواحدة يُرفع مدك الأُخرى على التوالي فيكون انصباب الماء من الانبوبة متواصلاً كما يشاهد في آلة النار

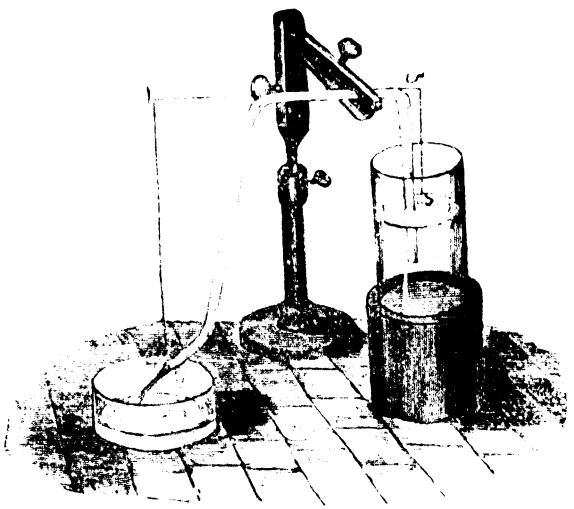


الشكل ١١١

(١٨١) آلة النار * هذه الآلة مؤلَّفة من طلمبيين من طلمبا الضغط ن وم في الشكل ١١١ ووعاء بينهما ر يشغلهُ الهواء

وتدخل حيَّة في ثقبهِ ز

وكيفية العمل بها ان ينزّل الطرف ف من الخشبة ف ك المتّصلة بالمدكّين م ون فينزل المدك م ويرتفع المدك ن ويندفع الماء الى الغرفة ر على ما تقدم في طلبها الضغط (عد ١٨٠) ويجري من الحيَّة الداخلة في ز. الّا ان جريانهُ يكون ابطأ من دخولهِ الى الغرفة لسبب المقاومة التي يلقاها من الحيَّة ومن الهواء عند خروجهِ منها فلذلك يتعالى في الغرفة ويحصر الهواء فيها فينضغط الهواء ويردُّ الفعل فيدفعهُ من الغرفة فينصبُّ من الحية انصباباً متواصلاً* هذا واذا كانت هذه الآلة متقنة وعمل بها ثمانية رجال وثب الماء منها الى علو ١٠٠ قدم. وسُميت آلة النار لانها تُستعمَل لاطفاء النيوت المحترقة ونحوها

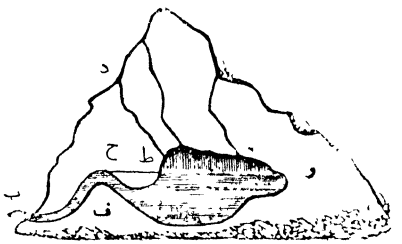


الشكل ١١٢

(١٨٢) المِصّ* المِصّ انبوبة معكوفة ذراعها الواحدة اقصر من ذراعها الأُخرى ويستعمل لتفريغ السائلات من وعاء الى آخر ولاسيَّما اذا اريد إراقة الصافي منها عمَّا يرسب فيهِ من العكر والكدر

وكيفيَّة العمل به ان يملأ من السيَّال ثم يُسدَّ طرفاهُ الى ان تُغمَس ذراعهُ القصرى في السيال المراد تفريغهُ فيجري متفرِّغًا من فوهة الذراع الطولى كما ترى في الشكل ١١٢. ويصحُّ ايضًا ان تغمس الذراع القصرى في السيال بدون ان يملأ المص شيئًا ثم يمصَّ الهواء من الذراع الطولى فيتفرَّغ السيَّال منها الى الوعاء الآخر حتى ينخفض سطحهُ عن طرف الذراع القصرى او حتى يصير سطحهُ في الوعاء الواحد على مساواة سطحهِ في الوعاء الآخر

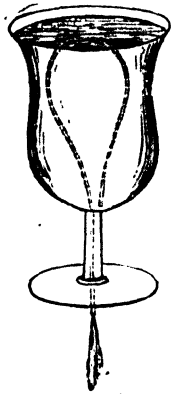
(١٨٣) تعليل المِمَصّ * لنفرض ان المصَّ (انظر الشكل ١١٢) مملوء ماء وان ذراعهُ القصرى مغموسة في الماء فلا يخفى ان ضغط الهواء لوجه الماء د المغموس فيها الذراع القصرى سند عمود الماء س د الذي فيها. فيكون الضغط على د الى الاعلى بقدر ثقل الجَلَد الأثقل العمود س د من الماء. وكذلك ضغط الهواء على ب يسند العمود ا ب في الذراع الطولى فهو يساوي ثقل الجَلَد الأثقل عمود من الماء غلظهُ غلظ العمود في الذراع الطولى وعلوهُ علو ا ب. ثم ان س د اقصر من ا ب فيكون ضغط الهواء على د اعظم ممَّا هو على ب بقدر الفرق بين طوليهما فيندفع الماء الى الذراع الطولى بقوَّة تساوي الفرق بين ضغط الهواء على الذراعين



الشكل ١١٢

(١٨٤) الينابيع المتقطِّعة * من الينابيع ما يجري ماؤهُ مدَّة ثم ينقطع ثم يجري ثانيةً وينقطع وهلمَّ جرًّا. وسبب تقطع جريها كونها كالمصّ في شكلها كما يتَّضح من الشكل ١١٢ وهو صورة شطر من جبل قد قُدَّ شطرين من قمَّتهِ الى سفحهِ. فليكن ف و حوضًا تنحدر اليهِ المياه من اماكن متعدِّدة من الجبل كما ترى عند د وليكن ف ح ب

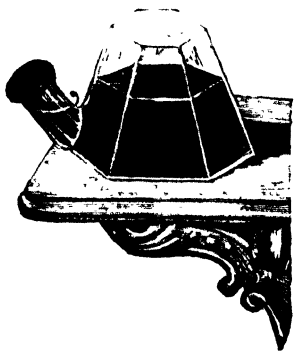
مصرفًا لهُ على شكل المص. فواضحٌ ان الماء لا يتفرّغ منهُ الاّ متى صار على مساواة مخنى المصرف اعني متى صار على مساواة السطح وطح. وحينئذٍ يأخذ في الجريان ويدوم كذلك الى ان يهبط الى مساواة السطح المساوي ف فينقطع حتى يتجمع في الحوض ويصل الى السطح الاوّل فيجري ثانيةً حتى ينقطع وهكذا على التوالي



الشكل ١١٤

(١٨٥) كأس تنتالس * من الآلات التي يظهر عمل المصّ واضحًا فيها كاس تنتالس وهي كاسٌ ضمنها مصّ كما في الشكل ١١٤ ذراعهُ الطولى خارجة من قعر الكاس وفوهة ذراعهِ القصرى واصلة الى قرب قعرها. فيُصَبُّ في الكاس ماء حتى يبلغ مخنى المصّ فيصعد في الذراع القصرى الى المخنى ويجري منهُ وينصبُّ من فوهة الذراع الطولى حتى يتفرّغ كلهُ من الكاس بدوام ضغط الهواء لوجههِ

(١٨٦) الدواة الهوائيّة * تُصنَع هذه الدواة مسدودة الاّ ببلبلتها فانها تكون مفتوحة. ثم تُقلَب قليلاً حتى يصير فم بلبلتها الى فوق. ويُصبُّ الحبر فيها حتى يملأ اكثرها ويستقرّ عند و في البلبلة (الشكل ١١٥). فيكون سطحهُ في الدواة اعلى ممّا هو في البلبلة لانّ الهواء المحصور في الدواة يضغط الحبر الذي فيها اقلّ ممّا يضغط الجلدُ سطحَ الحبر الذي في البلبلة ثمّ متى كُتِبَ بالحبر ينخفض سطحهُ في البلبلة

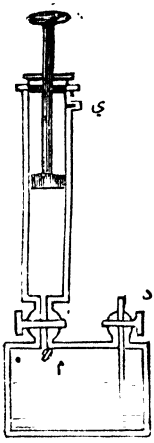


الشكل ١١٥

عن مساواة و فتدخل فقاقع هواء من البلبلة الى داخل الدواة وتزيد قوة مرونة الهواء المحصور هناك فيضغط سطح الحبر حتى ينخفض في الدواة ويرفعهُ في

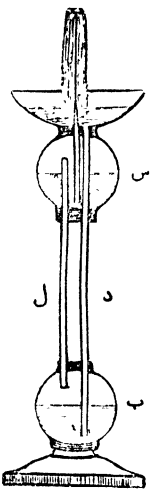
البلبلة الى و . ولا يزال الهواء يفعل ذلك حتى ينخفض الحبر في الدواة الى مساواة و فتخبّر ثانية

(١٨٧) الطلمبا الضاغطة * هي آلة تُستعمل لضغط الهواء وغيره من الغازات وهي عبارة عن اسطوانة ذات مدكّ يدخل فيها دخولاً محكماً كما ترى في الشكل ١١٦ وثقب ي في جانبها يقع اسفل المدك عند رفعه ومصراع م في اسفلها ينفتح الى الاسفل كما هو مرسوم. وكيفية العمل بها ان تُركّب تركيباً محكماً على وعاء كالوعاء ر وينزل المدكُ فيها فيسوق الهواء امامه فينفتح الهواء المصراع م ويدخل الى الوعاء ثم يُرفع المدك فينطبق المصراع م بضغط الهواء له من الاسفل وعدم وجود هواء فوقه وتفرّغ الاسطوانة. وعند بلوغ المدك الى اعلاها يدخل الهواء من ي ويشغلها . ثم ينزّل المدك ثانية فيسوق الهواء امامه ويطرده الى ر ثم يرفع فيدخل الاسطوانة هواء جديد ويدام العمل على ما تقدّم حتى ينضغط الهواء في ر بقدر ما يراد. فاذا كان في الوعاء ماء او سائل آخر وفُتحت الحنفية د يخرج منها بزخم قوي من ضغط الهواء لوجهه



الشكل ١١٦

(١٨٨) نوفرة هيرو * هي مؤلّفة من صحن من النحاس ا في الشكل ١١٧ وكرتين س وب وانبوبة د بين الصحن والكرة السفلى ب وانبوبة أُخرى ل بين الكرتين وانبوبة ثالثة بين الصحن والكرة العليا . فتنزع هذه الانبوبة الثالثة ويصبُّ ماء في الكرة س حتى يمتلئ بعضها وتركّب الانبوبة الثالثة ويصبُّ الماء من الصحن فينزل الى الكرة السفلى ب جاريًا في الانبوبة الواصلة بينهما ويطرد بعضًا من هوائها الى الكرة س في الانبوبة الواصلة بينهما . فيضغط الهواء وجهَ الماء في س فيرتفع في



الشكل ١١٧

الانبوبة الثالثة ويثب منها مندفعًا كما ترى في الشكل. وانما سميت هذه النوفرة نوفرة هيرو لان هيرو الاسكندري اخترعها في القرن الثاني قبل المسيح

(١٨٩) البَلُون الهوائي * هو كرة فارغة تصنع من مادّةٍ خفيفة وتملأ هواء سخنًا لطيفًا او هيدروجينًا فتخفّ اكثر من الهواء وتصعد. وكان اوّل اصطناعهِ وتجريبهِ في فرانسا سنة ١٧٨٣ وجُعِل له في اسفلهِ فوهةٌ تحتها قارب معلّق فيهِ ورق وعشب يابس مشتعل ليُحمي الهواء فيدخل البلون خفيفًا. فصعد كذلك الى علو ٢٠٠٠ برد ثم برد هواؤهُ فثقل وهبط سريعًا. ولما رأى الفرنساويون ذلك شرعوا في تحسينهِ فصنع استاذ منهم يسمّى شارل بلونًا وملأهُ هيدروجينًا وصعد فيهِ الى اعالي الجو في ١٧٨٣ ثم شاع استعمالهُ وبرع فيهِ كثيرون

ومن اشهر الذين خدموا العلم بهِ كي لُوساك فانهُ صعد فيهِ الى علو ٢٣ الف قدم عن مساواة سطح البحر حيث هبط البارومتر الى ١٢٫٦ القيراط ولطف الهواء جدًّا وقرس البرد واشتدّ الجفاف واسرع التنفُّس ودوران الدم في كي لوساك من شدّة لطافة الهواء حتى صار نبضهُ يضرب ١٢٠ ضربة في الدقيقة عوضًا عن ٦٦ ضربة كما هو المعتاد. ورأى لون الجلد من هناك ازرق قاتمًا جدًّا * والعلّامة كَلِيشِر فانهُ صعد مع آخر في ١٨٦١ الى ما بين ٢٦٠٠٠ و ٢٧٠٠٠ قدم من الارتفاع حيث هبط البارومتر الى ٧ قراريط ولطف الهواء الى الغاية واشتدّ البرد جدًّا (١٦° تحت الصفر) فأُغمي عليهِ ولم يعد يستطيع الرصد

ويُصنَع البلون الآن من الحرير ويُطلى بطلاء يمنع الهواء من نفوذهِ ثم يملأ بالهيدروجين او بغاز الفحم ويُعلّق بهِ قارب يجلس فيهِ من يركب البلون ويوصل بالقارب رايةٌ ومرساة. ويطلق البلون فيصعد الى ان يبلغ علوًّا يخفّ الهواء عندهُ فلا يعود يحملهُ فيقف هناك حتى تسوقهُ مجاري الرياح. ويعلم الراكب حينئذٍ اذا كان صاعدًا او نازلًا من ارتفاع البارومتر وهبوطهِ. فاذا اراد الهبوط شدّ حبلًا فيفتح مصراعًا في البلون فيخرج منهُ قليل من الغاز فيهبط. واذا اراد

ان يجعل هبوطه بطيئًا او ان يرتفع ثانيةً يفرغ من قاربه اكياسًا من الرمل يحملها معه لذلك . ويتسهّل هبوطه بواسطة المرساة فانها متى علقت بجسم وشدّ الراكب بحبلها ينزل البلون الى الارض

هذا وقد استعملوا البلونات لتجسُّس حركات العدو كما فعل الاميركانيون في حربهم الاهلية وكما فعل الفرنساويون في حصار باريز. فهذا مع مراقبة اعالي الجَلد جميع ما انتفعوا به من البلون الى الآن

(١٩٠) الواقية * هي عبارة عن قطعة قماش كبيرة مستديرة قطرها نحو ١٦ قدمًا تشدُّ على قضبان كما تشدُّ المظلّة . فاذا نزلت في الهواء انفتحت . ويُجعَل في وسطها فتحة حتى يخرج منها الهواء المنضغط تحتها وهي نازلة نزولاً سريعًا فلا تهتزّ الى هنا ولا الى هناك . وهي توصل بالبلون والقارب معًا فاذا اصابت البلون مصيبة قطع الراكب الحبل المتصلة به فتنزل به نزولاً سريعًا فيقاومها الهواء فتنفتح فوقه كالمظلّة فينزل رويدًا رويدًا الى الارض متّقيًا شرّ السقوط ولذلك سمّيناها بالواقية

(١٩١) المنفاخ * المنفاخ آلة معروفة وهو اشكال جميعها مبنيّة على ضغط الهواء وبيان ذلك ان يوضع في احدى عارضتيه مصراع فمتى ابعدت العارضة الاخرى عنها اي انفتح المنفاخ ينفتح المصراع فيدخل الهواء منه ويملأ المنفاخ ومتى انطبق المنفاخ ينطبق المصراع فيخرج الهواء من فم المنفاخ

(١٩٢) الخاتمة * تتسلّط على الهواء ثلث قوّات واحدة منها ضدّ ثنتين. وهذه الثلث هي قوة جاذبية الثقل التي بها يلصق الهواء بالارض والقوة الدافعة عن المركز وقوة الدفع بين الدقائق (الحرارة) اللتان بهما يطلب الهواء الابتعاد عن الارض كأنّ تحته دافعًا يدفعه عنها فلولا الجاذبيّة لفرّ الهواء عن الارض وتاه في نواحي الفضاء

واعلم انهُ لمّا رأى القدماء أنّ الهواء يقتحم ليشغل الاماكن الفارغة علّلوا ذلك بقولهم "ان الطبيعة تكره الفراغ" وعليه جرى المتأخّرون في عمل آلاتهم حتى

اذ كانوا يحفرون بيرًا بقرب فيورنسا بايطاليا في القرن السابع عشر حاروا في امرهم لان الماء لم يصعد معهم الى علو المصراع السفلي في طلمبا السحب . فسألوا الفيلسوف غَلِلِيُو عن سبب ذلك فقال لهم مازحًا ان الطبيعة لا تكره الفراغ فوق ٣٤ قدمًا فكان مزحهُ عين الصواب

(١٩٣) مسائل للتمرين * (١) كم وزن عشر اقدام مكعبة من الهواء . (٢) كم ضغط الهواء لقصبة مربعة من الارض (القصبة = ١٦ ½ قدم) . (٣) كم ضغط الهواء لكاسين من كؤوس مكدبرج قطر كلٍّ منهما اربعة قراريط . (٤) اذا كان ارتفاع عمود الزئبق ٢٨ قيراطًا فكم قدمًا يكون ارتفاع عمودٍ يوازنهُ من الماء . (٥) كم يكون جرم ١٠٠ قيراطٍ مكعبٍ من الهواء تحت ضغط جَلَدَيْن (٣٠ ليبرا على القيراط المربع) (٦) اذا رفعنا الذراع الطولى من المصّ سريعًا والماء جارٍ فيهِ فالى اين يجري . (٧) اذا رفعنا المصّ كلهُ كذلك فكيف يجري الماء . (٨) ارتفاع الزئبق في البارومتر = ٢٩ ½ قيراط فعلى اي علوٍّ يمكن وضع المصراع السفلي من الطلمبا . (٩) لماذا لا نقدر على رفع الماء بالمص الى اعلى من سطحهِ . (١٠) اذا انضغط الهواء في وعائهِ من آلة النار حتى صار ١/١٦ من جرمهِ الاول فكم يكون ضغطهُ لكل قيراط مربع من الوعاء . (١١) لماذا تتصاعد الفواقع من قدح الشاي اذا أُلقيَت فيهِ قطعة سكّر . (١٢) الى اي علوٍّ يرتفع البلون . وكم من الثقل يحمل . (١٣) ان الهواء يخفُّ فيهبط الزئبق في البارومتر عند اضطراب الطقس ويثقل فيعلو الزئبق عند صحوهِ فما سبب ذلك . ج . لانهُ في الصحو تمتزج الرطوبة بالهواء بصورة بخارٍ غير منظور فتزيد ضغطهُ فيعلو البارومتر واما في النوء فتنفصل الرطوبة عن الهواء وتتحول الى سحاب ومطر ونحوهما فيخف الهواء فيهبط البارومتر . (١٤) أيكون الهواء لطيفًا ام كثيفًا اذا صعد الدخان من المدخنة صعودًا عموديًا . (١٥) لماذا لا نشعر بثقل الهواء علينا . (١٦) هل تكون القنينة فارغة وهي ملآنة هواء . (١٧) لماذا يُستثقل المشي في الاوحال الدلغانية . ج . لان الهواء يكاد يتفرّغ من تحت اقدامنا فيقل ضغطهُ

لبواطنها من الاسفل ولذلك نشعر بثقله عليها من الاعلى. (١٨) كيف يؤثر تغيُّر كثافة الهواء في الذين يصعدون في البلون الى علوٍّ عظيم او الذين يصعدون على قمم الجبال الشامخة. (١٩) كيف يؤثر تغيُّر كثافة الهواء في الذين يغوصون بناقوس الغوّاصين. (٢٠) على اي مبدإٍ يمكنك مصُّ القطر بقصلة. (٢١) قد يتعطل المناخ وهو جديدٌ فما هو سبب ذلك. (٢٢) لماذا ينطفئُ القنديل اذا سددتَ فم زجاجهِ. (٢٣) لماذا يستصعب الانسان قطع النفس طويلاً. (٢٤) فلماذا لا ينصب الماء اذا ملأتَ قنينة ضيقة العنق ماءً وقلبتها بسرعةٍ منها. (٢٥) هل يلزم ان تكون انبوبة البارومتر متساوية الثخن في كل اقسامها. ولماذا. (٢٦) لماذا لا يدخل الماء الجرَّة اذا قُلبت فيهِ على فمها



الباب السابع

في السَّمْعِيَّات

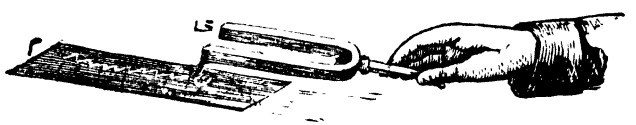
الفصل الاوَّل

في الصوت وانتقالهِ

(١٩٤) تمهيد * السَّمْعِيَّات فنٌّ يُبحث فيهِ عن الصوت ونواميسهِ

قبل التكلم عن الصوت نقول : اتفق علماء هذا الفن على ان دقائق الاجسام متحرّكة على الدوام والذي حملهم على الاتفاق على ذلك هو سهولة تعليل الحوادث الطبيعية بهِ وليس انهم شاهدوا حركة الدقائق او اثبتوها بالبرهان القاطع. ولكنهم لا يعرفون شكل تلك الحركة فربَّما كانت في خطوط مستقيمة او منحنية ذهابًا وايابًا وربما كانت دائريَّة فتتحرّك بها الدقيقة حول محورها او حول غيرها وربما كانت ناتجة من هذه الحركات كلها معًا او من بعضها. فاذا وقعت هذه الحركة او هذه الاهتزازات على الاذن حصل منها الصوت واذا وقعت على العين حصل منها النور واذا وقعت على الاعضاء اللامسة حصلت منها الحرارة وذلك بشرط ان تكون على درجاتٍ معلومة من السرعة فيتنوَّع ادراك النفس لهذه الاهتزازات بحسب القوى التي بثَّها الله في مشاعر الانسان

(١٩٥) الصوت * الصوت اهتزازٌ في دقائق الاجسام ينتقل الى الأُذن فتشعر بهِ. والدلائل على ذلك كثيرة منها : أنَّنا اذا ملأنا كأسًا من الزجاج ماء الى نصفها وبَلَلنا اصابعنا بالماء وفركنا جوانب الكاس حتى تصوّت رأَينا ان الماء يضطرب فيها حينئذٍ قليلاً وما ذلك الاَّ من اهتزاز دقائقها . واذا قرعنا جرسًا او جسمًا آخر حتى يرنَّ ولمسناهُ بالانامل شعرنا باهتزازٍ واضحٍ فيهِ. واذا شددنا وترًا وجررنا عليهِ قضيبًا اهتزَّ واسمع لاهتزازهِ صوتًا.



الشكل ١١٨

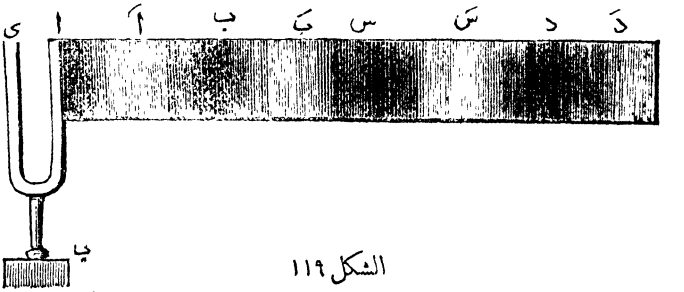
واذا ضربنا مقياس القرار بجسمٍ صلب تهتزُّ دقائقهُ فيحدث من اهتزازها صوت رنَّان . ثم اذا ادنيناهُ من وجوهنا شعرنا بنسيمات الهواء التي يدفعها باهتزازهِ واذا وضعنا مقبضهُ بين اسناننا شعرنا باهتزازهِ جيدًا . واذا وصلنا قطعةً من المعدن محدَّدة الراس بشعبة من شعبتيهِ كما في الشكل ١١٨ ثم سحبناهُ على وجه زجاجة مدخَّنة يرسم خطًّا متعرِّجًا يدلُّ على اهتزازاتهِ وعلى عرض كلٍّ منها من طرف تعريجةٍ الى طرفها الآخر

فيتضح من هذه التجارب وامثالها ان الاجسام اذا قُرِعت تهتزّ دقائقها فيحدث الصوت من اهتزازها. ويسمّى الجسم المهتزّ المحدث للصّوت الجسم الصائت والجسم الناقل الصوت الى الاذن وهو الهواء غالبًا الموصل. ويكون مرنًا دائمًا. فاذا قرعنا جرسًا فالجرس الصائت والهواء الموصل

(١٩٦) انتقال الصوت في الهواء * قلنا ان الصوت يحدث من اهتزاز دقائق الاجسام وان موصلهُ يكون مرنًا دائمًا فانتقالهُ في هذا الموصل لابد ان يكون بتموُّج دقائقهِ • ويتّضح ذلك من مقياس القرار والقطعة المخدَّدة المتّصلة باحدى شعبتيهِ (الشكل ١١٨) فانهُ اذا رنَّ المقياس تهتزُّ القطعة المخدَّدة فتتقدَّم دقائقها قليلاً ضاغطةً الهواء امامها ثم ترجع تاركةً ما بينها وبين الهواء المضغوط هواء لطيفًا ولاتزال تتقدَّم وترجع كذلك حتى لاتعود اهتزازاتها كافيةً لاحداث الصوت

فيحدث من كل اهتزازةٍ من اهتزازاتها موجةٌ من امواج الصوت . وهذه الموجة مؤلّفةٌ من هواء متكاثفٍ وهواء متلطفٍ . فيتنزّل الهواء المتكاثف من موجة الصوت منزلة رأس الموجة من موجة الماء (عد ١٥٤) وينزّل الهواء المتلطّف منها منزلة المطمئنّ من موجة الماء . ويقاس طول موجة الصوت من تكاثفٍ الى تكاثفٍ او من تلطّفٍ الى تلطّفٍ . ترى صورة امواج الهواء في الشكل ١١٩ فالاجزاء الحالكة السواد ا ب س د تدلُّ على التكاثفات من الامواج والاجزاء الخفيفة السواد آ بَ سَ دَ تدل على التلطفات منها * اذا

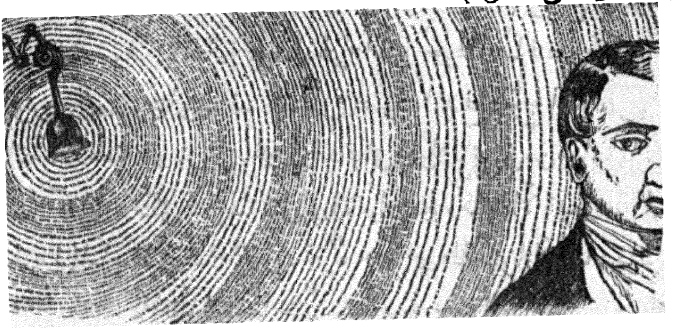
اطلقنا مدفعاً فالغازات التي تتولد من البارود تتمدد بغتةً فتضغط الهواء الذي حولها حتى يصير كأنهُ كرةٌ مجوَّفةٌ باطنها فارغ ومحيطها هواء متكاثف . وهذه الكرة تضغط الهواء الذي حولها فتصيّرهُ كرةً مجوَّفةً اكبر منها وترجع هي بمرونتها فتصير لطيفةً . والكرة الثانية تضغط الهواء الذي حولها ايضاً فتصيّرهُ كرة اكبر منها وترجع هي بمرونتها وتلطف فينتقل صوت المدفع بتموُّج الهواء تموُّجاتٍ متكاثفةً فتلاطفةً حتى تزول . غير أنَّ دقائق الهواء لا تنتقل من مكانها بالتموُّج الاَّ قليلاً كما ان دقائق الماء لا تنتقل في الامواج من مكانها الاَّ بقدر علوّ الموجة (عد ١٥٢) اما دقائق الماء فتتحرك تحركاً سمتيًّا اي طالعاً ونازلاً واما دقائق الهواء فتتحرك تحركاً افقيًّا اي انها تتقدَّم وتتأخر في جهة التموُّج ولا ترتفع وتهبط



الشكل ١١٩

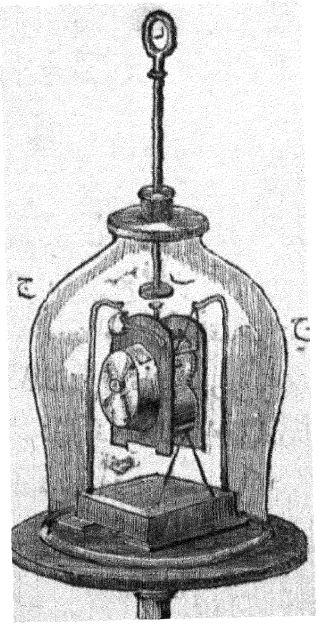
واذا دُقَّ الجرس تهتز دقائقهُ فتتقدم قليلاً وتدفع الهواء المباشر لها وتضغطهُ فتكثّفهُ . ثم ترجع فيلحقها قسم من دقائق الهواء الملامسة لها فقط ولذلك يكون ما بينها وبين الهواء المتكاثف هواء متلطّف فيحصل منهما موجة قسم منها متلطّف وهو الملامس لدقائق الجرس وقسم متكاثف وهو ما يليهِ . وهذا القسم المتكاثف يتقدم قليلاً فيضغط الهواء المباشر لهُ ويكثّفهُ ثم يرجع هو ويتلطّف فيحصل من ذلك موجة أُخرى قسم منها كثيف وقسم لطيف . وعلى ما تقدَّم ينتقل صوت الجرس بهواء يتكاثف تارةً ويتلطّف أُخرى الشكل ١٢٠ حتى يصل الى الاذن فتشعر بهِ * واذا تكلمنا لا نلفظ الهواء من الرئتين الى اذن السامع وانما نكثّف بهِ الهواء المباشر لافواهنا وهذا يكثّف ما حولهُ فتحدث من ذلك امواجٌ صوتيَّة

مستديرة تنتقل حتى تقع على آذان السامعين فيسمعون كلامنا . وهذه الامواج المستديرة مثل الامواج المستديرة التي تحدث في الماء من القاء الحجر فيه



الشكل ١٢٠

(١٩٧) الصوت في الفراغ * اذا لم يكن موصل بين الجسم المهتزّ والأُذن فلا يُسمَع لهُ صوت. ولذلك اذا دقّ الجرس في وعاء قد تفرَّغ الهواء منهُ لم يُسمَع صوت رنينهِ مع انهُ يهتزُّ والهواء لا يزال موجودًا خارج الوعاء



الشكل ١٢١

وهذه صورة آلة يمتحنون بها ذلك (الشكل ١٢١) وهي قابلة من الزجاج ج ج داخلها جرس ب ودواليب فتُحرَّك الدواليب بالقضيب ر وترنُّ الجرس . فاذا تفرَّغ الهواء حينئذٍ من القابلة بمفرّغة الهواء لم يُسمَع للجرس الاَّ صوت خفيف ولو وضعت الاذن بلصق

القابلة. وكلما نلطف هواء القابلة بتفريغهِ منها ضعف الصوت حتى ينقطع تمامًا في الفراغ الكامل ولذلك لا يصل صوت النجوم[1] الى الارض فتجري الدراري في افلاكها "ولا يسمع صوتهم" كما قال داود النبيُّ . وقيل ان صوت البندقية على راس الجبل الابيض ليس اقوى من طقطقة الحجر وانهُ يعسر التكلُّم عليهِ لان الناس لا يسمعون بعضهم بعضًا هناك الاَّ بالصوت الجهير من لطافة الهواء. وكلما تكاثف الهواء اشتد الصوت فالذين ينزلون الى المناجم العميقة او يغوصون في ناقوس الغوَّاصين لا يطيقون الكلام ولو وشوشةً لاشتداد الصوت عندهم من كثافة الهواء

(١٩٨) انتقال الصوت في السائلات والجوامد * ان الهواء هو موصل الصوت الى الأُذن غالبًا وانما قلنا غالبًا لانهُ قد يُوصَل بغيرهِ اذ جميع المواد المرنة غازيَّةً كانت او سائلةً او جامدةً تصلح لنقلهِ كما يتضح ممَّا يأتي

اذا فرَّغنا القابلة المذكورة (عد١٩٧) من الهواء حتى لا يسمع صوت رنين الجرس فيها ثم عدنا فلأناها غازًا أيًّا كان سمعنا رنين الجرس . وكذلك اذا قرعنا حجرين في الماء سمعنا صوت قرعهما جليًّا . واذا غاص غائص في البحر وقُرِع لهُ جرس عن بعد في الماء سمع صوتهُ . واذا خُمِش بالقلم على طرف قضيب من الخشب او الحديد وجلس رجل يتسمَّع على الطرف الآخر يسمع صوت الخمش ولو كان طول القضيب ٣٥ ذراعًا. وكذلك من يضع اذنهُ بلصق الارض ليلاً يسمع صوت همس الاقدام عن بعدٍ والظاهر ان الكلب يشعر بقدوم الاشخاص من بعيد من وضع اذنهِ بلصق الارض . وكذلك اصوات البراكين تُسمَع عن بعد عظيم بانتقالها في الارض الجامدة

(١) ويحتمل ان يكون بين السيارات مادَّةٌ على غاية اللطافة فلا تسمع صوتًا . وهي مسئلة لم يزل الخلاف جاريًا فيها

(١٩٩) سرعة الصوت على الاطلاق * تتوقّف سرعة الصوت على مرونة وكثافة الوسط الذي ينتقل فيهِ . فكلّما زادت مرونة الوسط اسرعت امواج الصوت في الانتقال فيهِ لان المرونة تعمل في الدقائق عمل الزُّنبُرك المشدود . وكلما زادت كثافتهُ كثرت الدقائق المهتزّة فتبطئُ امواج الصوت في الانتقال فيهِ . ويصحُّ ما تقدم على جميع الاجسام كما سترى

(٢٠٠) سرعة الصوت في الهواء * كلما بعدت المسافة بيننا وبين الجسم الصائت تباطأَ الصوت في الوصول الينا . فاذا وقفنا بجانب قطّاع حطبٍ سمعنا صوت الفأس حال وقوعها على الحطبة واما اذا ابتعدنا عنهُ فنرى الفاس تقع على الحطبة اولاً ثم نسمع صوتها بُعَيد ذلك . واذا أُطلق مدفع بجانبنا راينا نور اطلاقهِ حالما نسمع صوتهُ واما اذا أُطلق بعيدًا عنا فنرى نورهُ اولاً ثم نسمع صوتهُ لان الصوت يحتاج الى زمانٍ حتى يصل من المدفع الينا واما الضوء فلا . وقد وجدوا بالتجربة ان سرعة الصوت في الهواء ١٠٩٠ قدماً في الثانية اذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد (٣٢° فارنهيت)

وتزيد سرعة الصوت كلما زادت حرارة الهواء لان الحرارة تقلّل كثافة الهواء ولذلك يزيد الصوت سرعةً في ايام الحرّ عمّا يكون في ايام البرد . ومقدار هذه الزيادة نحو قدمٍ واحدةٍ كلّما زادت الحرارة درجةً واحدةً بثرمومتر فارنهيت .

هذا ولما كانت سرعة الصوت نقلّ في الاجسام الكثيفة وتزيد في اللطيفة فسرعتهُ في غاز الحامض الكربونيك ٨٤٦ قدمًا وفي الاكسجين ١٠٤٠ قدمًا وفي الهيدروجين ٤٦٣ ١ قدمًا. وكلها في الثانية اذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد

(٢٠١) سرعة الصوت في السوائل والجوامد * سرعتهُ في الماء ٤٧٠٨ اقدام في الثانية. ولو كانت مرونة الماء كمرونة الهواء لكانت سرعة الصوت فيهِ اقلّ من سرعتهِ في الهواء لان الماء اكثف منهُ. ولكن مرونة الماء اعظم من مرونة الهواء بمقدارٍ يجعل سرعة الصوت فيهِ اكثر من اربعة اضعاف سرعتهِ في الهواء. واما سرعة الصوت في الجوامد فاعظم من سرعتهِ في الهواء ويتضح ذلك ممَّا اذا وضع انسانٌ اذنهُ على طرف قضيبٍ من الحديد وضرب انسان آخر طرفهُ الثاني بمطرقةٍ فيسمع المصغي صوتين متعاقبين الاوَّل آتيًا على الحديد والثاني على الهواء

وقد وجدوا سرعة الصوت في الحديد ١٦٨٠٠ قدم وفي النحاس ١١٦٠٠ قدم (نحو عشرة امثال سرعتهِ في الهواء) وفي السنديان ١٠٩٠٠ قدم وكلها في الثانية

(٢٠٢) ان سرعة كل الاصوات متساوية * كل الاصوات المنتقلة على موصلٍ واحدٍ تنتقل بسرعةٍ واحدةٍ سواءٌ كانت عاليةً او منخفضةً حادَّةً او ليِّنةً. ودليل ذلك اننا نسمع اللحن عن بعد بجميع انغامهِ كما نسمعهُ عن قرب ويبقى الطنين فيهِ واحدًا مهما تعدَّدت اصوات المغنّين وزاد البعد. وامتحِن ذلك ايضًا بان غنّى

بعضهم بالفلوت عند طرف انبوبة طولها اكثر من نصف ميل واصغى آخرون عند طرفها الآخر فلم يجدوا في اللحن اختلاطًا ولا اضطرابًا . وعليهِ قيل ان قصيف الرعد لا يسبق في السرعة وشوشة الطفل ولا دندنة النحلة

الا ان هذا الحكم لم يثبت بالاستقراء والظاهر انهُ لا يصحُّ اطلاقهُ. قال مَلِت انهُ حشا الارض التي ليبرا من البارود واطلقها فكانت سرعة صوتها ٩٦٧ قدمًا في الثانية ثم حشاها اثني عشر الف ليبرا فكانت سرعتهُ ١٢١٠ اقدام في الثانية. وقال القبطان پَري كنت يومًا بعيدًا عن السفينة ونحن مسافرون نحو القطب فسمعت صوت اطلاق مدفع الغروب ثم سمعت صوت الآمر باطلاقهِ واه. فذلك يدلُّ على ان الصوت الشديد يسبق الضعيف خلافًا لما تقدَّم

(٣٠٣) استعلام البعد من سرعة الصوت * قلنا ان سرعة الصوت في الهواء ١٠٩٠ قدمًا في الثانية (عد ٣٠٠) فاذا رأينا فأس الحطَّاب تقع على الحطب ثم سمعنا صوتها بعدُ بثانية علمنا ان الحطَّاب يبعد عنا الفًا وتسعين قدمًا * واذا رأينا البرق ثم سمعنا الرعد بعدهُ بخمس ثوانٍ علمنا ان الصاعقة نزلت على بعد ١٠٩٠ × ٥ = ٥٤٥٠ قدمًا

تُستعلَم الثواني التي تمرّ بين وميض البرق وهزيم الرعد من عقرب الثواني في الساعة او من ضربات النبض. والمعتاد ان تحسب سرعة الهواء ١١٢٠ قدمًا في الثانية لان هذه سرعتهُ على درجة ٦١° ف وهي معدّل حرارة الهواء تقريبًا . ويقدر ان تكون حرارة الهواء على درجة الجليد

(٣٠٤) شدَّة الصوت * ان شدَّة الصوت تزيد وتنقص على

ما يأتي : أوّلاً . ان شدة الصوت متوقفة على سعة اهتزازاته

سعة الاهتزاز هي الفسحة التي تتحرّك فيها دقائق الجسم الصائت ذهاباً وإياباً وهذه كلّما زادت زادت سرعة الدقائق كما ان سعة الرقّاص كلّما زادت زادت سرعة خطرانه . وكلما زادت سرعة الدقائق زاد زخمها لانّ زخم الجسم يساوي سرعته في ثقله (عد ٧٠) وشدّة الصوت انما هي عبارة عن مصادمة دقائق الهواء لاذن السامع بزخم عظيم . فاذا اذا زادت سعة الاهتزازات زادت شدّة الصوت واذا صغرت السعة ضعف الصوت * ثم ان دقائق الهواء تكون على قمم الجبال الشامخة اقلّ ممّا تكون على سُفوحها لان هواء القمم ألطف من هواء السُّفوح . فاذا انتقل الصوت على هواء القمم الشامخة لا يصيب الأذن الاّ دقائق قليلة من دقائق الهواء فيكون زخمها ضعيفاً والصوت كذلك .

ثانياً . ان شدّة الصوت تقلّ بقدر ما يزيد مربّع البعد عن الجسم الصائت

وذلك لان الصوت ينتقل في امواج كالكرات المجوّفة (عد ١٩٦) فكلّما كبرت الكرة كثرت الدقائق التي يلزم هزّها فيها فتضعف الاهتزازات لان عين القوّة التي في القرب تحرّك الدقائق القليلة في الكرة الصغيرة تتوزّع في البعد على الدقائق الكثيرة في الكرة الكبيرة . ويُبرهَن في الهندسة ان سطوح الكرات مناسبةٌ لمربّعات انصاف اقطارها . ونصف قطر كرة الصوت هو بعدها عن الجسم الصائت الذي يحسب مركزاً لها . فاذاً القوّة التي تصدم بها دقائق الهواء المهتزّة آذاننا تقلّ بقدر مربّع بعدنا عن مصدر الصوت الذي اهتزّت به . اي ان شدّة الصوت تقل بقدر مربع بعدنا عن الجسم الصائت(١)

(١) ان الجاذبية والنور والحرارة تجري مجرى الصوت ايضاً فتنقص بزيادة مربّع البعد . فما يصدق على احدها من هذا القبيل يصدق على الآخر . ويستدلّ من نواميسها بالادلة البيّنة على ان واضعها واحد ويجري فيها على سننٍ واحدٍ

ويتضح هذا الحكم بالتجربة ايضاً فاذا صنعنا خمسة اجراس من حجم واحد وصوت واحد ووضعنا اربعة منها على بعد ٢٠ ذراعاً عنا وواحداً على بعد عشر اذرع وقرعناها وجدنا صوت القريب منها يساوي اصوات الاربعة الأُخر في الشدّة . وذلك لان بعدها مضاعف بعدهِ وصوتها يضعف بقدر مربع ذلك المضاعف اي ٢٢=٤ اعني ان صوت الجرس الواحد منها يساوي رُبع صوت الجرس القريب فصوت الاربعة معاً يساوي صوتهُ

ثالثاً . ان شدة الصوت تتغيّر بحسب حركة الهواء واتجاه الريح .

فاذا كان الهواء هادئاً سهل انتقال الصوت فيهِ اكثر مما لو تحرّك . واذا كان متحرّكاً اشتدّ الصوت في جهة الريح فاذا خاطب شخصٌ شخصين حينئذٍ الواحد على جانب منهُ والآخر على الجانب الآخر وكلاهما على بعدٍ واحدٍ منهُ كان صوتهُ اشدّ عند الذي تحمل الريح الكلام اليهِ

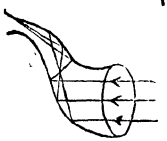
رابعاً . ان شدة الصوت تتوقّف على قرب الجسم الصائت من الاجسام الرنّانة

فاذا جعلنا خيطاً يهتزُّ في الهواء بدون ان يقارب جسماً رنّاناً كان صوتهُ ضعيفاً واما اذا جعلناهُ يهتزُّ بقرب قيثار او رباب اسمع صوتاً شديداً

(٢٠٥) انابيب التكلم * هي انابيب توضع في الابنية الكبيرة بين غرفةٍ وأُخرى حتى اذا اراد الانسان ان يكلم غيرهُ يكلمهُ وهو في مكانهِ بوضع فمهِ على فم الانبوبة فيسمعهُ الآخر بوضع اذنهِ على فمها الآخر . والسبب في وصول الصوت الى اذن السامع انهُ يُحصَر في الانبوبة فلا يتبدّد ولا تقلُّ شدّتهُ بل يجري الى ابعد مما يجري بدونها . قال بيو انهُ كان يتكلم مع غيرهِ في انبوبة طولها ٣١٢٠ قدماً بپاريس ويسمع اضعف الاصوات

(٢٠٦) القَرَين السمعي وقَرَين التكلُّم والمستقصية * القرين السمعي انبوبة تنشر من الاسفل كالجرس يضعها الثقيلو السمع على آذانهم فتجمع اليها امواج

الصوت وتزيد شدتهُ فيسمعونهُ (الشكل ١٣٢) وقُرَين المتكلم هو بوق العسكر المعروف بالنفير ويوصل الصوت الى بعيد لانهُ يقوّيهِ بسبب اهتزاز دقائق الهواء فيهِ او انعكاس امواج الصوت عن جدرانهِ وخروجها منهُ في خطوط موازية لمحورهِ * والمُستَقصية من اجود الآلات السمعيَّة وهي اسطوانة من الخشب القاسي طولها نحو قدم وعرضها عند طرفها الواحد ١½ قيراط ومثقوبة من الطرف الواحد الى الآخر. فيضع الطبيب طرفًا منها على موضع المرض من المريض والطرف الآخر على اذنهِ فيعرف من الصوت الذي يسمعهُ بها وجود البوّر في الصدر


الشكل ١٣٢

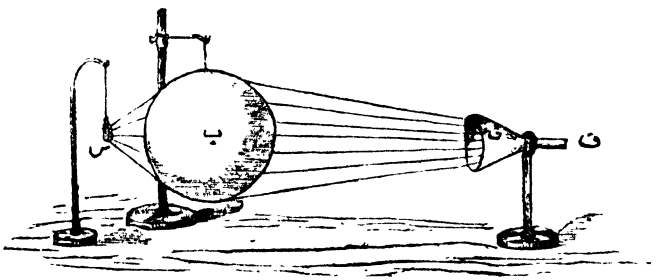
الفصل الثاني

في انكسار الصوت وانعكاسهِ

(٢٠٧) انكسار الصوت * اذا نفذت موجة من امواج الصوت سطحين او اكثر كما اذا نفذت الماء ثم الهواء مائلة عليها انحرفت عن طريقها الاول وسارت في طريق أُخرى كأنَّها انكسرت عن استقامتها. وذلك ما يقال لهُ انكسار الصوت. وعليهِ يمكن تكسير الصوت وجمعهُ في نقطة واحدة كما ترى

خذ زقًّا مستديرًا من المغيط الرقيق ب في الشكل ١٣٢ واملأهُ غاز الحامض الكربونيك ثم علِّق تجاههُ ساعةً س وضع قبالتهُ على الجانب الآخر قمعًا ف وضع اذنك على طرف القمع عند فَ فتسمع تكَّة الساعة هناك فقط. واذا رفعت اذنك او خفضتها انقطع الصوت عنك وذلك لانَّ صوت الساعة

انتقل في الهواء حتى اصاب الزقّ فلمّا نفذهُ ونفذ غاز الحامض الكربونيك الذي فيهِ انكسر فانحرف عن طريقهِ واجتمع اخيرًا في ف ودخل الاذن عند فَ كما ترى في الخطوط الخارجة من س قبل وقوعها على الزق وبعد خروجها منهُ



الشكل ١٢٣

(٢٠٨) انعكاس الصوت * قد تقدّم ان الصوت ينتقل في الهواء على شكل الكرات المجوّفة (عد ١٩٦) فاذا لم يعرض لهذه الكرات عارض لا تزال تتّسع حتى تتمحي. واما اذا عارضها حاجز فانهُ يصدُّها عن السير فترجع عن طريقها الأُولى منعكسة عنهُ وتسير في دوائر مركزها خلف ذلك الحاجز. كما ان كرة العاج ترجع منعكسةً اذا صدمت حائطاً. وذلك ما يقال لهُ انعكاس الصوت. وهو يجري على ناموس انعكاس الحركة اعني ان زاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس. ويتّضح ذلك ممّا ياتي من الامثلة

روى العلّامة تندل ان اهل هَلِيغولَنْد اقاموا جرسًا على تلٍّ بعيدٍ عن

مدينتهم فلم يستطيعوا سمع صوتهِ فوضعوا خلفهُ مرآة[1] تعكس صوتهُ نحو المدينة فصاروا يسمعونهُ واضحًا . ويجري مجرى هذه المرآة القُبَب والسقوف والجدران المقعرة التي تبنى في الكنائس والجوامع ونحوها لتعكس صوت المتكلم نحو السامعين بدون ان يتبدَّد *ومما يذكر هنا ما رواهُ العلاَّمة يوحنا هرشل عن كنيسة في سيسيليا وهو ان قبَّتها كانت مبنيَّة بحيث تعكس كلَّ ما يُقال في محل الاعتراف الى بقعةٍ بعيدةٍ عنهُ . وكان بناءه ذلك عن غير قصد . فاتَّفق ذات يوم ان رجلاً اكتشفهُ فجعل يتردَّد هو ورفقاؤهُ الى البقعة ويسمعون فيها اعترافات المعترفين . فاتت زوجتهُ يومًا لتعترف وكان هو ورفقاؤهُ يتسمَّعون كجاري عادتهم فسمع منها امورًا لم تخطر لهُ على بال فانصرف وقد اصابهُ من الكمد والغيظ ما زاد عن انشراحهِ باكتشافهِ *وعلى هذا النمط بنى ديونيسيوس الظالم ملك سرقوسة سجنهُ المعروف بأُذن ديونيسيوس لانهُ كان ينقل الى أُذنهِ كل ما يتكلم بهِ المسجونون فيهِ * ومثلهُ غرف الوَشوشة وهي غرف مصنوعة على شكل اهليلجي حتى انهُ اذا وقف شخصان في محترقين منها ووشوش الواحد الآخر فهم كلامهُ والذين بينهما لا يسمعون شيئًا منهُ . يوجد منها في باريس ونيو يورك وواشنطن *وعليهِ اذا كان سطحان مقعَّران كقبتين في بستان او عقدين على جانبي سوقٍ فقد يمكن للذين يقفون في بؤرتيهما ان يوشوشوا بعضهم بعضًا وغيرهم يصرخ في ما بينهم . قيل ان قلع قارب قعَّرتهُ الريح مرةً على شكل أنَّهُ صار يجمع الصوت الى محترقٍ فسُمع بهِ جرس عن بعد مئة ميل في البحر

(٣٠٩) ضعف الصوت بالانعكاس * اذا قرعنا جرسًا في قابلةٍ من الزجاج (الشكل ١٢١) سمعنا صوتًا ضعيفًا بالنسبة الى

(١) ليس المراد من المرآة هنا الجسم المعهود من الزجاج وانما المراد بها جسمٌ من النحاس او نحوهِ مقعَّرٌ حتى يعكس الصوت ويجمعهُ في بقعةٍ واحدة تسمى في الاصطلاح محترَقًا او بؤرةً

صوتهِ في الهواءِ وذلك من انعكاسهِ عن جدران القابلة. ولهذا السبب يفرش الناس احيانًا قشور الاشجار التي يدبغ بها في اراضي بيوتهم فتضعف الاصوات فيها بانعكاسها من قشرةٍ الى قشرةٍ

ولهذا السبب ايضًا لا يصل صوت الرعد الى بعدٍ مناسب لشدتهِ فان الهواء يكون حينئذٍ مختلف الكثافة فيعكسهُ مرارًا عديدة فيضعف. ولهذا ايضًا لا تكون اصوات المدافع شديدة في المعارك فكثيرًا ما ذكر ان الجيوش انكسرت في المعارك من قلّة المدَد والمدد قريب منها ينتظر ان يسمع صوت مدافعها. فان الهواء والدخان والغبار المنعقد في الجو تعكس الصوت دفعاتٍ عديدة فيضعف. ولهذا ايضًا يضعف الصوت نهارًا لان كثافة الهواء تتفاوت كثيرًا من حرّ الشمس وتصاعد الابخرة وبرد الظلول وما اشبه فينعكس الصوت عن الهواء مرارًا كثيرة فيضعف خلافًا لما يكون ليلاً فان كثافة الهواء تكاد تتساوى في كل اجزائهِ حينئذٍ فيقوى الصوت لقلّة الانعكاس. ولذلك قال العلّامة هَمبُلدت ان الليل يحمل الصوت الى ابعد ممّا يحملهُ اليهِ النهار وهو امرٌ مشهور

(٢١٠) الدَّويُّ * اذا كان السطح العاكس قريبًا من الجسم الصائت رجع الصوت عنهُ وانضمَّ الى الصوت الاصليِّ فقوّاهُ ويسمَّى هذا الصوت الراجع عن قربٍ الدويَّ

ومن الامثلة عليهِ ان من يتكلم في البيت يكون صوتهُ اشدَّ وكلامهُ أوضح ممّا لو تكلم خارجًا لان حيطان البيت تعكس صوتهُ بعد وقوعهِ عليها وتردُّهُ الى صوتهِ الداخل اذن السامع فتقوّيهِ. ومَن يمشي في بيتٍ فارغٍ او يتكلّم في الحمّام يُسمَع لمشيهِ وكلامهِ صوت شديد من الدويّ. ومن يضع اذنهُ على فم بوقٍ يسمع دويًا لان البوق يجمع الاصوات المتفرّقة في الهواء ويعكسها. ومن عدم الدويّ يضعف الصوت في البيوت المفروشة بالاثاث والمأهولة بالسكان

(٢١١) الصَّدى * امَّا الصدى فهو الصوت المنعكس الممتاز عن الصوت الاصليّ فيكون الفرق بينهُ وبين الدوي بعد السطح العاكس فيهِ حتى يرجع الصوت مسموعًا ممتازًا عن اصلهِ وقرب السطح العاكس في الدوي حتى لا يميَّز الصوت الراجع عن الصوت الاصليّ. فلا يرجع الصَّدى والحالة هذه عن بعدٍ اقلَّ من ٥٦ قدمًا من الجسم الصائت. ولا يرجع الاَّ صدى الصوت القصير السريع عن بعد ٥٦ قدمًا. واما صدى الصوت الطويل كالالفاظ المشتملة على مقاطع فلا يرجع عن سطح اقرب من ١١٢ قدمًا وذلك لان الانسان لا يقدر ان يلفظ ولا ان يسمع اكثر من خمسة مقاطع في الثانية فلا يلفظ الاَّ مقطعًا واحدًا في $\frac{1}{5}$ الثانية. وقد تقدم ان سرعة الصوت على حرارة الهواء المعتادة ١١٢٠ قدمًا في الثانية (عد ٢٠٣) فسرعتهُ في $\frac{1}{5}$ الثانية ٢٢٤ قدمًا. ولذلك يقتضي ان يكون بعد السطح العاكس عن الجسم الصائت لا اقلَّ من ١١٢ قدمًا حتى يصل الصوت اليهِ ويرجع عنهُ في $\frac{1}{5}$ الثانية. فإذَن لا يرجع صدى المقطع عن بعدٍ اقل من ١١٢ قدمًا من الجسم الصائت. ولذلك اذا وقف الانسان امام مرآةٍ عاكسة على بعد ١١٢ قدمًا منها ولفظ هذه اللفظة قَرَنْفُلَة المشتملة على خمسة مقاطع سمع صدى المقطع الاخير منها فقط وهو التاء المنوَّنة. واذا ابعد عنها حتى

صار على ٢٢٤ قدمًا سمع صدى هذا المقطع والذي قبلهُ وهما لَهُ وهلمَّ جرًّا بالابتعاد ١١٢ قدمًا لكل مقطع حتى يسمع صدى اللفظة بتمامها

ويتكرَّر الصدى في بعض الاماكن مرارًا كثيرة من تعداد السطوح العاكسة وتفاوت ابعادها . فاذا أُطلِق مدفعٌ في وادٍ بين الجبال فقد يستمر رَجْع صداهُ مدة من الزمان . ويتكرَّر الصدى ايضًا بين سطحين متوازيين او سطوح متوازية فقد ذُكر ان صوت الطبنجة يرجع بين ٥٠ و٦٠ مرة في بعض الاماكن . وينال ان في بلاد الانكليز مكانًا يرجع فيهِ صدى سبعة عشر مقطعًا في النهار وعشرين مقطعًا في الليل فاذا قال فيهِ الرجل هَهْ كرَّر الصدى لفظتهُ هذه سبع عشرة مرة او عشرين فيكون بعد السطح العاكس نحو ٢٢٠٠ قدم عنهُ . هذا واذا وقف الصائت بحيث يقع صوتهُ عموديًّا على السطح العاكس رجع صداهُ اليهِ طبقًا لناموس انعكاس الصوت فيسمعهُ ويمكن منهُ حساب بعد السطح العاكس عنهُ . وذلك لان الصوت يقطع في ذهابهِ الى السطح العاكس ورجوعهِ الى الصائت مضاعف بعد السطح العاكس عن الصائت . فاذا حسب الثواني التي تمرُّ من خروج صوتهِ الى رجوعهِ اليهِ بالصدى وضربها في ١١٢٠ قدمًا حصل معهُ مضاعف بعد السطح العاكس عنهُ فينصّفهُ فهو بعدهُ عنهُ . فلنا من ذلك هذه القاعدة : استعلم الثواني التي تمرّ بين خروج الصوت ورجوعهِ واضربها في ١١٢٠ واقسم الحاصل على ٢ فالخارج بعد السطح العاكس عنك

الفصل الثالث

في الصوت الموسيقيّ

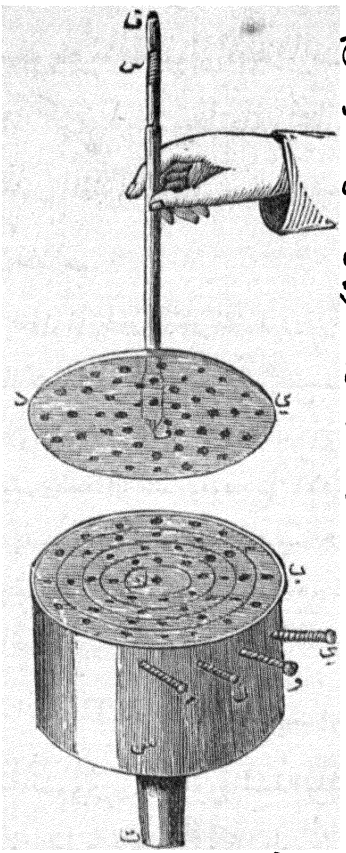
(٢١٢) الصوت الموسيقيُّ * الصوت اما موسيقيٌّ وهو ما

تتوالى فيهِ الاهتزازات بسرعةٍ وانتظامٍ كصوت المغنّي وإمّا غير موسيقي وهو ما لا تتوالى الاهتزازات فيهِ بانتظام بل يعارض بعضها بعضًا كهزيم الرعد وطقطقة الحجار والضوضاء والجَلَبَة. فكل ما انتظمت اهتزازاتهُ وبلغت سرعتهُ حدًّا معيّنًا يصوت صوتًا موسيقيًّا بلا خلاف

فاذا اسرعت تكّات الساعة مثلاً حتى صار عددها خمسين اوستين في الثانية صانت صوتًا موسيقيًّا واحدث وقوعها على الأُذن شعورًا متّصلاً في النّفس. وكذلك اذا جرى دولابٌ على خمس وثلاثين حصاة في الثانية يتصل صوت طقطقاتهِ عند وقوعهِ على الأُذن فتسمع النفس صوتًا موسيقيًّا ثخينًا للدولاب. وقد شبّهوا وقوع الصوت غير الموسيقيّ على الأُذن بوقوع الضوء المرتجف على العين لأن عصب السمع يتألّم منهُ فتتجهّمُ النفس كما تتألم العين من تعاقب الضوء والظلمة على عصب البصر

(٢١٣) صفات الصوت الموسيقي * للصوت الموسيقي ثلث صفات وهي العلوُّ والشدّة والكيفيّة. فالعلو يتوقّف على عدد الاهتزازات في الثانية فكلما زادت عددًا علا الصوت. ودليل ذلك انك اذا اخذت نحاسة ووضعتها على اسنان دولاب دائر صانت صوتًا يعلو بزيادة سرعة دوران الدولاب. والشدّة متوقفة على سعة الاهتزازات كما مرّ (٢٠٤) والكيفية هي اختلاف الصوت باختلاف الآلة المصوّتة فاذا ضُرب لحنٌ على الكَمَنْجَة اختلفت نغمتهُ عمّا لو

غُنّي على الفلوت وان يكن علوُّها واحدًا في الآلتين



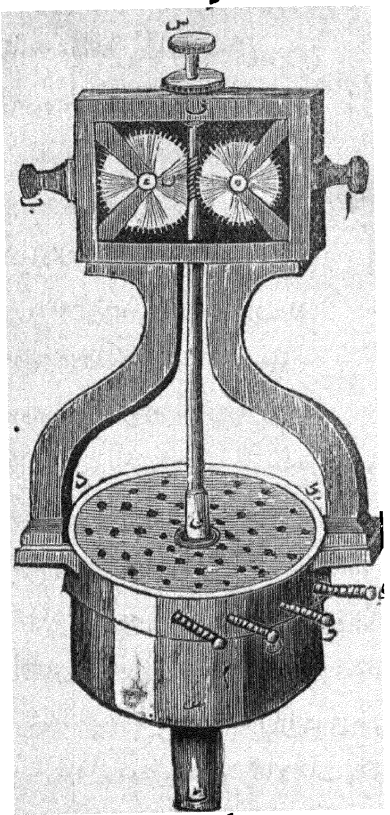
الشكل ١٢٤

(٢١٤) استعلام عدد الامواج في صوتٍ موسيقيّ * لما كانت الاهتزازات في الصوت الموسيقي سريعةً جدًّا لم تستطع العين على رؤيتها ولذلك لا يمكن عدها الاّ بالوسائط. وهذه الوسائط عديدة منها النور ومقياس القرار وآلةٌ تسمّى بالسِّيرين[1] وهي ابسطها واسهلها فهما

السِّيرين مؤلّفة من صندوق اسطواني الشكل س (الشكل ١٢٤) له في قعره انبوبة ت يدخل الهواء منها اليه وله على وجهه غطاء ب مثقوبٌ ثقوبًا عديدة في اربعة صفوف. ففي الصف

(١) السيرين في خرافات اليونان اسم عذارى زعموا انهنّ مُسخنَ فكنّ من رؤوسهنّ الى احقائهنّ في شبه الآدميين ومن احقائهنّ فنازلاً في شبه الطيور وانهنّ كنّ يقطنّ بجوار جزيرة كبريا في البحر المتوسط ويغنينَ غناء مطربًا جدًّا حتى كان المسافرون الذين يسمعون غناءهنّ ينسون اوطانهم وخلانهم وتاخذهم هزّة الطرب فيموتون مما يطربون. وقيل انهنّ كنّ يغنين ولا يظهرنَ للبشر فيطلبهنّ المسافرون فلا يجدونهنّ فيلقون انفسهم في البحر ويموتون. هذا ولا يخفى ان عد الاهتزازات هو عد الامواج ايضًا

الداخلي منها ٨ اثناب وفي الذي حوله ١٠ اثناب والذي حول هذا ١٢ ثقبًا والاخير ١٦ ثقبًا. وم ن و ي الخ. سدادات يسدُّ بكلٍّ منها صفٌّ من الثقوب

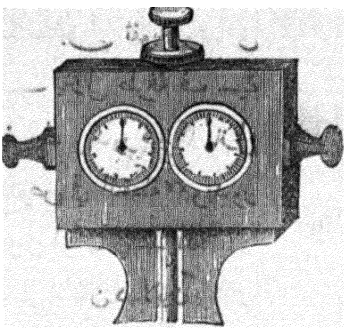


الشكل ١٢٥

ود ي قرص كالغطاء ب وفيهِ ثقوب تطابق ثقوبهُ وف ق قضيب ينزل طرفهُ ف في التجويف ك ويدور فيهِ كما ينزل ٢٢ الصوص في النقطة ٢٢ ويدور فيها. وس لولب في هذا القضيب يلعب على اسنان دولابين كما ترى عند ص في الشكل ١٢٥ فيديرهما عندما يدار القضيب ف ق وهما يديران عقربين على مينيين كما ترى في الشكل ١٢٦

وكيفيَّة العمل بها ان يُنزَّل الطرف ف من القضيب في التجويف ك ويُركَّب القرص د ي على الغطاء ب بحيث يقع نصف كل ثقب من ثقوبهِ على ثقب من الغطاء والنصف الآخر خارجهُ ويُدخَل مجرًى من الهواء من الانبوبة ت الى الصندوق س فيطلب الخروج من ثقوب الغطاء فيصدم القرص الذي تغطِّي ثقوبهُ اقساماً من ثقوب الغطاء كما تقدَّم ويديرهُ. ففي دورانهِ تنطبق ثقوبهُ على ثقوب الغطاء تارةً وتخالفها طورًا. ولذلك يكون افلات الهواء منها هبَّاتٍ هبَّاتٍ. فما دام دوران القرص بطيئًا تتوالى هذه الهبات تواليًا بطيئًا فتعدُّ واما متى

اسرع فتتوالى سريعًا حتى يتصل بعضها ببعضٍ وتصير صوتًا واحدًا موسيقيًا يزيد علوًّا كلما زادت سرعة الدوران وربما اتصل الى حدٍّ تابى الاذن سمعهُ لعظم ارتفاعهِ. وينخفض كلما قلت حتى يرجع الى صوت الهبَّات



الشكل ١٢٦

بقي علينا ان نعدَّ الهبَّات المتَّصلة التي حدث الصوت منها فنعرف عدد الاهتزازات لان الهبَّات هي نفس الاهتزازات. ويتم ذلك بواسطة العقربين في الشكل ١٢٦: سدَّ صفوف الثقوب بالسدادات الاَّ صفًّا واحدًا وليكن صف العشرة فرضًا. ثم أدخل مجرى الهواء حتى يدير القرص ويصوت صوتًا على علوٍ معيَّن فالامر واضح ان كلاًّ من العقربين يدور دورةً تامة كلما دار القرص دورة واحدةً. فاذا كان ذلك العلو موافقًا ج٣ في السلَّم الموسيقي (انظر عد ٢٣١) دار كلٌّ من العقربين ٥٣٦ دورة في الدقيقة فيكون عدد الهبَّات التي هبَّت من الثقوب العشرة في هذه الدقيقة ١٥٣٦٠ هبَّةً. اقسمها على ٦٠ فيخرج ٢٥٦ هبَّةً في الثانية. اذًا عدد الاهتزازات في صوتٍ على علو ج٣ ٢٥٦ اهتزازة في الثانية. واذا سُدَّ صف العشرة الاثقاب وفُتح صف الاثني عشر او الستة عشر ثقبًا يزيد عدد الاهتزازات في الثانية فيكون الصوت اعلى. واذا فتح صفٌّ الثمانية وسُدَّت البواقي ينقص عدد الاهتزازات في الثانية فينخفض الصوت. واذا فُتحت كلها معًا تصوت جميع اصوات الديوان (عد ٢٣١) وذلك دليل على ان عدد اهتزازات النغمة في ديوانٍ هو مضاعف اهتزازات تلك النغمة في الديوان الذي دونهُ

(٢١٥) استعلام طول الموجة في صوتٍ موسيقيٍّ * اذا

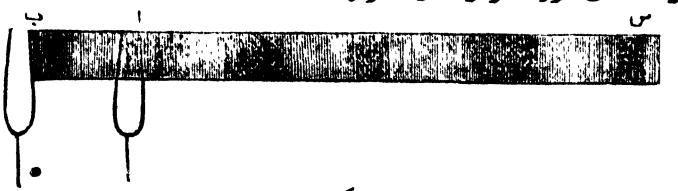
فرضنا ان حرارة الهواء كانت في الصوت المذكور آنفاً (عد ٢١٤) على درجة بها تسير الموجة الأولى مسافة ١١٢٠ قدماً في الثانية يكون عدد الامواج في تلك المسافة ٢٥٦ موجة. فاقسم ١١٢٠ قدماً عليها فيكون طول الموجة ٤ اقدام واربعة قراريط. فيُستعلم طول امواج الصوت بقسمة سرعة الصوت على عدد اهتزازاته في الثانية

ولما كان علو الصوت متوقفاً على عدد اهتزازاته (عد ٢١٣) وبالتالي على سرعتها كانت الاصوات الواطئة هي التي امواجها طويلة والعالية هي التي امواجها قصيرة. ويتضح ذلك من طنطنة اجراس بغال القافلة فانها اذا كانت قادمة تقصر امواج اجراسها لقربها فيعلو صوتها واذا كانت ذاهبة تطول امواج اجراسها لبعدها فيوطأ صوتها. وهو اوضح في صفير الارتال فان امواج صفيرها تقصر وهي قادمة لعظم سرعتها فيعلو الصفير وتطول وهي ذاهبة فيوطأ الصفير وربما عُرف قدوم الرتل وذهابه من علو الصفير ووطوئه

(٢١٦) استعلام عدد الامواج وطولها في كل صوت موسيقي * اذا تطابق نغمتان كان عدد امواجهما واحداً سواء كان الصائت انساناً او عوداً او قيثاراً او طبلاً او غيره. ولذلك اذا غنى الانسان لحناً ولعبه آخر على البيانو فاوتار حنجرة الانسان تهتز كخيوط الفولاذ في البيانو وتكون امواجها واحدة في الطول. فاذا اردنا ان نعرف عدد الامواج وطولها في صوت آلة اذرنا القرص في السيرين حتى يطابق صوتها ذلك الصوت واستعلمنا عدد وطول هباتها فذلك عدد امواجه وطولها

كذا استعملوا ان البعوضة تصفّق جناحيها وهي طائرةٌ خمسة عشر الف صفقة في الثانية. وان طول الامواج في صوت المتكلم من ثماني اقدام الى اثنتي عشرة قدمًا وطول الامواج في صوت المتكلمة من قدمين الى اربع في الثانية

(٢١٧) تراكب امواج الصوت * (انظر الموج وعد ١٥٤) لمّا كانت الاصوات تخرج من كل بقعةٍ من الارض كانت امواج الهواء تجري من اماكن شتّى في جهات شتّى ومتى التقت فامّا ان تتوافق او تتخالف وهذا ما يقال لهُ تراكب امواج الصوت. فتتوافق متى التقى الكثيف من موجةٍ بالكثيف من أُخرى واللطيف باللطيف وحينئذٍ يزيد الصوت الحادث منهما شدّةً لانهُ يعدل مجتمع موجتين. وتتخالف متى التقى الكثيف من موجة باللطيف من أُخرى فاذا كانتا متساويتين في القوة محقت الموجة الواحدة الموجة الأُخرى فبطل الصوت. وعلى ذلك قد ينتج عدم الصوت من اجتماع صوتين وهو يوافق قولهم " قد ينتج سكون من حركتين وظلمة من نورين وبرد من حرارتين ". .



الشكل ١٢٧

ولزيادة ايضاح ذلك لنضع مقياسين من مقياس القرار ا وب في الشكل ١٢٧ بحيث يكون البعد بينهما طول موجة ونجعلهما يهتزّان اهتزازًا واحدًا حتى

توافق امواجها كما ترى في الاجزاء الحالكة السواد والاجزاء الخفيفة السواد فيشتدّ الصوت. وكذلك يشتدّ اذا جعلنا البعد بينها طول موجتين او ثلاث فما فوق. واما اذا وضعنا الواحد على بعد نصف موجة من الآخر وكان اهتزازها واحدًا فالكثيف من امواج ا يوافق اللطيف من امواج ب وبالعكس فيبطل الصوت. ويعرف هذا التخالف بمعارضة امواج الصوت لان الامواج تعارض بعضها بعضًا. وتظهر هذه المعارضة في مقياس القرار نفسهِ فانهُ اذا رُنّت شعبتاهُ وأُدبر تدريجًا تجاه الأُذن لم تسمع لهُ صوتًا في اربع نقطٍ من الدائرة التي يدار فيها لان امواج الشعبة الواحدة تعارض امواج الأُخرى فيبطل صوتها في تلك النقط

الفصل الرابع

في اهتزاز الاوتار وآلاتها

(٢١٨) الآلات الموسيقيّة إمّا ان يحدث الصوت منها بالنقر على اوتارها وتسمّى ذوات الاوتار. واما ان يحدث منها بالنفخ على صفائح رقيقة فيها وتسمّى آلات النفخ. فالأُولى مثل القانون والعود والطنبورة والثانية مثل الارغن والصور والمسحورة. اما ذوات الأَوتار فيكون جلُّ الكلام فيها على اهتزاز الأَوتار واما آلات النفخ فسيأتي الكلام عليها

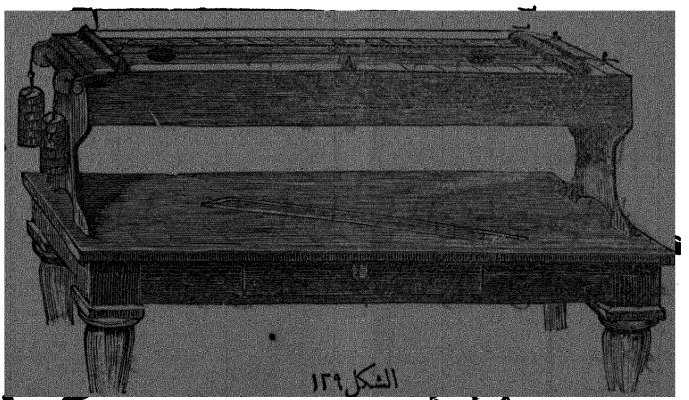
(٢١٩) اهتزاز الاوتار * ليكن ا ب في الشكل ١٢٨ وترًا

مشدودًا من طرفيهِ بحيث يهتزّ. فاذا انتقل في اهتزازهِ من ي الى د ثم من د الى ي قيل انهُ اهتزَّ اهتزازةً كاملة (عد ٥٦) واذا انتقل



الشكل ١٢٨

من ي الى د فقط قيل انهُ اهتزَّ نصف اهتزازة. وتتوقف شدَّة صوتهِ على سعة هذا النصف اي على بعد ي من د كما تقدَّم (عد ٢٠٤) وهذه الشدة قليلة جدًّا لان الهواء الذي يحرّك الوتر باهتزازهِ قليل. ويعرف عدد اهتزازاتهِ بآلة تسمَّى الصُّونومِتْر اي مقياس الصوت فيعرف من ذلك علوُّ صوتهِ



الشكل ١٢٩

(٢٢٠) الصُّونومِتْر* معناهُ مقياس الصوت وهو آلة مؤلَّفة من صندوقٍ رقيقٍ من الخشب وجسرين ثابتين عليهِ يشدُّ عليهما وتران اب وس د (الشكل ١٢٩) ويُعلَّق بالطرفين السائبين

من اطراف الوترين ثقلان ف ويوضع تحت الوترين جحش متحرك د لتطويلها او تقصيرها حسب المطلوب. فاذا سُحبت القوس على الوترين يهتزان فيوصل الصندوق اهتزازها الى الهواء الذي داخله. وبهذا الاعتبار يكون الصندوق هو الصائت وتُعرَف به نواميس اهتزاز الاوتار

(٢٣١) نواميس اهتزاز الاوتار* هي ثلثة: أولها. ان عدد الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر ما ينقص طول الوتر

اي انه اذا اهتز الوتر اب (الشكل ١٢٩) ١٦ اهتزازة في الثانية ثم وُضع الجحش د على نصفه ليصير طوله نصف ما كان يهتز ٣٢ اهتزازة. ودليل ذلك انّا اذا قرنا الوترين اب وس د صانا صوتًا واحدًا ثم اذا وضعنا الجحش د تحت منتصف احدهما صار صوته جوابًا لصوت الثاني اي ان عدد اهتزازاته يتضاعف. وعلى ذلك يعرف اللاعب بالكمنجة والقيثار انغامًا مختلفة العلو بنقل اصابعه على الاوتار فيقصر طولها وتتغير اصواتها. ويُوضع في العود والبيانو اوتارٌ متفاوتة طولاً فتصوت الطويلة منها اصواتًا واطئة والقصيرة عالية ولا يحتاج من يلعب عليها ان يطوّلها ويقصّرها بيده

ثانيها. ان عدد الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر الجذر المالي من الشد

اي اننا اذا شددنا وترًا اربعة اضعاف شدّه الاول تضاعف عدد اهتزازاته او شددناه ٩ اضعاف زادت اهتزازاته ثلثة امثال ما كانت لان الجذر المالي من ٤ اثنان ومن ٩ ثلثة وقس عليه. ودليل ذلك انا اذا ضربنا الوترين اب وس د وكان الثقلان ف متساويين صانا صوتًا واحدًا فاما اذا جعلنا

الثقل الواحد اربعة امثال الآخر حتى يكون شدُّهُ لوترهِ اربعة امثال شدِّ الآخر لوترهِ فيصير صوت الوتر المشدود بالثقل الكبير جواباً لصوت الآخر اعني ان عدد اهتزازاتهِ يتضاعف . ولهذا يُجعَل لذوات الاوتار مفاتيح يزاد بها شدُّها او يُقلَّل حسب الاختيار

ثالثها . ان عدد الاهتزازات في الثانية ينقص بقدر ما يزيد الجذر المالي من ثقل الوتر

اي ان الوترين ا ب وس د اذا كانا من مادَّة واحدة وشُدَّا شدًّا واحدًا ولكن كان ثقل الواحد اربعة امثال ثقل الآخر فلا يبلغ عدد اهتزازاتهِ الاَّ نصف عدد اهتزازات الآخر ويكون صوتهُ اثخن من صوتهِ . ولذلك تحدث الاصوات الواطئة على الكمنجة من اهتزاز الاوتار الغليظة والعالية من اهتزاز الدقيقة

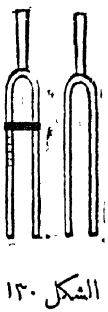
(٢٢٢) ذوات الاوتار * منها البيانو . وهو آلة ثابتة الاصوات اي ان لها اصواتًا معينةً تصوتها اوتار نحاسيَّةٌ خاصَّةٌ بها وهذه الاوتار تُهزُّ بمطرقةٍ تحرِّكها عدة امخال منحنية متصلة بمفاتيح البيانو . ويزداد صوت البيانو قوَّةً بتموج الهواء على اللوح المشدودة عليهِ الاوتار . والسبب في ان الصوت يخرج منهُ عند قَرْع الانامل لمفاتيحهِ وينقطع عند رفعها عنها هو ان فيهِ هنات تضغط اوتارهُ فاذا قُرِع مفتاحٌ من مفاتيحهِ ارتفعت الهنة الضاغطة عن الوتر فيهتزّ ويصوت . وعند رفع الاصبع عن المفتاح تسقط الهنة على الوتر وتُبطل اهتزازهُ فيسكت ولذلك يقال لهذه الهنات المسكِّنات . ويمكن ان ترفع مسكِّناتهُ كلها دفعةً واحدة عن الاوتار بضغط الرجل لمفتاح في اسفلها فتسمع اهتزازتهُ كلها مدَّة من الزمان

والعود . وهو مثلث الشكل . واوتارهُ تطابق النغمات الطبيعيَّة في السلم الموسيقي التي سبقَ ذكرها ويمكن تقصيرها وتطويلها لرفع الصوت وخفضهِ ولذلك يُحسب متوسطًا بين الثابتة الاصوات والمتغيرتها ولهُ صندوق تحت اوتارهِ لتقوية صوتهِ والكَمَنْجة . وهي ذات اربعة اوتار ومن الآلات المتغيرة الاصوات اي التي

يمكن تطويل اوتارها وتقصيرها للحصول على اصواتٍ متناوبة في العلو والانخفاض ويضرب عليها بقضيب يُسمّى القوس

والقيثار. وهو يختلف عن الكمنجة بكونهِ اكبر منها حجمًا ولهُ ستة اوتار يضرب عليها بالاصابع ويجري على حكم الكمنجة ولكلٍّ منها صندوق تنتقل اهتزازات الاوتار الى سطحهِ العلوي على الخشب ومن السطح العلوي الى السفلي على الجوانب وعلى عودٍ يصل بينهما فيهتز الهواء في الصندوق ويقوّي صوت الاوتار. هذا والضرب على الكمنجة بانواعها عسر اتقانهُ جدًّا ولكنهُ يسحر العقول اذا كان بايادي البارعين

(٢٣٣) القضبان المعدنيَّة * ان النواميس الثلاثة التي تجري عليها ذوات الاوتار تجري عليها القضبان المعدنيَّة ايضًا. غير ان ناموس الشدّ لا يعتبر فيها ما لم تختلف مادَّة معادنها. واما اذا كانت كلها من معدنٍ واحدٍ فمرونتها واحدة ولذلك لا يختلف صوتها الاَّ باختلاف طولها وثخنها

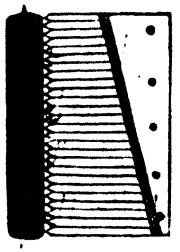


الشكل ١٣٠

منها مقياس القرار المارُّ ذكرهُ وهو آلة من الفولاذ ذات شعبتين (الشكل ١٣٠) يجعل طولها بحسب ما يلزم لتصوت صوتًا معينًا اذا ضُربت على شيءٍ صلب او شُدَّ طرفا شعبتيها بالاصابع حتى يقتربا ثم أُفلتا وقُرِّبت من الاذن. وانما سميت مقياس القرار لان الموسيقيّ يجد بها صوت القرار المعيَّن فينتقل منهُ الى بقية اصوات السلم. وقد يجعل لمقياس القرار رابط معدني يربط شعبتيهِ الواحدة بالاخرى ويتحرَّك عليها ليجعلها قصيرتين او طويلتين فيحصل منها قرارات مختلفة بحسب الطول والقصر

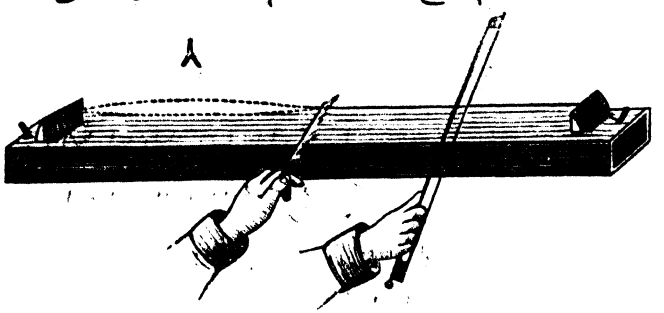
ومنها الآلة التي تغني من نفسها وهي كما في الشكل ١٣١ صفيحة من الفولاذ او

معدن آخر ذات اسنان مصفوفة كاسنان المشط ولكنها متفاوتة طولاً فكل سنٍّ اقصر من التي تليها من اعلى الشكل فنازلاً. والغرض من اختلاف طولها هو اختلاف برج القرار في كلٍّ منها عمَّا هو في الاخرى فيعلو صوت السن القصيرة وينحط صوت الطويلة (عد ٢٢١) ليحصل التطريب بذلك. ثم ان الاسنان لا تحدث صوتًا ما لم تُقرَع بشيء فالقارع هنا اسطوانةٌ من النحاس او غيرهِ يديرها زُنبُرك ودواليب كما تُدار الساعة وتُرتَّب على سطحها نتوءاتٌ لقرع الاسنان موافقةٌ لنغمات اللحن الذي تطرّبهُ



الشكل ١٢١

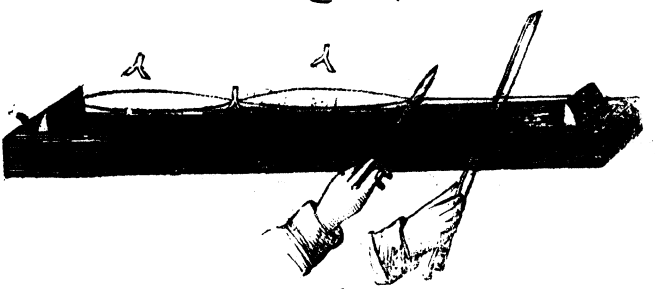
(٢٢٤) عُقَد الاهتزاز * اذا وضعنا ريشةً على منتصف وتر (الشكل ١٢٢) ولم نضع حجشًا تحتهُ ثم جررْنا القوس على نصفهِ



الشكل ١٢٢

من نصفيهِ يهتزُّ كلهُ ولكنَّا نسمع لهُ صوتين الواحد جوابٌ وهو صوت النصف الذي لم تُجَرَّ القوس عليهِ والآخر قرارٌ وهو صوت النصفين معًا اي الوتر كلِّهِ. وهذا دليل على ان النصف الذي لم تجرَّ القوس عليهِ يهتزُّ مستقلاً بنفسهِ. ثم اذا رفعنا الريشة

وجررنا القوس بقي هذا النصف يهتزُّ لذاتهِ مستقلاً عن النصف الآخر. والدليل على انهُ يهتزُّ ولو لم تجرَّ القوس عليهِ هو أنَّا اذا وضعنا راكبًا من الورق على منتصفهِ وجررنا القوس على النصف الآخر فالراكب يثب ويقع عن الوتر كما ترى في الشكل. هذا واذا نقلنا الريشة ووضعناها على نقطة ثُلثَي الوتر وجررنا القوس على الثُلث الآخر فالثُلثان ينقسمان قسمين كلاً يهتزُّ وحدهُ (الشكل ١٢٣) وكذلك بعد رفع الريشة. فهذه النقط التي لا تهتزُّ بل ينفصل بها الوتر اقساماً يهتزُّ كلٌّ منها بنفسهِ مستقلاً عن الآخر هي عقد الاهتزاز وتُعرَف الاقسام بالقطَع

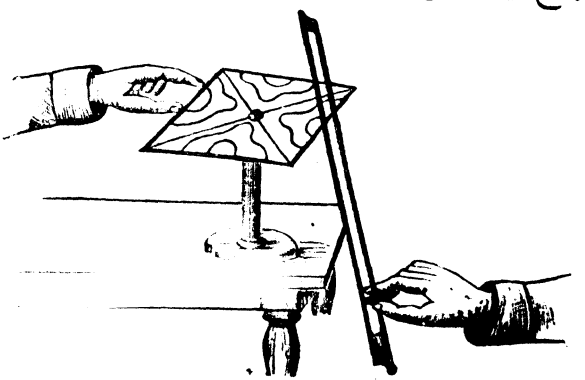


الشكل ١٢٣

وعلى هذا المنوال يمكنك تقسيم الوتر بعقد الاهتزاز الى القطع التي تريدها وتُعرَف العقد من القطَع بوضع الركَّاب على الوتر فالراكب الذي لا يقع يكون على عقدةٍ من عقد الاهتزاز واما الذي يهتزُّ ويقع فيكون على قطعةٍ من القطع كما ترى في الشكل

(٢٢٥) اشكال كلادني * رشَّ قليلاً من الرمل الناعم على

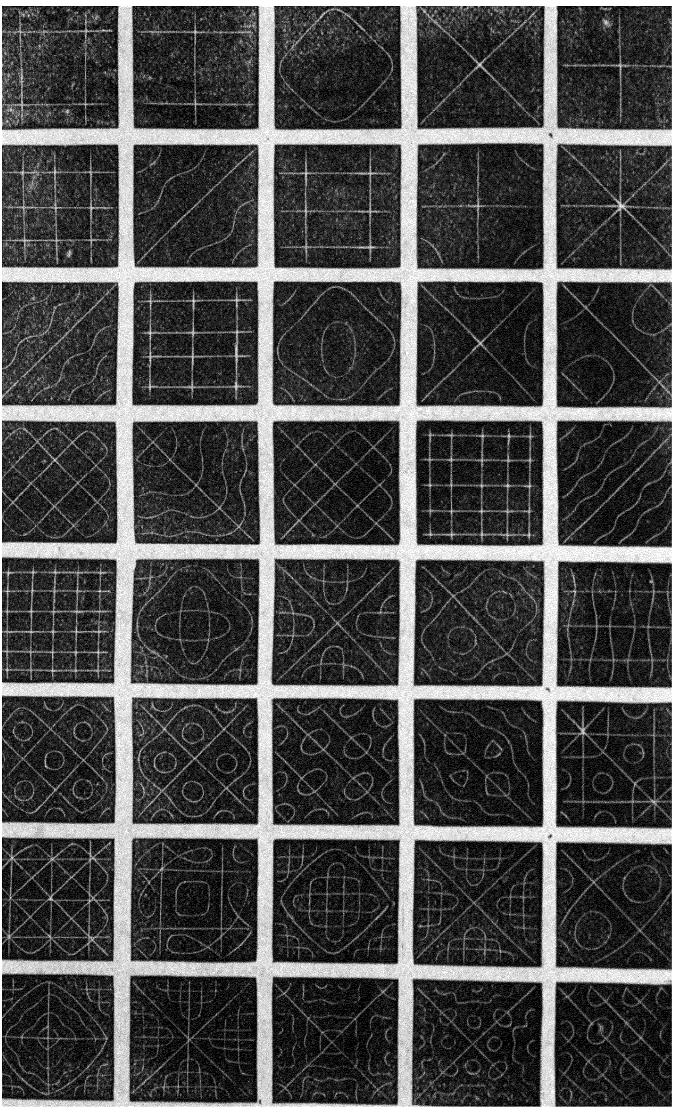
لوح من الزجاج او صفيحة من المعدن . وضع ظفرك على حرفهِ لتُبطل الاهتزاز مكان وضعهِ كما تبطلهُ الريشة بوضعها على الوتر وجرّ القوس على الحرف المقابل كما في الشكل ١٣٤ فينتثر الرمل انتثارًا على وجه اللوح ويتطاير بسبب اهتزاز دقائق اللوح تحتهُ حتى يتجمّع في خطوط منتظماً انتظامًا حسنًا كما ترى في الشكل .



الشكل ١٣٤

وانما يتجمّع في تلك الخطوط لانها لا تهتزُّ اذ هي مؤلّفة من عقد الاهتزاز المارّ ذكرها . ولذلك تسمّى الخطوط العُقْديّة . وهذه الخطوط تزيد عددًا بزيادة اهتزاز الصفيحة اي بارتفاع النغمة الحاصلة من جرّ القوس عليها . وتختلف شكلاً باختلاف وضع الابهام والسبّابة عليها فتختلف بذلك الاشكال الحاصلة من تجمّع الرمل عليها . وهاك بعض الصور التي وجدها كلادني مكتشف هذه الاشكال (الشكل ١٣٥)

اشكال كلادني

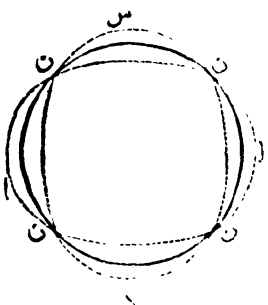


الشكل ١٣٥

(٢٢٦) الاصوات الملابسة * قلنا ان الصوت يختلف في الكيفية باختلاف الآلات الصائتة ولو كانت النغمة واحدة. وسببهُ ان صوت الآلة يكون في النادر مجرَّدًا والغالب انهُ يختلط باصوات أُخر اضعف منهُ فتغيِّر نغمتهُ في الكيفية. وهذه الاصوات الضعيفة هي الاصوات الملابسة اي المخالطة للصوت الاصلي

اذا شددنا وترًا بطرفيهِ حتى يهتزَّ على طولهِ ينقسم من نفسهِ الى قطع تهتزُّ مستقلاً بعضها عن بعض فيحصل من ذلك صوت الوتر الاصليُّ وتحصل الاصوات الملابسة لهُ ايضًا من اهتزاز القطع فتغيرهُ في الكيفية. وتختلف الاصوات الملابسة باختلاف الآلات ولذلك تختلف النغمة الواحدة باختلاف الآلات حتى ان من يسمع لحنًا واحدًا يُعزَف بالكمنجه والعلوت والبيانو يعلم ان الآلة الواحدة هي غير الأُخرى ولو لم يرَها. وذلك لسبب تغير الصوت فيها بالاصوات الملابسة

(٢٢٧) عقد الاهتزاز في الجرس * لتكن الدائرة الثخينة في الشكل ١٢٦ محيط الجرس وهو ساكن ثم لنفرض ان المدقَّة قرعتهُ عند ا او ب او د او س فيهتزُّ المحيط حتى يتحوَّل من الشكل الدائري الى الشكل الإهليلجي المنقَّط ا ب ثم الى الإهليلجي الآخر المنقَّط س د. ومتى رنَّ رنَّتهُ الاصلية يهتزُّ مقسومًا الى اربع قطع بين النقط ن ن ن ن التي هي عقد الاهتزاز ومنها تبتدئُ الخطوط العقدية وتصعد الى القمة حتى تنتهي عند بدءِ. وهو مستعدٌّ للانقسام الى اكثر من القطع الاربع ولا سيَّما اذا كان رقيقًا جدًّا فيحدث من اهتزاز تلك القطع اصوات ملابسة تعقب صوتهُ الاصلي وتسمع واضحةً على الغالب ولو كان الجرس



الشكل ١٢٦

(٢٢٨) اهتزاز المشاركة * اذا وقفتَ بجانب البيانو وصتَّ صوتًا موسيقيًّا وجدْتَ ان شريطةً من شرائط البيانو تهتزُّ موافقةَ لصوتك واذا غيَّرت نغمة الصوت تسكن الشريطة الاولى وتهتزُّ شريطة اخرى موافقة للنغمة الثانية. واذا وضع مئة مقياس من مقياس القرار ورنَّت تجاه انبوبة من انابيب الارغن بانغام متباينة تشارك الانبوبة المقياس الموافق لها من بينها كلها ولذلك اذا وُضِعَت ساعتان على رفٍّ واحدٍ اثَّرت الواحدة في الأُخرى. وهذا هو السبب في كون الساعات تضبط عند الساعاتيّ احسن ممَّا تضبط عند اصحابها. لانها لكثرتها يؤثّر اهتزاز الواحدة منها بالأُخرى فتهتزُّ معًا بالمشاركة

الفصل الخامس

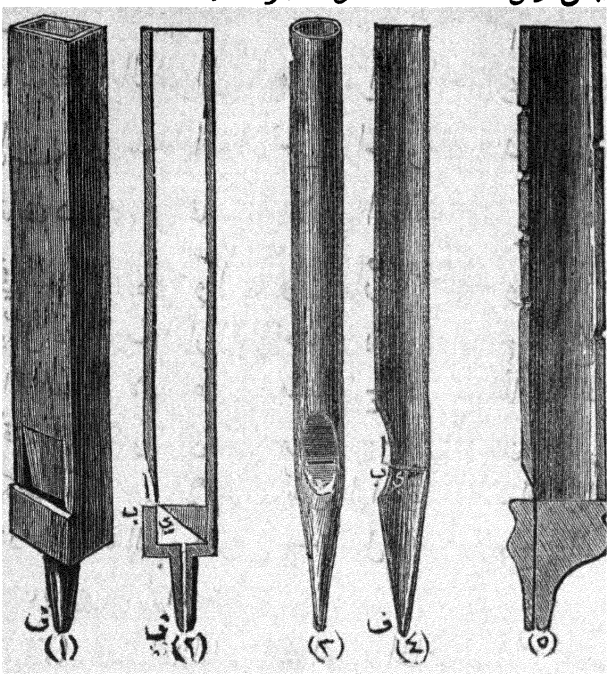
في آلات النفخ والسلَّم الموسيقيّ

(٢٢٩) حدوث الصوت في آلات النفخ * آلات النفخ كالمزمار والفلوت ونحوها ويحدث الصوت الموسيقيُّ فيها باهتزاز عمود الهواء الذي داخلها وتموُّجه فيكون الهواء هو الجسم الصائت فيها بخلاف ذوات الاوتار التي لا يكون الهواء فيها الَّا موصلًا للصوت كما رايت. فمتى نُفِخ عليهِ من ثقبٍ فيها ماجت امواج الصوت الى

الامام والخلف داخل آلة النفخ وهزّت الهواء حولها كما يهزُّهُ الوتر المضروب في ذوات الاوتار. فتكون منزلة عمود الهواء في آلات النفخ منزلة الوتر في ذوات الاوتار ومنزلة النفخ عليهِ منزلة الضرب على الوتر. ثم لايخفى ان الصوت لايحدث ما لم يتموَّج الهواء متكاثفًا فمتلطفًا فاذا نفخنا على عمودٍ من الهواء في انبوبة تحرَّك حركة متَّصلة ولم يُصِتْ ولذلك لابدَّ لهُ من واسطةٍ تقطع النفَس بحيث يحدث التكاثف والتلطُّف المطلوبان . فانقسمت آلات النفخ بهذا الاعتبار الى قسمين ذوات اللسان كالقرنيطه والمِزمار من شبَّابة وصافورة وقصلة مشقوقة (الزمُّور) ونحوها ممَّا يهتزُّ الهواء فيهِ بصفيحة رقيقة تعرف باللسان وهذا القسم معروف . وذوات الفم وسياتي الكلام عليها

(٢٣٠) ذوات الفم * هذه يتَّضح تفصيلها من الشكل ١٢٧ . ترى في (١) صورة انبوبةٍ من انابيب الارغن يدخل اليها الهواء من ف خارجًا من منفاخ اسفلها لم يرسم هنا وفي (٢) صورة مقطوع هذه الانبوبة طولاً ليظهر داخلها . فمتى اكره الهواء على دخولها من ف يطلب الخروج من الشق ي ويسمَّى الفم فيضرب الصفيحة الرقيقة او تسمَّى الشفة العليا وينضغط ويضغط باقي الهواء فيوقفهُ لحظةً حتى يكون بعض الهواء قد خرج من ا ب فحينئذٍ يصعد الهواء من ي ويجري كما كان. وبذلك تحدث الاهتزازات وتهزُّ عمود الهواء الذي في الانبوبة فيصوت صوتًا موسيقيًّا . وفي (٣) صورة شكلٍ آخر من انابيب الارغن و(٤) مقطوعهُ طولاً و(٥) مقطوع نوع من المجارة مبدأها مبدأ انبوبة الارغن كما ترى * ومنها

ما يكون الفم فيهِ ثقبًا على جانبهِ كما في الفلوت الجرماني فيحدث النافخ الصوت فيهِ بجعل فمهِ واسطة لتكثيف الهواء فيهِ وتلطيفهِ



الشكل ١٢٧

(٢٣١) السلم الموسيقيُّ * أننا لدى سمعنا الاصوات لا نقدر على تمييز عاليها من واطئها فقط بل نقدر ايضًا على ادراك النسبة التي بين عدد اهتزازاتها. ليس أنَّنا نعرف عدد الاهتزازات في الاصوات من مجرَّد سمعنا لها حتى نقول مثلاً ان عدد اهتزازات هذا الصوت مضاعف عدد اهتزازات ذاك او ما اشبه. بل ان كل الاصوات التي توجد نسبة بين اعداد اهتزازاتها تؤثِّر فينا اللذة

والاستحسان اذا توالت على سمعنا حتى نحكم بالطبع انها مطابقة لمقتضى الذوق السليم. فهذه الاصوات يتألف السلّم الموسيقيّ من تواليها. ونقسم بالنظر الى علوها الى مراتب او دواوين. ويُقسم الديوان الى سبعة اقسام تسمّى ابراجًا وتسمّى عند الموسيقيين بالالفاظ دو ري مي فا سول لا سي او بالاحرف ج د ه و ز ا ب في السلّم الطبيعيّ. وكلُّ ديوان قرارٌ لما تحتهُ وجوابٌ لما فوقهُ

ويُدَلُّ على احرف القرار برقم الواحد عن يسارها هكذا ج١ د١ الخ. وعلى احرف الجواب برقم الاثنين عن يسارها هكذا ج٢ د٢ الخ. وكلما علا الديوان زيدت قيمة الرقم المكتوب عن يسار احرفهِ فبرج ج من الديوان الخامس فوق القرار يكتب هكذا ج٥ وهلمَّ جرًّا. ويُدَلُّ على احرف ما تحت القرار بالارقام نفسها وقدامها علامة السلب فالرقم في ج-٢ يدل على ان البرج ج في الديوان الثاني تحت ديوان القرار الاصلي

(٢٢٢) عدد اهتزازات الابراج * اذا اهتزَّ وترٌ على طولهِ فصوتهُ هو القرار لهُ فاذا فرضنا طولهُ واحدًا فطول بقيَّة الابراج كما يأتي

ج	د	ه	و	ز	ا	ب	ج
١	٨/٩	٤/٥	٣/٤	٢/٣	١/٢	٨/١٥	١/٢

فيكون طول ج٢ الجواب نصف طول ج١ القرار وطول ما فوقها بالنسبة اليها كطول ما تحتها بالنسبة الى ج القرار. ولما كان عدد الاهتزازات يتغيَّر بالقلب كطول الوتر (عد ٢٢١) فاذا قلبنا

الكسور المتقدّمة كان لنا عدد اهتزازات كل وترٍ بالنسبة الى الوتر الاوّل وهي ١ $\frac{٩}{٨}$ $\frac{٥}{٤}$ $\frac{٤}{٣}$ $\frac{٣}{٢}$ $\frac{٥}{٣}$ $\frac{١٥}{٨}$ ٢ وبتحويل هذه الكسور الى صور جديدة ومخرج مشترك نجد الاهتزازات عددًا صحيحًا وهي ٢٤ ٢٧ ٣٠ ٣٢ ٣٦ ٤٠ ٤٥ ٤٨ فيكون الفرق بين الاوّل والثاني والثاني والثالث والسابع والثامن ٣ وبين الثالث والرابع ٢ وبين الخامس والسادس ٤ وبين السادس والسابع ٥ هذا عدد اهتزازات الابراج بنسبة بعضها الى بعض واما عدد اهتزازات كلٍّ منها وحدهُ فلبرج القرار ج ١٢٨ اهتزازة فيكون عدد اهتزازات كل برج

ج	د	ه	و	ز	ا	ب	جـ
١٢٨	١٤٤	١٦٠	١٧٠	١٩٢	٢١٤	٢٤٠	٢٥٦

وهلمَّ جرًّا بضرب عدد اهتزازات كل برج في ٢ للحصول على عدد اهتزازات البرج الموافق لهُ في الديوان الثاني او في ٣ للحصول على ابراج الديوان الثالث فوق ديوان القرار الاصلي الخ. وبالقسمة على

اسماء الابراج لديوانين عند العرب هي يكاه عشيران عراق دست دوكاه سيكاه جهاركاه نوى حسيني اوج ماهور محير بزرك ماهوران رمل توتى . فالنوى جواب اليكاه والرمل توتي جواب النوى والحسيني جواب العشيران وهلمَّ جرًّا . وليست النسبة بينها نفس النسبة بين ابراج السلم الافرنجي المذكور سابقًا والمرجح ان السلم الافرنجي هو الاسهل مراسًا لكونهِ يجري على الاصوات الطبيعية ويمكن ان تنضبط عليهِ جميع اغاني الشعوب . انتهى باختصار من العروس البديعة

هذه الارقام ليخرج معنا عدد الاهتزازات لابراج الدواوين التي تحت ديوان القرار الاصلي

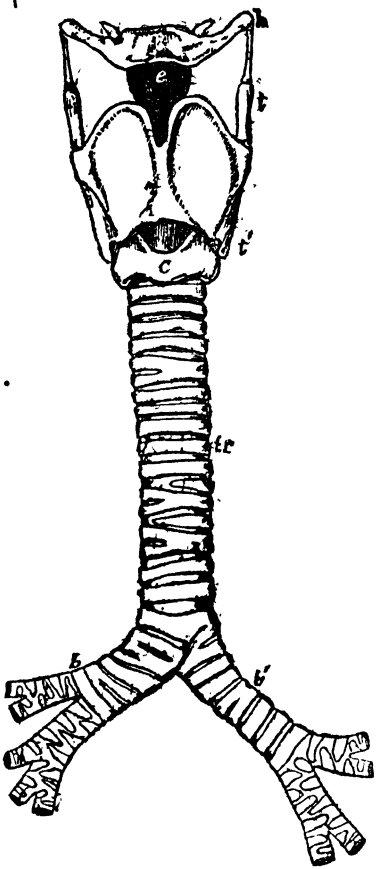
(٣٣٣) توافق الاصوات وتعاندها * قلنا ان اصوات السلم الموسيقيّ اذا توالت على السمع استحسنها ولكنّ ذلك لا يلزم منهُ انهُ اذا وقع اثنان او ثلاثة منها معًا على السمع يستحسنها دائمًا فان اجتماع بعض الاصوات معًا مكروهٌ لما بينها من التعاند واجتماع غيرها محبوب لما بينها من التوافق . واتمُّ التوافق بين نغمتين من برج واحدٍ وديوانٍ واحد مثل دو ودو اللتين عدد اهتزازاتها متساوٍ . ثم بين نغمتين من برج واحد ولكن من ديوانين مثل دو القرار ودو الجواب اللتين عدد اهتزازات احداها مضاعف عدد اهتزازات الأُخرى . ثم بين نغمتين من برجين يكون عدد اهتزازات الواحدة الى عدد اهتزازات الأُخرى كنسبة ٢:٣ مثل سول ودو . ثم بين نغمتين نسبة اهتزازاتها كنسبة ٣:٤ وآخر الكل بين نغمتين نسبتها كنسبة ٤:٥ * واتمُّ التوافق بين ثلاث نغمات من ابراج مختلفة في التي نسبة اعداد اهتزازاتها بعضها الى بعض كنسبة ٤:٥:٦ مثل ج وه وز . والخلاصة انهُ كلّما زاد عدد الاهتزازات التي تتفق النغمات في بينها زاد التعاند وكلّما قلّ عددها زاد التوافق . ويُعرَف توافق النغمات في الغناء او اللعب بالآلات بالطبْع وعليهِ تتوقف لذّة الالحان

الفصل السادس

في آلات الصوت والسّمع

(٣٣٤) آلات الصوت في الانسان * كلُّ ما يتنفس الهواء من الحيوانات ذوات الفقرات الاّ القليل لهُ آلات يصوّت بها مودعة في قسمٍ من جهاز

التنفس فيه. وكثيرٌ منها قادر على تغيير صوته وتكييفه امّا وقت احداثه او بعد احداثه ومن جملتها الانسان فانهُ يغيّر صوتهُ تغييرات شتّى يحصل المتكلّم من بعضها. وآلات الصوت في الانسان تجويف الصدر والقصبة والحنجرة والحلق او البلعوم والفم والانف وما يتعلّق بها وهي مثل آلات النفخ ولكنها تشارك ذوات الاوتار ايضاً. فتجويف الصدر يضيق ويتسع بالتنفس فيضغط الرئة تارةً ويتركها تتمدّد اُخرى فيخرج الهواء منها متى ضُغِطت ويدخل اليها متى تمدّدت فيكون هو والرئة بمنزلة المنفاخ في الأرغن (عد ٢٣٠). وعند خروج الهواء من الرئة يندفع الى القصبة ومنها يضرب وترَي الصوت في الحنجرة فيصوتان. فتكون القصبة بمنزلة طرف انبوبة الارغن ووترا الحنجرة بمنزلة فمها. والبلعوم والفم والمنخران تغيّر الصوت وتكيّفهُ تارةً باتساعها واُخرى بتضيُّقها ونحو ذلك فتكون بمنزلة راس الانبوبة الذي تتصل منهُ اهتزازات عمود الهواء بالهواء الخارجي



الشكل ١٢٨

(٢٣٥) الحنجرة * هي اخصُّ اعضاء الصوت. واشهر اجزائها اربعة

غضاريف تسمّى الدرقيّ والحلقيّ والطرجهاليّين وترتبط وتحرّك بعضها على بعض برباطات وعضلات . ويُقسَم التجويف الذي بينها الى طبقتين الواحدة فوق الأخرى بواسطة غشائين ممتدّين من كلّ من الجانبين ولا يتصلان من الوسط بل يبقى بينهما شقّ ضيّق . ويتألّف جانباها اللذان يليان هذا الشقّ من نسيج مرن ويسمّيان الوترين الصوتيين الصحيحين (تمييزًا لهما عن الكاذبين وهما وتران فوقهما لا يصوتان) ويمتدّ الشق بينهما من مقدّم



الشكل ١٢٩

تجويف الحنجرة الى مؤخّره ويسمّى فتحة المزمار . ترى صورة القصبة والحنجرة من المقدّم في الشكل (١) ١٢٨ وصورة باطن الحنجرة من الاعلى في الشكل ١٢٩

(٢٣٦) حدوث الصوت الانسانيّ * يحدث صوت الانسان من اهتزاز الوترين الصحيحين في الحنجرة عند ما يضرب عليهما الهواء مدفوعًا من الرئة . وهذان الوتران قابلان للشدّ والرخي كالاوتار في ذوات الاوتار . فاذا كان الانسان صامتًا كانا مرتخيين ومتباعدين وفتحة المزمار بينهما واسعة فلا يصوتان بوقوع الهواء عليهما . واذا اراد ان يَصُوت شدّهما بقدر ما يريد ان يرفع الصوت (عد ٢٣١) فتضيق فتحة المزمار بينهما

(٢٣٧) مجال الصوت الانسانيّ * علو صوت الانسان قلما يختلف في التكلّم فلا يتجاوز حدّاهُ نصف ديوان وقلّما يعلو صوت الشخص الواحد ثلاثة دواوين متوالية . الّا ان صوت النساء اعلى من صوت الرجال بديوان فيكون مجال الصوت الانسانيّ اربعة دواوين . وفي الغناء يغني الرجال ديوانين منها

---

(١) الشكل ١٢٨ ، t القصبة متصلة بشعبتي الرئة b b ، ، منتصف الغضروف الحلقي t t قرنا الغضروف الدرقي * الشكل ١٢٩ 1 فتحة المزمار . 3 3 الوتران الصوتيان

يسمّيان الباس والتنر والنساء ديوانين يسمّيان السپرانو والألتو. والفرق الجوهريّ بين الباس والتنر وبين السپرانو والألتو هو في الكيفية (عد ٢١٣) ولذلك نجد فرقًا بين اصوات المغنين ولو غنّوا نغمةً واحدةً على الباس والتنر او السپرانو او الألتو. ولعلّ سبب هذا الفرق اختلاف الرباطات والاغشية والغضاريف

واما سبب علو صوت النساء عن صوت الرجال فهو قصر الوترين الصوتيين فيهنّ وطولها في الرجال فنسبة طولها فيهنّ الى طولها فيهم كالاثنين الى الثلاثة. ولما كان طولها في الصبيان بقدر طولها في النساء كانت اصوات الصبيان كاصوات النساء حتى يبلغوا الرجولية * هذا واعلى اصوات النساء على السپرانو يهتزّ ١٠٥٦ اهتزازة كاملة في الثانية واوطأ اصواتهنّ ٢٦٤ واعلى اصواتهنّ على الالتو ٧٠٤ واوطأها ١٧٦ واعلى اصوات الرجال على التنر ٥٢٨ واوطأها ١٣٢ واعلى اصواتهم على الباس ٢٢٠ واوطأها ٨٢٫٥ وكلها في الثانية

(٢٢٨) مدى الصوت الانسانيّ * مدى الصوت الانسانيّ القويّ ٧٠٠ قدم في الفضاء على درجة الهواء الاعتيادية. واما في ليالي الصقيع الباردة فيسمع واضحًا عن بعد عظيم اذا كان الليل هادئًا والهواء خالصًا من المجاري والرياح فقد تكلموا في نواحي القطب الشمالي وبينهم ميلٌ وربع (٦٦٠٠ قدم) وقيل ان صوت الحارس سُمع عن بعد عشرة اميال في نواحي جبل طارق

(٢٢٩) التكلم * يقوم التكلم بلفظ احرف العلّة وهي في العربية الواو والالف والياء والحروف الصحيحة وهي ما بقي من حروف الهجاء على وجهٍ مفهوم. فاحرف العلّة اصوات تخرج من الحنجرة ويتنوّع لفظها بحسب فتح الفم ومدّ الشفتين او قصرها لابعاد فتحة الفم عن الحنجرة او تقريبها اليها كما في لفظ الواو والياي من قولك «جوري». والحروف الصحيحة اصوات قد يتنوّع لفظها ايضًا بحسب شكل الحلق والفم واللسان والشفتين كما في الهاء والزاي والسين والشين والظاء وقد تقطع بالحلق واللسان والشفتين كالقاف والتاء والباء الخ. ولما كان

الصوت يخرج كاملاً في احرف العلة كانت هذه الاحرف اشدّ صوتاً من الحروف الصحيحة. ولذلك اذا اردنا اسماع كلامنا للثقيل السمع فقد يكفي ان نُفصح لفظ الحروف الصحيحة دون ان نرفع اصواتنا فان فصاحة اللفظ هي سلامة حروفه من الخلل لا رفع الصوت فيه[1]

(٢٤٠) الأُذن * الأُذن عضو السمع ونُقسَم في الانسان[2] الى ثلاثة اقسام الاذن الظاهرة والاذن المتوسطة او الطبلة والاذن الباطنة او التيه. فالاذن الظاهرة مؤلفة من الصيوان الذي يجمع امواج الصوت ومن الصماخ السمعيّ الظاهر وهو خرق الاذن الذي يؤدّي تلك الامواج الى الاذن المتوسطة وطولهُ نحو قيراط. والاذن المتوسطة او الطبلة وهي تجويف بين الاذن الظاهرة والباطنة وتنفصل عن الظاهرة بغشاء يقال لهُ الغشاء الطبليّ وفيها ثلاثة عظيمات دقيقة تتصل بعضها ببعض وتوصل الاذن الظاهرة بالباطنة وتسمّى المِطرَقيّ وهو متصل بالغشاء



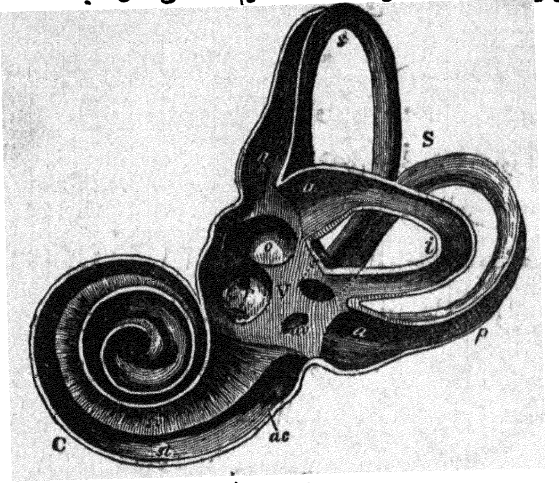
الشكل ١٤٠

---

(١) الصوت في الحيوانات العجم للحيوانات العجم اصوات مختصة بها كاختصاص الصهيل بنوع الفرس والنهيق بنوع الحمار والمواء بالمرّ وهامّ جرًّا. والفرق في اصواتها مسبب عن تركيب حناجرها تركيباً خاصاً بها ولا مبالٍ عن شكل واتساع المخرجين وبالتالي المسالك التي يمرُّ الهواء فيها. وقد امتاز المرُّ من بين ذوات الثدي بكون الوترين الصحيحين والكاذبين متساويين فيه تقريباً ولذلك تجد نغمات كثيرة في مواتٍ شبيهة بنغمات البشر. وللطيور حنجرتان علوية وسفلية موضوعة في اسفل القصبة عند شعبتي الرئة وهذه الثانية هي التي تصوّت. فلا يصوت من الطير ما كان بدونها. والحشرات تصوّت بطرق شتى فبعضها يصوت بالفرع وبعضها بصك اعضائهِ القرنية احدها على الآخر كالجندب وبعضها بتصفيق جناحيهِ بسرعة كالبعوض. وزعم بعضهم ان اصوات الحشرات تحدث عن مرور الهواء من فوهات المسالك الهوائية فيها فتصوت كالصافورة

(٢) اما الحيوانات العجم فالزُوفيت ابسطها تعوزها حاسة السمع على ما يظهر.

الطبليّ والسندانيّ والركابيّ وهو متصل بالاذن الباطنة . وسُمّيت كذلك لمشابهتها المطرقة والسندان والركاب الافرنجي . وتمتدّ قناة اسمها بوق اوستاكيوس من الاذن المتوسطة الى البلعوم فيدخل الهواء في هذه القناة من



الشكل ١٤١

البلعوم الى الاذن المتوسطة ويشغلها . والاذن الداخلة او التيه هي عضو السمع الخاص وانما سُمّيت بالتيه لكثرة ما فيها من المستحيرات وتتضمّن سائلاً

والحشرات لا تعرف آلات السمع فيها والظاهر انها تسمع بعض السمع . والحيوانات الرخوة آلة السمع فيها زقّ مملوء سائلاً مفروشة فيه الياف العصب السمعي . او زقّ مملوء ماء والعصب السمعي متصل بجسم حجريّ فيه . ولذلك لا تقدر هذه الحيوانات على الشعور بالنغمات الموسيقية وانما تميز صوتاً غير موسيقيّ من آخر موسيقيّ او تميز كيفيتها بعض التمييز والمظنون ان آلة السمع في هذه الحيوانات بمثابة القنوات الهلالية في غيرها . والزحافات والافاعي تبعدى الاذن فيها بالغشاء الطبليّ وتزيد القوقعة فيها على ما في الحيوانات الرخوة . والحيوانات الباقية يزيد تركيب الاذن فيها كمالاً واتقاناً بقدر علوّها في مراتب الخلق حتى يبلغ غاية الكمال والاتقان في الانسان

الشكل ١٤١ s s p القنوات الهلالية الثلث v الدهليز . c القوقعة ملفوفة لفتين ونصف لفة r الكوّة المستديرة o الكوّة البيضية

ويُقسَم هذا النيه الى ثلاثة اقسام الدهليز في الوسط . والقنوات الهلالية والقوقعة الحلزونية الشكل على جانبيه وتستطرقان اليه . ويتضمن هذا النيه العظمي تيهًا آخر غشائيًا يشبهه في اكثر اجزائه ويتضمن سائلاً مثله . وفي النيه الغشائي خيوط دقيقة مرنة شعرية وكتل متبلورة ترابية وفي القوقعة ثلاثة آلاف جسم صغير تسمَّى عصي كورتي . ويمتدُّ العصب السمعيُّ من الدماغ الى داخل النيه ويتوزَّع في باطن القنوات الهلالية والدهليز والقوقعة مارًّا بين الخيوط الشعرية والكتل الترابية وفي القوقعة ينتهي بعضهُ الى عصي كورتي . ترى صورة باطن النيه في الشكل ١٤١ وقد نُزِع جدارهُ العظميُّ من الاعلى والظاهر

(٢٤١) كيفية حصول السمع * اذا اتجهت امواج الصوت نحو الاذن عكسها الصيوان وجمعها في الصماخ السمعي الظاهر فتدخل منهُ وتقع على الغشاء الطبليِّ فيهتزُّ ويهزُّ العظيمات في الاذن المتوسطة . وينتقل الاهتزاز عليها وعلى الهواء المحيط بها الى كوَّتين احداها في الدهليز والأخرى في قوقعة النيه . وعلى وجه كلٍّ من الكوتين غشاء فيهتزُّ هذا الغشاء وينتقل الاهتزاز عليهِ الى السائل الذي وراءهُ ومن السائل الى فُرَيْعات العصب السمعي ومنهُ الى الدماغ فتشعر النفس بالصوت . والمظنون ان الاهتزاز لا ينتقل من السائل الى العصب رأسًا بل الى الخيوط الشعرية فتهتزُّ وتهيِّج الفريعات العصبية المتصلة بها . والى الكتل الترابية فتهتزُّ وتضغط الفريعات العصبية المتصلة بها ضغطاً متقطعًا كاهتزازها . والمرجح ان الغرض من هذه الكتل اطالة الاصوات السريعة الزوال التي تنسى لولاها . واما عصي كورتي فكالاوتار المشدودة شدًّا متفاوتًا بحيث ان كل صوت يقع على اذن الانسان يجد بينها عصًا تهتزُّ كاهتزازه وتؤدِّيهِ الى الدماغ فهي اشبه شيء بالعود او نحوهِ من الآلات الموسيقية . هذا ويكون بوق اوستاكيوس مسدودًا على الغالب فيقطع الهواء الخارجيَّ عن هواء الاذن المتوسطة . فاذا اتفق ان ضغط هواءها قلَّ عن ضغط الهواء الخارجي تألَّم من ضغط الهواء الخارجيِّ لها ولا يهتزُّ الغشاء الطبلي الاهتزاز التام فلذلك يثقل السمع .

وعند الازدراد يفتح بوق اوستاكيوس فيدخل الهواء الى الاذن المتوسطة وتردُّ الموازنة ولهذا ترى مِرَّة الطحجية يفتحون افواههم عند اطلاق المدافع

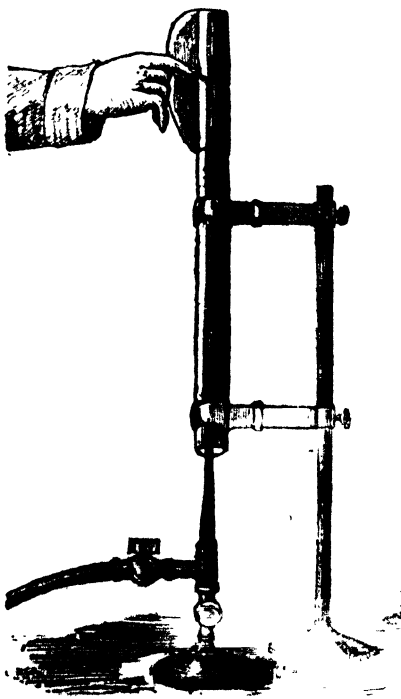
(٢٤٢) مجال السمع * قال العلاَّمة هَلْمهُلْتز اوطأُ الاصوات الموسيقيَّة ما اهتز ١٦ اهتزازةً في الثانية[1] واعلاها ما اهتز ٣٨٠٠٠ اهتزازة فيها. فاذا نقص عددها عمَّا ذُكر سُمعت طقطقة كل اهتزازة ولم يحدث منها صوت موسيقي فيمتد مجال السمع في الانسان اذًا على نحو احد عشر دوانًا. ولكنَّ مجال الموسيقي الاعتيادي لا يزيد عن سبعة دواوين * هذا والناس على اختلاف في سمع الاصوات العالية والواطئة فقد يسمع بعضهم ما لا يسمعهُ الآخر. فربَّ اثنين صحيحي السمع يقلق احدهما من صرير الصرصور ولا يسمع لهُ الآخر صونًا البتة. والظاهر ان الاصوات السريعة الاهتزاز القصيرة توثِّر في عصب السمع اشدَّ مما توثر فيهِ الاصوات البطيئة الاهتزاز الطويلة. ولذا ينتبه الناس الى حفيف اجنحة الجراد اكثر مما ينتبهون الى هبوب النسيم بين الاغصان ولا يسمعون للرياح العلوية صونًا مع انها تجري فوقهم جري البحار الهدَّارة ولا يسمعون للهوجاء صونًا حتى تصدم بيتًا او تقتلع شجرةً فيسمعون لها حينئذٍ صونًا شديدًا وما هو الاَّ امواج ثانوية اقصر من امواج الهوجاء قبل صدمها البيت او اقتلاعها الشجرة. الاَّ ان ذلك لا يخلو من الشذوذ فان من الناس من لا يسمع الاصوات العالية البتة وسمعهُ للاصوات الواطئة حادٌّ شديد. حكي ان فتاة لم تسمع رنين الجرس وهو يدقُّ شديدًا بل سمعت طقطقتهُ عند وضعهِ في محلهِ

واعلم ان عدم سمعنا الاصوات ليس بدليل على عدم وجودها فمن المحتمل ان يوجد في الارض اصوات لا نعلم بها البتة. ولو تنبَّهت فينا حاسة السمع اكثر ما هي عليهِ فربما كنا نسمع حولنا اصواتًا لا تخطر لنا الآن على بال. وعلى ذلك قال بعضُ الافاضل لا يبعد ان جند السماء يصدحون بتسابيحهم حولنا حتى

(١) اذا ادخلت اصبعك في اذنك وقبضت عضلات يدك قبضًا شديدًا سمعت صونًا عميقًا كصوت الجرس الكبير يهتزُّ ٣٢ اهتزازة في الثانية

ترقص الارض طرباً من تسابيحهم ونحن صمٌّ لها لا نسمع الاَّ صوت صلواتنا الفاترة * ومن العجائب ان الاذن تميّز الاصوات فتحلها وتردّ كلاًّ منها الى اصلهِ ولو وردت عليها من موارد لا تحصى. فلو عُزِف بالف مِعْزَفٍ من المعازف فالاذن تميز بعضها من بعض وتودي تأثير كل منها الى النفس فتطرب النفس لكل منها بقدر ما يؤثّر فيها من الطرب مع ان اصواتها تهزُّ الهواء في جهات متخالفة ومتضادّة وتنحصر كلها في مجرًى دقيق من الهواء لا يزيد تخنهُ عن تخن صماخ الاذن

(٢٤٣) استعداد الطبيعة للتطريب * قال العلامة تِنْدل ان الفرك يغنّي كالمغني فاذا أُطلقت رصاصة في الهواء انطلقت ولها صوت تغريد كصوت الطير. واذا هزّت الريح الاغصان سمعنا لها حنين. وقالوا ان ضجيج الناس في المدن وكل ضجة اذا سمعت عن بعد سمعت على برج و من السلّم. فكيف توجهنا في الارض نرى فيها ونسمع ما يلذُّ للنظر وللسمع وما ذلك الاَّ لأنَّ الخالق بسرٍّ بتطريب ما لا يعقل بل ما لا حياة فيهِ كما سرَّ بحسن ما صنعت يداهُ فتبارك من خلّاق حكيم



الشكل ١٤٣

(٢٤٤) اللهب الحاسّة * قد يتاثر اللهيب تأثرًا ظاهرًا باهتزاز الاصوات فيرقص مهتزًّا باهتزازها ففي البلاد التي يضوّئون فيها الغاز نرا رقص الانوار في ليالي الطرب مهتزّة كاهتزاز الاصوات التي تحلو لها. قال بعضهم شاهدت نورًا

يرتجف ويتلوّى عند الصفير كأنّ فيهِ انفعالات البشر وكان لشدّة تأثرهِ يهتزّ لتكّة الساعة الصغيرة عند تقريبها اليهِ . وقد استعملوا اهتزاز هذه اللهب لاظهار الفرق بين اصوات احرف العلة ولغير ذلك من تجارب الصوت

(٢٤٥) اللّهب المغنّية * اذا انزلنا انبوبة من الزجاج على لهيب غاز الهيدروجين كما ترى في الشكل ١٤٣ فبعد بلوغها حدًّا يصوت اللهيب مغنيًا . ويخال السامع صوتهُ اولاً بعيدًا ثم يخالهُ يقرب منهُ حتى يصير شديدًا يستصعب سمعهُ . ونتوقف نغمة هذا الصوت على حجم اللهيب وطول الانبوبة . وسببهُ اتحاد الهيدروجين باكتجين الهواء بتفرقعات متوالية كما يعرَف من علم الكيمياء

(٢٤٦) مسائل للتمرين * (١) لماذا لا يقدر الذين يكونون في مؤخرة صفٍّ طويلٍ من الجيش على ضبط اوقات الموسيقى اذا كانت في المقدّمة . (٢) تأخّر الرعد عن البرق ثلاث دقائق فكم بعد الراعدة . (٣) مرّت خمس ثوانٍ بين ضوء المدفع وصوتهِ فكم بعدهُ . (٤) كم يقتضي للصوت من الزمان حتى يصل من قريةٍ الى أُخرى تبعد عنها عشرة اميال لو وُصل بينهما بانبوبة التكلّم . (٥) أطلق زيد بندقيّتهُ قبالة صخرةٍ فرجع الصدى عنها في اربع ثوانٍ فكم بعدها عنهُ . (٦) ما هو سبب الاختلاف بين صوت الرجال والنساء وبين الباس والتنر . (٧) تكسّر نيزك من نيازك ١٣ تشرين الثاني ١٨٦٨ على علو ٦٠ ميلاً ففي كم من الزمان وصل صوتهُ الى الارض . (٨) رمينا حجرًا في بئرٍ ثم سمعنا صوت مصادمتهِ لقعرها بعد اربع ثوانٍ فكم عمقها . (٩) في كم من الزمان يسير الصوت خمسة اميال في ماء بحرٍ هادئ . (١٠) كم تزيد شدّة صوت المدفع عند من يسمعهُ على بعد عشرين قصبةً على شدّتهِ عند من يسمعهُ على بعد نصف ميل . (١١) أعلى راس الجبل تزيد سرعة الصوت ام على سفحهِ . (١٢) لماذا يكون الصدى اضعف من الصوت الاصليّ . (١٣) لماذا يتعب المتكلم ببوق التكلم . (١٤) كم عدد الاهتزازات التي يهزها البرج الخامس من السلم الطبيعيّ في الثانية (١٥) ما هو طول امواج الصوت في ذلك البرج اذا

كانت درجة الحرارة صفرًا . (١٦) كم عدد الاهتزازات في البرج الرابع من السلم الطبيعي . (١٧) اصنع شبّابة وعيّن بعد ثقوبها بعضها عن بعض لديوانين من السلّم

ملحق

في غرائب الصوت والفونغراف

قال سِلِمَن : سُمع صوت المدفع عن بعد ٢٥٠ ميل بوضع الاذن على الارض . وقيل سُمع صوت المدافع في حرب جنّه من مدينة درسدن على بعد ٩٣ ميلاً . وفي فيرفكس بولاية ورجينيا من الولايات المتحدة مكان يردّ صدى عشرين نغمةً تعرَف بالفلوت ولكنه يغيّر علو بعضها عمّا هو . وقال السِّرجُن هرشل تُسمع تكة الساعة الصغيرة في كبسة ابي ماكينزا من طرف الى طرف . وفي أبل أف وَبت بئر ماءه من الداخل عمقها ٢١٠ اقدام وعرضها ١٢ قدمًا فاذا وقعت فيها الابرة سُمع صوت مصادمتها الماء . وفي بعض جهات الكولوسيوم بلندن يُسمَع صوت تمزيق الورق كطقطقة البَرَد من تكرر الصدى له واذا تكلم الانسان فيهِ كلمةً رُدت عليهِ متتالية كانها قهقهة الضاحك

اذا تعبت النحلة كان صوت دَندَنتها على و من السلم والما اذا ذهبت تحني فيكون صوتها على ا واذا أُمسكت ذبابة الخيل صفّقت جناحيها ٣٥٠ صفقةً في الثانية والنحلة ١٩٠ صفقةً . ومن العجيب ان قوّةً قليلة تحرّك مقدارًا عظيمًا من الهواء فانا نسمع للطائر صوتًا واضحًا عن علو ٥٠٠ قدم وذلك يقتضي له تحريك كرةٍ من الهواء قطرها ١٠٠٠ قدم وثقل هوائها اكثر من ١٤٠٠٠ الفة

والفونغراف لفظة ماخوذة من اليونانية معناها كاتب للصوت والفونغراف الناطق آلة اخترعها أديسن الاميركاني سنة ١٨٧٧ وهي عبارةٌ عن انبوبة فيها حاجزٌ من المعدن وفي وسط هذا الحاجز ثقبٌ راسله من الماس

ويشبه راس المسمار. وتجاه الانبوبة اسطوانة تدور على محورٍ ذي خيوط كاللولب وسطحها محزوز بحزاتٍ لولبيّة توافق خيوط المحور. وتُكتَب الاصوات بهذا الفونغراف كما يأتي: يُلَفُّ ورق التوتيا حول الاسطوانة وتدار على محورها ثم يضع المتكلم فمهُ قرب الحاجز ويتكلم فيهتزُّ صوتهُ الحاجز والحاجز يهزُّ النتوّ فينخس ورق التوتيا باهتزازهِ وبذلك يكتب اهتزازات صوت المتكلم عليهِ كتابة منظورة ملموسة. ووُصِف الفونغراف بالناطق لانهُ ينطق الكلمات التي يكتبها. وذلك بأن يُعكَس ما تقدّم فيضع الانسان أُذنهُ امام الانبوبة وتدار الاسطوانة وعليها ورق التوتيا المنخوس فتضرب نخساتهُ راس النتوّ وهي مارّة بهِ فيهتزُّ ويهزُّ الحاجز فيحدث من اهتزازهِ صوت مماثل لصوت المتكلم. وعلى ذلك يحكي الفونغراف الناطق كلام البشر واصوات غيرهم



الباب الثامن

في البَصَريّات

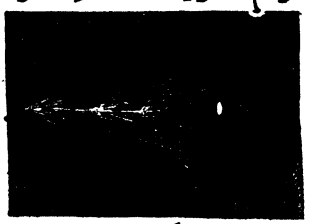
الفصل الاوّل

في النُّور ونواميسهِ

(٢٤٧) حدودٌ * البَصَرِيّات فنٌّ يُبحَث فيهِ عن النور والاجسام من حيث ملابستها للنور إمّا منيرة وهي ما يصدر النور منهُ كالشمس والنّار ونحوهما . وامّا مظلمة وهي ما لا يصدر منهُ نور بل ينعكس عنهُ نور غيرهِ اذا وقع عليهِ وهذه لا تُرَى الّا بنورٍ مُكتَسَبٍ من غيرها كالقمر والحَجَر ونحوهما * والاجسام من حيث نفوذ النور لها إمّا شفّافة او شبيهة بالشفّافة او ظَلِيلة . فالشفّافة هي التي تعيق النور يسيرًا عن نفوذهِ لها كالزجاج فتُرَى الاشباح من ورائها[1] . والشبيهة بالشفّافة هي التي تعيق النور كثيرًا عن نفوذها

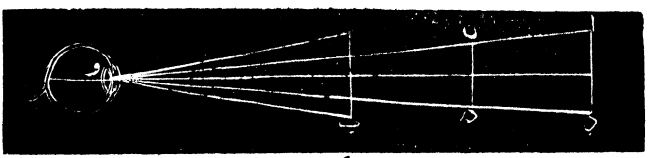
(١) الشفاف والظليل كلمتان اعتباريتان فلا جسم تامُّ الشفافية ولا الاظلال لانهُ لا بدّ للشفاف من ان يصدَّ بعض النور عن نفوذهِ فان اصفى الزجاج يضعف النور يسيرًا . ويقال انهُ لو صار عمق الهواء ٧٠٠ ميل لكان لا يوصل الينا نورًا من الشمس ولا الكواكب . ولا بد للظليل من ان ينفذ بعض النور فان الذهب اذا طرّق ورقًا يخضرُّ لونهُ ويشفُّ كالشبيه بالشفاف وكذلك الفرون اذا قشرت . وقد وجدوا ان النور ينفذ الى اعماق البحار فلا يبقى ما هناك في الظلام الحالك طول دهره

كالورق المزيَّت ونحوهِ فلا ترى الاشباح من ورائها. والظليلة هي التي لا ينفذها النور كالحجر ونحوهِ بل تلقي ظلًّا كثيفًا على الارض* والوَسَط هو المكان او الجسم الذي يسير النور فيهِ كالفراغ والماء والهواء والزجاج وما اشبه* وشُعَاعة النور خطٌّ واحدٌ من خطوطهِ. فاذا أُدخل النور من ثقبٍ دقيقٍ الى غرفةٍ مظلمة ظهرت الشعاعة من سطعان الهباء الذي يقع عليهِ * وقلم النور عدَّة اشعَّةٍ منفرجةٍ من نقطة واحدةٍ او منضمَّة اليها. اما المنفرجة فهي التي تتفرَّق من نقطة واحدةٍ واما المنضمَّة فهي التي تلتقي في نقطةٍ واحدةٍ بعد تفرُّقها.



الشكل ١٤٣

ترى ثلثة اقلام في الشكل ١٤٣ وحَبْل النور اشعَّةٌ متوازيةٌ مجتمعةٌ معًا



الشكل ١٤٤

(٣٤٨) زاوية النظر * هي الزاوية الواقعة بين شعاعتين تلتقيان في العين احداهما من طرفٍ واحدٍ من الشبح المنظور وأُخرى من طرفهِ الآخر

ليكن اب (الشكل ١٤٤) شبحًا تراهُ العين و فالزاوية اوب هي زاوية

النظر وهي تصغر بعد الجسم عن العين فاذا نقلنا الشبح ا ب الى ا د تصير زاوية النظر ا و د وهي اصغر من الزاوية ا و ب فلذلك يظهر الشبح ا د اصغر من ا ب . اذًا اذا كبّرنا هذه الزاوية او صغّرناها بواسطةٍ من الوسائط مع بقاء بعد الشبح على حالهِ نكبّر الشبح للعيان او نصغّرهُ كما سياتي في المرايا والعدسيّات ان شاء الله

(٣٤٩) النُّور * النور شيءٌ اذا اصاب شبكيّة العين أثّر فيها البصر . وفي ماهيّتهِ قولان احدهما انهُ مادّةٌ لطيفةٌ مؤلفة من دقائق صغيرة جدًّا تنبعث من الاجسام المنيرة الى كل الجهات في خطوطٍ مستقيمةٍ بغاية السرعة فتصيب الاجسام ثم تنعكس عنها الى العين فتبصر العين الاجسام بها وهذا قول اسحق نيوتن وطائفةٍ من الطبيعيّين وقد كاد يبطل * والآخر ان النور ليس مادّةً بل اهتزازٌ في الإثير والإثير سائل على غاية اللطافة منتشر في جميع نواحي الكون يشغل كلَّ فراغ ويتخلّل مسامَّ الاجسام فينفذ من مسامّ الزجاج ويشغل الفراغ الذي تحدثهُ المفرّغة في القابلة ولا يقبل كاشفًا من الكواشف الكيميّة

ولبيان حدوث النور من الاجسام المنيرة يُظَنُّ انَّ الشمس ونحوها تكون دقائقها في حالة الاهتزاز على الدوام فيهتزُّ باهتزازها الإثير الملابس لها ويتموّج امواجًا مستديرةً حول الجسم المنير حتى يقع على العين فتشعر بالنور او حتى يصيب الاجسام وينعكس عنها الى العين فتبصرها بواسطتهِ . فتكونُ امواج النور على هذا القول كامواج الصوت ولكنّ الصوت يكون في الهواء والنور في الإثير والصوت يسير في نفس الجهة التي تسير فيها امواجهُ واما النور فيسير في

جهة معارضة لجهة امواجهِ. فاذا وقعت شعاعةٌ علينا من نجم فوق رؤوسنا فالدقائق التي تتألف منها امواج تلك الشعاعة تهتزُّ الى الشمال والجنوب والشرق والغرب وكل جهةٍ بين هذه الجهات الاربع بحيث تكون جهة اهتزازها عموديَّة على جهة نزول الشعاعة

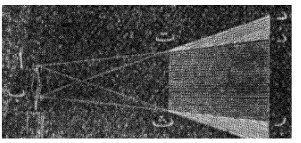
(٢٥٠) نواميس النور * نواميس النور ثلاثة: الاوَّل. ان النور ينبعث بالتساوي من الجسم المنير الى كل الجهات. ودليل ذلك أنَّا نرى الجسم المنير من ايِّ ناحيةٍ التفتنا اليهِ ولا يخفى جزءٌ منهُ عنَّا اكثر من غيرهِ كيفما درنا حولهُ

الثاني. ان النور يسير في خطوطٍ مستقيمةٍ اذا اخترق وسطًا متجانس الاجزاء — اعني ان يكون تركيب الوسط واحدًا وكثافتهُ واحدةً في كل اجزائهِ

ودليل ذلك انهُ اذا اعترض جسمٌ ظليلٌ بين عيوننا وبين الاجسام المنيرة يختفي الجسم المنير عنا لان اشعتهُ تسير في خطوطٍ مستقيمةٍ فلا تدور حول الجسم الظليل حتى تقع على عيوننا. ولذلك لا نرى الاشباح من وراء الحائط ولا من وراء صفائح متعدِّدة مثقوبة ما لم تكن ثُقُوبها واقعةً بعضها فوق بعض بحيث تدخل الاشعَّة منها على استقامتها

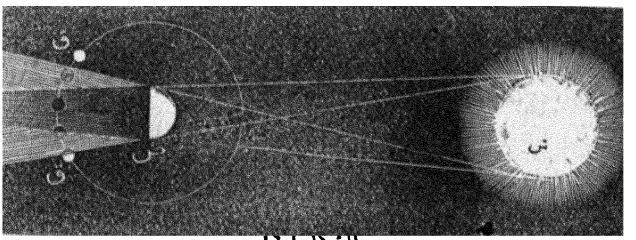
(٢٥١) الظِّلُّ والظَّلِيل * الظلُّ انقطاع اشعَّة الشمس او نحوها عن مكانٍ لحيلولة جسمٍ ظليل بينها وبينهُ. والظَّليل انقطاع بعض اشعة الشمس عنهُ وهو متوسِّط بين الضحّ والظل. ولبيان ذلك ليكن ا ب (الشكل ١٤٥) لهيب شمعة وت ث شبحٌ ظليل قبالتهُ فعند وقوع الاشعَّة من ا ب على ت ث تُصدُّ عن نفوذهِ فيبقى ما وراءهُ مظلمًا وهو ظلُّهُ

فلو كان ضوء الشمعة نقطةً واحدة فقط لالقى الشبح ت ث وراءهُ ظلاً ظليلاً فقط ولكنّ ضوءها مؤلّف من نقطٍ عديدة وكلّ نقطةٍ تبعث قلمًا منفرجًا من النور الى كل الجهات . فالنقطة ا مثلاً تبعث القلم ت ا ث فمتى وقع على طرفي الشبح ت ث تذهب الشعاعة ا ت في جهة ذ والشعاعة ا ث في جهة ز.



الشكل ١٤٥

والنقطة ب تبعث القلم ث ب ت فتذهب شعاعة ث ب في جهة ر وت ب في جهة د فالقلم المنبعث من ا يلقي ظلاً على الفسحة ز ث ر ونورًا على الفسحة د ت ذ والقلم المنبثق من ب يلقي نورًا على الفسحة الاولى وظلاً على الثانية بعكس الاوّل واقلام بقية النقط التي بينهما تلقي ظلاً على الواحدة ونورًا على الأُخرى حسب قربها من ا اوب. فيكون الظل في الفسحتين المذكورتين اقلّ ظلامًا من ت ث ر ذ الذي لا يقع عليهِ نورٌ. واقلّ نورًا من بقية الاجزاء المستنيرة ولذلك يسمّى ظليلاً وهو يقلّ ظلامًا كلما ابتعد عن الظل. ويشاهد جليًا في ظل الارض عند انخساف القمر فانهُ ينخسف اولاً بدخولهِ الظليل ثم الظل كما ترى في الشكل ١٤٦ ش الشمس وض الارض وق القمر في ظلها وظليلها

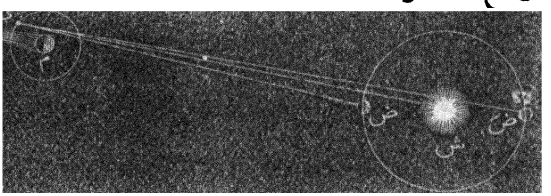


الشكل ١٤٦

(٢٥٢) الناموس الثالث * ان كثافة النور تنقص بقدر ما يزيد مربّع بعدهِ. فاذا اضأنا خمسة مصابيح متساوية النور كثافةً ومقدارًا

ووضعنا مصباحًا منها على بعد ذراع واحدة والبقيَّة على بعد ذراعين عنا رأينا نورهُ معادلاً لنور الاربعة معًا . وسبب تناقص كثافة النور بزيادة مربع بعدهِ هو ان اشعتهُ تنفرج في البعد فتنتشر على سطح اوسع من الاوَّل كلما بعدت

(٢٥٢) سرعة النور * المعوَّل عليهِ الآن هو ان النور يقطع ١٩٢٠٠٠ ميلٍ في الثانية ولعظم سرعتهِ هذه لا يُشعَر بها عادةً على الارض. فمهما كان بعدهُ عن الناظر يظهر لهُ وللذين ابعد منهُ في وقتٍ واحدٍ حتى انهُ لو دار قلم منهُ حول الارض لاكمل دورتهُ اسرع من لمح البصر



الشكل ١٤٧

تستعلم سرعة النور بطرقٍ متنوِّعة ابسطها خسوف اقمار المشتري وذلك ان للسيار المشتري اربعة اقمار تدور حولهُ في مدَّاتٍ مختلفة. فمتى وقع بين الشمس وبينها تمرُّ في ظلهِ فتخسف عنا في اوقاتٍ معلومة. فمن اخسافها هذا استخرج فلكيٌّ يسمَّى رُومَر سرعة النور كما ياتي: ليكن م المشتري (الشكل ١٤٧) وي قمرًا من اقمارهِ يدور حولهُ في الدائرة. وليكن ش الشمس وض ضَ الارض دائرة في دائرتها حول الشمس. فمتى كانت الارض عند ض يخسف القمر قبلما يخسف والارض عند ضَ بمدَّة ١٦ دقيقة و٢٦ ثانية. فلمَّا عرف العلاَّمة رُومر ذلك قال ان سبب هذا

الفرق هو المسافة بين ض وضَ فاذا وصل النور من قمر المشتري الى ض في وقتٍ ما اقتضى لهُ ١٦ دقيقة و٣٦ ثانية فوق ذلك الوقت حتى يصل من ض الى ضَ. هذا وبعد الارض عن الشمس اي من ض الى ش معروف فيُعرَف مضاعفهُ وهو بعد ض عن ضَ ثم يُقسَم هذا البعد على ١٦ دقيقة و٣٦ ثانية فيكون الخارج نحو ١٩٢٠٠٠ ميل في الثانية وهو سرعة النور. وعلى ذلك يلزم للنور ٨ دقائق و١٨ ثانية فقط حتى يصل من الشمس الينا مع ان صوت المدفع لا يصل في اقلّ من سبع عشرة سنة لو امكن ان يصل منها الينا

هذا ولعظم بعد النجوم عنا يقتضي للنور سنون حتى يأتي منها الينا فاقرب نجم من النجوم الثوابت لا يصل نورهُ الينا الاّ بعد خروجهِ منهُ بثلاث سنين ونصف سنة وغيرهُ لا يصل نورهُ الينا الاّ بعد الوف من السنين. فاعجب لعظمة هذا الكون واقتدار خالقهِ جلّ جلالهُ

(٢٥٤) امتصاص النور* لا جسم كامل الشفافيّة فلا بدّ ان اشف الاجسام يطفئُ بعض النور بابطالهِ تموُّج الاثير وهذا يقال لهُ امتصاص النور. فاذا وقع ضوء الشمس على جسمٍ اسود قلنا ان الاسود يمتصُّ النور ليس لانهُ يمتصهُ حقيقةً كما تمتصُّ الخرقة الماء بل لأنهُ يبطل تموج الاثير فيطفئُ النور. فيكون لفظ الامتصاص في النور من باب المجاز

الفصل الثاني

في انعكاس النور

(٢٥٥) النور المستطير والنور المنعكس* انعكاس النور هو رجوعهُ عن جسمٍ بعد وقوعهِ عليهِ من جسمٍ منيرٍ. فاذا كان

الجسم الذي يقع النور عليهِ خشن السطوح فلسبب خشونتهِ تتفرَّق الاشعة عنهُ منتشرةً منهُ الى كل الجهات فيُرَى ذلك الجسم من كل جهةٍ ويسمَّى النور المندفع عنهُ النور المُستَطِير. واما اذا كان املس صقيلاً فتندفع اشعة النور عنهُ الى جهةٍ واحدةٍ او الى جهاتٍ معيَّنةٍ فلا نرى منهُ صور الاشباح الاَّ اذا وقفنا في تلك الجهات المعيَّنة. ويسمَّى هذا النور النور المنعكس

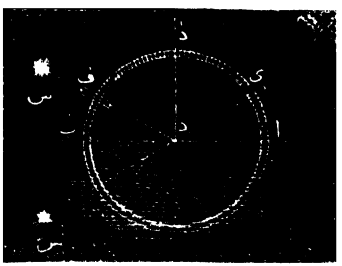
فبالنور المستطير نرى الاشباح الظليلة نفسها وبالنور المنعكس نرى صورة الاشباح لا الاشباح نفسها لان الاجسام الصقيلة التي يندفع عنها النور المنعكس لا تظهر هي بهِ وانما تظهر بهِ الاشباح التي اوقعتهُ عليها. كالمرآة مثلاً فانَّا لا نراها هي بالنور المنعكس بل نرى الاشباح التي تُوقع النور عليها . واذا قيل فكيف نرى المرآة نفسها فالجواب انَّا نراها بالنور المستطير فقط . ولو كانت تامَّة الصقالة والشفافيَّة لم نرها البتة . ومن الشواهد على ذلك ان زجاجة المرآة اذا تغبَّرت سهل على الانسان ان يعلم بوجودها لانها تخشن. وكلَّما صفت عسر عليهِ ذلك حتى ان كثيرين يرون صور الناس في المرآة فيحسبونهم الناس انفسهم لا صورهم لعدم علمهم بوجود المرآة

واعلم ان النور اذا وقع على جسمٍ شفَّاف فالجانب الاكبر منهُ ينفذهُ والاصغر ينعكس عنهُ واذا وقع على جسمٍ ظليلٍ فبعضهُ ينعكس عنهُ وبعضهُ يمتصُّ. ويزيد مقدار ما ينعكس من النور بحسب صقالة الجسم فكلما زادت الصقالة زاد النور المنعكس الاَّ اذا كان لون الجسم اسود فانهُ يمتصُّ النور. ولولا النور المستطير والمنعكس لم نقدر على رؤية الاشباح ولا رؤية صورها . فكلُّ ما يرى من جسم ولون وصورة انَّما يرى بالنور المندفع عنهُ

(٣٥٦) ناموس انعكاس النور * هو مثل ناموس انعكاس

الاجسام المَرِنة والاصوات اعني ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس. وتكون كلتا الشعاعة الواقعة والمنعكسة في سطحٍ واحدٍ عموديٍّ على السطح العاكس

ويتضح ذلك من هذه التجربة. وهي: اذا وُضعت العين في الانبوبة ي (الشكل ١٤٨) وكانت الانبوبة ف مجهةً الى الشمس ظهرت صورة الشمس عند شَ لان الشعاعة ش د تنعكس عن سطح الزئبق اب من د الى ي. ثم اذا قيست الزاوية ف د ذ وهي زاوية الوقوع وذ د ي وهي زاوية الانعكاس كانتا متساويتين. ولا تُرَى صورة الشمس من غير ي اذا أُديرت الانبوبة من مكانها الى جهةٍ اخرى لانها تخرج عن حدّ زاوية الانعكاس. واما كون الشعاعتين الواقعة والمنعكسة في سطحٍ واحدٍ عموديّ على السطح العاكس فلأن محوري الانبوبتين ي وف يُجعلان عند عمل الآلة في سطحٍ واحدٍ موازٍ لسطح الدائرة ذ ي اب وهذه الدائرة توضع بحيث يكون سطحها عموديًّا على اب اي على السطح العاكس. فالشعاعتان اللتان تمران في محوري الانبوبتين تكونان في سطحٍ واحدٍ عموديٍّ على السطح العاكس



الشكل ١٤٨

والانعكاس يختلف بحسب ميل الاشعّة على السطح العاكس فاذا وقفنا امام بركةٍ راكدة الماء لم نرَ صُوَر الاشباح القريبة منا واضحةً تصور الاشباح المقابلة لنا لان الاشعّة الآتية من الاشباح المقابلة تقع مائلة على الماء فينعكس اكثرها عنهُ الينا. ولذلك كلما بعدت الشمس عن الهاجرة نحو الشروق او نحو الغروب اشتد ضياء صورتها

(٣٥٧) الجهة التي تظهر الاشباح فيها * اننا لا نرى الاشباح الاّ في جهة

الاشعَّة الداخلة منها الى عيوننا . فاذا وصلت الينا الاشعَّة راسًا من غير ان تنحرف عن استقامتها رأينا الاشباح في اماكنها الحقيقيَّة واما اذا انحرفت بانعكاسها من جهةٍ الى أُخرى او بانكسارها كما ستعلم رأينا الاشباح في الجهة الاخيرة التي تدخل فيها الاشعَّة الى عيوننا. فاذا كان ضوءٌ عن اليمين وانحرفت اشعَّتهُ حتى دخلت العين عن اليسار حسبناهُ عن اليسار لا عن اليمين . ولذلك يقال ان الاشباح تظهر في جهة الاشعَّة الاخيرة وهو قول كثير الورود فاحفظهُ

(٢٥٨) المرايا * كلُّ سطحٍ صقيلٍ يعكس النور يسمَّى مرآةً والمرايا على ثلثة انواع مستويةٌ ومحدَّبةٌ ومقعرةٌ . فالمستوية هي التي سطحها مستوٍ كالمرآة الاعتياديَّة . والمحدَّبة هي التي سطحها محدَّب كسطح زجاجة الساعة الاعلى . والمقعَّرة هي التي سطحها مقعَّر كسطح زجاجة الساعة الاسفل

(٢٥٩) المرآة المستوية * ان اشعَّة النور ترجع بعد انعكاسها عن سطحٍ مستوٍ في الجهة التي وقعت فيها عليهِ

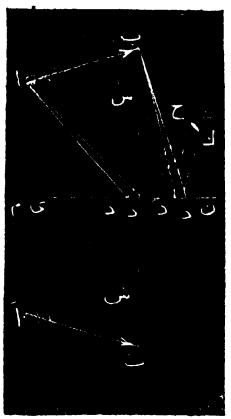
فاذا وقف شخصٌ امام مرآةٍ مستويةٍ فكلُّ اشعَّة التي تقع منهُ على المرآة تنعكس باقيةً على وضاعها الاصليَّة[1] لان زوايا الوقوع فيها جميعها تعدل زوايا

(١) تسهل معرفة جهة الاشعة المنعكسة في انواع المرايا الثلاث برسم خطٍ عموديٍّ على سطح كلٍّ منها في النقطة التي تقع الاشعة عليها فتتكوَّن زاوية الوقوع بين الخط العمودي والاشعة . ثم ترسم زاوية تساويها على الجانب المقابل من العمودي فتكون زاوية الانعكاس . ولكي لا تلتبس على الطالب معرفة رسم العمودي على المرآة المقعرة او المحدَّبة نقول انهُ يكون دائمًا نصف قطر الكرة التي تحسب المرآة قسمًا منها ويرسم من مركز هذه الدائرة عموديًّا على النقطة التي تقع الاشعة عليها . ولزيادة التسهيل في درس المرايا ليلتفت الطالب الى صورتهِ في المرآة فاذا اعوزتهُ المرآة المقعرة او المحدَّبة فليستعمل ملعقة من المعدن اللامع مكانها او طاسًا او نحوهُ

الانعكاس . فالاشعّة الواقعة من الوجه على المرآة مثلاً تنعكس مرتّبًا بعضها بالنظر الى البعض الآخر كترتيبها حال وقوعها وقس على ما تقدّم . فتظهر صورة الشخص في المرآة المستوية مقوّمة حجمها بقدر حجمهِ ولكن يمينها يوافق يسارهُ ويسارُها يمينهُ

(٢٦٠) كلُّ صورة تظهر وراء المرآة يكون بعدها عنها بقدر بعد صاحبها امامها

ولايضاح ذلك لنفرض ا ب (الشكل ١٤٩) سهمًا موضوعًا مقابل المرآة م ن . فالاشعّة التي تقع من النقطة ا على د ذ من المرآة تنعكس وتدخل العين فيحسبها الناظر آتية من آ لانهُ يراها في جهتها الاخيرة (عد ٢٥٧) والاشعة التي تقع من ب على دَ ذَ من المرآة تظهر انها آتيةٌ من بَ بعد انعكاسها الى العين . فتظهر صورة السهم ا ب عند آ بَ على بعدٍ من المرآة م ن يساوي بعد السهم عنها كما يتبرهن هندسيًا . ولذلك يكون بعد صور الاشباح خلف وجه المرآة بقدر بعد الاشباح نفسها عنها امام وجهها

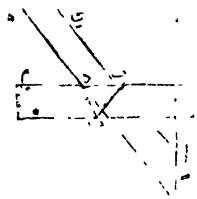


الشكل ١٤٩

(٢٦١) تعدُّد صورة الشيء في مرآةٍ واحدة * قبل ايضاح ذلك نقول ان المرايا إمَّا زجاجيَّة وهي التي تُصنَع من لوح من الزجاج قد طُلي احد وجهيهِ بالقصدير والزئبق . وامَّا معدنيَّة وهي التي تُصنَع من الذهب او الفضَّة او القصدير او الفولاذ او غيرهِ (١)

(١) ان اصل المرايا غير معروف والمعوَّل عليهِ ان الماء كان يقوم قديمًا مقامها والظاهر ان المرايا المعدنية قديمة العهد جدًا فقد ذكرت في سفر الخروج

فالمعدنيَّة لا يُرَى فيها الَّا صورةٌ واحدةٌ واما الزجاجيَّة فيُرَى فيها صورتان احداهما الصورة التي يعكسها سطح الزجاج الصقيل عند وقوع اشعَّة الشبح عليهِ وهي الخفيَّة والأُخرى الصورة التي يعكسها طلاء القصدير والرئبق وهي الواضحة[1] . واذا نظرنا الى مرآة الزجاج بالوِرَاب رأينا للشبح صورًا متعدِّدة غير الصورتين المذكورتين وسبب ذلك يتَّضح ممَّا يأتي



الشكل ١٥٠

ليكن آ (الشكل ١٥٠) جسمًا منيرًا وم ن مرآة من الزجاج وعين الناظر في حهةِ مائلة عليها كما ترى عند ي فعند . وقوع الاشعة من آ على ب من المرآة ينعكس بعضها الى ي الى عين الناظر فيرى صورةً عند ا ويفذ بعضها الزجاج حتى يصل الى القصدير ت فينعكس عنهُ ويصل قسم منهُ الى ه الى عين الناظر ايضًا فيرى صورةً ثانيةً اوضح من الاولى عند آ . واما القسم الآخر فعند وصولهِ الى د في انعكاسهِ عن ت يعود ايضا الى القصدير ثم ينعكس جانب منهُ الى العين فترى صورةً ثالثةً . واما الجانب الآخر فيعود الى القصدير وينعكس بعضهُ عنهُ الى العين فترى صورةً رابعةً وهلمَّ جرًّا بزيادة عدد الصور بقدر ما ينحرف نظر الناظر الى المرآة وتكون الأُولى خفية جدًّا والثانية واضحة والبواقي تتناقص وضوحًا بالتدريج

(٣٦٣) صُوَر الاشباح في الماء * ظهر مما تقدَّم ان الزجاج ولو كان

(١) اذا اردنا ان نعرف سمك زجاج المرآة وضعنا عليهِ ريالًا فاذا ظهرت صورة الريال الواضحة بعيدة عنهُ حكمنا بسمك زجاجها . لان هذه الصورة تنعكس عن القصدير المطلي بهِ قفا المرآة . واذا اردنا ان نعرف سمك الزجاج بتدقيق نصفنا البعد بين صورة الريال الواضحة وبينهُ لان الصورة تظهر وراء القصدير بقدر بعد الريال عنهُ

شفافًا يعكس بعض الاشعة فيحدث صورةً خفيةً . ومثلهُ الماء وجميع الاجسام الشفافة فتظهر فيها صُوَر الاشباح موافقةً اجزاؤُها لاجزاء اشباحها ولكنها تكون مقلوبةً . فاذا وقف شخص مقابل بركة ماء بجانبها بيتٌ ورأى صورة البيت في الماء وجدها مطابقة للبيت بكون جدرانها توافق جدرانهُ الخ . ولكنهُ يراها مقلوبة اسفلها الى فوق واعلاها الى تحت . ويظهر ذلك ايضًا بوضع المرآة وضعًا افقيًا واستقبال الصور بحيث تنعكس عنها الى العين * اذا وقع ضوء الشمس او نور القمر على الماء رأينا بقعة من الماء لامعة والباقي غير لامع . وذلك لاننا لا نرى الاَّ الاشعة المنعكسة الى عيوننا فكلُّ شخص يرى بقعة منيرة غير التي يراها الآخر اذا نظرا الى الماء في وقت واحد من اماكن مختلفة

(٢٦٣) تعدُّد الصور في مرآتين متوازيتين او غير متوازيتين * اذا وقف شخصٌ بين مرآتين متوازيتين رأى لنفسهِ خلف كلٍّ منهما صورًا متعدِّدة كلاًّ منها اخفى من التي قبلها . وسبب ذلك انعكاس صورتهِ من مرآةٍ الى مرآة كما يتضح بالتامُّل * واذا وضعنا ضوءًا او جسمًا آخر بين مرآتين احداهما مائلة على الاخرى قلَّ عدد الصور عمَّا يكون في المرآتين المتوازيتين فاذا كان ميل الواحدة على الاخرى ستين درجة ظهر للشيخ خمس صور

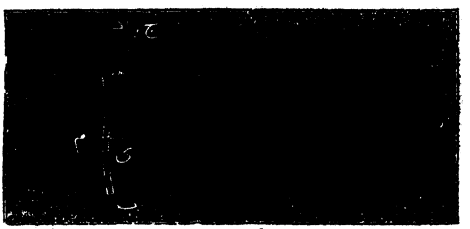
وعلى ذلك صُنع الكَلَيْدُسكوب وهو انبوبة من الورق السميك او نحوهِ يوضع فيها ثلاث مرايا كلٌّ مائلةٌ على الأُخرى على زاوية ستين درجةً ويوضع بينها خرز وقِطَعٌ من الزجاج الملوَّن ونحوها وتدار الانبوبة فيظهر فيها من الاشكال الجميلة ما يبهج النفس ويدهش الناظر . وكل ذلك بتعدُّد صور الخرز

واعلم ان جميع الصور التي تظهر في المرايا المستوية وهميةٌ اعني انهُ لا وجود لها ولكنَّ العين تتصورها هناك . لان النور لا ينفذ قصد بر المرآة فيرسم صورةً خلفها

بل يندفع عنه. وسيأتي عليك في المرايا المقعَّرة والعدسيات ان النور يرسم صورًا حقيقية يمكن التقاطُها على سطح جسمٍ آخر

---

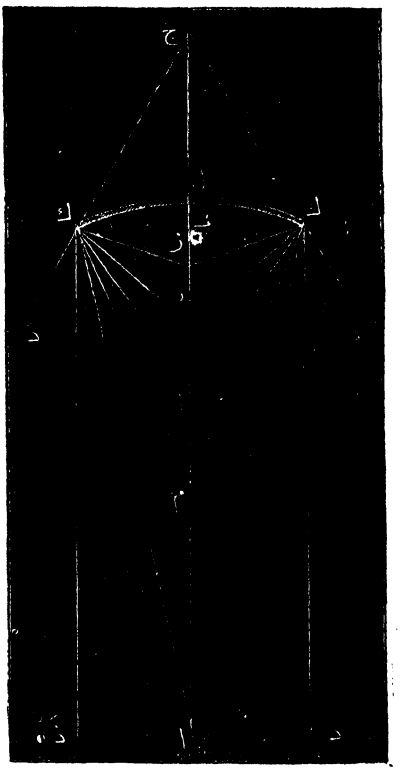
(٣٦٤) المرآة المقعَّرة * المرآة المقعَّرة تجمع اشعَّة النور الواقعة عليها الى نقطةٍ تسمَّى البُؤرَة او المُحْتَرَق. فاذا وقعت الاشعَّة متوازية عليها فموقع البؤرة في منتصف البعد بين وجه المرآة المقعرة وبين مركز التقعير اي مركز الكرة المجوَّفة التي تحسب المرآة المقعرة قسمًا منها لان كل مرآة مقعَّرة مثل قسم من كرةٍ مجوَّفةٍ. وتُسمَّى حينئذٍ البؤرة الرئيسة



الشكل ١٥١

ليكن ب ي ج (الشكل ١٥١) صورة مرآةٍ مقعَّرة فالخط ي ف س ر يسمَّى محورها الرئيسي والخط س ا محورها الثانوي وس مركز التقعير وف بؤرتها الرئيسة. فاذا وقعت على هذه المرآة اشعَّة متوازية كالشعاعة زا انعكست الى ف البؤرة الرئيسة. لان زاوية الوقوع س ا ز تعدل زاوية الانعكاس س ا ف. وهكذا تنعكس كلُّ شعاعة توازي الشعاعة زا وتقع بينها وبين المحور س ا. ويبرهن هندسيًّا ان بعد ف عن س مركز المرآة يساوي بعد ف عن ي سطح المرآة. ولو وضعنا ضوءًا في ف لانعكست اشعتهُ عن المرآة في خطوط متوازية مثل م ر وا ز

فاذا صُنِعت مرآةٌ مقعرةٌ كبيرةَ الحجم قليلةَ التقعير لكي يكون مركزها بعيدًا ووُضعت مقابل الشمس جمعت اشعة كثيرة الى بؤرتها الرئيسة . واذا وضعت اجسام في بؤرتها هذه فان كانت خشبًا احرقتهُ او معدنًا ذوَّبتهُ وربما صهرت بعض الصخور. رُوي ان الفيلسوف ارخميدس صنع مرآةً مقعرةً ووجَّهها نحو مراكب مَرْشَلس وهو يحارب سَرَقوسَه حتى وقعت بؤرتها عليها فاحرقها. وقد تجمع عدة منها معًا بحيث تجتمع بؤراتها في بؤرة واحدة فتصهر اقوى المعادن على احتمال الحرارة كالپلاتين صَهْرًا شديدًا سريعًا



الشكل ١٤٧

(٢٦٥) البؤرة الاضافيَّة او المنضمَّة * البؤرة الرئيسة هي ملتقى الاشعَّة المتوازية بعد انعكاسها عن مرآة مقعَّرة. وتكون تلك الاشعة متوازية اذا اتت من جسم لانهاية لبعدهِ او بعيد جدًّا كالشمس . فاذا وقعت على مرآة مقعَّرة من جسم قريبٍ فلا تكون متوازيةً بل منفرجةً وتلتقي في بؤرة يتغيَّر موقعها بحسب تغيُّر موقع الشيء مقابل المرآة .

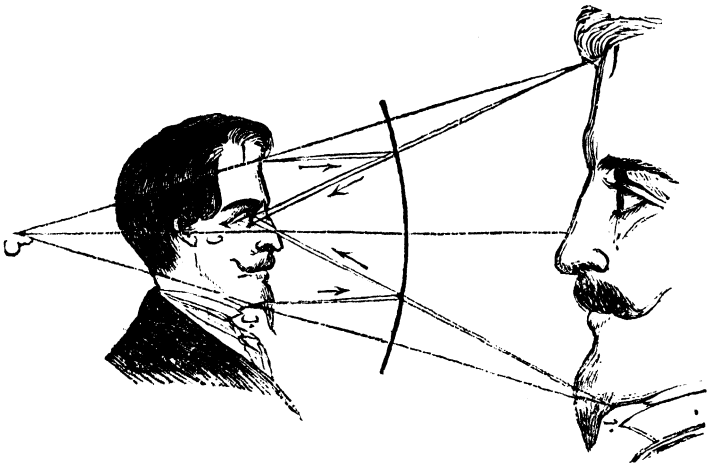
وهذه البؤرة تسمَّى الاضافيَّة لانها تكون بالاضافة (اي بالنسبة) الى موقع الشيح

اذا كان موقع الجسم المنير عند ا (الشكل ١٥٣) اي ابعد من م مركز المرآة ك فبؤرة اشعته هي آ بين المركز والمرآة. واذا كان عند م اي في المركز نفسه فبورة اشعته هي م ايضًا اي المركز. وان كان اقرب الى المرآة من مركزها فبؤرة اشعته وراء المركز ولا تزال بؤرة اشعته تبعد عن المركز كلما قرب من المرآة حتى اذا صار في البؤرة الرئيسة وانعكست اشعته في خطوط متوازية ك ذ وك ذ كما مرّ ولم تلتق في بؤرة. واذا قرب الى المرآة اكثر من البورة الرئيسة انعكست اشعته منفرجة وابعد بعضها عن بعض كلما بَعُدت عن المرآة فلا تلتقي البتة: كما لو وُضع الشيح عند ز فاشعته تنعكس في جهة الخطَّين المنفرجَين ك د وك د الى ما لا نهاية له

(٢٦٦) الصوَر بالمرايا المقعَّرة * علِّق مرآةً مقعَّرة بحائط وقف قبالتها بينها وبين بؤرتها الرئيسة فترى صورتك مقوَّمة ومكبَّرة وراءها

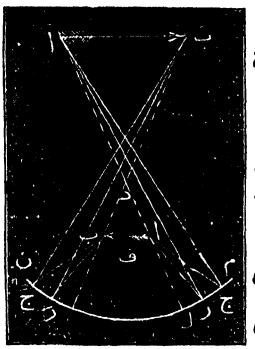
وذلك لأنَّ الاشعة التي تخرج مثلاً من جبهتك ا (الشكل ١٥٣) تقع على المرآة وتنعكس عنها منفرجة كما تقدَّم فتراها العين آتيةً من ا في الصورة. وكذلك ترى اشعة الذقن آتيةً من ب. فتكون زاوية النظر المتكوِّنة عند العين اكبر من الزاوية ا س ب ولذلك تظهر صورتك مكبَّرة (عد ٢٤٨). ثم ابعد عن المرآة رويدًا فلا تزال صورتك تعاظم ولكن حدودها تزيد خفاء حتى تصل انت الى البؤرة الرئيسة فتختفي صورتك سريعًا. ومتى تجاوزت البؤرة الرئيسة وصرت بينها وبين مركز تقعير المرآة كما في السهم ا ب (الشكل ١٥٤) ترسم صورتك مكبَّرة خلفك ومقلوبة مثل آ بَ. الاَّ ان قليلاً من الاشعة المتوازية يدخل عينك لو

وُضعت موضع السهم وبذلك ترى صورتك غير واضحة. ومتى صرت في مركز التقعير د فلا ترى الاَّ عينك لانَّ صورتك تتكوَّن حيث انت واقف فتنطبق



الشكل ١٥٣

عليك مقلوبةً. ومتى تجاوزت مركز التقعير وصرت مكان آ بَ رأيت صورتك مقلوبة صغيرة عند ا ب امام المرآة



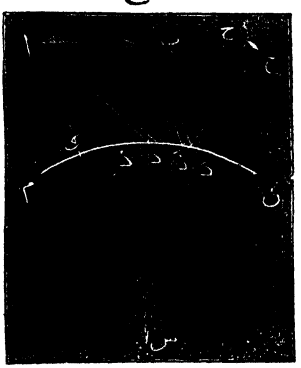
الشكل ١٥٤

اما سبب انقلابها فهو تقاطع الاشعة في البؤرة فينزل الاعلى بذلك الى الاسفل والاسفل الى الاعلى. واما سبب صغرها فهو صغر زاوية النظر. ويحسب مكان ا ب ومكان آ بَ بؤرتين اضافيَّتين لانَّ كلَّ واحدة منهما بؤرةٌ للاخرى. ويتضح كل ما تقدَّم من تتبُّع الشعاع المنعكسة عن المرآة ومراعاة نسبتها الى محور المرآة

(٢٦٧) البؤرة الوهميَّة والحقيقيَّة * ظهر ممَّا تقدَّم ان صور الاشباح تارةً تظهر خلف المرآة المقعَّرة وتارةً امامها. فاذا ظهرت خلفها فذلك لانَّ الاشعَّة

تنعكس عنها الى العين ولا تنفذ المرآة فلا تلتقي في بؤرة حقيقية وراءها . الّا ان الناظر يتوهّم ان الاشعّة تلتقي في بؤرة خلف المرآة ولذلك تسمّى النقطة التي يتوهم التقاء الاشعّة فيها البؤرة الوهميّة . واذا ظهرت الصور امام المرآة فذلك لانّ الاشعة انعكست عنها والتقت في نقطة حقيقية امامها ولذلك تسمّى هذه النقطة البؤرة الحقيقيّة وتُسمّى الصورة التي عندها الصورة الحقيقية (عد ٢٦٣)

(٢٦٨) المرآة المحدّبة * هذه عكس المقعّرة فتفرق الاشعّة المنعكسة عنها فتظهر الصورة خلفها واصغر من الشيح

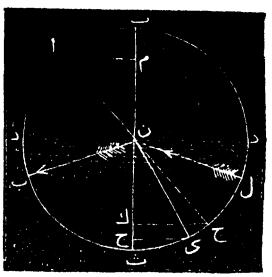


الشكل ١٥٥

ليكن م ن (الشكل ١٥٥) مرآة محدّبة و ب شيحًا مقابلها والعين عند ح حيث تستقبل الاشعة المنعكسة عن المرآة. فالشعاعان ا د ا ذ الواقعتان من طرف السهم على المرآة تنعكسان عنها الى العين في جهة د ج وذ ح فتُحسبان آتيتين من اَ خلف المرآة . والشعاعان ب دَ ب ذَ الواقعتان من راس السهم على المرآة تنعكسان عنها الى العين في جهة دَ ج وذَ ح فتحسبان آتيتين من بَ خلف المرآة. وتظهر صورة السهم ا ب مثل اَ بَ خلف المرآة واصغر منهُ. ويتضح لك نفس ما تقدّم من الشكل ١٥٣ اذا عكستهُ فحسبت المرآة محدّبة والشيح الوجه الكبير والصورة الوجه الصغير. ولا تكون بؤرة المرآة المحدّبة الّا وهمية

(٢٦٩) الانعكاس الكلّيّ * اذا نظرنا الى بركة ماء نظرًا منحرفًا جدًّا كما لو قرّبنا وجوهنا حتى تكاد تمسّ الارض فلا نرى

قعر البركة لان اشعّة النور التي تصيب قعرها ثم تنعكس عنهُ لا تخرج الى ما فوق الماء بل تنعكس عن وجههِ وتعود الى القعر فلا نراهُ لاننا لا نراهُ الاَّ بها. واذا وضعنا ماءً في كاسٍ من الزجاج ونظرنا اليهِ من اسفل الكاس رأينا سطحهُ لامعًا كالفضة. وما ذلك الاَّ لأَن الاشعة التي تنعكس عن قعر الكاس تقع على وجه الماء ثم تنعكس عنهُ وترجع الى القعر فترينا سطح الماء لامعًا. ويسمَّى هذا الانعكاس الانعكاس الكليَّ لان الاشعة كلها تنعكس بهِ



الشكل ١٥٦

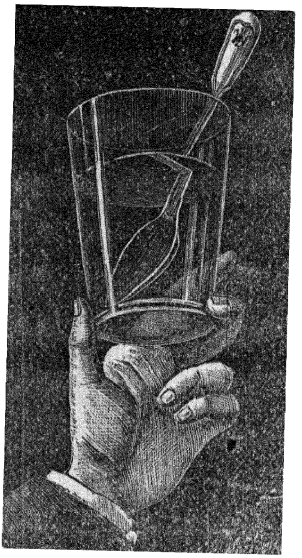
ويتضح ذلك من الشكل ١٥٦ فاذا فُرض ذ ن د سطح الماء فالشعاعة ل ن لا تنفذ الماء بعد ما تصيب سطحهُ عند ن بل تنعكس عنهُ الى ب في جهة السهم ن ب. وتسمَّى الزاوية ل ن ب زاوية الانعكاس الكلي

الفصل الثالث

في انكسار النور

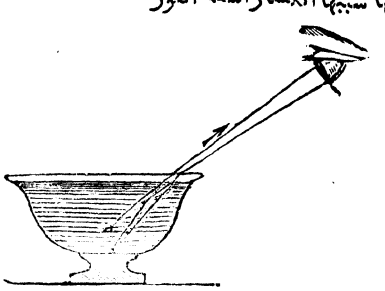
(٢٧٠) انكسار النور * يُراد بانكسار النور انحرافهُ عن جهة مسيرهِ اذا جاز من وسطٍ شفاف الى آخر اكثف او الطف منهُ. فانَّ اشعّة النور اذا نفذت الهواء ووقعت على الماء مثلاً فبعضها

ينعكس الينا فنرى بهِ الماء وقد مرَّ الكلام عليهِ في الانعكاس والبعض الآخر ينفذ الماء فينكسر فيهِ اي يخرف عن مسيرهِ وفيهِ كلامنا الآن. وهذه بعض الامثلة عليهِ زيادةً للايضاح



الشكل ١٥٧

(٢٧١) امثلة الانكسار * اذا وُضعت ملعقةٌ في كاس ماء رايناها معوجَّة (الشكل ١٥٧) وهي لم تزل مستقيمةً كما كانت. واذا نظرنا الى المجذاف في الماء رايناهُ كأنَّهُ قد انكسر حيث يحيط بهِ سطح الماء. والسَّمك يظهر للناظر اقرب الى سطح الماء ممَّا هو ولذلك ترى الذين يصطادونهُ بالحراب يضربونهُ بها عموديَّةً والاَّ يعمّقوا الضربة اكثر مما يقتضي تعميقها بالظاهر. والماء يكون دائمًا اعمق ممَّا يظهر فاذا نظرتَ الى قعر دلو ملآنةٍ ماء رابتَ قعرها اقرب مما هو حقيقةً. واذا وضعتَ درهمًا في كاسٍ وابعدتَ عنهُ قليلاً حتى لا تعود تراهُ ثم صببتَ ماء في الكاس ظهر لك الدرهم وانت في مكانك كما ترى في الشكل ١٥٨ فهذه كلها سببها انكسار اشعة النور



الشكل ١٥٨

وهذا الانكسار يمكن ان يشاهد اذا مُلِئَ وعاءٌ من الزجاج ماء ثم أُغلقت كل الابواب والنوافذ ليظلم المحلُّ الذي الوعاء فيهِ وأُدخلت الاشعة من ثقبٍ الى الوعاء. فمتى نفذت الماء تظهر انها قد

انحرفت عن مسيرها الى جهة أُخرى. ويُستَغنى عن ذلك بان يُثار غبارٌ دقيقٌ في الهواء فيظهر الشعاع منكسرًا انكسارًا واضحًا

ولايضاح الانكسار في الامثلة المتقدّمة ليكن ل في الشكل ١٥٩ جسمًا تحت الماء كالدينار او السمك او القمر وما اشبه ولتكن عين الناظر عند د . فعندما يقع ضوء الشمس على وجه الماء ينفذُ بعضهُ كما تقدّم ويصيب ل ثم ينعكس عن ل الى كل الجهات ومتى وصل الى ا اي الى سطح الماء لايبقى سائرًا على استقامته بل ينكسر ويسير في جهة ا د . وبما ان الناظر لايرى الاجسام الاّ في جهة الشعاعة الاخيرة (عد ٢٥٧) يرى ل على استقامة ا د اي عند لَ فيظهر ان ل قد ارتفع الى لَ . ولذلك يظهر السمك وقعور الآنية اقرب مما هي ويظهر المجذاف معوجًا لان ما يكون منهُ تحت الماء يعلو بالانكسار وما فوق الماء يبقى مكانهُ فكأنهُ قد انكسر فاعوجّ



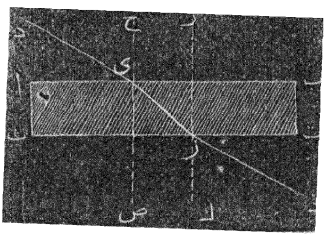
الشكل ١٥٩

(٢٧٢) ناموسا الانكسار * الاوّل . اذا جازت شعاعة النور من وسطٍ اكثف الى وسطٍ الطف انكسرت عن الخطِّ العموديّ المرسوم على هذا الوسط عند التقاء الشعاعة بسطحهِ * والثاني اذا سارت الشعاعة من وسطٍ الطف الى وسطٍ اكثف انكسرت نحو الخط العمودي المذكور . ويتّضح هذان الناموسان من تتبُّع اشعة النور في دخولها الزجاج وخروجها منهُ كما سترى

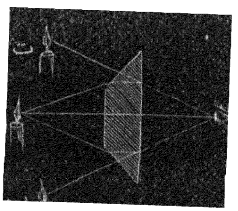
(٢٧٣) انكسار النور في الزجاج * يُقسَم الزجاج باعتبار اشكالهِ وانكسار النور فيها الى قسمين ما تحيطهُ سطوح مستوية وما تحيطهُ سطوح منحنية . فالاوّل لهُ اشكال شتّى كالمتوازي

السطوح والمضاعف السطوح والمنشور المثلَّث . والثاني لهُ ستة اشكال يقال لها عدسيَّات وسياتي الكلام عليها

فالمتوازي السطوح هو ما تحدَّهُ سطوحٌ مستويةٌ متوازيةٌ كلوح الزجاج . وينكسر النور فيهِ على ما ياتي : ليكن ا ب ت ث (الشكل ١٦٠) لوحًا من الزجاج و ا ب و ت ث سطحين متقابلين من سطوحهِ ولنفرض ان شعاعةً وقعت من د على ي في السطح ا ب ولنرسم خطًّا عموديًّا ح ي ص حتى يمرَّ في النقطة ي التي تقع عليها الشعاعة د ي . ففي نفوذ هذه الشعاعة للوح الزجاج تكون قد مرَّت من وَسطٍ لطيفٍ هو الهواء الى وسطٍ كثيفٍ هو الزجاج . فتنكسر فيهِ عن استقامتها نحو الخط العمودي ح ي ص حسب الناموس الثاني (عد ٢٧٣) وتذهب في جهة ي ز . ارسم خطًّا عموديًّا على ز وهو ك ز ر فعند نفوذ الشعاعة من السطح ث ت الذي هو وسط كثيف الى الهواء الذي هو وسط الطف منهُ تنكسر عن الخط العمودي حسب الناموس الاوَّل * واذا وقعت الشعاعة عموديةً على اللوح نفذتهُ ولم تنكسر لانها تسير في جهة الخط العمودي . ولذلك لا يكون انكسار في الاشعة التي تقع عمودية على الوسط


الشكل ١٦٠

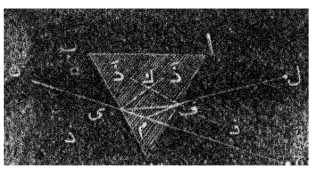
والمضاعف السطوح ما كان لهُ سطوح عديدة مائل بعضها على بعض كما ترى في الشكل ١٦١ فاذا وُضع وراءهُ مصباحٌ ا فالاشعة التي تقع عموديةً عليهِ تنفذهُ فتراهُ العين بها مكانهُ . واما الاشعة التي تقع على سطوحهِ المائلة فتنكسر نحو العمودي فتراهُ العين في جهاتها الاخيرة . ولذلك ترى المصباح الواحد


الشكل ١٦١

مصابيح عديدة مثل ت و ب . ويزيد عدد المصابيح بزيادة السطوح كما يشاهد في بلّورة من بلّور الثريّات

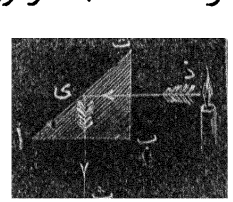
(٢٧٤) المنشور وسير النور فيهِ * المنشور والموشور في البصريّات كلُّ جسمٍ شفافٍ ذي جانبين مستويين احدهما مائل على الآخر وقاعدةٍ بينهما . وهو كثير الاستعمال في البصريّات وعلم الهيئة وعلى الخصوص لانهُ يحلُّ النور الى الوانهِ التي يتركّب منها . اما انكسار النور فيهِ فمثل انكسارهِ في لوح الزجاج اي انهُ ينكسر في دخولهِ اليهِ وخروجهِ منهُ ولكن الانكسار يكون بهِ الى جهةٍ واحدة في الحالين ولذلك يُري الاجسام في غير مكانها

وايضاحًا لذلك ليكن ا س ب (الشكل ١٦٣) قطع منشور قطعًا عموديًّا عرضيًّا ول مصباحًا قد وقعت شعاعهُ على ف من الجانب ا س . وليرسم ذ ف ك عموديًّا على ف فالشعاع تنكسر نحوهُ لان هذا الوسط اكثف من الهواء ولذلك تسير في الخط ف ي



الشكل ١٦٣

لا ف م . ثم تخرج من ي الى الهواء فتنكسر عن العمود ي ذ ي ك (لان الهواء الطف من الزجاج) حتى تصل الى العين عند د فترى العين المصباح في جهة الاشعة الواصلة اليها اي د ي ج . فيكون المصباح قد انخفض من ل الى ج اي ان الاشعة تنعكس بالموشور انعكاستين الى جهة واحدة فيُرَى الجسم بها منحرفًا دائمًا نحو حدّهِ (وهو الخط الذي يلتقي جانباهُ فيهِ) ولذلك اذا قلبنا الموشور ا س ب حتى تصير قاعدتهُ ا ب الى الاسفل وحدُّهُ س الى الاعلى ترتفع صورة المصباح لانها تنحرف نحو الحد دائمًا

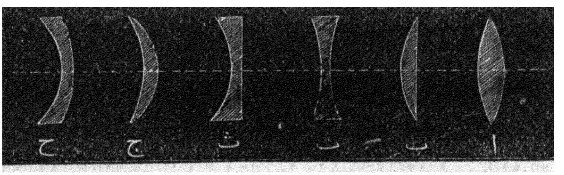


الشكل ١٦٤

ويُستعمل الموشور ايضًا لعكس النور عوضًا عن المرايا وذلك اذا كان قائم الزاوية متساوي

الساقين كما ترى في الشكل ١٦٣ فالمصباح ذ يقع عموديًّا على الجانب ب ت وينفذُ حتى يصيب القاعدة ت ا عند ي مائلاً عليها فينعكس عنها الى ث فتراهُ العين من هناك

(٢٧٥) العدسيَّات * العدسيَّة في اصل الاصطلاح بلّورة بشكل العدسة ثم توسَّعوا فيها فاطلقوها على كل جسمٍ شفَّاف لهُ سطح واحد منحنٍ على الاقلّ . والعدسيَّات قسمان محدَّبة ومقعَّرة وكلها تندرج تحت ستة اشكال مزدوجة التحديب ا (الشكل ١٦٤) ومفردة التحديب ب ومزدوجة التقعير ت ومفردة التقعير ث

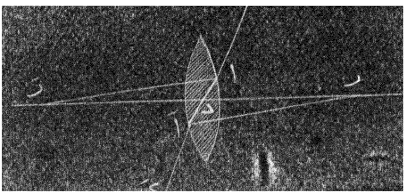


الشكل ١٦٤

وهلاليَّة ج ومقعرة محدَّبة ح . فالأُولى والثانية والخامسة تضمُّ اشعة النور والبواقي تفرجها . ويُقتصَر في التكلم عنها على المزدوجة التحديب والمزدوجة التقعير . لان الأُولى تنوب مناب الثانية والخامسة والتالية مناب الاثنتين الباقيتين

(٢٧٦) المحور الرئيسيُّ * قبل الكلام عن الانكسار في العدسيَّات نقول ان سطحي العدسية المزدوجة التحديب قسمان من دائرتين تقاطع احداها الاخرى (الشكل ١٦٥) فان جانب العدسية ا قوس من دائرةٍ مركزها عند رَ والجانب

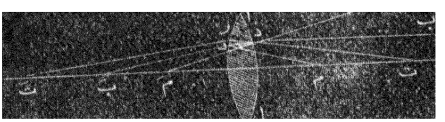
اَ قوس من دائرة مركزها عند ر . ويُسمَّى هذان المركزان مركزَي التقعير ويُسمَّى الخطُّ المستقيم ررَ الموصل بينهما المحور الرئيسي



الشكل ١٦٥

(٢٧٧) الانكسار بالعدسيَّة المزدوجة التحديب * اولاً . اذا وَقَعت اشعَّة النور على عدسيَّة مزدوجة التحديب وكانت موازيةً لمحور العدسيَّة الرئيسي نفذتها وانضمَّت الى بؤرتها الرئيسة . وبالعكس اذا وُضِع ضوءٌ في البؤرة الرئيسة لعدسيَّة مزدوجة التحديب فاشعتهُ تخرج منها موازية لمحورها الرئيسي

لتكن ال (الشكل ١٦٦) عدسية مزدوجة التحديب ولتقع الاشعة عليها موازيةً لمحورها الرئيسي ت تَ كالشعاعة ب ذ فهذه تنكسر في نفوذها لها بحيث تخرج في جهة د بَ وتلاقي المحور عند البؤرة الرئيسة بَ . وهكذا يقال في كل الاشعة التي تقع على العدسية ال موازية لمحورها ت تَ . وواضح ايضًا انهُ اذا وُضِع



الشكل ١٦٦

ضوءٌ في البؤرة الرئيسة بَ فاشعتهُ كالشعاعة بَ د تنكسر بالعدسية الْ حتى تخرج منها في جهة ذ ب اعني انها تخرج موازيةً لمحورها الرئيسيّ

ثانيًا . اذا وَقَعت اشعَّة النور على عدسيَّة مزدوجة التحديب

خارجةً من نقطةٍ ابعد من البؤرة الرئيسة تنكسر بالعدسيَّة وتخرج منها منضمةً نحو نقطةٍ تسمَّى البؤرة المنضمَّة وهذه البؤرة تبتعد عن العدسيَّة كلَّما قرب الجسم المنير من البؤرة الرئيسة

ليكن الجسم المنير عند تَ (الشكل ١٦٦) فالاشعة التي تقع منهُ على العدسية ال كالشعاعة تَ ر تنكسر فيها وتخرج منها في جهة ذت فتلاقي المحور الرئيسي في البؤرة المنضمة ت . وهكذا يقال في كل شعاعة تخرج من تَ على جانبي المحور الرئيسي ت تَ وتنفذ العدسية فانها كلها تنضمُّ وتلتقي في ت

ثالثًا . اذا وقعت اشعَّة النور على عدسيَّة مزدوجة التحديب خارجةً من نقطةٍ بين البؤرة الرئيسة وبين العدسيَّة نفذتها منفرجةً وكوَّنت بؤرة وهميَّة على الجانب الذي يكون الجسم المنير عليهِ

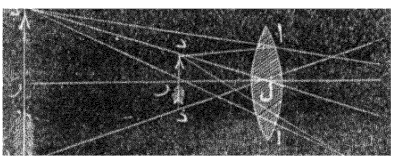
ليكن الجسم المنير عند مَ (الشكل ١٦٦) فالاشعة التي تقع منهُ على العدسية ال كالشعاعة مَ د تنكسر فيهِ فتنفذُ منفرجةً كما ترى في ذ س وهكذا يقال في جميع الاشعة الخارجة من مَ على جانبي المحور ت تَ . فلو أُخرجت الشعاعة ذ س من ذ على استقامتها وكذلك بقية الاشعة التي مثلها لالتقت كلها في بؤرة وهمية وراء مَ

ويتضح كل ما تقدَّم عن الانكسار بهذه العدسية من رسم خطٍّ عموديٍّ على ملتقى كلِّ شعاعة وسطحِ العدسية من مركز ذلك السطح . ثم ان كانت الشعاعة داخلةً الى العدسية كُسِرت نحو الخط العمودي وان كانت خارجةً منها كُسِرت عنهُ . فمتتبع الخطوط المرسومة في الشكل يظهر ما تقدَّم جليًّا . وفهمهُ ضروريٌّ لمعرفة تكوُّن الصور بالعدسية المحدَّبة

(٢٧٨) الصور بالعدسيَّة المزدوجة التحديب * اذا وُضِع

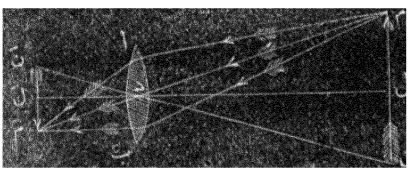
شبح امام عدسيه مزدوجة التحديب صوّرت لهُ صورةً تختلف في حجمها وكيفية وضعها باختلاف وضعهِ امام العدسيَّة كما في المرآة المقعَّرة

فاذا كان الشبح اقرب من البؤرة الرئيسة الى العدسية بقيت صورتهُ منوَّمة وكبر حجمها لان اشعتهُ تنفرج بعد نفوذها : ليكن ١١ (الشكل ١٦٧) العدسية وذ شبح امامها فالاشعة الواقعة عليها من د تنحرف بالانكسار نحو المحور الرئيسي ر ل وكذلك الاشعة الواقعة عليها من ذ . وهذه الاشعة لو أُخرجت على استقامتها بعد انكسارها لظهرت الآتية من د آتيةً من دَ والآتية من ذ آتية من ذَ فتظهر صورة الشبح كبيرة مثل دَ ذَ وهي صورة وهمية لا حقيقية



الشكل ١٦٧

واذا كان الشبح ابعد من البؤرة الرئيسة عن العدسيَّة ظهرت صورتهُ مقلوبة وصغيرة الحجم . ليكن م ن (الشكل ١٦٨) شبحًا ابعد عن العدسية ا ب من بؤرتها الرئيسة فالاشعة التي تاتي من راسهِ م تجتمع عند مَ بعد نفوذها العدسية . والتي تاتي من ن عند نَ . واما التي تاتي من ل فتقع عند لَ ولا تنكسر لانها تقع عمودية على العدسية . ولذلك تظهر صورة الشبح م ن صغيرة ومقلوبة مثل مَ نَ

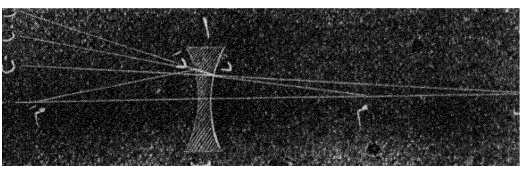


الشكل ١٦٨

ويتضح كل ذلك من النظر الى الكتابة من وراء عدسيَّةٍ محدَّبة فانهُ اذا قُرِّبت الكتابة الى العدسية حتى تصير اقرب اليها من بؤرتها الرئيسة ظهرت

الحروف كبيرة ثم اذا أُبعدت عنها اخنفت شيئًا فشيئًا حتى اذا صارت في البؤرة الرئيسة اخنفت تمامًا لان اشعتها تخرج متوازية فلا ترسم صورةً ثم اذا صارت ابعد من البؤرة الرئيسة ظهرت ثانيةً ولكن صغيرةً مقلوبة

(٢٧٩) الانكسار بالعدسيَّة المزدوجة التقعير * هذه تكسر النور عكس ما تكسرهُ المزدوجة التحديب فانها تفرج الاشعَّة بعد تكسيرها لانها لا تكسر الاشعَّة مرَّتين الى جهةٍ واحدةٍ ولا تجمعها الى نقطةٍ واحدةٍ كالمزدوجة التحديب بل تكسرها الى جهاتٍ شتَّى فتفرِّقها كما ترى في الشكل ١٦٩

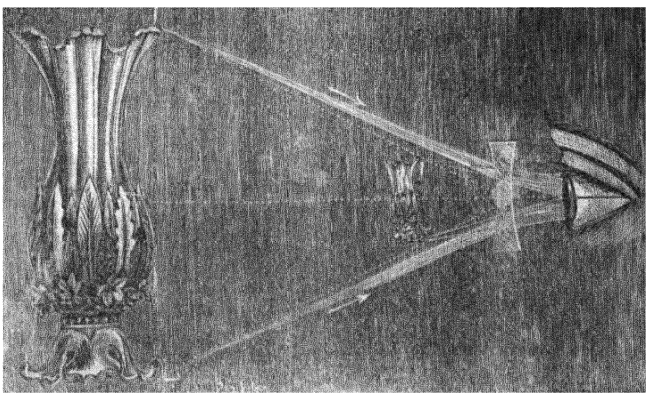


الشكل ١٦٩

فاذا وقعت الشعاعة ي د على العدسية المزدوجة التقعير ا ب انكسرت فيها وانحرفت نحو الخط العمودي م د فلا تذهب في جهة د ن بل في جهة د دَ . ومتى خرجت من العدسية انكسرت عن العمودي مَ دَ فلا تذهب في جهة دَ ز بل في جهة دَ ر . فتكون نتيجة الانكسارين ان الشعاعة تزيد انفراجًا

(٢٨٠) الصور بالعدسيَّة المزدوجة التقعير * تظهر الصور بالعدسيَّة المزدوجة التقعير اصغر من اشباحها وغير مقلوبة . فاذا نظرت العين الكاس ا ب (الشكل ١٧٠) بعدسيَّة مقعَّرة

راتها مقوّمةً صغيرةً مثل آ بَ . اي ان هذه العدسيَّة تعمل بالانكسار عمل المرآة المحدَبة بالانعكاس . اما سبب صغر الصورة عن الشيح فهو ان زاوية النظر تصغر بعد انكسار الاشعَّة وانفراجها واما سبب بقائها على وضعها المقوَّم فهو ان الاشعَّة تنفذ العدسيَّة ولا تتقاطع فلا تنقلب . وكل ذلك يتضح بامعان النظر في الشكل



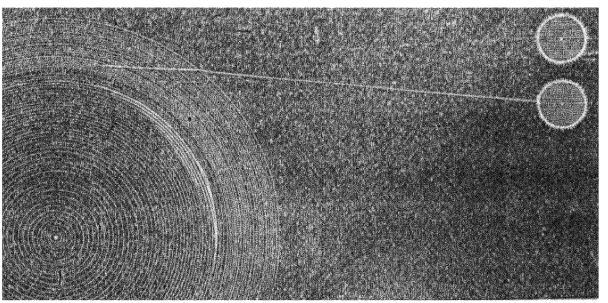
الشكل ١٧٠

(٣٨١) منافع العدسيات * اولاً انكسار الحرارة . فاذا وقعت اشعة الشمس على عدسيَّة محدَبة لم تجتمع نورها فقط في بؤرتها الرئيسة بل حرارتها ايضًا ولذلك اذا وضعنا خشبة او جوخًا اسود او ما اشبه من المواد القابلة الاحتراق في تلك البؤرة احترقت . واذا كانت العدسية كبيرة فربما صهرت المعادن ايضًا . وكثيرًا ما يتاتى عن العدسية ضرر بغير قصد كأن يكون في بيتٍ زجاجةٌ مستديرة مملوَّةٌ ماء فتقع اشعة الشمس عليها وتجتمع كما تجتمع بعد نفوذها العدسية المحدبة فتحرق ما تجتمع عليهِ . فقد ذكر غير مرَّةٍ ان بعض الامتعة احترق من وقوع ضوء الشمس عليهِ بعد مرورهِ في نارجيل من زجاج . وقد

يحترق النبات بسبب ما يجتمع عليهِ من الندى . فان الندى يجتمع نقطاً مستديرة تضمُّ ضوء الشمس كما تضمُّهُ العدسية المحدَّبة . فاذا اشتد حرُّها احرقت النبات او يبَّسته

ثانيًا المنائر . ومن منافع العدسيات استعمالها في المنائر لارسال الضوء الى ابعادٍ شاسعةٍ . وكانوا قديمًا يوقدون الحطب في المنائر ليهتدي الملاَّحون . ثم استبدلوهُ بمصابيح الزيت يضعونها في البؤرة الرئيسة لمرآة مقعَّرة فتعكس نورها في شعاع متوازية الى بعدٍ عظيم . ثم زادوا ذلك تحسينًا باستعمال النور الكهربائي في بؤرة عدسية كبيرة مفردة التحديب حولها [illegible] من البلور مفردة التحديب ايضًا وموضوعة بحيث تكون بؤرة العدسية بؤرة كلٍّ منها فتبعث النور مسافات شاسعة وتدور فتبعثهُ الى جهات مخصوصة . وللعدسيات منافع عديدة في الآلات البصرية سياتي الكلام عليها في محلهِ

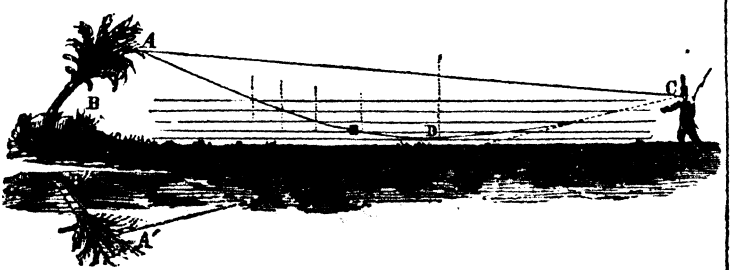
(٣٨٢) الفَجْر والشَّفَق * الفجر اضاءة الجَلَد من الشرق قبل شروق الشمس والشفق اضاءتهُ من الغرب قبل غروبها وكلاهما حاصل عن انكسار ضوء الشمس وانعكاسهِ في الهواء من طبقةٍ الى اخرى . فلولا الهواء لاستولى الظلام



الشكل ١٧١

حال غروب الشمس ولم نعلم بقدوم الصباح الاَّ حال شروقها * ولما كان نور الشمس يتكسَّر في نفوذهِ الهواء يظهر انهُ آتٍ من مصدر اعلى من مصدرهِ ولذلك نرى الشمس تشرق قبل شروقها وتغرب بعد غروبها كما يتضح من الشكل ١٧١

(٣٨٣) السَّرَاب * السراب ظاهرة هوائية بها يرى الانسان للاشباح صورًا مقلوبة في الارض كانها منعكسة عن الماء وللسفن البعيدة صورًا مقلوبة في الهواء او مقوّمة. وقد يكون سبب عناء عظيم لجائب المفاوز كالبقاع الحارة في مصر وسورية وغيرها. لانهُ اذا رآهُ عن بعد وقد اشتدَّ بهِ الظمأُ توهَّمهُ ماء فيطلبهُ ليروي بهِ ظمأَهُ فاذا بلغ المكان الذي رآهُ فيهِ وجدهُ قد تباعد عنهُ وبصَّ امامهُ على وجه الرمال ولذلك قال الشاعر "ولا تبغِ الشرابَ من السرابِ". وسببهُ(١) انكسار اشعة النور وانعكاسها عن الهواء فانهُ متى اشتدَّ الحرّ على الرمال سخن الهواء المباشر لها اكثر مما يسخن الهواء الذي فوقهُ فيتلطَّف ويبقى ما فوقهُ اكثف منهُ. فاذا وقف رجلٌ (الشكل ١٧٣) ينظر الى اشجار امامهُ عند اشتداد حرّ

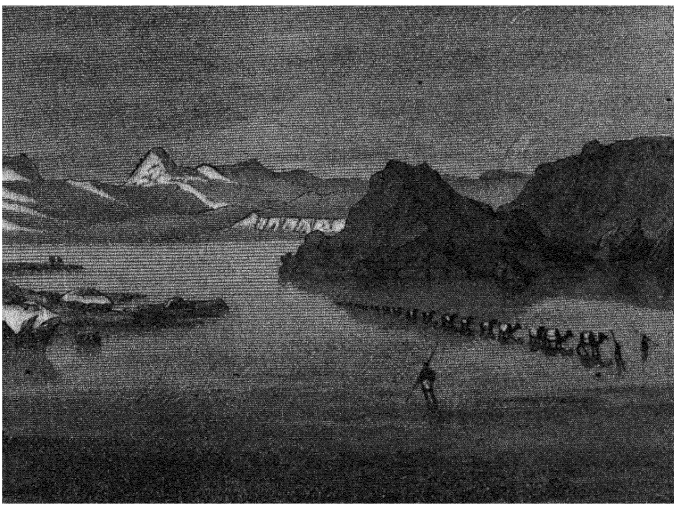


الشكل ١٧٣

النهار على ما ذُكر فلا يخفى انهُ يراها باشعة النور المنعكسة عنها الى عينهِ. فعند مرور هذه الاشعة A في الهواء تمرّ في طبقات متناقصة الكثافة من فوق فنازلاً فتنكسر عن العمودي وتنحني شيئًا فشيئًا حتى تلاقي طبقةً من طبقات الهواء D مائلة عليها ميلاً عظيمًا فلا تنفذها بل تنعكس عنها كما مرّ في الانعكاس الكليّ (عد ٣٦٩). ومتى انعكست تنفذ من طبقة الى اكثف منها حتى تصل اخيرًا الى العين فيرى الناظر صورة الاشجار في جهة 'A D اي مقلوبة كانها منعكسة عن

(١) ان السراب كان معروفًا منذ زمانٍ طويل ولكن سببهُ لم يعرف حتى بينهُ العلاَّمة منج الفرنساوي حينما اتى بلاد مصر مع بونوبارت

الماء وقس على ما تقدم بقية ظواهر السراب. ترى في الشكل ١٧٣ صورة سراب شوهد في بلاد الحبش



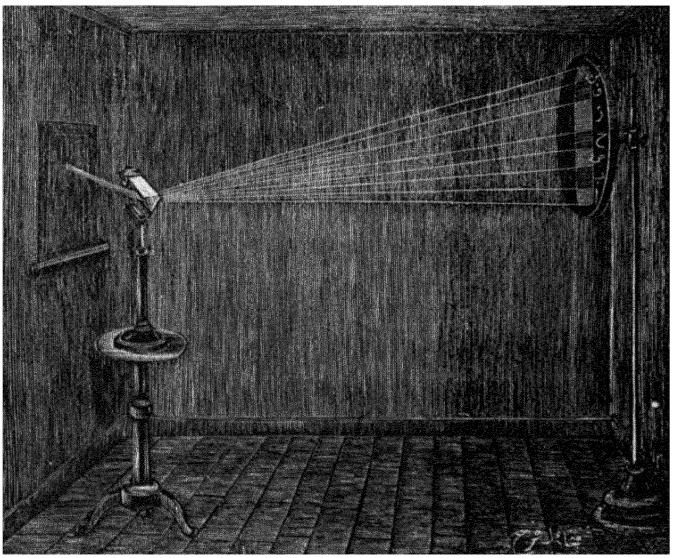
الشكل ١٧٣

الفصل الرابع

في انحلال النور

(٣٨٤) الطَّيفُ الشمسيُّ * لون ضوءِ الشمس أَبيض فاذا وقع على منشور او عدسيةٍ ونفذهُ فلا ينكسر فقط عن استقامتهِ كما مرَّ بل ينحلُّ ايضًا الى اضواءٍ متعدِّدة مختلفة الالوان متفرقة بعضها عن بعض . وهذا هو انحلال النور

ولبيان ذلك أدخل قلمًا من ضوء الشمس من خرقٍ في الحائط الى غرفةٍ مظلمة والقهِ على منشورٍ (الشكل ١٧٤) ثم استقبالهُ بعد نفوذهِ المنشور بقرطاس



الشكل ١٧٤

اوما اشبه فتجدهُ مولفًا من سبعة اضواء ملوّنة بالوان قوس قزح وهي البنفسجيُّ فالنيليُّ فالازرق فالاخضر فالاصفر فالبرتقاليُّ فالاحمر بحسب ترتيبها في الطيف. فالبنفسجي ينكسر في نفوذهِ المنشور اكثر منها كلها والاحمر اقلّ منها. وقد نظمها المعلم اسعد الشدودي بحسب انكسارها في الابيات الآتية

الوانُ طيفِ الشمسِ سبعةٌ يُرَى ترتيبها فيهِ كما سيذكرُ
بَنَفسَجيٌّ ثم نيليٌّ بلي وازرقٌ يليهِ ثم الاخضرُ
واصفرٌ وبرتقانيٌّ كذا وفي ختامِ الكلِّ ياتي الاحمرُ

واعلم ان كل لون من هذه الالوان السبعة بسيطٌ اي لا يحلُّ الى الوانٍ أُخرى كما يحلُّ النور الابيض. ودليل ذلك انك اذا حلّلتَ نور الشمس في المنشور ثم لفيت النور الاصفر من الانوار السبعة مثلاً على منشور آخر فانهُ ينكسر فيهِ

ولكن لا يحلّ بل يبقى لونهُ اصفر كما كان. ولهذا تسمّى هذه الالوان السبعة الالوان البسيطة او الاصلية[1]. وتحصل هذه الالوان على رأي القائلين بان النور تموّج من اختلاف عدد امواج الاثير. فانهُ متى هزّ الجسم المنير الاثير تموّج وكلما زاد عدد امواجهِ قرب لونهُ من البنفسجي وكلما قل عددها قرب من الاحمر. فعدد امواج اللون الاحمر ٤٥٨ الف الف الف الف موجة في الثانية وعدد امواج البنفسجي ٧٢٧ الف الف الف الف موجة في الثانية على ما حسبهُ العلاّمة افرسنل

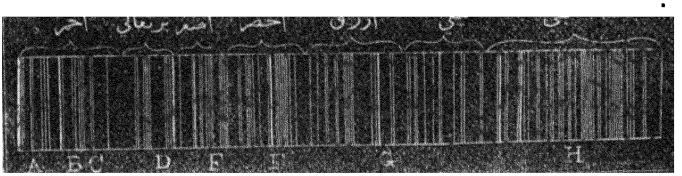
(٣٨٥) اشعّة النور والحرارة والاشعّة الكيماوية في الطيف * اشعّة الطّيف الشمسيّ على ثلاثة انواع اشعّة نورٍ وهي التي تنحلّ الى الالوان السبعة كما ذُكر. واشعّة حرارة وهي متوزّعة بين اشعّة النور واكثرها تحت الاحمر واشعة كيماويّة وهي متوزّعة بين اشعّة النور والحرارة واكثرها فوق البنفسجي

اما اشعّة النور فمنها الضوء واشدّها ضياء الاصفر والاخضر ولذلك اذا وضع كتاب في واحد منها بانت كتابتهُ اوضح ممّا تبان في غيرهِ. واما اشعة الحرارة فمنها الحرّ والدفء ويعرف توزعها بالثرمومتر فاذا وضعنا الثرمومتر في اللون البنفسجي ثم مررنا بهِ على بقية الالوان رأيناهُ يرتفع من تزايد الحرارة حتى يرتفع اعظم ارتفاعهِ في فسحةٍ مظلمة وراء الاحمر بقليل. واما الاشعة الكيماويّة فهي التي تغيّر الوان الاجسام. فالثياب تنفض (تجرد) شيئًا فشيئًا اذا اصابها نور الشمس من الاشعة الكيماوية التي فيهِ وبعض الاجسام يسودّ لونها في الشمس منها ايضًا. فاذا اخذنا ورقة مبتلة بماء الفضة وامررناها على الطيف مبتدئين من

(١) قال ابروستر واتباعهُ ان ثلثة من هذه الالوان بسيطة وهي الاحمر والاصفر والازرق والبقية مركبة منها. وانكر ذلك غيرهم ولكنهم وافقوهم على انهُ يمكن تركيب بقية الالوان من هذه الثلاثة. وقال يوحنا هرشل بلونٍ ثامن بسيط وراء الاحمر وآخر وراء البنفسجي وقال آخرون انها عشرة. والمتفق عليهِ عند الجمهور انها سبعة كما ذكرنا

الاحمر رأيناها تسودُّ. وتزداد اسودادًا كلما قربت من البنفسجي حتى تبلغ اعظم اسودادها متى وصلت الى فسحة مظلمة وراءهُ. وبالاجمال يُقال ان ضياء الطيف في الاصفر وحرارتهُ في الاحمر وفعلهُ الكيماويّ في البنفسجيّ. وعلى ذلك يسرع نموُّ النبات اذا جاءهُ النور من زجاج ازرق ويدفأُ الانسان اذا جاءهُ من زجاج احمر ويسلم الجندي من رصاص العدو اذا لبس ثيابًا زرقاء او رمادية اكثر ممَّن يلبس ثيابًا صفراء او خضراء. وتُصوَّر الصورة بالفوتوغرافيا ولو في الظلام اذا وقعت عليها الاشعة الكيماوية. اما الانوار الصناعية فتختلف فيها نسبة هذه الانواع الثلثة

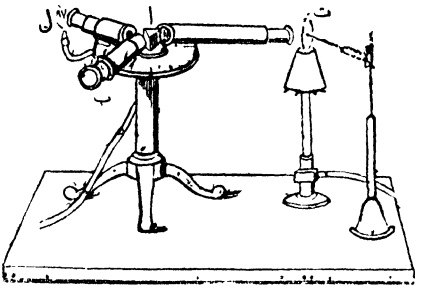
(٣٨٦) خطوط فرونهوفر * اذا دقَّقنا النظر في الطيف الشمسيّ رأينا انهُ غير متَّصل اتِّصالاً تامًّا بل تقطعهُ خطوطٌ كثيرةٌ سوداء عموديَّة عليهِ تسمَّى خطوط فرونهوفر وهو اوَّل من درسها ووصفها ورسمها وسمَّى اشهرها بالثمانية الاحرف الأُوَل من حروف الهجاء الرومانية



الشكل ١٧٥

ترى في الشكل ١٧٥ رسم الطيف الشمسي. فالخطوط البيضاء خطوط فرونهوفر والفسحات السوداء الوان الطيف. وقد تحقَّقوا ان هذه الخطوط تحدث من اشتعال الاجسام. فاذا اشعلنا جسمًا ونظرنا الى الطيف الذي يحدث من اشتعالهِ وجدناهُ يوافق خطًّا منها كما يعرف بالسبكترسكوب

(٢٨٧) السپكترسكوب * السپكترسكوب هو المنظر الذي تُنظر به خطوط فرونهوفر في الطيف وهو على اشكال عديدة منها الشكل ١٧٦ ترى فيهِ ثلثة مِنظراتٍ مركّبةٍ معًا على قاعدةٍ بحيث تلتقي محوراتها في منشور بينها ا فبوضع الجسم المشتعل عند ث امام مِنظرٍ لهُ شق في



الشكل ١٧٦

فيهِ يُوسَّع ويُضيَّق حسبما يرام . فيدخل شعاع الجسم المشتعل من هذا الشق الى المِنظر ثم يخرج منهُ ويقع على المنشور فينفذهُ ويخل الى الطيف كما تقدم . فيضع الناظر عينهُ على المنظر ب ويرى الطيف امامهُ وخطوط فرونهوفر مكبّرةً فيهِ فيقيس البعد بينها بواسطة المنظر الثالث ل . وذلك لان في هذا المنظر مقياسًا مقسّمًا اقسامًا عديدة ومصوّرًا على الزجاج . فاذا وُضع مصباحٌ امامهُ وقعت صورة المقياس على المنشور وانعكست عن المنشور الى عين الناظر فيقيس بها البعد بين خطوط فرونهوفر ويعيّن اماكنها

وعلى ذلك وجدوا انهُ اذا وُضع في لهيب ت قليل من معدن الصوديوم ظهر في طيفهِ خطٌّ اصفر لامع يوافق الخط D من خطوط فرونهوفر في الطيف الشمسي . واذا وُضع فيهِ قليل من معدن البوتاسيوم ظهر خطٌّ احمر يوافق A من الطيف الشمسي وخط آخر في البنفسجي بقرب H . فمن مقابلة طيوف الاجسام المشتعلة الارضية بخطوط فرونهوفر وغير ذلك تحققوا ان في الشمس معادن وغازات كثيرة كالحديد والنحاس والزنك والكلسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والهدروجين والاكسجين والنيتروجين وغيرها . وعرفوا سواد نجوم عديدة . وللسپكترسكوب اعتبارٌ عظيم عند علماء الهيئة والكيمياء واستعمالهُ كثير عندهم

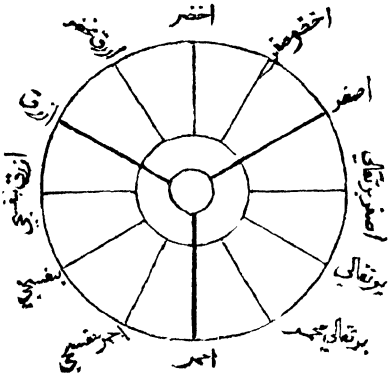
(٢٨٨) تركيب الالوان السبعة * لمّا كان النور الابيض يحلّ الى الوان الطيف السبعة فهو مركّب منها ولذلك اذا ركّبناها معًا تكوّن منها نور ابيض

وقد بيّن ذلك الفيلسوف اسحق نيُوتِن بانهُ مزج معًا سبعة مساحيق ملوّنة بالوان الطيف الشمسيّ فوجد ان لون المزيج اشهب اي ابيض مائل الى السواد. ودهن قرصًا مستديرًا بالوان الطيف وجعل فسحة كلٍّ منها مناسبة لفسحات البقيّة وادار القرص سريعًا فرأى لونهُ ابيض. ومما يستبين منهُ ذلك انهُ اذا أُلقي الطيف على مرآةٍ مقعّرةٍ او عدسيّةٍ محدّبةٍ بحيث تنضمّ الوانهُ الى بؤرتها ظهر هناك نورهُ ابيض

(٢٨٩) الالوان المتمّمة * اذا نزعنا لونًا من الوان الطيف فمزيج الستة الباقية يسمّى متمّم ذلك اللون وبالعكس لان اللون الابيض يتمّ من مزجها معًا. فلنفرض للتسهيل أنّ الابيض يحصل من الاحمر والاصفر والازرق. فالاحمر متمم مزيج الاصفر والازرق ومزيج الاصفر والازرق اخضر فالاحمر متمّ الاخضر وبالعكس. ولذلك اذا مُزِج احدهما بالآخر كان مزيجهما ابيض. وكذلك يقال ان الاصفر متمّ البنفسجيّ وبالعكس لان البنفسجي مزيج الاحمر والازرق

يظهر تأثير الالوان المتمّمة جليًا اذا حدّقتَ طويلاً الى لونٍ ثم التفتّ الى جهة أُخرى فانك ترى متمّمهُ: ضع برشانةً ملوّنة على قطعة قرطاس وأَدِم النظر اليها فترى اللون المتمم للونها على حافتها. فان كانت حمراء رأيت حافتها خضراء وان كانت برتقاليّة رأيت حافتها زرقاء. واذا نظرت طويلاً الى سحابٍ احمر مضيء

او الى الشمس عند غروبها ثم التفتَّ الى الجوّ الازرق رأيتهُ اخضر اللون . واذا اطلتَ النظر الى قطعتين من الحرير بلونٍ واحدٍ حتى يتعب نظرك لم تَعُد تميّز ذاك اللون لانّ متمّ لونهِ يلوح امامك فيمنعك من تحقيقهِ *واعلم ان معرفة الالوان المتمّة لازمة لمعرفة موافقة الالوان بعضها لبعض ولذلك لها اعتبار عظيم عند الذين يصوّرون بالادهان والذين يعتنون بضم الازهار المختلفة الالوان



الشكل ١٧٧

ترى ترتيب الالوان المتمة موضحًا في الشكل ١٧٧ فكل لونٍ متمٌّ لمقابلهِ كالاحمر والاخضر . والبرتقالي الاحمر والازرق المخضرّ والبرتقالي والازرق وهلمَّ جرًّا

(٢٩٠) لون المرئيّات * ليس للمرئيات لون في ذاتها بل لونها من النور الذي ينعكس عنها فانها تحلُّ النور الذي يقع عليها ثم تعكس اللون الذي تظهر بهِ وتمتصُّ البقية ولذلك اذا انقطع النور عنها لم يبقَ لها لون . فكلما اشتدَّ حلك الظلام خفيت الوان الاجسام ولم يعد الناظر يميّز الفرق بين الاصفر ولا الاخضر ولا غيرهما

فكل جسمٍ يكتسب لونهُ من النور الذي ينعكس عنهُ فاذا كان ذلك الجسم يعكس الوان الطيف السبعة كان لونهُ ابيض واذا كان يمتصُّ ستة الوان ويعكس الازرق الى العين كان لونهُ ازرق . اذًا الصوف الاسود يمتصُّ كلَّ الالوان

فالسواد ليس لونًا بل عدم اللون. والاجسام الملوّنة بالوان مركّبة من الالوان البسيطة تعكس اكثر من اون واحد فالخضراء تعكس الاصفر والازرق. فاذا كان اخضرارها مائلاً الى الصفرة عكست الاصفر اكثر من الازرق واذا كان مائلاً الى الزرقة فالازرق اكثر

واعلم ان الاجسام الشفّافة تحلُّ النور بنفوذهِ فيها وتتلوّن باللون الذي ينفذها اسهل ممّا سواهُ. فالهواء يتلوّن بالزرقة لان الوان الطيف الشمسيّ لا تنفذهُ كلها بالسواء بل الازرق ينفذهُ اسهل من غيرهِ[1]. (اولانّ دقائق الهواء تعكس الازرق وتمتصُّ غيرهُ)

(٣٩١) تعارض النور * خذ عدسيةً مفردة التحديب وضعها على سطحٍ مستوٍ من الزجاج كما ترى في الشكل ١٧٨ بحيث يمسهُ محدبها. واحسب نقطة المماسة مركزًا وتوهم دوائر مرسومة حولهُ فيكون بعد العدسية عن السطح المستوي متساويًا في كل دائرةٍ من الدوائر سواءٌ كان من اليمين او من اليسار او من بقية الجهات. وكلما بعدت الدائرة عن المركز زاد البعد بين العدسية والسطح المستوي. ثم ادخل شعاعًا من النور الاحمر حتى يقع على سطح الزجاج فترى في المركز نقطةً سوداء وحولها دائرة حمراء. وحول الدائرة الحمراء حلقة سوداء حولها دائرة أُخرى حمراء. وحول هذه حلقةٌ ثانيةٌ سوداء حولها دائرة ثالثة حمراء وهكذا الى

(١) كل الاجسام مهما كان لونها تعكس اللون الابيض عن سطوحها الظاهرة اذا وقع عليها النور الابيض. واما الوانها الخاصة فتحصل من نفوذ النور بين دقائقها الى عمقٍ ما ثم انعكاس تلك الالوان من ذاك العمق

النهاية وتسمّى هذه الدوائر حلقات نيوتن. ثم قس البعد بين السطح المستوي ومحدّب العدسية عند كل دائرة من الدوائر الحمراء فتجد انهُ اذا كان البعد بينهما عند الدائرة الاولى ١ يكون عند الثانية ٣ وعند الثالثة ٥ وهلمّ جرًّا



الشكل ١٧٨

ويتضح سبب ذلك اذا فُرِض ان النور يحدث من تموُّج دقائق الاثير. لانهُ متى وقع النور الاحمر على سطح الزجاج كما تقدّم ينعكس بعض الاشعة عنهُ وبعضها عن محدّب العدسية. وقد فرضنا ان هذه الاشعة امواج الاثير فان كان البعد بين السطح المستوي ومحدّب العدسية اقلّ من طول موجة من الاثير تعارض الامواج المنعكسة عن احدهما الامواج المنعكسة عن الآخر (عد ١٥٤) فتطفئ بعضها بعضًا وتحدث ظلامًا. وهكذا ايضًا ان كان البعد بين السطح المستوي ومحدّب العدسية اكثر من طول الموجة او الموجتين الخ. بكسرٍ فتحدث من هذه المعارضة الحلقات السوداء المذكورة آنفًا. واما ان كان البعد بينهما طول موجة او موجتين او ثلاث او عدد آخر صحيح فتلاقي الامواج المنعكسة عن السطحين بعضها بعضًا وتجتمع فتحدث نورًا اشدّ من نور الموجة الواحدة. ومن هذا النور الدوائر الحمراء. ولمّا كان بعد السطح المستوي عن محدّب العدسية عند الدائرة الأولى الحمراء يساوي طول موجةٍ من امواج النور الاحمر فاذا قسنا هذا البعد بالتدقيق عرفنا منهُ طول موجة من النور الاحمر

واذا ادخلنا عوض الاحمر نورًا اصفر او اخضر او غيرهما من الانوار البسيطة الالوان حدثت دوائر صفراء او خضراء عوضًا عن الدوائر الحمراء المارّ ذكرها ولكنها تكون متفاوتة الاقطار بعضها كبير وبعضها صغير. وقد وجدوا ان الدوائر الحمراء اكبر الجميع والدوائر البنفسجية اضيقها. ولذلك تكون الامواج الحمراء اطول الجميع والبنفسجية اقصرها وامواج ما بينهما متوسطة بينهما

في الطول حسب ترتيبها. ويُعرَف طول موجة كلٍّ منها بقياس البعد بين السطح المستوي ومحدَّب العدسية عند الدائرة الأولى الملوَّنة كما في موجة اللون الاحمر

(٢٩٣) طول امواج النور * ان قصر امواج النور غريب فقد حسبوا ان نحو اربعين الف موجة من الاحمر لا يزيد طولها عن قيراط وكذلك نحو ستين الف موجة من البنفسجيّ. ثم ان سرعة النور في الثانية ١٩٢٠٠٠ ميل نضربها في ٥٢٨٠ × ١٢ فتصير قراريط. ثم نضربها في نحو ٤٠٠٠٠ فيكون الحاصل عدد امواج اللون الاحمر التي تدخل العين في الثانية وهو ٤٥٨ الف الف الف الف موجة. وعلى ما تقدم نستعلم عدد امواج اللون البنفسجي التي تدخل العين في الثانية وهو ٧٢٧ الف الف الف الف موجة كما سبق. فسبحان من بقدرتهِ وواسع علمهِ يحدّ جميع الاشياء من اصغرها الى اعظمها

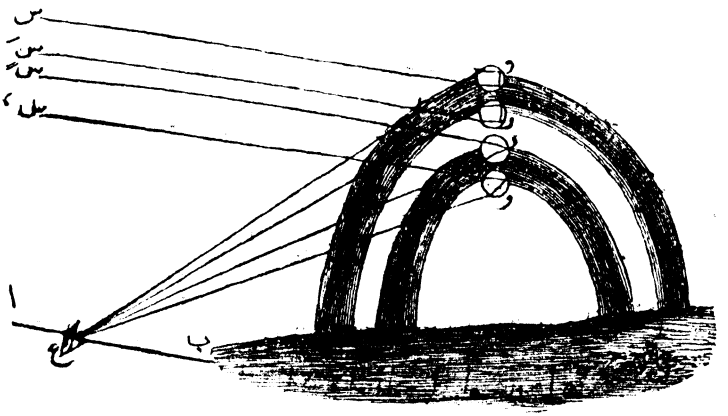
(٢٩٤) الوان عنق الحمام * هو تعدُّد الالوان وتغيُّرها بتغير موقع الناظر كما ترى في عرق اللؤلؤ وغيرهِ من الصَّدَف البرّاق. وسببهُ ان هذا الصَّدَف مؤلفٌ من صفائح رقيقة جدًّا متراكب بعضها على بعض بحيث تقصُر قليلاً حافةُ ما فوق عن حافة ما تحتهُ فيحصل من ذلك بين حافاتها خطوط عديدة متقاربة جدًّا. وعند وقوع النور عليها تتعارض اشعتهُ بين هذه الخطوط فتخلُّ وتبدو الوانها الباهية وبينها الفسحات السوداء كما تقدم في تعارض النور، وتظهر هذه الالوان على كل ما كان مخطَّطاً من السطوح خطوطاً كثيرة متقاربة كعرق اللؤلؤ. وقد حسبوا انهُ اذا خُطَّ على سطحٍ الفا خط في فسحة كل قيراطٍ مربَّع

منهُ بدت عليهِ الالوان المذكورة ولذلك يخطّطون طابعًا من الفولاذ من الفين الى عشرة آلاف خط في القيراط ثم يطبعون بهِ الحلى كالازرّة الذهبية ونحوها فتظهر ملوّنةً بهذه الالوان. ولذلك ايضًا يظهر ريش الطاووس وعنق الحمام واجنحة الذباب ونحوها ملوّنة بها. ولوضوحها في عنق الحمام سُمّيت بالاضافة اليهِ. ومثل عرق اللؤلؤ كلُّ ما كان ذا صفائح رقيقة جدًّا لا يزيد سمكها عن جزء من مليون من القيراط كصفائح الهواء الرقيقة التي بين شقوق الزجاج والحديد وكالزّبد الذي يطفو على وجه الماء الراكد والزيت على وجه الماء والكحول على الزجاج وفقاقيع الصابون. فان الوانها الباهية تحدث من غشاء رقيق من الماء يغلف بعض الهواء فمتى اصابتهُ اشعة النور تعارضت وابدت الوانًا مضيئة بينها فسحات مظلمة واضحة

(٣٩٤) تشرُّف النور * اذا وضعتَ ابرةً تجاه عينك ثم تطلّعت الى السماء من شباك رأيت امامك عدة ابرٍ. واذا وضعت نصلي سكينين الواحد بلصق الآخر ونظرت من خلالها الى الجو رأيت خطوطًا على غاية الجمال في ما بينهما. واذا نظرت الى الجو من وراء برقع او الى الضوء من وراء ريشة او من شقٍّ ضيّق في ورقةٍ او من وراء اهداب عينيك رأيت لهُ الوانًا باهية. فهذه كلها تحدث من تشرُّف النور * وسبب هذا التشرُّف هو انهُ اذا وقعت امواج الاثير على حافة الابرة او النصل او غيرها هزّت دقائق الاثير التي بجانبها فتعارض اهتزازات الاثير الواحد اهتزازات الاثير الآخر. فيحدث من تعارضها ما يشبه الشرَفات او الطُرَر

الملوَّنة على الاجسام . ومن ذلك الاصطلاح على تسمية هذا التعارض بتشرُّف النور

(٢٩٥) قوس قزَح * قوس قزح منطقةٌ مستديرةٌ ملوَّنةٌ بالوان الطيف الشمسيّ من الاحمر الى البنفسجيّ تنتصب في السماء مقابل الشمس عند وقوع المطر. وسببها انكسار ضوء الشمس الابيض وانعكاسهُ عن نقط المطر فيحلّلُ الى الوانهِ السبعة. وكثيرًا ما يُرَى قوسان معًا احداهما واضحة وهي الداخليَّة وتسمَّى القوس الاصليَّة والاخرى أخفى منها وهي الخارجيَّة وتسمَّى القوس الفرعيَّة وتخالف الاصليَّة في موقع الوانها فالاحمر في الاصليَّة فوق البقيَّة وفي الفرعيَّة تحتها



الشكل ١٧٩

(٢٩٦) القوس الاصلية * تحدث القوس الاصلية من انعكاس النور عن داخل نقطة المطر انعكاسةً واحدة فقط. فاذا فُرِضت الشمس في جهة س سَ

سَ سُ (الشكل ١٧٩) فعندما تصيب شعاعتها سَ راس نقطة المطر ر ينعكس بعضها عنها وينفذ البعض الآخر فيها . وهذا النافذ ينكسر الى جهة العمودي ويبقى سائرًا نحو اسفل النقطة حتى ينعكس عن جانبها المقابل ثم يخرج منها وينكسر الى ما فوق اسفلها. فبانكساره هذا يحلُّ فتبدو الوانهُ متفرّقة كما تبدو الوان الطيف الشمسي . ثم لنفرض ان عين الناظر ع موضوعة بحيث تلاقي الشعاعة الحمراء من نقطةٍ فلا ترى الاَّ اللون الاحمر من الوان تلك النقطة لان البقية تكون اعلى منهُ اذ هي اكثر منهُ انكسارًا (عد ٢٨٤). واما اللون البنفسجي فتراهُ العين في نقطةٍ اوطأ منها و. واما بقية الالوان فتراها في نقطٍ بين تينك النقطتين

(٢٩٧) القوس الفرعيَّة * تحدث القوس الفرعية من انعكاس الاشعة عن داخل نقط المطر انعكاستين كما ترى في رَ ووَ في الشكل المتقدّم . وذلك بان تقع الاشعة على اسفل النقطة فتنفذ فيها منكسرة الى الاعلى حتى تلاقي سطحها المقابل فتنعكس عنهُ الى فوق ثم تنعكس مرة ثانيةً عن اعلاهُ وترجع فتخرج من النقطة وتنكسر الى الاسفل حتى تلاقي عين الناظر ع. وعلى ما تقدّم ترى العين اللون البنفسجي في النقطة وَ واللون الاحمر في النقطة رَ وبقية الالوان في ما بينهما من النقط * ويتضح مما تقدّم سبب ظهور البنفسجي فوق الاحمر في القوس الفرعية بخلاف ما في القوس الاصلية. لانهُ في القوس الفرعية تنكسر الاشعة الى الاسفل بعد خروجها من النقط فالبنفسجي لمّا كان اكثر الالوان انكسارًا فشعاعتهُ لا تلاقي العين ما لم تأتِ من نقطةٍ اعلى من نقط بقية الالوان فيظهر فوق بقية الالوان[1]

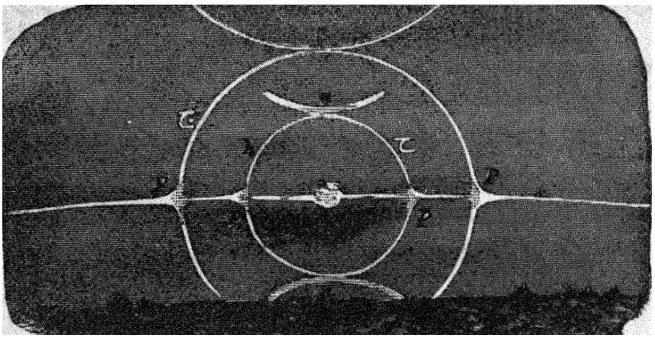
(٢٩٨) سبب استدارة قوس قزح * يظهر بالحساب ان الاشعة الحمراء متى نفذت نقط المطر في القوس الاصلية تجعل مع اشعة الشمس زاوية ٤٢° تقريبًا.

(١) قد تظهر قوس ثالثة في جهة الشمس من الناظر. وقد تظهر اقواس خفية داخل القوس الاصلية اضربنا عن ذكرها وتبيين اسبابها لعدم احتمال هذا المختصر لذلك

اي انهُ لو أُخرجت الشعاعة س ر على استقامتها وأُخرجت الشعاعة الآتية من ر الى ع على استقامتها حتى تلتقيا لكانت الزاوية التي تتكوَّن من ملتقاها نحو ٤٢°
ويظهر ان الزاوية التي تجعلها الشعاعة البنفسجيَّة مع شعاعة من الشمس نحو ٤٠°
وهاتان الزاويتان لا تتغيران البتة . فلو رسمنا خطًّا ا ب من عين الناظر الى الشمس واخرجناهُ من الطرف ب على استقامتهِ لمرَّ في مركز الدائرة التي تُحسَب قوس قزح قوسًا منها . ولذلك يُسمَّى محور القوسين . وهو موازٍ لاشعة الشمس دائمًا فاذا كانت الشمس في الافق كانت اشعتها ومحور القوسين موازية للافق فيكون مركز قوس قزح في الافق وتكون القوس نصف دائرة . ولنفرض انَّا ادرنا الشعاعة ع و حول محور القوسين ب ع بحيث تبقى الزاوية وع ب على حالها غير متغيِّرة فالنقطة و ترسم في الجو دائرة . وكل نقطة تقع في هذه الدائرة من نقط المطر تكون واقعة على الزاوية المطلوبة لوصول الاشعة البنفسجية منها الى العين ولا تصل هذه الاشعة الى العين من نقط ليست في تلك الدائرة . وكذلك اذا ادرنا الشعاعة ر ع حول ب ع رسمت النقطة ر في الجو دائرة تصل منها الاشعة الحمراء الى العين وقس بقية الالوان على ما تقدَّم . فلنا من ذلك اولاً . ان قوس قزح يلزم ان تكون مستديرة وهو ما اردنا بيانهُ . وثانيًا انهُ كلَّما ارتفعت الشمس في السماء انخفضت القوس نحو الافق وصغر الظاهر منها . وبالعكس كلما وطَّت الشمس . وثالثًا انهُ قد يمكن ان ترى قوس قزح دائرةً عن رؤوس الجبال الشامخة

(٢٩٩) الهالة * الهالة دارة القمر وتطلق هنا على دارة الشمس ايضًا وهي حلقة مستديرة حافتها الداخلية محمرَّة اللون وخارجها مبيضَّةٌ وقطرها من الوسط نحو ٢٢° . وهي لا تظهر الاَّ اذا كان حول الشمس او القمر غيوم رقيقة لبنيَّة اللون يظنُّ انها مؤلَّفةٌ من بلورات جليدية عائمة في الجو متعدِّدة الاشكال ابسطها شكل منشور مقطوع الزوايا بحيث يصير ذا خمسة اضلاع . وسببها انكسار النور في هذه المناشير . ترى في الشكل ١٨٠ صورة هالة ح نصف قطرها

٢٢° من الوسط وأخرى ج نصفها قطرها ٤٦° ويمرّ فيهما دائرة تسمّى دائرة الشمس الكاذبة ويتكوّن من التقائهما بتلك الدائرة نقط بيض مشرقة تسمّى الشموس



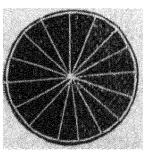
الشكل ١٨٠

الكاذبة. واذا كانت الهالة حول القمر سُمّيت الدائرة دائرة القمر الكاذبة والنقط الاقمار الكاذبة. والمعتاد ان هذه تظهر في الاعراض العليا

الفصل الخامس

في استقطاب النور

(٣٠٠) استقطاب النور * لو امكن للناظر ان ينظر الى طرف شعاعةٍ من النور كما ينظر الى طرف العصا لكان يرى دقائق الاثير تتموّج في جهة كل اقطار الدائرة التي تتكوّن من طرف الشعاعة (الشكل ١٨١) معارضةً في جهة تموّجها لجهة الشعاعة في سيرها



الشكل ١٨١

فاذا حللنا جهة كل قطر من تلك الاقطار الى جهتين احداهما

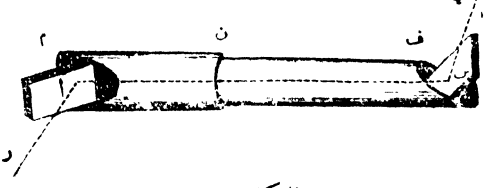
عمودية على الأُخرى كما مرَّ معنا في حلّ القوات (عد ٧٨) كان الخارج من حلها كلها جهتين احداهما عمودية على الاخرى كما ترى في الشكل ١٨٢ . فاذا امتُصَّت امواج جهة من هاتين الجهتين امتصاصًا كليًّا او جزئيًّا وبقي نور امواج الجهة الاخرى على حالهِ



الشكل ١٨٢

بطريقةٍ من الطرق سُمِّيَ هذا النور النور المُستَقطَب . وللاستقطاب طرقٌ شتى كما سترى

(٤٠١) الاستقطاب بالانعكاس * ادخل انبوبةً ف ن (الشكل ١٨٣) بحيث تدور في انبوبةٍ أُخرى م ن وركّب على فوهتيها قطعتين من الزجاج الملوَّن ا وس بمنصّلات حتى تمال كلٌّ منهما على محور الانبوبتين بقدر ما يراد . فاذا أَمَلنا كلاًّ منهما حتى يصير ما بينها

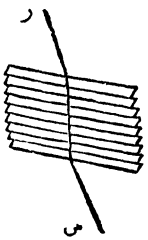


الشكل ١٨٣

وبين محور الانبوبتين ٤٣ درجة ثم وضعنا مصباحًا تجاه ا بحيث ان الاشعة الواقعة منهُ عليها تميل عليها ٥٧ درجة فهذه الاشعة تنعكس عن ا وتقع على س مارَّةً في الانبوبة م ن ف . وحينئذٍ اذا كان سطح وقوع الاشعة على س وهو اس ي مطابقًا لسطح وقوعها على ا وهو را س انعكست عن س مشرقةً كثافتها كحبل

من النور الاعتيادي . ثم اذا أُديرت ن ف اخذت كثافة الاشعة في التناقص حتى اذا صار سطح وقوع الاشعة على س عموديًا على سطح وقوعها على ا كما ترى في الشكل بلغ التناقص غايتهُ وقلَّ اشراق الاشعة او تلاشى . واذا أُديرت ن ف ايضًا تزايد الاشراق حتى يبلغ غايتهُ عند دوران س نصف دائرة وتناقص حتى يبلغ غايتهُ عند رجوعها الى ما كانت عليهِ اوَّلًا . وتسمَّى هذه الآلة البُولَارِسْكُوب ويسمَّى ا المستقطِب وس المحلِّل والنور المنعكس عن ا نورًا مُستقطبًا

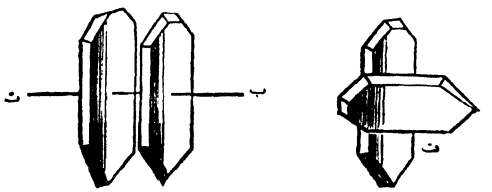
ويتضح تعليل هذا الاستقطاب كما ياتي : لنفرض ان دقائق الاثير في الشعاعة الواقعة على المستقطب ا تموَّج في دائرة افقية وفي دائرة سمتية عمودية عليها (عد ٣٠٠) فاذا كان سطح الوقوع على ا افقيًا ابطل التموُّجات الافقية من الشعاعة واطفأ نورها واما التموُّجات السمتية فتبقى على حالها . ثم اذا كان سطح الوقوع على المحلِّل س مطابقًا لسطح الوقوع على ا لم يقلِّل كثافة الشعاعة لانهُ لا يطفئ الَّا ما اطفأهُ ا قبلهُ . واما اذا أُدير س حتى صار سطح الوقوع عليهِ عموديًا على سطح الوقوع على ا فيبطل التموُّجات السمتية ايضًا من الشعاعة ويطفئ ما بقي من نورها . هذا اذا كان ا وس مستقطبين تامَّين والَّا يطفئا بعض نور الشعاعة ويتركا بعضهُ على ما هو . وكذا يقال في تعليل باقي ما تقدم * هذا ولا بدَّ للنور ان يستقطب كليًا او جزئيًا بعد انعكاسهِ . ويكون استقطابهُ بعد انعكاسهِ عن الزجاج على أتمِّهِ اذا كانت زاوية ميلهِ عليهِ ٥٧° ولا يستقطب الَّا قليلًا بعد انعكاسهِ عن المعادن



الشكل ١٨٣

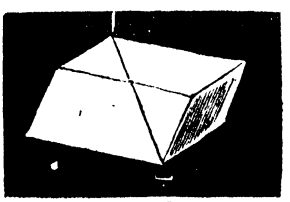
(٣٠٢) الاستقطاب بالانكسار * اذا نُضِد ٢٠ لوحًا من الزجاج نَضَدًا واحدًا (الشكل ١٨٣) ونزلت عليهِ الاشعة من ر فلا تنفذهُ الى س الَّا وقد استقطبت كما يستقطب النور المنعكس . غير ان اماكن الكثافة في نورها تكون بعكس ما تكون في النور المنعكس فحيثما كانت الكثافة في هذا على

اقلها كانت في ذاك على اعظمها. وتعليلهُ: ان كل سطح من سطوح هذا النضد يعكس بعض النور حتى تُبطل اخيرًا من الشعاعة المنعكسة كلُّ الامواج التي تتموّج في سطح الوقوع وتبقى كل الامواج التي تتموّج في سطح عموديٍّ على سطح الوقوع. بعكس الشعاعة التي تنفذ النضد فان هذه تبطل امواجها التي تتموّج في سطحٍ عموديٍّ على سطح الوقوع وتبقى المتموّجة في سطح الوقوع . فيكون استقطابها في سطح عموديٍّ على استقطاب الشعاعة المنعكسة



الشكل ١٨٤

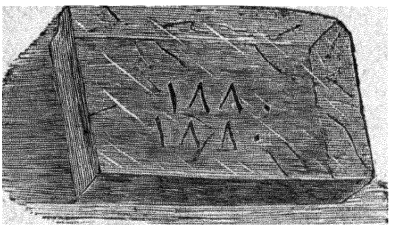
(٢٠٣) الاستقطاب بالامتصاص* ضع بلّورةً من التُرْمَلِين ب (الشكل ١٨٤) على موازاة أُخرى ت بحيث يوافق محور احداها محور الأُخرى فالشعاعة التي تقع على احداها تُمتصُّ امواجها العمودية على محور البلورة وتنفذ امواجها الموازية للمحور منها ومن البلورة الأُخرى. فيستقطب النور بالواحدة كما يستقطب بالثنتين . ثم ضع احداها عموديةً على الأُخرى كما ترى عند ث فالامواج التي تنفذ الواحدة تمتصها الأُخرى فتطفئُ الشعاعة. ولذلك تصلح هاتان البلورتان لاستقطاب النور ولتحليلهِ فيُعرَف اذا كان مستقطبًا او غير مستقطبٍ



الشكل ١٨٥

(٢٠٤) الاستقطاب بالانكسار المزدوج* اذا مرّت شعاعةُ نورٍ من بلورةٍ من بلورات الحجر الأَيسلَندِي ولم تكن موازية لمحورها ا ب (الشكل ١٨٥) انفلقت فيها الى اثنتين احداها خاضعة لنواميس الانكسار وتُسمَّى الاعتيادية والاخرى غير خاضعة لبعضها وتُسمى غير الاعتيادية. ولذلك اذا نظرنا

شبحًا بهذه البلورة رأيناهُ مزدوجًا ما لم يكن في جهة توازي محورها. واذا وضعناها على نقطةٍ ثم ادرناها شيئًا فشيئًا رأينا النقطة نقطتين احداها تدور حول الأُخرى. واذا وضعناها على ارقامٍ رأيناها مزدوجة كما ترى في الشكل ١٨٦. فهذا هو الانكسار المزدوج ثم ان كلًّا من الشعاعين الاعتيادية وغير الاعتيادية مستقطبة لان امواجها تتموّج في جهة واحدة فقط الّا ان امواج الواحدة عمودية على امواج الاخرى. هذا وينكسر النور انكسارًا مزدوجًا في كثير من الاجسام الشفافة ويمكن ان يُصنَع الزجاج بالاحماء والضغط حتى يكسر النور كذلك. وللاستقطاب اشكالٌ شتّى عدلنا عن ذكرها لضيق المقام



الشكل ١٨٦

(٢٠٥) منشور نِكُل * هو آلة مصنوعة من الحجر الايسلندي بها ينكسر النور انكسارًا مزدوجًا فيقطع الشعاعة الاعتيادية عن النظر ويظهر غير الاعتيادية. ولذلك نرى بهِ الصورة غير الاعتيادية فقط من الصورتين اللتين يظهر الشبح بهما

(٢٠٦) منافع النور المستقطب * اعظم مانع يمنعنا من رؤية الاشباح التي تحت سطح الماء انعكاس الاشعة عنهُ الى عيوننا. فاذا استعمل منشور نكل في نظارة مائية فقد يقطع القسم المستقطب من النور المنعكس عن الماء ويؤذن برؤية ما تحتهُ من الاشباح الى عمقٍ عظيم. وبذلك يحسن الصيادون ايضًا طعن الاسماك بالحراب. ومن منافعهِ ان المصوّرين الذين يبتغون رؤية الصور والنقوش قد يمنعهم لمعانها من ذلك فاذا نظروها بمنشور نِكُل رأوها واضحة. ومنافعهُ عظيمة في الابحاث الميكرُسكوبية وفي الكيمياء وعلم الهيئة والجوّ

واكثر العلوم الطبيعية . قيل ان الكيميين يكشفون بهِ جزءًا من ثلثة عشر الف الف جزء من كرام من الصودا اذا وجدت في جسم آخر ويميّزونها عن البوتاسا وغيرها من القلويات . والفلكيون يعرفون بهِ ان السيارات تضيء بنور الشمس والثوابت بنورها . والفيسيولوجيون وغيرهم يفحصون بهِ البلورات التي في جسد الانسان وغيره من الكائنات الحية فيعرفون مادتها من نورها المستقطب . فبلورات سكر العنب مثلاً تحرف سطح الاستقطاب الى اليمين وبلورات سكر الاثمار تحرفهُ الى اليسار وعلى ذلك تستعمل دولة فرنسا آلة مستقطبة لمعرفة نوع السكر الوارد الى بلادها . وقس على ما ذُكر فوائد عديدة لم تُذكر

الفصل السادس

في الخطاء الكرويّ والخطاء اللونيّ

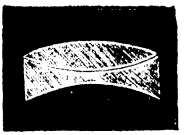
(٣٠٧) الخطاء الكرويّ * ان العدسيات لا تؤدّي الى العين صورة جليَّة لسببين الاول الخطاء الكرويّ والثاني الخطاء اللونيّ . فالخطاء الكروي هو كون العدسية لا تجمع كلّ الاشعة الى بؤرة واحدة لان الاشعة التي تقع على حافاتها تنكسر اكثر من التي تقع على وسطها . ولذلك تجتمع في بؤرة اقرب اليها من البؤرة التي تجتمع فيها الاشعة المنكسرة في الوسط . فلا تظهر صورة المرئيّ واضحة في كل اقسامها . ويُصلَح هذا الخطاء بان يُوضَع على حافاتها جسمٌ ظليلٌ لا ينفذهُ النور ويُترَك وسطها مكشوفًا حتى تنفذها الاشعة

المركزية فقط. ولما كان هذا الخطاء يحصل من زيادة انكسار النور على حافات العدسية وقلتهِ في وسطها يمكن التخلُّص منهُ ايضًا بجعل وسط العدسية كثير التحدُّب وتقليل هذا التحدُّب شيئًا فشيئًا من الوسط الى الحافات فيتساوى مقدار انكسار الاشعة في كل قسمٍ من العدسيَّة

(٣٠٨) الخطاء اللونيُّ * هو كون العدسيَّة تري المرئي ملوَّنًا من حواشيهِ بالوان قوس قُزَح فتقلّل وضوحهُ وتتعب الباصرة. وسببهُ تفاوت الوان النور في الانكسار فالاشعَّة البنفسجيَّة اكثر الاشعة انكسارًا ولذلك تجتمع في بؤرة قريبة من العدسيَّة واما البواقي فتجتمع في بؤراتٍ ابعد منها عنها بحسب قلَّة انكسارها. فتبدو الالوان كما تبدو بالمنشور ولذلك يحصل الخطاء اللونيُّ ولو أُصلح الخطاء الكرويُّ. ويُصلح الخطاء اللونيُّ بوضع عدسيَّة أُخرى مع الأُولى اضعف منها على تكسير النور ولكن اقوى منها على تفريق الوانهِ. فتفرّق الالوان خلاف ما تفرِّقها العدسيَّة الاولى وبذلك تردها الى لونها الابيض وتبقي الاشعَّة منكسرةً بعض الانكسار لتكبير الاشباح او لتقريبها كما سياتي

ضع عدسية مزدوجة التحديب من الزجاج الإكليليّ في عدسيَّةٍ مزدوجة التقعير من الزجاج الصوانيّ. فالزجاج الصوانيُّ اقوى على تفريق الوان الطيف من الاكليليّ ولذلك متى نفذت اشعة النور العدسية المزدوجة التحديب وانحلّت

الوانها مفترقًا بعضها عن بعض بسبب الخطاء اللوني تفرّقها العدسية المزدوجة التقعير ايضًا ولكن بخلاف تفريق المزدوجة التحديب لها فتجمع كلّ الوانها الى بقعةٍ واحدة وتردُّ نورها ابيض. واما كيفية وضع العدسية المزدوجة التحديب في المزدوجة التقعير لاصلاح الخطاء اللوني فتظهر في الشكل ١٨٧ وتسمّى عدسيةً كهنيّة عدسيةً أكرُمَتِك اي عديمة اللون



الشكل ١٨٧

الفصل السابع

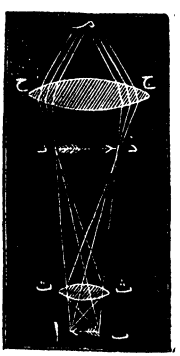
في الآلات البصريّة

(٣٠٩) الآلات البصرية * هي كلُّ اداةٍ تستعين بها العين على النظر سواءٌ تألّفت من عدسيّات او مناشير او مرايا او عدسيّات ومناشير ومرايا معًا. وهي لكثيرين من الناس بمنزلة حاسّة سادسةٍ من الحواس بها يكبّرون اصغر الاشياء ويقرّبون ابعدها ويكشفون اخفاها الى غير ذلك ممّا لم يكن يتيسر للبشر التمتّع بهِ لولاها. ولذلك كانت كبيرة الفائدة عظيمة الاعتبار. وقد تفنّنوا فيها تفنُّنًا غريبًا حتى كثرت اشكالها جدًّا. وكلها تندرج تحت ثلثة اقسامٍ وهي ميكرُسكوب او منظار الصغائر بهِ تكبَّر المرئيات التي لصغرها لا تراها العين وتلِسكوب او منظار البعيدات بهِ ترى

العين الاشباح البعيدة سماوية كانت او ارضية. والآلات شتَّى لالقاء صورِ الاشباح مكبَّرة او مصغَّرة على حجاب او نحوهِ تسهيلاً لتصويرها او كشف دقائقها او لتسلية الناظرين اليها كالخزانة النيِّرة والمظلمة والفانوس السحري ونحو ذلك . وعلى هذه الاقسام الثلثة مدار الكلام في هذا الفصل

واعلم ان القسمين الاوَّلين قلما تخلو منهما آلة من عدسيتين على الاقل الواحدة يقع النور عليها من الشبح وتسمَّى بلَّورة الشبح والأُخرى تنظر بها العين الصورة التي ترسمها بلَّورة الشبح وتسمَّى بلورة العين. الَّا انهُ قد يعاض عن بلورة الشبح بمرآةٍ وقد يُستغنَى عن العدسيتين بواحدةٍ كما سترى في النظارة العاكسة والميكرُسكوب البسيط ان شاء الله

(٢١٠) الميكرُسكوب * الميكرُسكوب إمَّا بسيطٌ وهو ما كان لهُ عدسيةٌ واحدةٌ مزدوجة التحديب وإما مركَّبٌ وهو ما تركَّب من عدسيَّتين على الاقل.

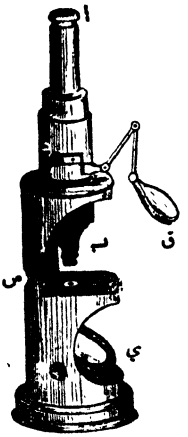


الشكل ١٨٨

أَما البسيط فتوضع عدسيتهُ غالبًا في حلقة من المعدن او من قرن الحيوان او العاج. واكثر من يستعملهُ الشيوخ والنقَّاشون والمصوّرون وغيرهم ممن لا يقتضي لهم ان يبالغوا في التدقيق . وأَمَّا المركَّب فاخصُّ اجزائهِ عدسيتان محدَّبتان احداها ت ث (الشكل ١٨٨) وهي بلَّورة الشبح والأُخرى ج ح وهي بلورة العين. فاذا أُريد النظر بهِ الى شبحٍ صغيرٍ كالشبح ا ب جُعِل بعدهُ عن بلورة الشبح اعظم قليلاً من بُعد بؤرتها الاصلية عنها

بحيث تكبر[1] صورتهُ وتنقلب مثل د ذ. وتُوضَع بلورة العين بحيث تقع الصورة د ذ اقرب اليها من بؤرتها الرئيسة فتكبر عمَّا هي عليهِ (عد ٢٧٨) وتراها العين من م مكبَّرةً.

ترى صورة الميكرسكوب المركب في الشكل ١٨٩ فان ا ب انبوبة فيها بلورة الشيء وبلورة العين وس عمود مرتكزة عليهِ ود لولب تُرفَع وتخفض بهِ لاجل احكام البؤرة. وي مرآة تعكس الضوء الى الشيء الذي تحت بلورة الشيء ليظهر جليًّا اذا كان شفَّافًا ينفذهُ النور. وق عدسية محدَّبة تجمع الاشعة على الشيء فتنيرهُ بدلاً من المرآة اذا كان ظليلاً



الشكل ١٨٩

فاذا كبَّر الميكرسكوب قطر الشيء مئة مرَّة او مئتين الخ. قيل ان قوتهُ مئة قطر او مئتان الخ. والشيء الذي يكبر قطرهُ مئة مرَّة يكبر سطحهُ ١٠٠٢ اي ١٠٠٠٠ مرَّة. ويصلح الخطاء الكرويُّ من الميكرسكوب المركب بجعل بلورة الشيء منهُ صغيرةً جدًّا

(٢١١) اختراع الميكرسكوب ومنافعهُ * لم يخترع الى غرَّة القرن السابع عشر ومخترعهُ مجهول وربما لم يكن لهُ مخترع واحد بل بلغ ما هو عليهِ الآن تدريجًا. واما منافعهُ فعديدة: بهِ اكتشف علماء النبات النسيج الخلوي في النبات ودوران العصار فيهِ ووظيفة اوراقهِ. وبهِ اكتشف علماء الحيوان اكتشافات جمَّة منها ان في القطرة من الماء الراكد الوف الوفٍ من الحيوانات المتعددة الاصناف والانواع وان العَفَن مؤلَّف من نبات القطر كما تألَّف الغابة من القصب. ولهُ اعتبار عظيم عند الذين يتعاطون بالاقمشة فانهم يميِّزون بهِ نسيجها

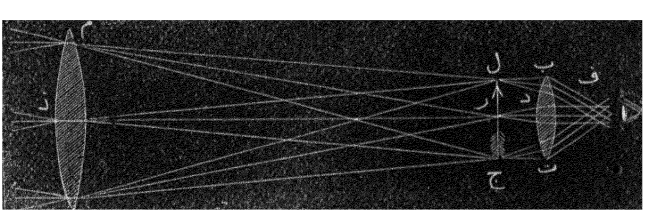
(١) ذكرنا عد ٢٧٨ انهُ اذا كان الشيء ابعد من البؤرة الرئيسة عن العدسية ظهرت صورتهُ مقلوبةً وصغيرة الحجم. واقتصرنا على ذلك تسهيلاً للتلميذ. والصحيح ان الصورة قد تكون ايضًا اكبر من الشيء كما اذا كان الشيء قريبًا من البؤرة الرئيسة وقد تكون مساوية لهُ

ويعرفون صحيحهُ من فاسدهِ وخالصهُ من مغشوشهِ. ويسمّى ما لا يرى الاّ بالميكرسكوب ميكرسكوبيًّا

(٢١٣) التِّلِسْكُوب * هي نوعان كاسرة وعاكسة والفرق بينهما ان الكاسرة يكون للشيح فيها بلورة محدَّبة والعاكسة يكون لهُ فيها مرآة مقعرة

والظاهر ان التلسكوب كُشِفت اتفاقًا ككثير من المكتشفات العظيمة. يُروَى ان اولاد رجلٍ فلمنكيٍّ كانوا ينظرون بعدسيَّاتٍ الى برج كنيسةٍ امامهم فاتَّفق ان ولدًا منهم وضع عدسية محدَّبةً في مقعَّرةٍ ونظر بها الى عَلَم الريح على البرج فرآهُ كبيرًا وقريبًا منهُ. فاخبر والدهُ مندهشًا فاعاد والدهُ ذلك مرارًا ثم وضع عدسيتين في انبوبين ينزل احدهما في الآخر فصنع التلسكوب. ثم قام غَلِلْيُو الفلكيُّ الشهير واستعمل التلسكوب في رصد الاجرام السماوية فشاع استعمالها في رصد النجوم

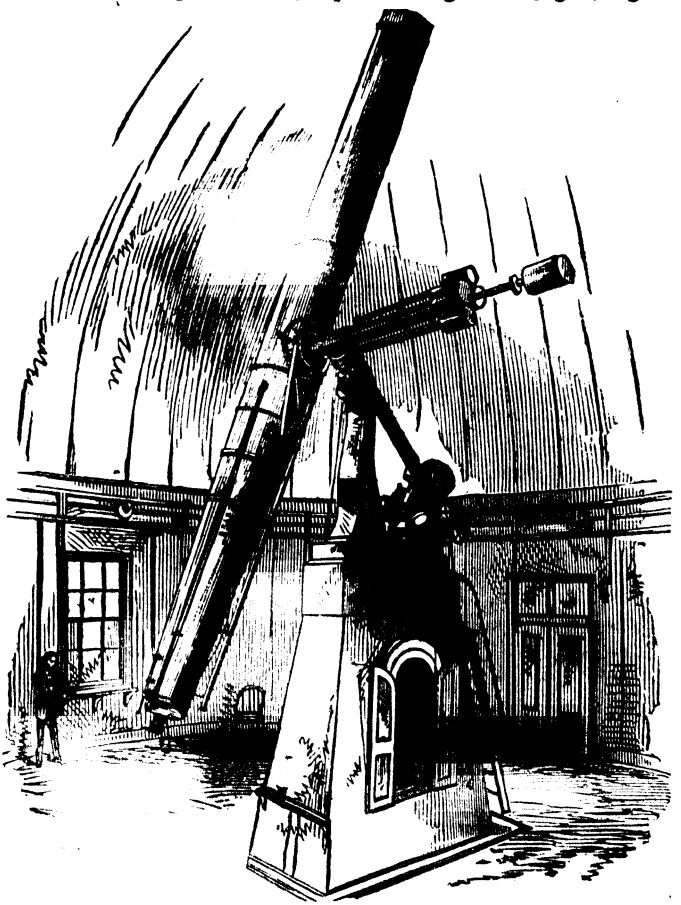
(٢١٤) التلسكوب الكاسرة الفلكيَّة * هي ابسط انواع النظارة الكاسرة اخصُّ اجزائها بلورة الشيح م ن (الشكل ١٩٠) وبلورة العين ب ت . فالأُولى ترسم صورة الجرم السماوي مقلوبة وصغيرة مثل ل ج . والثانية تكبّر الصورة بقدر ما يراد ونتألّف من اكثر من بلورةٍ واحدةٍ في النظارات القوية



الشكل ١٩٠

كلما زاد قطر بلورة الشيح زاد النور على صورته وامكن ان يزاد تكبيرها.

وتكبيرها يزداد كلما قلّ تحدُّب بلّورة الشيح وزاد تحدُّب بلورة العين . ويتوقّف وضوح الصورة على خلوص البلّورة من الخطاء الكرويّ واللونيّ وعلى اتقان نحتها وصقلها وكونها متساوية الكثافة في كل اجزائها . ولذلك تزداد صعوبة



الشكل ١٩١

اتقان البلورة بزيادة كبرها. ترى في الشكل ١٩١ صورة النظارة الكاسرة في وَشِنْطُون قطر بلورة الشيح فيها ٤٢ قيراطاً

(٣١٤) التلسكوب الكاسرة الارضية * لا فرق بين التلسكوب الفلكية

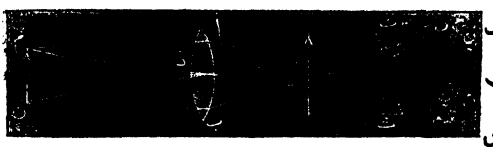
والارضية في المبدإ ولكنهم لا يبالون في الفلكية بكون الصورة مقلوبة او مقوّمة اذ الكواكب كرات والكرات لا يُستغرَب منظر صورها مقلوبةً كانت او مقوّمة. فلذلك يقتصرون فيها على بلورة الشيج وبلورة العين فراراً من كثرة التركيب وصعوبة الاتقان. واما في الارضية فيقتضي ان تكون الاشياج مقومة والاّ تلتبس رؤيتها على الناظر ولذلك يزاد فيها بلورات أُخرى بين بلورتي الشيج والعين



الشكل ١٩٣

ترى صورة اجزاء التلسكوب الارضية في الشكل ١٩٣ م ن الشيج وا ن بلورتهُ ومَ نَ صورتهُ مقلوبة وذ د بلورة العين الأُولى وهي تجمع الاشعة عند ل. ولو وُضِعت العين عند ل لبانت الصورة مقلوبة كما في التلسكوب الفلكية. ولكنّ بلورة العين الثانية ي ف تردّ هذه الصورة المقلوبة مقوّمة مثل مَ نَ. وت ث بلورة العين الثالثة تجمع اشعة هذه الصورة المقوّمة في بؤرة حيث توضع العين فتراها مكبّرةً

(٣١٥) تلسكوب غَلِليو* لا فرق بينها وبين التلسكوب الفلكية الاّ بكون بلورة العين فيها عدسية مقعّرة. ويتضح تفصيلها من الشكل ١٩٤ م ن الشيج وا ب بلورتهُ مزدوجة التحديب وت ث بلورة العين مزدوجة التقعير. فلو كانت بلورة الشيج وحدها

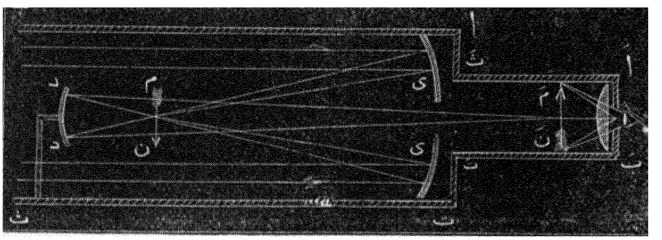


الشكل ١٩٤

ارسمت صورتهُ مقلوبة في بؤرتها كما ترى عند مَ نَ واما هنا فقبل ان تصل اشعتهُ الى بؤرتها تقع على البلورة المزدوجة التقعير فتنفرج بها كما ترى عند مَ نَ فتراها العين مقوّمةً مكبرةً كالسهم بين البلورة المحدّبة والبلورة المقعرة في الشكل

ولهذه النظارة مزيّة بصغرها فيسهل حملها وبكونها لا تمتصُّ من النور الاّ قليلاً لقلة عدسيانها. ولكنها لا تكشف من ساحة النظر الاّ بقعةً صغيرةً لانّ الاشعة النافذة بلورة العين تنفرج كثيرًا فلا يدخل العين منها الاّ الوسطى. ولذلك كان اكثر استعمالها في روْية الاشباح الارضية ولا سيما في المراسح

(٢١٦) التلسكوب العاكسة * التلسكوب العاكسة اقدم عهدًا من الكاسرة واكثر منها انواعًا واشهر انواعها اربعة تلسكوب كريكري وتلسكوب نيوتن وتلسكوب هرشل وتلسكوب كسكرين



الشكل ١٩٤

ترى تفصيل تلسكوب كريكري في الشكل ١٩٤ : ي ي مرآة الشبح مقعّرة ومثقوبة من وسطها فبعد وقوع الاشعة من النجم عليها تنعكس وترسم له صورةً مقلوبةً م ن عند بؤرتها الرئيسة. وبعد ان تتقاطع عند هذه الصورة تقع على المرآة د د. وبؤرة هذه المرآة اقرب اليها من الصورة م ن ولذلك تنعكس الاشعة عنها وترسم مَ نَ صورةً مقلوبةً بالنسبة الى م ن ومقومة بالنسبة الى الشبح وابعد من مركز تقعير المرآة د د (عد ٢٦٦) وذلك بعد ما تمرُّ من ثقب المرآة ي ي. فتكبّر العين هذه الصورة بواسطة البلورة آ بَ

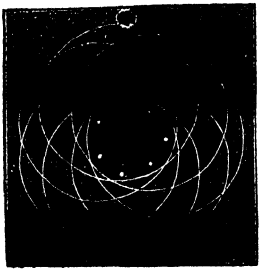
والشائع الآن في الاستعمال نظارة نيوتن. وفيها تكون مرآة الشبح غير مثقوبة فتنعكس الاشعة عنها الى مرآةٍ أُخرى صغيرة موضوعة مائلة مقابلها بحيث تعكس الاشعة الى انبوبة في جنب انبوبة مرآة الشبح. وفي هذه الانبوبة بلورة العين مؤلّفة من عدة بلورات فتكبّر بها العين الصورة * هذا وكانوا قديمًا يصنعون

المرايا من المعدن ولصعوبة تقعيرها على ما يراد كادوا يهملون استعمالها حتى اكتشف العلاَّمة فوكول طريقة بسيطة لتفضيض الزجاج مع بقاء سطحهِ صقيلاً فتسهَّل اصطناع المرايا من الزجاج وتفضيضها وشاع استعمالها . واكبر نظارة عاكسة نظارة اللورد رُص قطر مرآتها ست اقدام وبعد البؤرة عن المرآة فيها ٥٤ قدماً ووزن المرآة نحو ١٦ قنطاراً

(٢١٧) فائدة التلسكوب * كلما بعدت المرئيَّات عن العين قلَّ وضوحها لان نورها يقلُّ بزيادة مربَّع بعدها فبلَّورة الشبح او المرآة المقعرة لاتساع سطحها تجمع من النور اكثر كثيراً ممَّا يجمعهُ بؤبؤ العين. وبلورة العين تكبِّر صورة الشبح التي ترسمها بلورة الشبح او المرآة المقعرة فتنظر العين الاشباح البعيدة بها كانها قريبة منها

(٢١٨) دخول النور من ثقب * اذا دخل ضوء الشمس من ثقبٍ صغيرٍ في حائطِ غرفةٍ مظلمة صنع للشمس صورة مقلوبةً مستديرة على الحائط المقابل مهما كان شكل ذلك الثقب

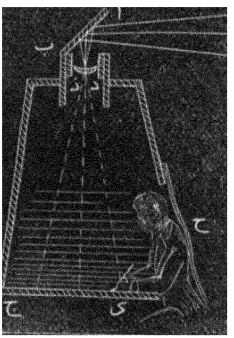
اما سبب انقلاب الصورة فهو تقاطع الاشعة في الثقب. واما سبب استدارتها فهو لانهُ ان كان الثقب مستديرًا فالصورة تكون بالضرورة مستديرة وان كان غير مستدير فهو بمنزلة ثقوبٍ مستديرة عديدةٍ جدًّا مجتمعة معًا في ذلك الشكل . فكل ثقبٍ منها يصنع صورة مستديرة ومن اختلاط هذه الصور العديدة بعضها ببعض تحصل صورة واحدة مستديرة تحدُّها خطوط منحنية لا تحصى كما ترى في الشكل ١٩٥. وعلى ذلك تقع صور الشمس مستديرة على الارض بمرور شعاعها من خلال اوراق الاشجار



الشكل ١٩٥

. غير أنَّ الصورة لا تكون مستديرة الاَّ اذا كان الثقب صغيرًا والحاجز الذي تصنع الصورة عليهِ موازيًا لهُ وبعيدًا عنهُ . فان لم يكن موازيًا لهُ ظهرت الصورة اهليلجيَّة وان كان قريبًا منهُ ظهرت على شكل الثقب وكذلك ان كان الثقب كبيرًا

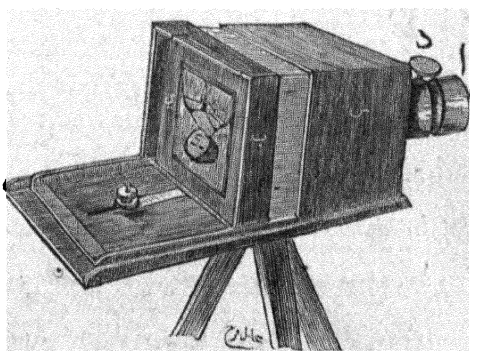
(٢١٩) الخزانة المظلمة * اذا ثقبنا جدار خزانة مظلمة ثقبًا صغيرًا فكل شيج ينعكس النور عنهُ ويدخل من ذلك الثقب تظهر صورتهُ مقلوبة على الجدار المقابل وملونة بكل الوانهِ مهما كان شكل الثقب. واذا وُضِعَت عدسية مزدوجة التحديب في الثقب ووُضع حاجز ابيض في بؤرتها زادت الصورة جلاءً عليهِ حتى انها اذا قوِّمت استُغني بالنظر اليها عن النظر الى اشباحها وامكن الانسان ان يرسمها على الحاجز ولو جهل الرسم والتصوير



الشكل ١٩٦

وتقوَّم هذه الصورة كما ياتي : تُوضَع المرآة المستوية ا ب (الشكل ١٩٦) تجاه الاشباح فتعكس صورها على العدسية د ذ وهذه تلقيها على الحاجز ي ج مقوَّمة امام من يريد رسمها

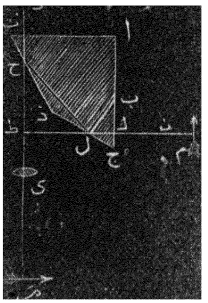
(٢٢٠) الفوتوغرافيا * الفوتوغرافيا التصوير بالشمس ويكون ذلك بواسطة الخزانة المظلمة على ما ياتي : يقف الشخص مقابل العدسية المزدوجة التحديب ا ب (الشكل ١٩٧) فتقع صورتهُ مقلوبةً على لوح من الزجاج ي في بروازٍ ب يُوضع جدارًا للخزانة المظلمة س . ويدير المصوِّر لولبًا د لتقع بؤرة العدسية على لوح



الشكل ١٩٧

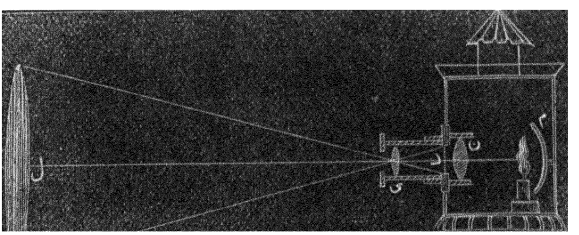
الزجاج وتجلي الصورة ثم يبدل اللوح بلوحٍ اخر مغشًّى بزيج كيماويٍّ تؤثّر فيهِ الاشعة الكيماوية من ضوء الشمس. فتصوَّر صورة الشخص عليهِ وتسمَّى صورتهُ هذه السلبية ثم تنقل عنهُ الى الورق فتقوَّم وتسمَّى الايجابية

(٤٢١) الخزانة النيرة * هذه ايضًا تُستعمل لرسم الصور الطبيعية. اجزاؤُها الجوهرية منشور ذ واربعة اجناب زواياهُ مصنوعة على شكل ان الشعاع الافقية ن ل (الشكل ١٩٨) متى وقعت من الشيح م على السطح ج ذ تنعكس عنهُ من ل الى ح في السطح ذ ت ثم من ح الى السطح ا ت فتنفذهُ كما ترى عند د. فتوضع العين عند د فترى صورتهُ عند مَ. واذا وُضع هذا المنشور بحيث تنفذهُ الاشعة وتقع على العين وهي عند الزاوية ت رأَت العين الصورة والحاجز الملقاة عليهِ فترسمها عليهِ



الشكل ١٩٨

(٤٢٢) الفانوس السحريُّ * هو آلةٌ تري الصور المرسومة على جسمٍ شفاف مكبرةً. وهو مؤلَّف من علبةٍ فيها مرآة مقعرةٌ صقيلة م (الشكل ١٩٩) تعكس



الشكل ١٩٩

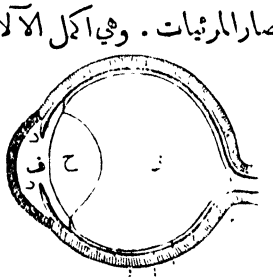
شعاع النور الذي قدامها على العدسة ن. وهذه تكثّفهُ على الصورة د التي توضع مقلوبةً قدامها. فتكبّر العدسة ي صورة هذه الصورة وتلقيها على الحاجز ل في بؤرتها المنضمّة فتظهر واضحة مكبرةً

اخترع الفانوس السحري يسوعيٌّ اسمهُ كِرْشَر منذ نحو مئتي سنة وقد تفننوا كثيرًا فيهِ فمنهُ نوع تتحرَّك فيهِ العدسيَّة ي فتقرب تارةً الى اللوح المصوَّر د فتكبِّر صورتهُ ل وتبعد عنهُ أُخرى فتصغّرها. فاذا كان المصوَّر عليهِ هيكلاً من العظام وكبرت صورتهُ وصغرت بما تقدم وبتقريب الفانوس وتبعيدهِ عن الستار المبسوط امامهُ خال الناظران الهيكل يقترب منهُ ويبتعد عنهُ كأنهُ حيٌّ. وهذا ما يسمُّونهُ بالفَنْتَسْمَغُورِيا اي مجمع الاخيلة * وقد يستعملون فانوسين سحريين معًا ويضعون فيهما صورتين لشيخ واحدٍ في حالين من احوالهِ كصورة بركان يقذف الدخان من فوهتهِ نهارًا وصورتهِ يقذف النار والحمَم ليلاً فيظهرون صورتهُ الأُولى ثم يغلقون عليها ويظهرون صورتهُ الثانية. فيخال الناظر انهُ يرى البركان على اختلاف مناظرهِ ليلاً ونهارًا. وعلى ما تقدم يظهرون القمر طالعًا بعد غروب الشمس والبحر هائجًا بعد السكون والجوَّ مضطربًا بعد الصحو. وهذه الآلة تسمَّى الدِّيُوراما اي المتعدِّدة المناظر

الفصل السابع

في العين والبصر

(٢٢٤) العين * العين آلة النفس لابصار المرئيات. وهي اكمل الآلات البصرية اتقانًا لانهُ قلما يعتريها الخطاء الكرويُّ او اللونيُّ ولانها تحكم نفسها بنفسها لتبصر المرئيات جليًّا. وتستقطبُ النور اذا مرَّت عليهِ * وهي موضوعةٌ في تجويف من العظم يسمَّى المحجاج ومؤلفة من ثلث طبقات وثلث رطوبات. فالطبقات اوَّلها الصلبة ا

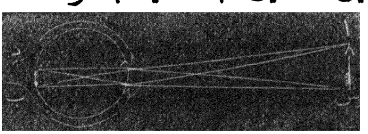


الشكل ٢٠٠

(الشكل ٢٠٠) وهي غشاء ابيض متين ظليل يحيط بباقي الطبقات. الّا ان في مقدّمهِ قطعةً شفافةً ي كزجاجة الساعة في شكلها ونازلة فيهِ كما تنزل زجاجة الساعة في حلقتها. وهذه القطعة تسمّى القرنية. وثانيها المشيمية ب وهي ناعمة كالمخمل سوداء اللون فتمتصُّ النور ومتوسّطة بين الصلبة والشبكيّة. وثالثها الشبكية س وهي مكوّنة من انبساط العصب البصريّ الذي ينشأُ من الدماغ ويدخل العين من مؤخرها

والرُّطوبات اولها المائية وهي سائل صافٍ شفاف موضوع في غرفةٍ ف وراء القرنية. ويحدُّ هذه الغرفة من ورائها حجابٌ د د مثقوبٌ من مركزهِ ويسمّى القزحية وهذه لونها في البعض اسود وفي البعض ازرق وفي البعض اشهل الى غير ذلك. ويسمّى الثقب الذي في وسطها البؤبؤ* وثانيها البلّورية ح وهي جسم لدن املس شفاف كالعدسية المزدوجة التحديب ومؤلفٌ كالبصلة من طبقاتٍ متراكزة. وهي اكثف في الوسط منها على الجوانب فتزيد قوّتها في الوسط على تكسير النور فيزول منها الخطاء الكرويُّ. وموضوعة وراء القزحية * وثالثها الرطوبة الزجاجية وهي جسم شفاف لزج كبياض البيض الني ء وتشغل ما بقي من الخلاء وراء البلّورية داخل العين

(٤٣٤) ارتسام الصور على العين * العين اشبه الاشياء بالخزانة المظلمة (عد ٤١٩) فبؤبؤها بمنزلة الثقب وبلوريتها بمنزلة العدسية في الثقب وشبكيّتها بمنزلة الحاجز الذي تلقى الصور عليهِ * لنفرض



الشكل ٢٠١

ان اس (الشكل ٢٠١) شيءٌ وقعت الشعاع منهُ على العين. فتنكسر اولاً في القرنية ثم في الرطوبة المائية ثم في البلورية كثيرًا ثم في الزجاجية ونقع على الطبقة الشبكية فترسم الصورة مقلوبةً عليها. وهذه تنقل تأثير النور فيها الى العصب البصري والعصب البصري ينقلهُ الى الدماغ فيشعر العقل بالصورة * وعليهِ يلزم ان نرى

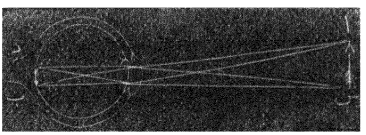
الاشباح مقلوبةً والواقع اننا نراها مقوَّمةً. وقد اختلفوا في سبب ذلك ولعلهُ ان العقل لا ينظر الى الصورة بل ينظر الى الشبح بواسطة الصورة فيردُّ اعاليها الى اسافلهِ واسافلها الى اعاليهِ فيراهُ مقوَّمًا. ولما كانت المشيمية سوداء اللون فهي تمتصُّ النور ائلاً يشوّش الصورة بانعكاسهِ من جهة الى جهة داخل العين

(٤٢٥) إحكام العين وحد البصر الجلي * قد مرَّ في العدسيَّة المزدوجة التحديب انهُ كلما قرب الشبح منها بعدت بؤرتها عنها فبعدت صورتهُ وكلما بعد عنها قربت صورتهُ منها (عد ٢٧٧) فلو كانت العين تبقى على تحدُّبٍ واحدٍ لكانت الصورة تقع تارةً على الشبكية وتارةً امامها وتارةً وراءها حسب قرب المرئيات من العين وبعدها عنها وكان الناظر لا يرى الاشباح جليةً ما لم تقع على بعدٍ معلومٍ منهُ ويراها في ما عدا ذلك مشوَّشة غير جلية. والواقع انهُ يراها جلية على ابعادٍ متفاوتة لان العين تحكم نفسها بحيث تجلي لها الصورة في القرب وفي البعد. ودليلهُ انك اذا أدمت النظر الى شبحٍ قريب ثم حوَّلتهُ بغتة الى شبح بعيد رأيتهُ اولاً غير جلي ثم يجلي بعد قليل. وما ذلك الاَّ لان عينك تحكم نفسها بقدر ما يلزم لوقوع الصورة على الشبكية. والمتَّفق عليهِ ان ذلك الاحكام يكون بان العين تزيد تحدُّب البلورية في النظر الى البعد وتقلّله في النظر الى القرب بحيث تقع بؤرتها على الشبكية في الحالين

غير انهُ وان كانت العين ترى الاشباح جليَّة على ابعادٍ متفاوتة فانها تراها على اجلاها اذا وقعت على بعدٍ معيَّن منها وتستقلُّ جلاءها كلما بعدت عنهُ. ولذلك يسمَّى هذا البعد حدَّ البصر الجلي وهو يختلف بحسب العيون والمعتاد ان يكون ما بين ١٠ و١٢ قيراطاً اذا كان الشبح صغيرًا كالكتابة الصغيرة الحروف

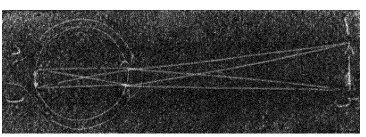
(٤٢٦) قصر البصر وطولهُ * اما الذي لا تجلي لهُ تلك الكتابة على هذا البعد بل على اقرب منهُ فيقال انهُ قصير البصر (ميُوپ) واما الذي لا تجلي لهُ تلك الكتابة الاَّ على ابعد منهُ فيقال انهُ طويل البصر او مطرَح (پرسبيوپ).

فقصر البصر يحصل من زيادة التحدُّب في القرنية او البلورية . ولذلك اذا انكسرت اشعة شبح فيهما لم تجتمع في بؤرة على الشبكية نفسها بل امامها كما ترى من ارتسام صورة الصليب في الشكل ٢٠٢ فتكون غير واضحة على الشبكية . فاذا قرب الشبح من العين اذ ذاك بعدت البؤرة عن البلورية ووقعت على الشبكية فانجلت صورته . وهذا هو السبب في كون القصير البصر يستجلي الاشباح عن اقرب من حد البصر الجليّ . وكذلك يستجليها ولو لم تقرب منهُ اذا خازر جفنيهِ اي قرَّب بينهما او اذا نظر اليها من ثقب صغير . لانهُ حينئذٍ تقلُّ الشعاع الداخلة الى العين ويمرُّ اكثرها في مركز البلورية فلا يتأثَّر كثيرًا بالانكسار ولذلك تبعد البؤرة التي يجتمع فيها وتقع على الشبكية . ويكثر قصر البصر في الاحداث ولكنهم كلما كبروا قلَّ تحدُّب عيونهم حتى ان بصرهم يصطلح غالبًا عند تأخُّر بصر غيرهم



الشكل ٢٠٢

وطول البصر يحدث من تسطُّح البلورية بعكس قصر البصر فالاشعة التي تنفذها تجتمع لو التقت في بؤرة وراء الشبكية كما ترى في ارتسام صورة الصليب في الشكل ٢٠٣ . ولذلك لا ترى لها العين صورة جلية الا اذا بعدت الاشباح عنها حتى تصير بؤرة الاشعة تقع على شبكيتها . وهذا هو السبب في عدم انجلاء الصور في القرب للطويل البصر . وهذه العلة تكثر في الشيوخ لان البلورية تقسو فيهم وتقل مرونتها فتتسطَّح على تمادي الايام



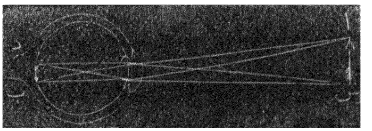
الشكل ٢٠٣

ويُصلح قصر البصر بوضع عدسيات (عوينات) مقعرة امام العين فتفرج الاشعة قبل وقوعها على العين حتى انها متى نفذت البلورية تلتقي على الشبكية

وذلك بشرط ان يكون تفريج العدسية للاشعة بقدر زيادة تحدُّب البلورية. ويُصلح طول البصر بوضع عدسيات محدَّبة امام العين فتضمُّ الاشعة قبل انكسارها في البلورية ونجعل موقع بؤرتها على الشبكية بشرط ان يكون ضمها للاشعة بقدر زيادة تسطح البلورية

(٤٣٧) بقاء الأثر على الشبكية * ان الصورة التي ترسم على الشبكية لا تزول عنها حال زوال الشيء من امام العين بل تبقى نحو ثُمن الثانية بعد زواله. ولذلك يظهر الدولاب ساكنًا اذا زادت سرعة حركته. وتخطُّ جذوة النار دائرة كاملة من النور اذا أُديرت بسرعة. ويخطُّ البرق خطًّا متصلاً في الجوّ والشهب خطوطاً نيِّرة في السماء. فان هذه كلها تتحرَّك بسرعة عظيمة فلا يزول اثر صورتها الواحدة عن العين حتى يكون قد أُضيف اليه اثر صورتها الثانية فتتصل الصور بعضها ببعض وترى العين الجذوة مثلاً حلقة من النار لا كما هي

وعلى ما تقدَّم اختُرعت العاب شتَّى يقال لها تَوْمَتْرُوبًا (اي ادارة عجيبة) منها ان يُقطَع قرصٌ من الكرتون وترسم صورة رجُل على وجهه من وجهيه وصورة كلب على الوجه الآخر (ترى الصورتين مبسوطتين في الشكل ٣٠٤) ثم يربط خيطٌ بجانب من القرص وخيطٌ آخر



الشكل ٣٠٤

بالجانب المقابل له ويدار القرص بسرعة حتى تظهر الصورة الواحدة وراء الأخرى. فاذا تعاقبت الصورتان على العين بسرعة عظيمة اتصلت آثارها على الشبكية فيظهر الرجل والكلب معًا والرجل على ظهر الكلب[1]. وكما ان الاثر يبقى على

(١) اذا اشتدَّ تاثير النور على العين تعب العصب البصري وضعف تاثرهُ بالنور ولذلك اذا اطال الانسان النظر الى جسم احمر مثلاً لم تعد عينهُ تتأثر باللون الاحمر. فاذا حوَّل نظرهُ حينئذٍ الى جسم ابيض لم يرَ اللون الاحمر من الوانهِ السبعة بل يرى منهُ اي يرى الجسم الابيض اخضر. وذلك يوضح ما قبل (عدد ٣٨٩)

العين برهةً بعد زوال الشبح المؤثِّر فكذلك لا تتأثّر العين حالاً بل بعد برهة من وقوع النور عليها من الشبح المؤثِّر. فاذا دار دولاب ذو عوارض دورانًا زائد السرعة لم تَعُد العين ترى العوارض لانها تزول من امامها قبلما يؤثّر نورها فيها

(٤٢٨) الإشعاع * قلنا ان العين تصلح الخطاء الكروي (عد ٤٢٣) ولكنها لا تصلحهُ تمامًا بل اذا وقع الضوء عليها من جسم منير استنارت اجزاء الشبكية المجاورة للاجزاء التي ترسم صورة الجسم عليها فيرى الناظر الجسم اكبر مما هو. ولذلك يظهر لهيب القنديل اكبر مما هو والقسم المنير من الهلال اوسع من القسم المظلم منهُ حال كون القسمين من قرصٍ واحدٍ

(٤٢٩) العمى اللونيُّ * من العيون ما لا يرى بعض الالوان كما ان من الآذان ما لا يسمع بعض الاصوات. وهذا النقص يقال لهُ العمى اللونيّ. ذكر الدكتور مِتشِل ان ضابطاً من البحرية اشترى حلّةً رسميّةً ستريها زرقاء وصدريتها حمراء حاسبًا انهما من لون واحد. وان خياطاً رقع صدريةً من الحرير الاسود برقعة قرمزية اللون وآخر ركّب طوقًا احمر على جبّةٍ زرقاء. وكان العلّامة دلتن لا يرى الّا الازرق والاصفر من الطيف الشمسي. فاتفق ان قلمًا من شمع الختم الاحمر سقط من يدهِ على العشب فلم يميّز لونهُ من لون العشب * هذا ومدى الاذن اوسع من مدى العين في التأثر بالمحسوسات فان الاذن تسمع احد عشر ديوانًا من الاصوات واما العين فلا ترى اكثر من ديوان واحدٍ من الالوان

(٤٣٠) صغر الصور في العين * ان قطر العين اقصر من قيراط ومع ذلك يرتسم على شبكيتها صورة ارضٍ واسعة بكل ما فيها من النجاد والوهاد والسهول والصخور والمياه والاشجار والابنية والحيوانات مستوفية التفاصيل. فكأن الشبكية شاطئٌ وامواج النور تجري اليهِ من كل النواحي وتتنفس عندهُ الوفَ الوفٍ على الوف الالوف. هذا ونحن نعجب لجمال ذلك المنظر ونغفل

عن عجائب هذا الشعر

(٤٢١) البصر بالعينين * اذا اتجهت العينان الى شيء واحد ارتسمت لهُ صورة على شبكية كل منهما ومع ذلك فالناظر يراهُ مفردًا لا مزدوجًا . وقد اختلفوا كثيرًا في تعليل ذلك . ولعلَّ تعليلهُ ان الشبكيتين مثل فرعين كبيرين متفرِّعين على اصلٍ واحدٍ وكلّ جزء من هذا الاصل مهما صغر يتفرَّع فرعين احدهما يذهب الى الفرع الواحد والآخر الى الفرع الآخر . فاذا اتجهت العينان الى الشيء اتجاهًا واحدًا ارتسمت صورتهُ على الاجزاء المتوافقة من الشبكيتين ونقلت الشبكية الواحدة تاثير صورتها الى نفس الاصل الذي تنقل الشبكية الأُخرى تاثير صورتها اليهِ فيرى العقل الصورتين صورةً مفردة . ولا فرق بين ان يرى الانسان المرئيات بعين واحدة او بعينين الّا بان العينين تؤدّيان الى العقل صورةً اوضح من التي تؤدّيها العين الواحدة وتجسّمان المرئيات كما سياتي في الستيريُسكوپ وذلك لا يكون بالعين الواحدة في الغالب

واعلم ان العقل لا يرى الشيء مفردًا ما لم تتجه العينان معًا اليهِ او بالاحرى ما لم يتجه محوراها البصريان[1] اليهِ . فاذا اتجهت احداهما اليهِ ولم تتجه الاخرى مثلها ظهر الشيء مزدوجًا كما يحدث في الحوَل وكما يحدث ايضًا اذا ضغط الانسان مقلة واحدة حتى لا تتحرَّك كالأُخرى فانهُ يرى الجسم جسمين . وكل شيء يظهر للعينين مزدوجًا الّا ما تتجهان اليهِ . فاذا وضعت اصبعك بينك وبين القنديل ووجّهت عينيك الى القنديل رأيتهُ مفردًا ورأيت اصبعك مزدوجةً

(٤٢٢) الستيريُسكوب * الستيريسكوپ كلمة مركبة من لفظتين يونانيتين معناها الشعور بالتجسُّم . وهو آلة تري بعض الصور المسطحة مجسَّمة اخترعهُ هويتستون وحسَّنهُ برُوستر . وبيانهُ : ان العينين اذا نظرتا الى شيء مسطح كالصورة على الورق رأت كل منهما نفس ما تراهُ الأُخرى واما اذا نظرتا الى

(١) اذا كانت العين سالمة فمحورها البصريُّ خطٌ مستقيم يمرُّ من مركز كلٍّ من البلورية والبوبوء والقرنية الى الشيء

جسم متعدّد السطوح كالكتاب رأتهُ العين اليمنى مختلفًا قليلاً عمَّا تراهُ اليسرى لانها ترى من بعض جهاتهِ ما لا تراهُ اليسرى وبالعكس. وبذلك يتميَّز لنا المجسَّم عمَّا ليس مجسمًا

فاذا صوِّر شبحٌ صورتين الواحدة كما تراهُ العين اليمنى والأُخرى كما تراهُ العين اليسرى ونظرت كل عين الى صورتها من وراء منشور او عدسية ظهرت الصورتان صورةً واحدةً مجسمة كانها الشبح نفسهُ. ترى (الشكل ٣٠٥) الصورتين ا وب والعينين تنظران اليهما من وراء منشورين م ون وهذان المنشوران منحوتان حتى ان م يكسر الشعاع الآتية من ا فترى العين الصورة ا عند ث ون يكسر الشعاع الآتية من ب فترى العين الصورة ب عند ت ايضًا. فباجتماع الصورتين في واحدة مع موافقة كل منهما لما تراهُ العين الناظرة اليها في الشبح المجسَّم تخدع العينان فتحسبانهما شبحًا مفردًا مجسَّمًا



الشكل ٣٠٥

(٣٣٣) مسائل للتمرين * (١) لماذا تكون القوس الفرعية اخفى من الاصلية والوانها بعكس الوانها. (٢) لماذا لا نرى المرئيات من وراء زاوية البيت ولا من انبوبة ملتوية. (٣) نريد ان نصوِّر مدخلاً لدهليز مظلم فبأي لونٍ نلوِّنهُ حتى يظهر كذلك. (٤) هل الابيض والاسود لونان والاَّ فما هما. (٥) اذا قرَّبنا الشبح من الضوء أيصغر ظلهُ ام يكبر. ولماذا. (٦) كم يلزم ان يكون طول المرآة حتى تجعل طول صورة الناظر قدر طولهِ. الجواب نصف طول الناظر. (٧) في اي جهة تظهر قوس قزح صباحًا. (٨) هل يرى كلٌّ من الناظرين نفس القوس التي يراها الآخر. (٩) لماذا ينبهر بصر من يخرج من الظلام الى النور الساطع. الجواب لان بؤبؤ العين ينقبض اذا اشتدَّ النور عليها فيضيق ويقلِّل مقدار النور الداخل اليها. وينبسط في الظلام فيتسع ليدخل ما تيسَّر من

النور اليها. ولذلك يخرج الانسان من الظلام وبؤبؤ عينهِ متسع فيكثر النور الداخل اليها ويبهر بصرهُ الى ان يضيق البؤبؤ. (١٠) لماذا يبصر الهرُّ ليلاً. الجواب لان بؤبؤهُ مشقوق طولاً فيتسع في الظلام بقدر الحاجة. (١١) لماذا لا يبصر البوم نهارًا. الجواب لان بؤبؤهُ متسع جدًّا ولا يضيق بقدر المطلوب فتكثر اشعّة الشمس على شبكية عينهِ فتبهرها. (١٢) اذا كان نور الشمس على سيَّار [1] من نورها علينا فما بُعد السيار عن الشمس بالنسبة الى بُعد ارضنا عنها. (١٣) اذا كان نور المصباح على كتاب في يدي معلومًا وانا على بعد ست اقدام عنهُ فكم ينقص اذا ابعدتُ عنهُ ست اقدام أُخرى. (١٤) لماذا تظهر نقط المطر النازلة كالخيوط. (١٥) لماذا يغمق لون المنشفة اذا ابتلَّت بالماء. (١٦) أفي الشبح المنظور يكون اللون أم في عقل الناظر. (١٧) لماذا تكون رغوة الصابون ظليلة حال كون الهواء ومذوَّب الصابون شفَّافين. (١٨) لماذا تبيضُّ عقبة الدبس اذا مُطَّت. (١٩) لماذا يصير لون الطلاء فاتحًا بعد ما ينشف. (٢٠) لماذا يستعمل المصوِّر بالشمس ضوء الكاز في الغرفة المظلمة. (٢١) لماذا ترتسم الصورة مقلوبة على الخزانة المظلمة. (٢٢) لماذا تظهر الصورة الثانية اوضح من الأُولى في الشكل ١٥٠. (٢٣) يقولون نلطمك لطمة تريك نجوم الظهر فهل تري اللطمة نورًا. الجواب اذا كانت اللطمة على الراس فربَّما هيجت العصب البصري فيتاثر كما يتاثر بالنور فيشعر بنور ولا ضوء في الخارج. (٢٤) لماذا يرى

السكران الاشباح

مزدوجة

الباب التاسع

في الحرارة

الفصل الاول

في ماهيَّة الحرارة ومَصَادِرِها

(٣٢٤) حدود * الحرارة المنيرة هي التي يشعُّها الجسم المنير كحرارة حديدةٍ أُحميَت حتى ابيضَّت . والحرارة المظلمة هي التي يشعُّها الجسم المظلم كحرارة حديدة أُحميت قليلاً * والجسم الدِياثرْمي هو الذي تنفذهُ الحرارة كما ينفذ النور الجسم الشفَّاف كحجر الملح الذي هو اصلح الاجسام لنفوذ الحرارة . والجسم الأَثِرْمي هو ما لايصلح لنفوذ الحرارة * والبَرْد لفظة اضافيَّة يراد بها قلَّة الحرارة * والبخار والغاز شيئان لايختلفان الاَّ بكون البخار يسهل تحويلهُ عمَّا هو والغاز يعسر تحويلهُ عمَّا هو . فبخار الماء يتحوَّل الى غيم بانحطاط حرارتهِ قليلاً واما غاز الهواء فلا يتحوَّل عمَّا هو كذلك

(٢٣٥) ماهيَّة الحرارة * في ماهيَّة الحرارة قولان احدهما انها مادَّة والآخر انها حركة . فاصحاب القول الاوَّل يذهبون الى ان الحرارة سائل لطيف يتخلَّل دقائق الاجسام كما يتخلل الماء الحصى في مسيل من الماء . فاذا طرِق الجسم حتى تتقرب دقائقهُ بعضها الى بعض خرجت الحرارة منهُ كما يخرج الماء من الخرقة اذا عُصِرت . ويزعمون ان سوائل الحرارة هذه اذا احاطت بدقائق الاجسام دفعت بعضها بعضًا وابعدت الدقائق بعضها عن بعض فتضادُّ بذلك قوة جاذبية الملاصقة (عدد ٢٥) وانها اذا دخلت الى اجسادنا شعرنا بالحرّ واذا خرجت منها شعرنا بالبرد

واصحاب القول الثاني يذهبون الى ان دقائق كل جسم متحركة فيهِ على الدوام كما ان كواكب الكون متحركة فيهِ على الدوام فكلَّما زادت سرعتها زادت حرارتهُ وكلما نقصت سرعتها نقصت حرارتهُ فزاد بردهُ . وبيان ذلك ان الإثير يشغل كل حيِّز بين دقائق الاجسام فاذا تحرَّك حرَّكها ثم تحرَّك بها كما ان الهواء اذا هبَّ حرَّك الاغصان ثم تحرَّك بها فتحصل الحرارة من حركة دقائق الجسم ودقائق الإثير . مثال ذلك : اذا وُضع طرف قضيب من الحديد في النار تحرَّكت دقائقهُ التي في النار تحرُّكًا عنيفًا وصدمت التي بجانبها وهذه تصدم التي بجانبها وهلمَّ جرًّا حتى تنتقل الحركة على دقائق القضيب كلِّها من الطرف الواحد الى الطرف الآخر . ثم اذا أمسك واحدٌ بطرفهِ صدمت دقائقهُ دقائق يدهِ واتصلت الى دقائق اعصاب الحس التي في اليد فتتحرك هذه حتى تبلغ حركتها الى الدماغ[1] فتشعر النفس بها شعورًا مؤلمًا هو الم الحرق فيقول المحترق ان هذا القضيب حامٍ . واما اذا لم يمسك بالقضيب بل ادنى يدهُ منهُ شعر بحرارة غير مؤلمة كالحرارة الاولى بل الطف منها . فهذه الحرارة حركة تنتقل

(١) يقال ان الحركة تنتقل على الاعصاب بسرعة ٩٣ قدمًا في الثانية . فاذا داس رجل طولهُ ست اقدام على جمرة من النار لم يرفع قدمهُ عنها الَّا بعد ثُمن الثانية تقريبًا . لان هذا الزمان يقتضي للنفس حتى تشعر بالم الحرق وتامر الاعصاب برفع القدم عن الجمرة المحرقة

الى اعصابه ليس بتحريك القضيب لدقائق يده راسًا بل بتحرك دقائق الاثير التي حول دقائق القضيب وهزّها لدقائق يده. وهذا هو القول المعوّل عليه الآن

(٣٣٦) علاقة الحرارة بالنور * بين الحرارة والنور علاقة شديدة فاذا وُضِعَت حديدة باردة في النار لا تبقى مظلمة بل تصير حمراء منيرة كجذوة النار. واذا احميتَ شريطةً من البلاتين شعرت اولاً بحرارتها المظلمة خارجةً منها ولكنك لم ترَ لها لونًا. واما متى زدت حرارتها فتنير وترى لها اولاً لونًا احمر ثم برتقاليًا متركبًا معهُ ثم اخضر وهكذا حتى تجتمع فيها كلُّ الوان الطيف فتراها بيضاء ساطعةً. ومثل الحديد كل الاجسام فانها تنير على درجات معيَّنة من الحرارة * وفضلاً عما تقدَّم من العلاقة تنعكس الحرارة وتنكسر وتستقطب كالنور وتسير مثلهُ في خطوط مستقيمة الى كل الجهات بالسواء وتنقص شدتها بقدر زيادة مربَّع البعد كما تنقص شدَّتهُ وتجري بسرعة جريهِ. ولذلك يُظَن انهما شيءٌ واحدٌ وان النور حرارة مضيئة وان كلَّ الفرق بين اشعتهِ واشعتها والاشعة الكيماوية في الطيف الشمسي هو في عدد اهتزاز دقائقها. فاذا كان عدد اهتزازات الدقائق قليلاً حصل منها الشعور بالحرارة عند وقوعها على اعصاب الحس العام. واذا كان عدد اهتزازات الدقائق عظيمًا حصل منها الشعور بالنور من اللون الاحمر الى اللون البنفسجي. واذا كان عدد اهتزازات الدقائق اعظم فقصرت امواجها جدًّا حصل منها الاشعة الكيماوية

ثم ان اهتزاز الحرارة يكون على درجات شتّى فان كان على ابطائهِ كانت الحرارة لطيفة وان كان على اسرعهِ تكون لذّاعة كما ان سرعة اهتزاز الهواء اذا زادت احدثت صوتًا عاليًا واذا قلّت احدثت صوتًا منخفضًا (عد ٢١٣) وسرعة اهتزاز الأثير في النور اذا زادت احدثت اللون البنفسجي واذا قلّت احدثت الاحمر (٣٨٤) فالدرجات في الحرارة بمنزلة العلو في الصوت الموسيقي والالوان في النور

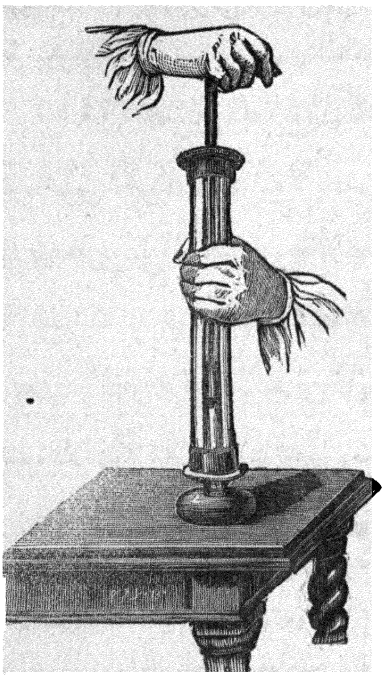
(٣٣٧) مصادر الحرارة * مصادر الحرارة اي ما تصدر منهُ الحرارة ثلاثة : مصادر طبيعية ومصادر ميكانيكيَّة ومصادر كيميَّة

فالمصادر الطبيعية الشمس والنجوم والارض والكهربائية . فالشمس جسم مشتعل منهُ معظم حرارتنا وقد حسبوا ان ما يصل من حرارتهِ الى الارض في سنة يكفي لتذويب طبقة من الثلج تحيط بالارض وسمكها اكثر من مئة قدم. ومع ذلك فلا يصلنا الاَّ $\frac{1}{٢٢٨١٠٠٠٠٠٠}$ من حرارتها. وقد قدَّروا ان النجوم ترسل الينا نحو اربعة اخماس حرارة الشمس * الاَّ ان حرارة الشمس والنجوم تنزل في الارض بين خمسين قدمًا ومئة قدم فقط ومع ذلك فالحرارة تزداد بزيادة العمق لان الارض نفسها حارة. والمظنون ان حرارتها من نيران تشغل باطنها كلَّهُ او بعضهُ * اما كون كهربائية الهواء مصدرًا للحرارة فواضح من البرق الذي اذا اصاب الرمل او المعادن صهرها من شدَّة حرارتهِ * وتتولد حرارة هذه المصادر من اهتزاز دقائقها اهتزازًا سريعًا على الدوام فتموّج الاثير فيتموّج حتى يصدمنا فتنتقل الحرارة الينا

(٣٣٨) والمصادر الميكانيكية هي الفرك والطرق والضغط. فاذا فُرِك جسم بآخر ظهرت الحرارة من فركهما. وعليهِ يشعل بعض البرابرة النار بفرك حطبةٍ بحطبةٍ . والآلات المتحرّكة تحمى بفركها بعضها على بعض وربما انفقدت اذا لم يقلّل فركها بالزيت او الدهن. فقد ثقب رُمفرد مدفعًا من نحاس فتولَّد معهُ من الحرارة في ٢ ½ ساعة ما يغلي ٢٦ ½ ليبرا من الماء الذي حرارتهُ ٤٢° ف. وسبب ظهور الحرارة من الفرك هو ان الفرك يزيد حركة دقائق الاجسام سرعةً فتزداد حرارتها * واذا طرق الحدَّاد حديدة تحمى حتى تضيء من الحموّ. واذا اصاب حافر الفرس حجرًا فربما اورى نارًا لان نضوتهُ تصدم الحجر فتُظهر حرارة تُحمي ما يتطاير منها حتى يضيء. واذا أُطلقت قنبلة المدفع على غرضٍ من الحديد اندفق النور منهُ عند صدمها لهُ. ولو صدمت ارضنا شيئًا فوقفت بغتة

عن حركتها لتولد من ذلك حرارة تحوّلها هي وكلّ ما عليها الى بخار لان سرعة دورانها في فلكها حول الشمس تنيف على ٦٨ الف ميل في الساعة فاذا وقفت تحوّلت كل هذه الحركة الى حرارة.

وسبب ظهور الحرارة من الطرق هو انهُ يحرّك دقائق الجسم حركة سريعة جدًّا فيزيد حرارتها وربّما زاد سرعتها حتى تموّج الإثير تموُّجًا يُحدِث النور عند وقوعهِ على العين* واذا ضُغطت خشبةٌ بالمكبس المائي حميت . واذا وُضعت صوفانة في اسفل مدكٍّ وادخل هذا المدكُّ ادخالاً محكمًا في انبوبة متينة الجدران كما ترى في الشكل ٢٠٦ انحصر الهواء الذي يشغلها وانضغط تحت المدكّ انضغاطاً شديدًا



الشكل ٢٠٦

فتظهر من انضغاطهِ حرارة تشعل الصوفانة ولا تنقص عن ٥٧٣° ف.

(٢٢٩) والمصادر الكيميّة هي في التركيب الكيماوي وهو عبارة عن اتحاد جسمٍ بجسمٍ آخر بما بينهما من الالفة. وهذا الاتحاد تظهر منهُ حرارة على المعتاد. الاّ انهُ اذا كان بطيئًا كحدوث الصدإ من اتحاد الحديد بالاكسجين الهواء لم يُشعَر بالحرارة التي تظهر حينئذٍ لانها تتبدّد حالما تظهر واما اذا كان سريعًا فتظهر كما في اشتعال الحطب. فان الاشتعال يحصل من اتحاد الاكسجين الذي في الهواء بالهيدروجين والكربون اللذين في الوقود لان بينهُ وبينهما الفةً فيهجم عليهما

.ويهجان عليه ويصطدم الفريقان عند التقائهما فيقفان وتهتزُّ دقائقها وتهزُّ الاثير الذي حولها فتموّجهُ امواج حرارة وامواج نور . ومن هذا القبيل حرارة الحيوانات فانها تحصل على ما يُظَنُّ من اتحاد اكسجين الهواء الذي تستنشقهُ بالهيدروجين والكربون اللذين في طعامها

(٣٤٠) عديلُ الحرارة الميكانيكيُّ * كل ما تقدَّم من الامثلة عن تحوُّل الحركة الى حرارة لا يُفقد فيهِ شيءٌ من القوَّة . فان الحداد الذي يطرق على السندان طرقة لا تتلاشى قوتهُ التي طرق بها بل تتحوَّل الى قدرٍ معيَّنٍ من الحرارة . ولو امكن جمع هذه الحرارة واستعمالها لرفعت المطرقة عن السندان الى العلوّ الذي انزلتها يد الحدَّاد منهُ . فلا قوَّة تتلاشى وانما تتحوَّل من صورة الى أُخرى

وقد وجد جول الانكليزي بتجارب متعدّدة انهُ اذا وقع جسم ثقلهُ ليبرا من علو ٧٧٢ قدمًا تولَّدت من حركة وقوعهِ حرارة ترفع حرارة ليبرا واحدة من الماء درجةً واحدةً : وبالعكس اي ان الحرارة اللازمة لرفع حرارة ليبرا واحدة من الماء درجة واحدة ترفع جسمًا ثقلهُ ليبرا الى علو ٧٧٢ قدمًا . ويسمّي هذا الناموس ناموس جول او عديلَ الحرارة الميكانيكيَّ لانهُ يبين ما تعدلهُ الحرارة اذا تحوَّلت الى قوَّة ميكانيكية

الفصل الثاني

في تغيير الحرارة للاجسام

(٣٤١) الحرارة الظاهرة والمختفية والنوعيَّة * اذا احميا جسمًا

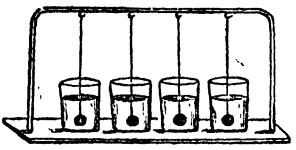
من الاجسام انقسمت قوة الحرارة الى قسمين احدهما يزيد سرعة الدقائق المؤلف منها الجسم فيرفع درجة حرارتهِ والآخر يبعد الدقائق بعضها عن بعض فيمدّدهُ اي يكبّر حجمهُ. والاول يُشعَر بهِ بحاسَّة اللمس ولذلك يقال لهُ الحرارة الظاهرة والثاني يبذل في مقاومة جاذبيَّة الملاصقة فلا يُشعَر بهِ بحاسَّة اللمس ولذلك يقال لهُ الحرارة المختفية. وتتأثَّر الاجسام تأثرًا متفاوتًا بكلٍّ من هذين القسمين فمنها ما يتمدَّد كثيرًا وترتفع درجة حرارتهِ قليلًا ومنها ما هو بالعكس. ولذلك اذا أُحميت اجسامٌ متعدّدة بحرارةٍ واحدة لم يلزم ان حرارتها ترتفع الى درجة واحدة. ولا يلزم اذا كانت درجة حرارتها واحدة ان يكون مقدار الحرارة في كلٍّ منها واحدًا. فبخار الماء حرارتهُ على درجة حرارة الماء الغالي ولكنهُ يحتوي من الحرارة المختفية ما لا يحتويهِ الماء الغالي ولا جسم آخر الَّا الهيدروجين الذي يحتوي اكثر منهُ. وتسمَّى نسبة الحرارة الظاهرة الى الحرارة المختفية في جسم حرارتهُ النوعيَّة. ويحسب الماء قياسًا نقاس عليهِ الحرارة النوعيَّة لباقي الاجسام. فالحرارة النوعية لكل جسم هي النسبة بين المقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة ثقلٍ معيَّن من ذاك الجسم درجةً واحدةً وبين المقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة ذلك الثقل من الماء درجةً واحدةً. مثالهُ: الحرارة التي

ترفع ليبرا من الماء درجةً واحدةً ترفع ليبرا من الزئبق ٣٢ درجةً فالمقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة الزئبق درجة واحدة فقط هو $\frac{١}{٣٢}$ من الحرارة اللازمة لرفع الماء كذلك. فتكون حرارة الزئبق النوعية او قابليتهِ للحرارة ٠٣٢ من الواحد على فرض حرارة الماء النوعيَّة او قابليتهِ للحرارة واحدًا

(٣٤٢) استعلام الحرارة النوعية * اولاً تُستعلم الحرارة النوعية للسوائل كما يأتي: احمِ مقدارًا معينًا من السائل حتى يصير على درجة معلومة من الحرارة ثم امزجهُ بمقدارٍ يساويهِ من الماء ولكن درجة حرارتهِ دون درجة حرارة السائل واستعلم حرارة المزيج فتكون أدنى من حرارة السائل واعلى من حرارة الماء. ثم قل نسبة ما خسرهُ السائل من الحرارة بالمزج الى ما ربحهُ الماء بالمزج كنسبة واحد الى حرارة السائل النوعية. مثالهُ: احميناً اوقية من الزئبق حتى صارت حرارتها على درجة ١٤٣ ف. وصببناها في اوقية من الماء حرارتها على درجة ٤٣ ف. فوجدنا حرارة المزيج على درجة ٣٥٫٢٥ اي ان الزئبق قد خسر من حرارتهِ ٩٦٫٧٥ والماء قد ربح على درجة حرارتهِ ٣٫٢٥ فنقول نسبة ٩٦٫٧٥ : ٣٫٢٥ :: ١ : الى الحرارة النوعية للزئبق وهي ٠٣٢٫

ثانيًا وتُستعلم الحرارة النوعية للجوامد كما يأتي: تُصبُّ كميات متساوية من الماء البارد في كؤوسٍ من الزجاج (الشكل ٢٠٧) وتؤخذ اجسام مساوية لعدد الكؤوس ومتساوية وزنًا مما يراد معرفة حرارتهِ النوعية. ثم تُغمس هذه الاجسام معًا في الماء الغالي حتى تصير حرارتها كحرارة الماء الغالي وتُرفع وتُدلَّى في كؤوس الماء البارد وتُترك هنيهة حتى توصل حرارتها الى الماء. فكل جسم منها يرفع درجة حرارة الماء بحسب حرارتهِ النوعية. فاذا كانت حرارتها النوعية متساوية رفعت حرارة الماء الى درجة واحدة والاَّ رفعتها ارتفاعًا متفاوتًا. فالرصاص يرفعها اقل

من القصدير والقصدير اقل من النحاس الاحمر وهذا اقلّ من الحديد. فيُستعلَم الفرق بين حرارتها قبلما غُمِست في الماء البارد وحرارتها بعدما غمست فيهِ. وتُستعلم منهُ حرارتها النوعيَّة على النسبة المتقدّمة في الطريقة الاولى[1]



الشكل ٣٠٧

(٣٤٣) بقاء الحرارة المختفية * كلما تحوَّل الجامد الى سائل او تحوَّل السائل الى غاز تحوَّلت الحرارة الظاهرة فيهِ الى حرارة مختفية. فكلُّ من يغلي الماء او يذوِّب الثلج يعلم ان الماء لا يغلي والثلج لا يذوب الاَّ بوضعها على النار او نحوها حتى تتصل حرارتها اليهما وتختفي فيهما. ولكن هذه الحرارة لا تتلاشى بل تصير حرارة ظاهرة حالما يرجع البخار سائلاً والسائل بخارًا. فاذا وضع الانسان ماء على كفِّهِ سخن الماء بحرارة كفِّهِ وتحوَّل الى بخار فيشعر الانسان ببرودة الماء لان حرارة كفهِ انتقلت اليهِ واختفت في بخارهِ. واذا تكاثف البخار على كف الانسان شعر بسخونتهِ لان البخار المتكاثف

---

(١) الحرارة النوعية

للماء	١	للنحاس الاحمر	٠٫٠٩٥١
للفحم	٠٫٢٤١١	للفضة	٠٫٠٥٧٠
للكبريت	٠٫٢٠٢٥	للزئبق	٠٫٠٣٣٣
للماس	٠٫١٤٦٩	للذهب	٠٫٠٣٢٤
للحديد	٠٫١١٣٨	للبلاتين	٠٫٠٣٢٤
للتوتيا	٠٫٠٩٥٥	للرصاص	٠٫٠٣١٤

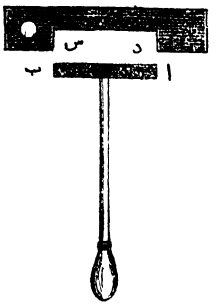
يردُّ كلَّ الحرارة التي اختفت فيهِ الى الكف . وعلى ما تقدَّم يكون جمود الماء من باب التسخين وذوبان الثلج من باب التبريد خلافًا لما يتوهَّمهُ الانسان من اول وهلةٍ . فلنا مما تقدَّم هذه القاعدة وهي انهُ اذا تحوَّل جسم الى الطف منهُ اختفت فيهِ الحرارة واذا تحوَّل الى اكثف منهُ ظهرت منهُ الحرارة

(٢٤٤) الامزجة المتجمّدة * ان بعض الاجسام اذا مُزِجت معًا بردت حتى تصير كالجليد على مبدإِ الحرارة المختفية . واشهر هذه الامزجة مزيج البوزه وهو ملح وثلج يمزجان معًا . فالملح لهُ ميل شديد الى الماء ولذلك يذوّب الثلج حتى يحظى منهُ بالماء ويذوب فيهِ . ولكن ذوبان الثلج وذوبان الملح في ماء الثلج يكونان بواسطة الحرارة التي يستمدَّان معظمها من الحليب ويخفيانها فيهما . ومتى قلَّت حرارة الحليب يبرد فيجمد ويعرَف اذ ذاك بالبوزة

(٢٤٥) التمدُّد * قلنا (عدد ٢٤١) ان الحرارة تؤثّر في الاجسام تأثيرَين احدهما انها ترفع درجة حرارتها والثاني انها تمدِّدها اي تكبِّر حجمها . فهذا الاخير يكون بانها تزيد حركة دقائقها سرعةً فتبعدها بعضها عن بعض بعدًا اعظم مما كانت عليهِ ولذلك تشغل الدقائق حيزًا اعظم من الذي كانت تشغلهُ . واذا قلَّت حرارتها اقتربت من بعضها البعض وشغلت حيزًا اصغر . وعلى ما تقدَّم يقال ان الحرارة تمدِّد الاجسام والبرد يقلّصها

(٢٤٦) تمدُّد الجوامد * يظهر تمدد الجوامد بالحرارة مما ياتي : خذ قضيبًا من الحديد ا ب (الشكل ٢٠٨) يدخل وهو على حرارتهِ الاعتيادية في

س د ويدخل قطرهُ في الثقب ي. فاذا أُحمي يتمدَّد طولاً فلا يدخل في س د وثخنًا فلا يدخل في الثقب ي * وقد عرفوا من تمدُّد الجوامد طولاً وجرمًا انها تتمدَّد تمدُّدًا قياسيًّا اي انهُ كلما ارتفعت درجة حرارتها ارتفاعًا معينًا ازداد تمددها ازديادًا معينًا ايضًا. غير ان مقدار تمدُّدها هذا متفاوت فالنوتيا تتمدَّد اكثر من الحديد والحديد اكثر من الزجاج



الشكل ٢٠٨

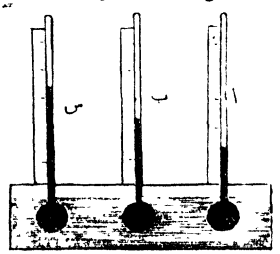
ولهذا التمدد قوَّةٌ لا تقاوم فقد حسبوا انهُ اذا أُحمي قضيب حديد من درجة ذوبان الجليد الى درجة غليان الماء تمدَّد وضغط ما باصقهِ ضغطاً يعادل ضغط ١٦٠٠٠ ثقل من ثقلهِ ثم اذا برد تقلَّص بتلك القوَّة عينها. وسبب ذلك واضح لان القوة التي يتمدد بها الجسم قيراطاً في الطول تعادل قوة تمطُّهُ قيراطاً * وقد استُخدِمت قوة التمدد والتقلص في كثير من الاعمال : من ذلك ان أُطُر الدواليب يركَّبونها حامية عليها حتى انها متى بردت تتقلص فتتشبَّث بها تشبثًا متينًا. والمسامير التي يسمّرون بها خلاقين البخار يضعونها حامية حمراء حتى تتقلَّص بعد ذلك وتربط اجزاء الخلاقين ربطاً شديدًا بعضها ببعض. ولما وقع الخلل في جدران دار الصناعة بباريس فتباعد بعضها عن بعض ادخلوا فيها قضبانًا من الحديد واحموها فتمددت ثم شدُّوها باللوالب فلما بردت تقلَّصت فقصرت وردَّت الجدران الى استقامتها

وكما انهُ ينتفع بتمدد الاجسام كذلك يجب ان يحترَس من ضررهِ. ففي مدّ انابيب الماء تحت الارض يدخل طرف الانبوب الواحد في طرف الآخر يسيرًا حتى انهما اذا تمدَّدا او تقلصا يجدان موضعًا لذلك. واذا غُمست اكواب الزجاج باردة في الماء الحارّ فقد تنفصم لان سطوحها الخارجية تتمدد قبلما تتصل الحرارة الى سطوحها الداخلية فيشتدُّ تلك وبقاء هذه على ما هي ينكسر الزجاج.

ولهذا السبب تنكسر زجاجة القنديل اذا رُشَّ عليها الماء البارد او مرَّ بها الهواء البارد حامياً

واعلم ان الاجسام اذا بردت تقلصت ورجعت دقائقها الى اماكنها الأُولى الاَّ الرصاص والنوتيا فانهما متى بردا لا يرجعان الى حجمهما الاوَّل واذا لم يجدا محلاً ليتمدَّدا فيهِ يتجعدان ولذلك كثيرًا ما ترى بطانة الاوعية المبطنة بهما مجعَّدة

(٣٤٧) تمدُّد السائلات * تتمدد السائلات اكثر مما تتمدد الجوامد لان جاذبية الملاصقة فيها اضعف مما هي في الجوامد. غير ان تمددها ليس قياسيًّا فلا تتمدد بقدر ازدياد درجة الحرارة لانهُ اذا كانت حرارة سائل ٠٠ ٣° وحرارة آخر من نوعهِ ٠٠ ١° وزيدت حرارة كل منهما ١٠° يتمدَّد الثاني بالعشر الدرجات اقلَّ مما يتمدد الاوَّل. وكلَّما قربت حرارة السائل من درجة غليانهِ بعُد تمدُّدهُ عن القياس * ويتفاوت التمدد في السائلات بحسب نوعها فاذا صبَّ في ا (الشكل ٣٠٩) ماءً وفي ب زيت السمك وفي س الكحول الى علوّ واحدٍ وغمست كلها في الماء الغالي تمدد الكحول اكثر من الزيت والزيت اكثر من الماء * هذا ولا تتمدد الاجسام بغير الحرارة الاَّ الماء فانهُ يتمدد بالحرارة ويتمدد بالبرد ايضًا وهذا يكون بعد انحطاط حرارتهِ الى ٣٩° ف. فيتمدَّد من ثمَّ حتى يصير جليدًا على درجة ٣٢° ف



الشكل ٣٠٩

(٣٤٨) تمدُّد الغازات * تتمدد الغازات اكثر ما تتمدد السائلات والجوامد وتمدُّدها قياسيٌّ فانهُ كلما ارتفعت حرارتها درجةً زاد حجمها $\frac{1}{490}$ منهُ كلهِ[1] فاذا كان غازٌ حجمهُ ٤٩٠ قيراطاً مكعبًا ودرجة حرارتهِ ٣٢° ف واحمي

(١) ان هذا الحكم لا يصدق تمامًا اذا اردنا حقيقة الواقع ولكن اختلافهُ زهيد جدًّا لا يعبأ بهِ في العمل

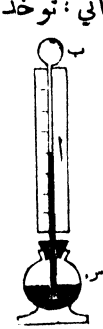
حتى تصير ٣٢° ف يصير حجمهُ ٤٩١ قيراطاً مكعّباً . ولتمدد الغازات اعتبار عظيم في الرياح وفي تنقية هواء المساكن كما سيجيء

(٣٤٩) الثقل النوعي للغازات * تقدم (عد ١٣٨) ان الثقل النوعي للهواء يجعل قياساً للثقل النوعي لسائر الغازات . ولما كانت الغازات قابلة للتمدد والانضغاط كثيراً كانت كثافتها كثيرة الاختلاف فاذا اردنا ان نستعلم ثقلها النوعي وجب ان نحوّلها دائمًا الى درجة معيّنة من الحرارة ومن الضغط . والمتفق عليهِ ان تكون الحرارة على درجة الجليد وان يكون الضغط مساويًا ٣٠ قيراطًا بالبارومتر . فيستعلم الثقل النوعي لكل غازٍ من الغازات باستعلام ثقل جرم معيّن منهُ على درجة الجليد من الحرارة وتحت ٣٠ قيراطًا من الضغط . ثم يستعلم ثقل جرمٍ يساويهِ من الهواء على تلك الحرارة وتحت ذلك الضغط . ويقسم ثقل الغاز على ثقل الهواء فالخارج الثقل النوعي لذلك الغاز . مثالهُ لو قيل ما الثقل النوعي لغاز الاكسجين لقيل فرّغ الفارورة المرسومة في الشكل ٩٦ من الهواء واستعلم وزنها ثم املأها هواء واستعلم وزنها واملأها اكسجينًا ايضًا واستعلم وزنها . واطرح وزنها من وزنها مع الهواء فيبقى لك وزن الهواء واطرح وزنها من وزنها مع الاكسجين فيبقى لك وزن الاكسجين . اقسمهُ على وزن الهواء فيخرج لك ثقل الاكسجين النوعي . الّا انهُ لا يتيسر دائمًا استعلام الثقل النوعي على الدرجة المذكورة آنفًا من الحرارة والضغط . ولذلك يحوّلون اوزان الغازات بالحساب الى ما تكون عليهِ لو كانت الحرارة والضغط حسب المطلوب

(٣٥٠) الثِرْمُومِتَر * الحواسُّ البشرية قاصرة عن معرفة درجة حرارة الاجسام راسًا ولذلك يستعان على معرفة هذه الحرارة بقياس تمدّدها للاجسام . وتسمّى الآلة التي تُعرَف بها حرارة الاجسام الثرمومتر اي مقياس الحرارة . ولما كان الاعتماد فيهِ على تمدُّد

الاجسام كانت السائلات اصلح الاجسام لذلك لان الجوامد تتمدد قليلاً فيقاس بها اختلاف الحرارة اختلافًا عظيمًا والغازات تتمدد كثيرًا فتصلح لقياس اختلاف الحرارة اختلافًا يسيرًا فقط فضلاً عن ان ضغط الهواء يؤثر فيها كثيرًا. ولذلك يستعمل من السائلات الزئبق والكحول اما الزئبق فلان تمدُّدهُ قياسيٌّ ولا يغلي الاَّ اذا اشتدَّت الحرارة جدًّا واما الكحول فلانهُ لا يجمد ولو اشتدَّ البرد وجمد الزئبق. ويسمَّى الثرمومتر من الاول الزئبقي ومن الثاني الكحولي. والأوَّل اكثر استعمالاً واما الثاني فيستعمل غالبًا في البرد حيث يخشى من جمود الزئبق

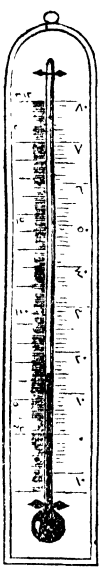
(٣٥١) الثرمومتر الزئبقي * يتضح عمل هذا الثرمومتر مما يأتي: تؤخذ انبوبة من الزجاج ا (الشكل ٢١٠) ذات بلبوس ب في احد طرفيها ويُحمَى بلبوسها هذا على قنديل كحولي حتى يتمدد الهواء فيهِ ويخرج بعضهُ من الانبوبة. ثم يُغمَس طرف الانبوبة الآخر في وعاء من الزجاج يحتوي ماء ملونًا س. فمتى برد البلبوس ب يتقلص الهواء فيهِ وفي الانبوبة فيصغر حجمهُ ويدخل جانب من الماء الى البلبوس ويشغل قسمًا منهُ. ثم يُحمَى البلبوس ثانيةً حتى يتحوَّل كلُّ ما فيهِ من الماء الى بخار ويغمس طرف الانبوبة اذ ذاك في الماء الملوَّن. فمتى برد البلبوس تقلَّص البخار فيهِ وصعد الماء وملأهُ هو والانبوبة معًا * وهكذا يُصنَع للثرمومتر الزئبقي انبوبة شعريَّة ذات بلبوس وتملأ زئبقًا على ما تقدَّم. ولكن المعتاد انهم يضعون قمعًا في طرف الانبوبة ويصبون الزئبق فيهِ ويحمون البلبوس فيتمدد هواؤهُ ويصعد بعضهُ من خلايا الزئبق. ومتى برد البلبوس يتقلص الهواء



الشكل ٢١٠

فيهِ فينزل جانب من الزئبق الى البلبوس ويحلُّ محلَّ ما أفلت من الهواء . ثم يحمون البلبوس ثانيةً حتى يتمدد الزئبق الذي نزل اليهِ ويشغلهُ هو والانبوبة الى العلو المراد ويصهرون طرف الانبوبة ويسدونهُ ويتركون البلبوس حتى يبرد فينقلص وينزل الزئبق اليهِ ويبقى ما فوقهُ من الانبوبة فارغًا . ثم يبتدئون بجزّ الدرجات على الانبوبة فيغمسون البلبوس في الجليد وهو يذوب فينقلص الزئبق كثيرًا من البرد وحيثما استقرَّ وسموا علامةً على مساواة راسهِ . ثم يغمسون البلبوس في الماء وهو يغلي تحت ضغط جَلَد واحدٍ فيتمدَّد الزئبق في الانبوبة من الحرارة وحيثما استقرَّ وسموا هناك علامة أُخرى

وحينئذٍ اذا حُسبت درجة الجليد ٣٢ ودرجة الماء الغالي ٢١٢ وقُسِم ما بينهما ١٨٠ قسمًا متساويًا فذلك هو ثرمومتر فارنهيت واستعمالهُ شائع في الولايات المتحدة وبلاد الانكليز . واذا حُسبت درجة الجليد صفرًا ودرجة الماء الغالي ١٠٠ وقُسِم ما بينهما ١٠٠ قسم متساوٍ فذلك هو ثرمومتر سَنتِكراد اوسَلسِيُوس واستعمالهُ شائع في فرانسا . واذا حُسبت درجة الجليد صفرًا ودرجة الماء الغالي ٨٠ فذلك ثرمومتر رِيُومِير واستعمالهُ شائع في جرمانيا وروسيا . ترى صورة ثرمومتر فارنهيت وريومير معًا (الشكل ٢١١)



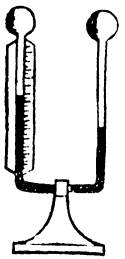
الشكل ٢١١

وللتمييز بين هذه الثلثة يكتَب اوّل كل حرف من اسم كل ثرمومتر الى يسار درجاتهِ فاذا كتبنا ٦٤°ف . و٢٥°س . و٢٢°ر . فالمراد ٦٤ درجة من فارنهيت و٢٥ درجة من سنتكراد و٢٢ درجة من ريومير . ويقسم الثرمومتر تحت درجات الجليد اقسامًا متساوية ايضًا ويدلُّ على ما تحت الصفر بعلامة الطرح عن يمين الارقام فاذا كتبنا —٤°ف . و—٤°س . و—٤°ر . فالمراد ٤ درجات فارنهيت تحت الصفر و٤ درجات سنتكراد تحت الصفر و٤ درجات ريومير تحت الصفر .

والصفر في هذين الاخيرين يدلُّ على درجة الجليد واما في الاوّل فعلى ابرد منها باثنين وثلاثين درجة

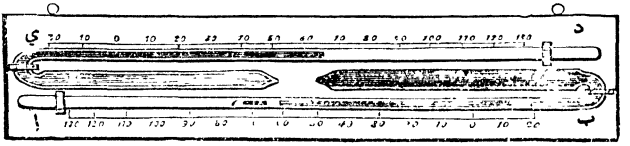
واذا اردنا تحويل ثرمومتر فارنهيت الى سنتكراد طرحنا منهُ ٣٢ وضربنا الباقي في ٥ وقسمنا الحاصل على ٩ ويدلُّ على ذلك بهذه العبارة (ف — ٣٢) × $\frac{٥}{٩}$ = س . واذا اردنا تحويل سنتكراد الى فارنهيت ضربناهُ في ٩ وقسمنا الحاصل على ٥ واضفنا ٣٢ الى الخارج ويدلُّ على ذلك بهذه العبارة ($\frac{٩}{٥}$ س + ٣٢ = ف .) واذا اردنا تحويل فارنهيت الى ريومير طرحنا منهُ ٣٢ وضربنا الباقي في ٤ وقسمناهُ على ٩ ويدلُّ على ذلك بهذه العبارة (ف — ٣٢) × $\frac{٤}{٩}$ = ر . واذا اردنا تحويل ريومير الى فارنهيت ضربناهُ في ٩ وقسمنا الحاصل على ٤ واضفنا ٣٢ الى الخارج ويدلُّ على ذلك بهذه العبارة ($\frac{٩}{٤}$ ر + ٣٢ = ف) واعلم ان الزئبق يجمد على — ٣٩° ف . ولذلك يستعمل الكحول عوضًا عنهُ للدلالة على الحرارة الواطئة كما تقدَّم

(٣٥٣) ثرمومتر التفاوت * هو انبوبةٌ منحنيةٌ على قائمتين كما ترى في الشكل ٢١٢ فيملأ بعض الساقين وما بينهما سائلاً ملوَّنًا كالحامض الكبريتيك المخفف ويُترك البلبوسان وما بقي من الساقين ملآنة هواء. ويُسدُّ طرفا الساقين ويُحمى احد البلبوسين اكثر من الآخر حتى يذهب الهواء منهُ الى الآخر ويتساوى علوُّ الحامض في الساقين. ثم ان كانت الحرارة واحدةً على البلبوسين بقي الحامض على علوٍّ واحد في الساقين والاَّ فاذا زادت على واحد دون الآخر تمدَّد الهواء الذي في الاحرّ وطرد الحامض من الساق التي هو فيها الى الساق الأُخرى


الشكل ٢١٢

(٣٥٤) ثرمومترا الاعظم والاقلّ * اذا شئنا ان نعرف اعظم الحرارة التي تحدث في اليوم او اقلّها على اسهل سبيل استعملنا ثرمومترًا يقيّد نفسهُ بنفسهِ. والشائع في الاستعمال الثرمومتر الزئبقي لمعرفة اعظم الحرارة والكحولي لمعرفة اقلها

اما كيفية تقييد الثرمومتر نفسهُ فتتضح من الشكل ٢١٣ اب الاعظم فيهِ زئبقٌ وقضيبٌ دقيق من الفولاذ منفصلٌ عن الزئبق بقليلٍ من الهواء. فاذا ارتفعت الحرارة مدَّدت الزئبق فيسير في الانبوبة ويدفع القضيب امامهُ حتى يبلغ اعظم تمدُّدهِ. واذا وَطِئَت الحرارة نقلص الزئبق ورجع تاركًا القضيب مكانهُ فيستدلُّ منهُ على الدرجة التي بلغت الحرارة اليها في ذلك اليوم



الشكل ٢١٣

ود ي الاقل فيهِ الكحول وقضيبٌ من الزجاج غير منفصل عنهُ. يُوضَع قضيب الزجاج بحيث يمسُّ طرفهُ المتجه الى البلبوس راسَ عمود الكحول. ثم اذا وَطِئَت الحرارة نقلص الكحول واجتذب القضيب (لما بينهما من جاذبية الالتصاق) راجعًا نحو البلبوس حتى يبلغ نهاية نقلصهِ. فيستدلُّ من القضيب على اقل الحرارة ذلك اليوم. واذا زادت الحرارة فمدَّدت الكحول تجاوز القضيب ولم يحرِّكهُ من مكانهِ كما ترى في الشكل

(٣٥٤) البيرُومتر * كما ان الزئبق لا يصلح لقياس الحرارة اذا كانت واطئةً جدًّا لانهُ يجمد فيعوَّض عنهُ بالثرمومتر الكحولي كذلك لا يصلح لقياس الحرارة اذا ارتفعت جدًّا لانهُ يتحوَّل الى بخار فيعوَّض عنهُ بالبيرومتر. وهذا البيرومتر على اشكال لا نتعرَّض لتفصيلها اذ قد أُهملت لعدم ضبطها في الدلالة على الحرارة

(٣٥٥) اسالة الاجسام * اي تحويلها الى سوائل بتاثير الحرارة فيها وهو يكون في الجوامد فيقال لهُ صهرٌ او تذويب وفي الغازات فيقال لهُ تسييل

(٢٥٦) صهر الجوامد * اذا زِيدَت الحرارة على جامدٍ ارتفعت درجة حرارتهِ ارتفاعًا دائمًا حتى تصل الى الدرجة التي يذوب عندها فلا ترتفع بعد ذلك ولو زِيدت الحرارة عليهِ. لانَّ ما يزيد من الحرارة على درجة الذوبان يصرَف في مقاومة جاذبية الملاصقة التي بين دقائق الجامد فيبدِّدهُ اي يبعد دقائقهُ بعضها عن بعض حتى يُضعِف جاذبية الملاصقة ويحلَّ الدقائق من قيودها حلًّا يسهِّل لها الحركة فتسيل كما يشاهد في تذويب الثلج والحديد ونحوهما * ولا يخفى ان حرارة كثيرة تختفي بالصهر لانَّا اذا اردنا ان نذوِّب ثلجة حرارتها ٣٢° ف الى ماء حرارتهُ ٣٢° ف اقتضى ان يختفي فيها ١٤٢° ف من الحرارة . فلا نحوّل اوقيةً من ذلك الثلج الى اوقية من هذا الماء مالم نصرف عليها من الحرارة ما يرفع ١٤٢ اوقية من الماء من ٣٢° الى ٣٢° ف

واعلم ان بعض الاجسام كالورق والخشب والصوف وغيرها تحلُّ برفع حرارتها ولا تذوب وبعضها يصهر تدريجًا فليس لهُ درجة محدودة يصهر عندها كالزجاج والحديد فانهما يلينان شيئًا فشيئًا حتى ينتقلا من الجمود الى السيولة تدريجًا ولذلك تعتبر درجة ابتداء الليونة وتمام الصهر فيهما . ولما كانت جاذبية الملاصقة متفاوتة القوة والضعف في الاجسام فدرجة الصهر متفاوتة ايضًا فانها عالية في بعض الاجسام وواطئة في غيرها

(٢٥٧) تسييل الغازات * تحوَّل الغازات الى سوائل بالبرد

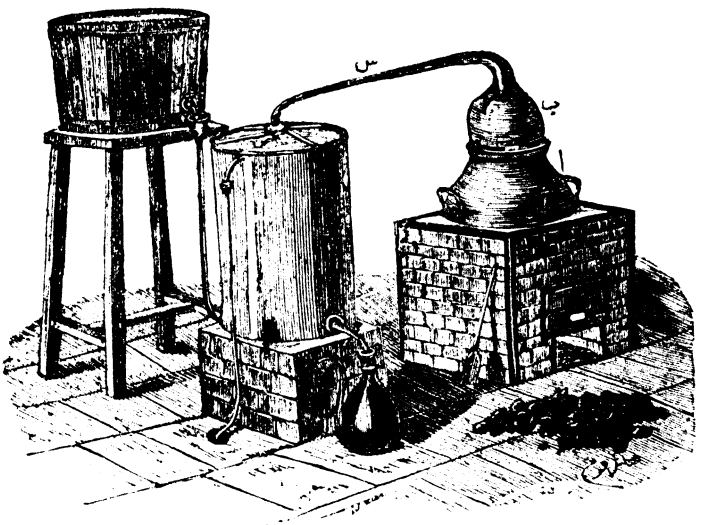
والضغط[1]. اما البرد فلانهُ اذا قلت الحرارة من الغاز ضعفت القوة الدافعة وقويت الجاذبة بين دقائقهِ فتقرّبها بعضها من بعض. واما الضغط فلانهُ يقرب الدقائق بعضها من بعض فيعين الجاذبة على غلبة الدافعة. وبواسطة الضغط والبرد معًا حوّلوا كل الابخرة والغازات بلا استثناء الى سوائل. وما زال الغاز تحت الضغط بقي سائلًا واما اذا زال الضغط عنهُ فيرجع الى الغازيَّة حالًا

(٣٥٨) البَخْر * اذا احمينا السائل في قِدْرٍ ارتفعت درجة حرارتهِ حتى يغلي فتكفُّ عن الارتفاع. واما هو فلا يزال يتمدَّد حتى تصير سرعة دقائقهِ اقوى من جاذبية الملاصقة فيتطاير ويقال اذ ذاك ان القدر تبخرهُ. ولا تبخر غيرهُ ممَّا يكون ذائبًا فيهِ من الجوامد فاذا بخَرَت ماءً ملحًا مثلًا صعد البخار عذبًا وبقي الملح فيها

وعلى ذلك يجري التقطير بالانبيق كما ترى في (الشكل ٢١٤) يوضع السائل في ا وهو وعاءٌ من النحاس يستقرُّ على الكانون فيتحوَّل الى بخار ويجري من راس الانبيق ب في الانبوبة س الى انبوبة اولبية ص نازلة في حوض ملآن من الماء البارد. فيبرد هناك ويقطر في الكوز نقيًّا خالصًا من الشوائب والاكدار. ولكن الماء البارد الذي حولهُ في الحوض يسخن. ولذلك يبدلُ بماء

(١) ان الالفة الكيماوية تجعل في الجسم ميلاً الى تحويل الابخرة التي في الهواء الى سوائل كالكلس الحي فانهُ يمتصُّ بخار الهواء. وكذلك بعض انواع الماء الملح

آخر بارد من حوض بجانب حوضهِ فيدخل البارد من اسفل الحوض ويخرج الحار من اعلاهُ كما في الشكل * كذا ينقطّر الماء ويستخرج العرق من عصير العنب والسوائل العطرة من الازهار



الشكل ٢١٤

(٣٥٩) درجة الغَلَيان * غليان السائل هو جيشان دقائقهِ بالحرارة. فاذا أُحمي الماء مثلاً علتهُ اولاً فقاقيع معبَّأة هواءً من الهواء الذي كان فيهِ. ثم حدثت فيهِ فقاقيع معبَّأة بخاراً منهُ واستقرَّت على قعر وعائهِ وجوانبهِ. ثم تعلو قليلاً حتى تبلغ ما لا يزال باردًا منهُ فيسخنها ويكثفها ومن انسحاقها يحصل الأَزيز وهو صوت القدر المعهود. الاَّ انهُ كلما زادت الحرارة على الماء علَت هذه الفقاقيع البخاريَّة فيهِ حتى تبلغ سطحهُ فتفقع عليهِ وتُخرِج بخارها الى

الهواء وهذا هو غليان الماء * ودرجة الغليان هي الحرارة التي يغلي السائل عليها وهي متفاوتة باختلاف الاجسام. فمن الاجسام ما يتحوَّل الى بخارٍ على درجة معتدلة من الحرارة فتكون درجة غليانهِ معتدلة ومنها ما لا يذوب الاَّ على درجة عالية جدًّا فتكون درجة غليانهِ عالية جدًّا. ومنها ما يتحوَّل الى بخار على درجة واطئة جدًّا كغازات الهواء

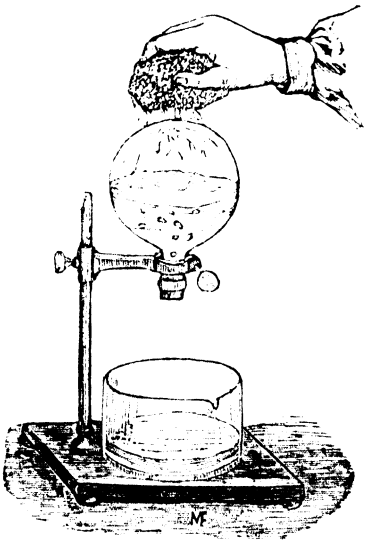
(٢٦٠) درجة غليان الماء * تتوقَّف درجة غليان الماء على ثلثة امور وهي: اولاً. نقاوة الماء. فان كل ما يزيد جاذبية الملاصقة بين دقائق الماء يرفع درجة غليانهِ ولذلك تكون درجة غليان الماء الملح ارفع من درجة غليان الماء العذب اذ الملح يزيد قوة الملاصقة بين دقائق الماء. وتكون درجة غليان الماء الممزوج بالهواء اوطأ من درجة غليان الماء الخالص منهُ اذ الهواء يُضعِف قوة الملاصقة بين دقائقهِ فاذا خلص الماء من الهواء لم يغلِ الاَّ على ٢٧٥°ف. فيتحوَّل حينئذٍ الى بخار بقَعْ شديدٍ

وثانيًا. طبيعة الوعاء. فان درجة غليان الماء في الحديد مثلاً اوطأ مما هي في الزجاج. وتزيد في الزجاج ارتفاعًا اذا نظِّف بالحامض الكبريتيك والبوتاسا. والظاهر ان سبب ذلك جاذبية الاتصاق بين الماء والوعاء الذي يحويهِ فاذا كانت شديدة ارتفعت درجة الغليان والعكس بالعكس

وثالثًا الضغط. فان كل ما يضغط وجه الماء يقرّب دقائقهُ بعضها من بعض فيعيق الحرارة عن تفريقها. ولما كان ضغط الهواء على قمم الجبال اقلَّ مما على سفوحها كانت درجة الغليان على القمم اوطأ مما على السفوح. وعليهِ وُجِدَت درجة غليان الماء ١٨٢°ف على ارتفاع ١٥٨٠٠ قدم في الجبل الابيض واكثر من ٢١٢°ف في قعر بعض المعادن العميقة. ولذلك يعسر الطبخ بالماء من

انحطاط درجة غليانهِ على القمم الشامخة. وكلما قل ارتفاع الجبال ارتفعت درجة الغليان وصحَّ الطبخ. وهذا الارتفاع بالوطوء او الوطوء بالارتفاع يجري على قياسٍ وهو درجة واحدة في كل ٥٩٦ قدمًا من الارتفاع فيمكن استخراج اعالي الجبال من درجة غليان الماء عليها استخراجًا تقريبيًّا

ويظهر ارتفاع درجة الغليان بالضغط مما ياتي: املأْ زجاجةً ماءً الى نصفها (الشكل ٢١٥) واغلها مدة على النار ثم سدَّها حالاً واقلبها فيكفُّ الماء عن الغليان لان البخار الذي تحوَّل عنهُ يضغطهُ فيمنعهُ من الجيشان. ثم غطَّ اسفنجةً في الماء البارد واعصرها على الزجاجة فيعود الماء الى الغليان بعد سكونهِ لانَّ الماء البارد يكثِّف البخار فيسيِّلهُ فيرجع البخار ماءً وبزول ضغطهُ. فيعود الغليان الى ان يتحوَّل بعض الماء الى بخارٍ يكفي ضغطهُ لتوقيف الماء عن الغلي. ثم يعود البخار ماءً اذا عصر ماءً بارد على الزجاجة للسبب المتقدِّم. ولا يزال الغليان يجري وينقطع حتى تصير حرارة الماء اقلَّ من حرارة الدم قليلاً فيبطل كليًّا* واذا كانت سدادة الزجاجة محكمة تمنع الهواء من الدخول اليها فكلما اصاب الماء جوانبها صلصل صلصلة المعادن لانهُ لا يوجد هواءٌ يضعف صوتهُ. ويتضح ما نحن بصددهِ من المطرقة المائية وهي عبارة عن انبوبة من الزجاج تملأُ ماءً الى نصفها ثم تحمى حتى يتحوَّل بعض مائها الى بخار ويحل محلَّ الهواء فيها وتصهر من فمها وتسدُّ سدًّا تامًّا. فمتى برد البخار فيها سال وبقي محلهُ فارغًا فينزل الماء فيها من طرف الى طرف كالرصاص. واذا لُمست حينئذٍ



الشكل ٢١٥

تحوّل بعض مائها الى بخار بحرارة اليد

(٣٦١) حرارة بخار الماء الغالي * ان الماء لا ترتفع حرارته عن درجة الغليان مهما زادت عليهِ الحرارة ما لم يحصَر بخارهُ كما سيأتي . لانهُ متى بلغ درجة الغليان كفّت الحرارة عن رفع درجتهِ وصُرِفت على تمديدهِ وتكبير حجمهِ . ولذلك تجد حرارة البخار الصاعد عن الماء الغالي مثل حرارة مائهِ والحال ان فيهِ ٩٧٢° ف من الحرارة زيادة عما في الماء الغالي . وهذه الحرارة الزائدة تختفي في البخار وتمدّدهُ وتكبّر حجمهُ فتصيّر القيراط المكعّب من الماء ١٧٠٠ قيراط مكعّب من البخار . فاذا رجع هذا البخار الى السيولة ظهرت كل الحرارة المختفية فيهِ . وعليهِ يستعملون البخار لاحماء البيوت ونحوها بارسالهِ اليها في انابيب يتكاثف فيها ويسيل * وبخار الماء الغالي شفاف لا يُرَى كما يتضح من النظر اليهِ عند اوّل خروجهِ من بلبلة الابريق . وانما يرَى بُعَيد ذلك عند ما يبرد فيتكاثف ويصير نقطًا صغيرة تعوم في البخار الحقيقي

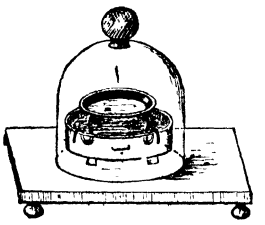
(٣٦٢) التبخير والاسباب المعجّلة لهُ * ذكرنا من تغييرات الحرارة للاجسام التمدُّد واسالة الاجسام والبخر فبقي علينا ان نذكر التبخير . المراد بالتبخير هنا معنًى غير البَخْر وهو ان يتكوّن البخار تكوُّنًا بطيئًا ليس على درجة الغليان كالبَخْر بل على كل درجةٍ من درجات الحرارة الاعتياديّة كما يشاهد في جفاف ماء البُرَك والثياب المنشورة في الهواء وجفاف العرَق عن الجسد وما شاكل ذلك . فان الماء يُبخّر في الفضاء ولو كانت الحرارة على درجة الجليد والثياب تنشف ولو اشتدَّ البرد ولا سيَّما اذ هبَّتْ عليها الريح فأبدلت الهواء الرطب المباشر لها بهواء أجفّ منهُ وأخفّ

فيتشرَّب كثيرًا من مائها . واذا اتسع السطح المعرَّض للحرارة كثر تبخيرهُ لما فيهِ من السائل ولو كانت الحرارة لطيفة. وعلى ذلك يستخلصون من السوائل الجوامدَ الذائبة فيها بتقليل السائل وبسطهِ على سطحٍ متَّسعٍ . ألا ترى ان الذين يستخرجون الملح من الماء الملح يصبُّون مقدارًا من الماء على سطح متسع فلا يمضي زمان طويل حتى يجفَّ الماء ويبقى الملح

ولا يخفى انهُ كلما زادت الحرارة على السائل عجَّلت تبخيرهُ كما هو واضح. ويستعجل تبخير السائل ايضًا اذا تجدَّد الهواء عليهِ لانهُ اذا كثر البخار فيهِ لم يعد يسع بخارًا كالهواء القليل البخار. فاذا بقي الهواء المتلئ رطوبةً على السائل منعهُ من التبخير واما اذا بُدِّل بهواء اجفَّ منهُ فيبقى التبخير جاريًا على حالهِ او يزيد. ويستعجل التبخير ايضًا اذا قلَّ الضغط عن السائل كما يستفاد من (عد ٣٥٩) ولذلك اذا خفَّ الهواء لسببٍ من الاسباب استعجل التبخير. وهذا الحكم جارٍ في الصنائع فانهم اذا شاءوا تجميد الحليب او تركيز شراب السكر (اي تبخير بعض مائهِ) وضعوهُ في اوعية وفرَّغوا الهواء عنها فيسرع تبخير الشراب لما فيهِ من الماء على حرارة واطئة لا يخشى ان تحرقهُ

(٣٦٤) التبريد بالتبخير * اذا تحوَّل السائل الى بخار اختفى جانب من حرارتهِ في ذلك البخار (عد ٣٤٣) فتهبط حرارة السائل. وعلى ذلك يشعر الانسان بالبرد بعد تحوُّل عرقهِ الى بخار. ويبرد الماء في الاباريق اذا هبَّت عليها ريحٌ شرقيَّة جافَّة حارَّةٌ وحوَّلت كثيرًا من مائها الى بخار. وتبرد الازقة صيفًا اذا رُشَّت بالماء وبخَّرتهُ. وتجمَّد السوائل اذا بُخِّرت كما يأتي : تُملأ صحفة صغيرة ا (الشكل ٢١٦) ماء مثلاً وتوضع على وعاء قريب القعر ب مملوء من الحامض الكبريتيك وموضوع على صفيحة مفرَّغة الهواء . ثم تقلب القابلة عليهما ويُفرَّغ

الهواء منها . فيرتفع ضغطهُ عن الماء فيبخّر الماء بعجلةٍ (عد ٢٦٣) حتى يضغطهُ البخار الصاعد منهُ كما كان يضغطهُ الهواء . ثم ان الحامض الكبريتيك يمتص البخار بما فيهِ من الشراهة اليهِ فيرتفع ضغطهُ عن الماء ويبخّر الماء ثانيةً بخارًا يمتصهُ ايضًا الحامض الكبريتيك . وبهذا التبخير يبرد الماء حتى يجمد . كذا يصنع الثلج في بعض الاماكن . وقد مزجوا سائل اكسيد النيتروس بسائل بي كبريتيد الكربون وفرّغوا الهواء عنها فبخّرا وهبطت حرارتهما بالتبخير الى — ٢٢٠° ف . وهذه اوطأ حرارة يستخدمونها لقضاء الحاجات[1]



الشكل ٢١٦

(٢٦٤) الحالة الكروية * اذا قُطِرت قطراتٌ قليلةٌ من الماء في كأس معدنية محماةٍ الى الحمرة صارت كرة مستديرة وتراقصت في الكاس ولم يصغر حجمها الاَّ قليلاً . وسبب ذلك ان جانبًا منها يتحوّل الى بخار فيفصل بينها وبين سطح الكاس والهواء يحمي بملامستهِ لسطح الكاس فيجري في مجارٍ تحملها فتتراقص كما ذكرنا . واذا بردت الكاس قليلاً فقدت النقط كرويتها ومسّت سطح الكاس راسًا فتتحوّل الى بخار وتفقع فقعًا لطيفًا

وعلى ما تقدّم يمكن للانسان ان يمسّ سطحًا مستويًا من الحديد الحامي ولا يحترق اذا بلل كفهُ لان الماء يتكيّف بالكيفيّة المذكورة فيقي الكف من أَلم الحرّ . وعليهِ ايضًا قد يغطُّ صابُو الحديد ايديهم مرطّبة في الحديد المصهور ولا يُلذَعون ولعلَّ الذين بروَى انهم كانوا يمشون على السمك المحماة الى الحمرة ولا يتاذّون كانوا يبلّون اقدامهم كما ذُكر

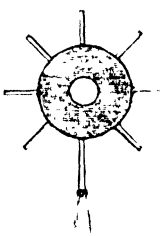
(١) لما سيلوا الاكسجين والنتروجين والهيدروجين وباقي الغازات الثابتة سنة ١٨٧٧ فبعد رجوعها بغتة الى الغازية هبطت درجة الحرارة الى — ٥٠٨° ف على ما قدّر بعض العلماء

الفصل الثالث

في ايصال الحرارة

(٣٦٥) نقل الحرارة* حيثما وُجدَت الحرارة طلبت الانتقال الى ما حولها من الاجسام على التساوي بطريقة من ثلث طرق وهي النقل والحمل والاشعاع. فالنقل هو انتقال الحرارة من دقيقة الى دقيقةٍ من دقائق الجسم. مثالهُ: ضع راس الملقط في النار وابقِ يدك على مقبضهِ فتشعر بحموّهِ بعد قليل لانَّ حرارة النار تنتقل على الملقط من دقيقةٍ الى دقيقة حتى تنتهي من راسهِ الى مقبضهِ

وبين الاجسام تفاوت من حيث نقلها للحرارة فالتي تنقلها جيدًا تسمَّى موصلات جيدة للحرارة والتي لا تنقلها جيدًا تسمَّى موصلات رديئة. وتعرف جودة ايصال الجوامد ورداءتها كما يأتي: يصنع قرصٌ مستدير من النحاس الاصفر (الشكل ٢١٧) ويثقب حرفهُ ثقوبًا متعددة ويُدخَل في ثقوبهِ قضبان ذات مقدارٍ واحدٍ وطولٍ واحدٍ من معادن مختلفة ويُحفَر في طرف كلٍّ منها حفرة توضع فيها قطعة من الفصفور. ثم يجعى القرص فالذي تشتعل فيهِ قطعة الفصفور اولاً من القضبان يكون اجودها ايصالاً للحرارة والذي تشتعل فيهِ قطعة الفصفور ثانيًا يتلوهُ في الجودة وهلمَّ جرًّا. كذا عُلِم ان المعادن اجود الموصلات ثم الرخام فالصيني فالقرميد فالخشب (ولا سيما على عرض الياف) فالزجاج



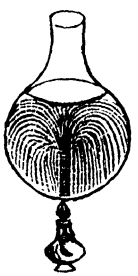
الشكل ٢١٧

ويتلو الجوامدَ في جودة الايصال السوائلُ فاذا احميتا الماء بقدير على لهيب

القنديل الكحولي على ما يكون منهُ قرب اللهيب وبقي اعلاهُ باردًا لانهُ موصلٌ رديءٌ . ويتلو السوائلَ الغازاتُ فانها اردأُ الموصلات . وما اتَّسعت مسامُّهُ كالصوف والفرو والثلج والفحم ونحوها فهو موصل رديءٌ لان الهواء يشغل مسامهُ والهواء غازٌ رديءُ الايصال . ولذلك يبنون للمثالج جدرانًا مزدوجة يملأُون ما بينها فحمًا او نشارة او جسمًا آخر مما لا يوصل الحرارة جيدًا فلا يذوب ثلجها . ولقلة ايصال الهواء يمكن للانسان ان يدخل فرنًا حاميًا جدًّا اذا وضع فيهِ لحمٌ او بيضٌ على رفٍّ معد فيهِ نضجا من شدة الحرّ ولكنهُ لا يشعر بالم ما دام بعيدًا عن الموصلات الجيدة

وعلى ما تقدَّم يلفُّ الثلج بالصوف او يطمر بالتبن لكيلا يذوب . ويستحسن لبس الكتان صيفًا والصوف شتاء لان الكتان موصل جيد فينقل حرارة الجسد ويبرّدهُ والصوف موصل رديءٌ فلا ينقل حرارة الجسد ولذلك يدفئهُ . واذا وُضِعت بلاطة على بساط في محلٍّ ما كانت ابرد من البساط لانها اجود منها ايصالاً . واذا لمسنا جسمًا ابرد سلب حرارتنا فنقول انهُ بارد واذا لمسنا جسمًا احرَّ منا سلبنا حرارتهُ فنقول انهُ حارّ . فاعتبارنا لحرارة الاجسام وبرودتها متوقف على جودتها ورداءتها في الايصال

(٢٦٦) حَمْل الحرارة * الحمل انتقال الحرارة على الاجسام بواسطة دوران دقائقها وهو إمَّا في السائلات او في الغازات ولا يكون في الجوامد



الشكل ٢١٨

اما في السائلات فيتَّضح مما ياتي : ضع مسحوق الكهرباء في وعاء فيهِ ماء بارد فيعوم فيهِ لان ثقلهُ النوعي كثقل الماء النوعي . ثم اذا وُضع الوعاء على لهيب القنديل الكحولي تمدَّد الماء الاقرب الى اللهيب وخفَّ فيصعد ويهبط ماء ابرد واثقل منهُ الى مكانهِ وهذا يتمدد ويخفُّ وهلمَّ جرًّا فتُحمَل

الحرارة من اسفل الماء الى اعلاهُ بدوران دقائقهِ السخنة جارية من الاسفل الى الاعلى والباردة من الاعلى الى الاسفل كما ترى في الشكل ٢١٨

واما في الغازات فيتضح مما يأتي : افتح باب غرفةٍ دافئةٍ بعض الفتح وضع شمعة متقدةً في اعلاهُ فينحرف لهيبها الى الخارج لان هواء الغرفة حارٌ فتصعد دقائقهُ كما تصعد دقائق الماء الحارّ وتخرج من اعلى الباب فينحرف مجراها لهيب الشمعة الى الخارج. ثم ضع الشمعة في اسفل الباب فينحرف لهيبها الى الداخل لان هواء الخارج ابرد واثقل من هواء الغرفة فتجري دقائقهُ الى الغرفة من الاسفل ويحرف مجراها لهيب الشمعة * وعلى هذا المبدإ يتجدّد هواء الغرفة. وتضرم النار في الوجاقات . فان هواء الغرفة البارد يدخل الوجاق من بابهِ فيشعل نارهُ ثم يسخن فيتمدّد ويحمل الدخان ويصعد بهِ من انابيب الوجاق * وعلى مبدإٍ حمل الحرارة تحدث تيّارات الماء وتهب رياح الجلد كما سيجيء

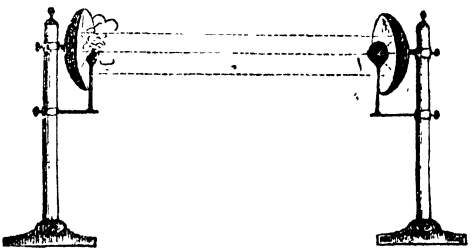
(٢٦٧) اشعاع الحرارة * الاشعاع ايصال الحرارة بسير شعاعها في خطوط مستقيمة . فاذا وقفنا بجانب النار شعرنا بحرارتها لانها توصل حرارتها الينا في شعاع مستقيمة كما ترسل نورها الينا كذلك . وعلى هذا المنوال توصل الشمس حرارتها الى الارض

وما دامت الحرارة مارّة في اوساط لا تمنعها من المرور فيها لا توصل اليها شيئًا من حرّها واما اذا وقعت على معارض يصدُّ امواجها عن المرور فيهِ فتوصل حرها اليهِ وتحميهِ. ولذلك تنفذ حرارة الشمس الفضاء ولا تحميهِ وينضج اللحم باشعاع الحرارة تحتهُ ولو كان الهواء حولهُ على درجة الجليد * ولا يقتصر اشعاع الحرارة على الاجسام النيرة كالشمس والنار بل يعمُّ كل الاجسام فالابريق الملآن ماء سخنًا يشعُّ حرارةً الى كل الجهات والملآن ماء باردًا يشعُّ حرارة

ايضًا ولكن اقلّ ممَّا يشعُّ ذاك . وكلما ابعدت اشعَّة الحرارة عن الجسم الذي يشعُّها قلَّت كثافتها كمربَّع بعدها عنهُ فاذا ابعدت ذراعين صارت كثافتها رُبْع ما كانت عليهِ على بعد ذراعٍ واحدةٍ فقط كما مرَّ في النور (عد ٢٥٢)

(٢٦٨) انعكاس الحرارة * اذا أُشعَّت الحرارة من جسم الى آخر انقسمت عادةً قسمين احدهما يدخل الجسم فيُمتَصُّ بهِ ويرفع درجة حرارتهِ او ينفذهُ والآخر ينعكس عنهُ كما ينعكس الجسم المرن عن الحائط . وهذا الانعكاس يجري على ناموس انعكاس النور اعني ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس (عد ٢٥٦)

ولبيان ذلك ضعْ مرآتين مقعَّرتين الواحدة قبال الاخرى (الشكل ٢١٩) وعلى بعد عشر اذرعٍ منها وضع جسمًا حاميًا ا في البؤرة الرئيسة لاحداها وجسمًا

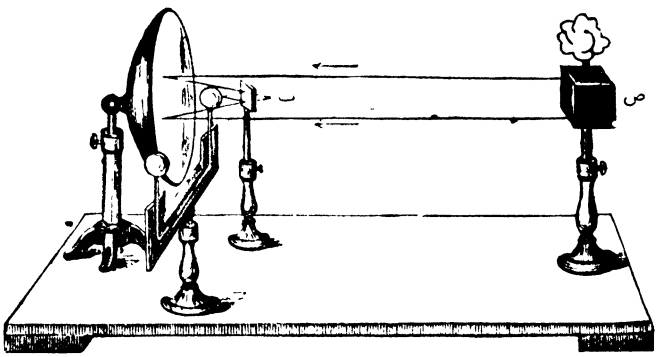


الشكل ٢١٩

سريع الاشتعال كالبارود ب في البؤرة الرئيسة للأُخرى . فيشتعل البارود لان الجسم الحامي ا اشعَّ حرارتهُ الى كل الجهات فانعكس بعضها متوازيًا عن المرآة القريبة منهُ (عد ٢٦٤) ثم انعكس عن المرآة القريبة من ب وتجمَّع على ب فاشعلهُ . ولو لم تكن الزاوية التي انعكست عليها الحرارة عن المرآة الثانية مساويةً للزاوية التي انعكست عليها عن المرآة الأُولى لم تجتمع في البؤرة الرئيسة للمرآة الثانية ولم تشعل البارود . وقد مرَّ الكلام في النور عن كل ما يلزم ذكرهُ في انعكاس الحرارة فلا

حاجة الى اعادتهِ هنا

(٣٦٩) قوة الاجسام على عكس الحرارة * بين الاجسام تفاوت في عكسها للحرارة فبعضها يعكسها اكثر مما يعكسها البعض الآخر. وقد تقدَّم ان الحرارة التي تقع على الجسم تنعكس عنهُ وتمتصُّ بهِ اذا لم تنفذ منهُ فكل ما يعكسها كثيرًا يمتصُّها قليلاً وكل ما يعكسها قليلاً يمتصها كثيرًا



الشكل ٢٢٠

وقد اوضح اسلي كيف تعرف كمية الحرارة المنعكسة عن الاجسام كما ياتي: ملأ مكعباً من التنك ص (الشكل ٢٢٠) ماء غاليًا ووضعهُ امام مرآة مقعَّرة بحيث اذا وقعت شعاع الحرارة منهُ على المرآة تنعكس الى بؤرتها ب. ثم وسَّط بين المرآة وبؤرتها صفائح مربعة من الورق والزجاج والحديد والنحاس وغيرهِ مما اراد ان يعرف قوة عكسهِ للحرارة ووضعها بحيث ان كل واحدة منها تعكس اشعَّة الحرارة الى بؤرة أُخرى امامها. ووضع في هذه البؤرة احد بلبوسي ثرمومتر التفاوت فاستدلَّ منهُ على درجة الحرارة المنعكسة عن كل صفيحة. فوجد ان صفائح النحاس الاصفر الصقيل تعكس الحرارة اكثر مما سواها وصفائح الفضة تعكسها $\frac{9}{10}$ عكس النحاس الاصفر

والقصدير $\frac{8}{10}$ والزجاج $\frac{1}{10}$ والصفائح المدخنة او المبللة بالماء لا تعكس شيئًا بل تمتص الحرارة كلها

(٢٧٠) امتصاص الحرارة * اذا لم يعكس الجسم الحرارة ولم يؤذن لها بالنفوذ منهُ يمتصها اي انهُ يبطل حركة امواجها . وبين الاجسام تفاوت في امتصاص الحرارة . وقد اوضح لسلي كيف يُعرَف مقدار امتصاص الجسم للحرارة كما اوضح كيف يعرف عكس الاجسام للحرارة (عد ٢٦٩). الاَّ انهُ وضع بلبوس ثرمومتر التفاوت في بؤرة المرآة ولبَّسهُ الاجسام التي اراد ان يعرف مقدار امتصاصها فوجد انهُ اذا لبَّسهُ هبابًا او رطَّبهُ بالماء يرتفع الثرمومتر اعظم ارتفاعهِ واذا لبَّسهُ ورق المعادن الرقيق ولا سيما ورق الفضة يهبط اعظم هبوطهِ فحقَّق بذلك ان اجود الاجسام لعكس الحرارة اردأُها لامتصاصها واردأُها لعكس الحرارة اجودها لامتصاصها

(٢٧١) قوة الاجسام على اشعاع الحرارة * وقد اوضح لسلي المذكور كيف يعرف مقدار اشعاع الاجسام لحرارتها وذلك انهُ عرَّى بلبوس الثرمومتر (الشكل ٢٢٠) والبس اوجه المكعب ص بالاجسام المار ذكرها فكان يلبس وجهًا زجاجًا مثلاً ووجهًا آخر هبابًا وآخر ورقًا ابيض ويترك الرابع على ما هو. ثم ادار كل وجهٍ منها نحو المرآة ونظر الى الثرمومتر امامها. فوجد كذلك ان الوجه الملبس الهباب يرفع الثرمومتر اعظم الارتفاع ثم الملبس الورق ثم الزجاج ثم المعدن. وذلك يوافق قوة هذه الاجسام على امتصاص الحرارة فحقق انَّ اصلح الاجسام لامتصاص الحرارة اصلحها ايضًا لاشعاع الحرارة اي لاخراجها منهُ . واثبت غيرهُ ان مقدار الاشعاع مناسبٌ لمقدار الامتصاص

(٢٧٣) الاسباب التي توثر في قوة الاجسام على الاشعاع والعكس والامتصاص * قلنا ان اشعاع الاجسام للحرارة مناسبٌ لامتصاصها لها وان امتصاصها للحرارة معاكس لعكسها لها فكل ما يزيد الاشعاع والامتصاص يقلل العكس وكل ما يزيد العكس يقلل الاشعاع والامتصاص. وكما ان بعض الاجسام اصلح من غيرها للعكس وبعضها اصلح للاشعاع والامتصاص كذلك الجسم الواحد يكون احيانًا اصلح للاشعاع والامتصاص واحيانًا اصلح العكس حسبما تكون حالتهُ من الصقالة والخشونة والكثافة وحسب ميل اشعة الحرارة الواقعة عليهِ وطبيعة مصدر الحرارة. اما الصقالة فلانها بقطع النظر عن باقي الصفات المذكورة تزيد عكس الحرارة وتقلل اشعاعها وامتصاصها. واما الخشونة فلانها بقطع النظر عن الصفات المذكورة تعمل عكس عمل الصقالة اي تقلل عكس الحرارة. واما ميل الاشعة فلانهُ كلما قربت الاشعة الى العمودي زادت قوة الاجسام على الامتصاص. ولما كانت اشعة الشمس تقرب صيفًا الى العمودي في وقوعها على الارض وتنحرف شتاء عنهُ كان الامتصاص في الصيف عظيمًا والحرّ شديدًا وكان الامتصاص في الشتاء قليلاً والحرّ ضعيفًا. واما كثافة الجسم المشعّ فلانهُ اذا أُشعل غازٌ كغاز الهيدروجين كان اشعاعهُ ضعيفًا جدًّا لانهُ لطيف مع ان حرارتهُ شديدة ولذلك اذا وضعت فيهِ شريطةٌ من البلاتين فعندما تصير محرارتهِ تشع حرارة كثيرة. ولهذا السبب يشعُّ ضوء الزيت حرارة اعظم مما يشعُّ ضوء الهيدروجين مع ان ضوء الهيدروجين احرُّ من ضوء الزيت لان الزيت يحتوي كربونًا بزيادة فاذا لا يكمل احتراقهُ في اللهيب يحمى فيهِ الى الانارة. واما طبيعة مصدر النور فيظهر تاثيرها اذا لبّست صفيحةٌ رصاصًا ابيض وقرّبت من قنديل ومن مكعبٍ فيهِ ماءٌ سخن حرارتهُ كحرارة القنديل فانها تمتصُّ من حرارة المكعب ضعفي ما تمتصهُ من حرارة القنديل. واما اذا لبّست هبابًا عوضًا عن الرصاص وقرّبت من القنديل والمكعب فتمتص مقدارًا واحدًا من حرارة المصدرين

(٢٧٤) فوائد الاشعاع والعكس والامتصاص * الاجسام البيضاء كالقطن

والجوخ والصوف ونحوها من المواد النباتية والحيوانية تعكس اشعة الحرارة الواقعة عليها من جسم منير كالشمس اكثر مما تمتصها بخلاف الاجسام السوداء ولذلك يفضَّل لبس الاردية البيض صيفًا . اذا أُريد ابقاء الماء سخنًا زمانًا يوضع في وعاء صقيل لامع من النحاس او نحوهِ لانهُ لا يشعُّ الَّا قليلاً من حرارة الماء . ان الثلج يعكس الحرارة كثيرًا ويشعها ويمتصها قليلاً فاذا غطَّى المزروعات وقاها من الصقيع واذا كان فيهِ فحم او حطب او جسم آخر اسود اللون ذاب (الثلج) سريعًا من حولهِ بالحرارة التي يمتصها ذاك الجسم الغريب . يجب ان تكون القدر سوداء خشنة من الخارج فيكثر امتصاصها للحرارة ويسخن ما فيها سريعًا . اذا كان العنب او غيرهُ بقرب حائط اسود اللون نضج باكرًا لان الحائط يمتص كثيرًا من الحرارة ويشعها اليهِ فيسخنهُ وينضجهُ بها . ان الزيوت والاجسام الدهنية تعكس الحرارة كثيرًا وتمتصها قليلاً . فيدَّهن بها سكان الاصقاع الشمالية لتحفظ حرارتهم عليهم فيدفأُوا ويدَّهن بها سكان البلاد الحارَّة لكي لا تمتصَّ اجسادهم حرارةً من الخارج وتسخن فهي تقضي غرضين متضادَّين . وقس على ما ذُكِر ما لم يذكَر

(٢٧٤) نفوذ الحرارة * ان النور ينفذ كلَّ جسم شفاف ولو اختلفت مصادرهُ واما اشعَّة الحرارة فلا تنفذ كل جسم شفَّاف اذا اختلفت مصادرها فحرارة الشمس تنفذ كل الاجسام الشفَّافة كالنور واما الحرارة المشعَّة عن جسم في الارض فسواءٌ كانت منيرة او مظلمة لا تنفذ بعض الاجسام الشفَّافة . وقد تقدَّم (عد ٢٣٤) ان الوسط الذي تنفذهُ الحرارة يقال لهُ دياثرمي والذي لا تنفذهُ يقال لهُ أثرمي . والآن نقول ان الوسط الواحد قد يكون دياثرميًّا لحرارة آتية من مصدرٍ واثرميًّا لحرارة آتية من مصدر آخر

فالزجاج العديم اللون دياثرمي لحرارة الشمس فتنفذهُ كما ينفذهُ النور. واثرمي لحرارة النار وعلى الخصوص لحرارة مكعَّب لسلي (عد ٣٦٩). والماء تنفذهُ حرارة الشمس يسيرًا ولا تنفذهُ حرارة مكعَّب لسلي

وعلى ذلك تنفذ حرارة الشمس الهواء والبخار المائي الذي فيهِ وزجاج النوافذ ثم تمتصها الارض وما عليها وتسخنها امواجًا مظلمة طويلة بطيئة فلا تستطيع والحالة هذه ان تنفذ بخار الماء في الهواء بل تُحبَس فيهِ لتدفأ بها المخلوقات الارضيَّة. ولو زال البخار المائيُّ من الهواء لكثر اشعاع الارض للحرارة واشتدَّ زمهريرها حتى لم تعد تصلح لدوام حياة ما عليها من المخلوقات الحية. فان الصحراء قد يحدث فيها الجليد ليلاً مع كل حرّها نهارًا لانها تشعُّ حرارتها اشعاعًا مفرطًا بسبب جفاف هوائها وهذا الاشعاع التابع لجفاف الهواء سببٌ من اسباب البرد على الاعالي العظيمة والجبال الشاهقة

الفصل الرابع

في الآلة البخاريَّة

(٣٧٥) قوَّة مرونة البخار المائي * البخار المائيّ جسمٌ مرنٌ فاذا بخرهُ الماء الغالي من وعاء مكشوفٍ كانت قوَّة مرونتهِ مساوية لضغط الهواء اي ١٥ ليبرا على القيراط المربَّع (عد ١٦٥). واما اذا

سدَّ الوعاء فانحصر فيهِ البخار ولم يتيسَّر لهُ ان يتمدَّد بارتفاع درجة الحرارة في مائهِ فتزيد مرونتهُ جدًّا على نسبةٍ اعظم من نسبة ارتفاع الحرارة

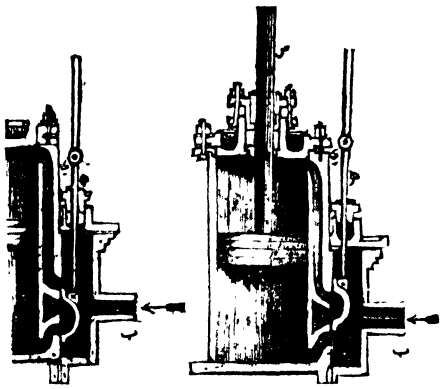
لانهُ اذا ارتفعت درجة الحرارة من ٢١٢° ف الى ٢٥١° ف فقط زادت قوة المرونة في البخار ما يساوي جَلَدًا واحدًا الى ما يساوي جَلَدَين . واذا ارتفعت الحرارة الى ٢٧٥° فقط ساوت قوَّة مرونتهِ ثلثة اجلاد واذا ارتفعت الحرارة الى ٣٠٧° ساوت قوة مرونتهِ خمسة اجلاد . واذا ارتفعت الحرارة الى ٣٥٩° ساوت قوة المرونة عشرة اجلاد واذا ارتفعت الحرارة الى ٣٩٣° ساوت قوة المرونة خمسة عشر جلدًا . واذا ارتفعت الحرارة الى ٤١٨° ساوت قوة المرونة عشرين جلدًا وهلمَّ جرًّا . فيكون مقدار زيادة الحرارة اقلَّ جدًّا من مقدار زيادة قوة المرونة

ولذلك اذا انحصر البخار وزيدت الحرارة ازدادت قوَّة مرونتهِ ازديادًا عظيمًا فيضغط جدران الاناء المحصور فيهِ حتى يشققها ويمزّقها كلَّ ممزَّقٍ اذا لم يجد منها منفذًا . وعلى قوة مرونة البخار هذه مدار الآلة البخارية كما سترى

(٢٧٦) الآلة البخاريَّة * الآلة البخارية اسمٌ لكلِّ آلةٍ تُستعمل فيها قوَّة مرونة البخار لتحريك الاجسام وقضاء الاعمال . وهي على صور شتَّى لا ضابط لها ولكنَّها لا تخلو من ان تكون عالية الضغط او واطئة الضغط . فالعالية الضغط هي التي تزيد قوَّة مرونة البخار فيها عن ١٥ ليبرا للقيراط المربَّع ويُفلِت البخار منها الى الهواء بعد استعمالهِ . والواطئة الضغط هي التي لا تزيد قوَّة مرونة البخار فيها كثيرًا

عن ١٥ ليبرا للقيراط المربّع عادةً ولا يفلت البخار منها الى الهواء بعد استعمالهِ بل يسيّل في وعاء بالماء البارد كما سيأتي (عد ٢٧٨)

(٢٧٧) اسطوانة الآلة البخارية * الاجزاء الجوهرية التي لابدَّ منها في الآلة البخارية خلقين يُغلى الماء فيها ليتصاعد عنهُ البخار. واسطوانة يدخل اليها البخار. ومدكٌ يصعد وينزل في الاسطوانة باحكام بقوّة مرونة البخار. ترى صورة

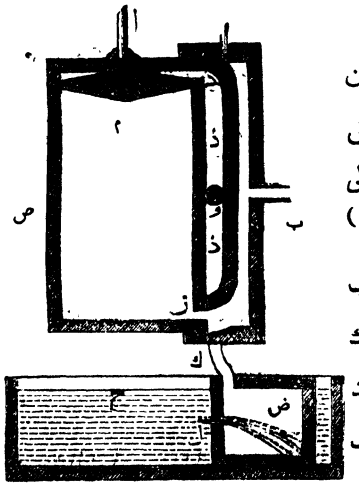


الشكل ٢٢١

الاسطوانة والمدكّ س في الشكل ٢٢١ فهذه الاسطوانة مثقوبة من جانب من جوانبها ثقبين احدهما في الاعلى والآخر في الاسفل. ومدكها س يصعد وينزل فيها باحكام تامّ. وهذه الحركة اي صعود المدكّ ونزولهُ هي كلُّ ما يطلب الحصول عليهِ من الآلة البخارية ولذلك يقتضي ايضاح الحصول عليها بالتفصيل

اذا امعنت النظر في القضيب ه رايتهُ منتهيًا من اسفل بقوس . فهذا القضيب وقوسهُ يسمّيان معًا المصراع المُزَحْلق لانهُ يَتَزَحْلق على جانب الاسطوانة فيسدُّ تارةً الثقب الاعلى كما ترى عن يمين الشكل وطورًا الثقب الاسفل كما ترى عن يسار الشكل . ثم لنفرض ان البخار تصاعد عن الخلقين مرنًا جدًّا وجرى في الانبوبة ب في جهة السهم فيدخل اولاً الى غرفة البخار وهي الغرفة التي فيها المصراع المزحلق. ولنفرض ايضًا ان المصراع المزحلق آخذ في الارتفاع بحيث يسدُّ الثقب الاعلى ويفتح الثقب الاسفل كما ترى عن يمين الشكل وان المدكّ في اسفل الاسطوانة. فالبخار يجري من غرفة البخار الى اسفل الاسطوانة من ثقبها الاسفل ولا يجري الى اعلى الاسطوانة لانّ المصراع المزحلق يعترض بينهُ وبين ثقبها الاعلى. ولا يزال يتجمع في اسفل الاسطوانة

تحت المدك حتى تصير قوة مرونتهِ كافيةً لرفعهِ فيرفعهُ . وقبلما يبلغ المدك اعلى الاسطوانة ينزل المصراع المزحلق فيسدُّ الثقب الاسفل ويفتح الثقب الاعلى . فيجري البخار حينئذٍ من غرفتهِ الى اعلى الاسطوانة من ثقبها الاعلى ويقتصر عن الثقب الاسفل لان المصراع المزحلق حائل بينهما . ولا يزال البخار يتجمع في اعلى الاسطوانة فوق المدكّ حتى تصير قوَّة مرونتهِ كافية لانزالهِ . فينزل المدك في الاسطوانة وتحتهُ فراغ لان البخار الذي تحتهُ يخرج من الثقب الاسفل الذي دخل منهُ . ثم يرتفع المصراع المزحلق فيفتح الثقب الاسفل ويسد الثقب الاعلى فيدخل البخار الى اسفل الاسطوانة ويرفع المدك . فيرتفع المدك وفوقهُ فراغ لان البخار الذي فوقهُ يخرج من الثقب الاعلى الذي دخل منهُ . وعلى هذا الاسلوب يصعد المدكُ وينزل في الاسطوانة بقوة البخار فتحصل الحركة المطلوبة



الشكل ٢٢٢

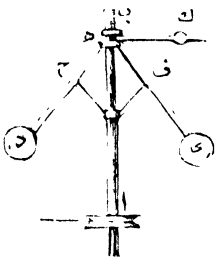
واما البخار الذي يخرج من الثقبين فيجتمع ضمن قوس المصراع المزحلق ويجري في انبوبةٍ من تجويف هناك الى حوض ماء بارد حيث يتكاثف ويسيل[1] ويتضح لك هذا من الشكل ٢٢٢ ب انبوبة البخار وص الاسطوانة وم المدك وذ ذ المصراع المزحلق في غرفة البخار ود الثقب الاعلى في الاسطوانة وز الثقب الاسفل وو التجويف الذي يخرج البخار اليهِ وك الانبوبة التي يجري البخار فيها من

(١) هذا يكون في الآلة الواطئة الضغط واما الآلة العالية الضغط فالبخار يطرد فيها من تحت المدك ومن فوقهِ الى الهواء . وبما انهُ يكون اتصال بين الهواء وبين البخار الذي تحت المدك والذي فوقهُ فالمدك لا يرتفع ولا ينخفض ما لم يقاوم ضغط الهواء (اي ١٥ ليبرا على القيراط المربع) فتكون قوة مرونة البخار الذي يرفع المدك او ينزلهُ في الآلة العالية الضغط اعظم من قوة البخار في الآلة الواطئة الضغط بمجلد واحد . ولذلك سميت عالية الضغط

التجويف وض حوض الماء البارد الذي يتكاثف البخار ويسيل فيهِ وسمّي الضاغط وح حوض آخر للماء البارد يحيط بالضاغط ليبقى ماءهُ باردًا وليمدّهُ بالماء البارد من الحنفيّة ل

(٢٧٨) الخلقين * واما الخلقين فتكون غالبًا اسطوانةً كبيرةً على اشكالٍ متعدّدة حسب ما تستعمل لهُ. والمعتاد في ما كان متقنًا منها ان تمتدَّ في داخلهِ انابيب تجري اليها حرارة النار ويصبَّ الماء حول هذه الانابيب فيتحوَّل فيها الى بخار تتزايد قوَّة مرونتهِ بانحصارهِ فيها ويجري منها في انبوبة البخار حتى يصل الى الاسطوانة كما تقدَّم. ويصبُّ الماء في الخلقين بطلمبا ترفعهُ من الضاغط بعد ان يسخن فيهِ. وان لم يكن لها ضاغط تصبُّ الطلمبا الماء فيها باردًا

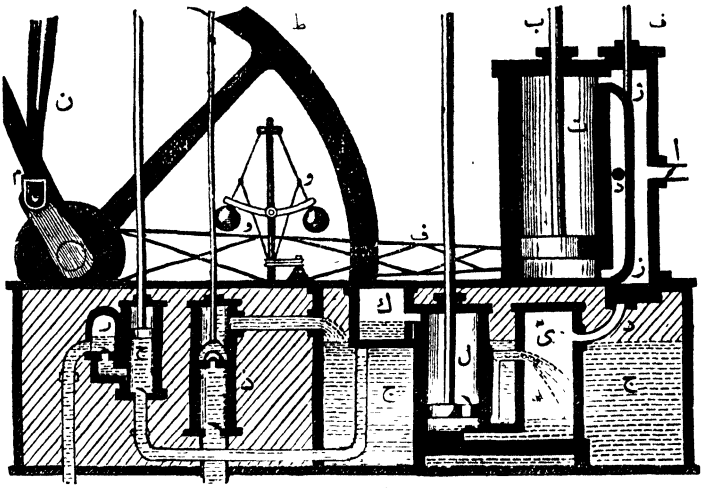
(٢٧٩) الوالي * من الادوات المهمة في الآلة البخارية الوالي (الشكل ٢٢٣) والغرض منهُ تعديل حركة المدك في الاسطوانة. وهو مركب من كرتين دوي متصلتين بزندين ف وج وتدوران على المحور ا ب. وهذا المحور متّصل بمصراع في انبوبة البخار. فاذا كثر البخار الداخل الى اسطوانة المدك بحيث يحرّك المدك تحريكًا سريعًا اسرع دوران الكرتين ايضًا فتتباعدان بقوة التباعد عن المركز وتديران هذا المصراع بحيث يحول دون دخول البخار فلا يمرُّ منهُ الاَّ مقدارًا كافيًا ولذلك تقلُّ السرعة عما كانت. واذا قلَّ البخار الداخل الى الاسطوانة قلت سرعة المدك وسرعة دوران الكرتين في الوالي



الشكل ٢٢٣.

ايضاً فتدبران المصراع بحيث ينفتح السبيل للبخار فيدخل منهُ الى الاسطوانة ما يكفي لجعل سرعة المدكّ بقدر المطلوب

فهذه اشهر اجزاء الآلة البخارية ويلحق بها اجزاء اخرى كثيرة لاغراض شتّى نذكرها ونبيّن كيفية استعمال حركة المدك لقضاء الاعمال في وصف الشكل الآتي : وهو صورة آلة بخارية واطئة الضغط. ا انبوبة البخار ترى فيها المصراع الذي يضيّق بهِ الوالي مدخل البخار ويوسّعهُ. وز ز المصراع المزحلق في انبوبة البخار. ود د الانبوبة



الشكل ٢٢٤

التي تحمل البخار الخارج من الاسطوانة ت الى الضاغط ي. ول طلبا تسحب الماء السخن من الضاغط ي وتصبهُ في حوض ك. وح طلبا اخرى تسحب الماء السخن من ك وتصبهُ في ر فيجري من ر الى الخلقين. وج ج حوض الماء البارد المحيط بالضاغط والذي يبدُّهُ بمائهِ. وذ طلبا يسحب بها الماء البارد من البئر او نحوها ويصب في الحوض ج ج. وو والوالي وهو متصل بالمصراع في انبوبة البخار ف ليعدّل الحركة. ويوجد ايضاً توابع اخري كمصاريع الأمن والعوّامة لم نتعرّض لذكرها ويتصل قضيب المدك من اعلاهُ بجسر يقال لهُ جسر الحركة وهذا الجسر

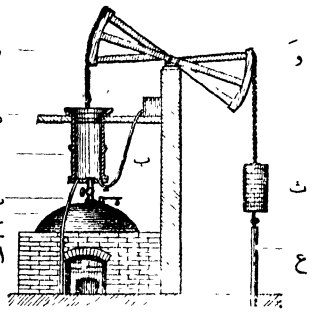
برتكز من طرفيهِ على عمود من هنا في الآلة وعمودٍ من هناك ولم يرسم في الشكل . ويكون اتصال المدك بهِ على شكل انهُ كلما صعد المدك ونزل تحوَّل حركتهُ هذه الى حركة يدور بها الجسر على نفسهِ دورةً واحدةً . ويتصل بالجسر ايضًا قضبان الظلمبات الثلث ل وذ وح فتتحرَّك بحركتهِ . ويتصل بهِ ايضًا دولاب الحركة ط بواسطة ن فيدور بدورانهِ . وفائدة هذا الدولاب الكبير انهُ كلما انقطع المدك عن الحركة بين صعودهِ ونزولهِ ونزولهِ وصعودهِ يبقى هو متحركًا باستمرارهِ فيتحرَّك جسر الحركة على الدوام . وتلفُّ حول جسر الحركة وحول دواليب آلاتٍ اخر سيور من الجلد فتوصل حركتهُ الى الدواليب والدواليب توصل حركتهُ الى دواليب اخرى اما راسًا او بواسطة . فتتحرَّك بحركتهِ دواليب كثيرة لقضاء اغراضٍ شتى

(٣٨٠) عمل الآلة البخارية وقوَّتها * اذا اردنا ان نعرف مقدار العمل الذي تعملهُ الآلة البخارية ضربنا معدّل ضغط البخار للمدك في الحاصل من ضرب مساحة المدك في طول الدكَّة . والدكَّة هي صعود المدك ونزولهُ في الاسطوانة مرَّةً واحدةً . ويقاس ذلك في بلاد الانكليزا بالليبرا القدمية وفي فرنسا بالكيلوكرام المتري . ومعنى الليبرا القدمية ان الآلة ترفع ليبرا من الثقل في بَيْن قدمٍ واحدة : فاذا قيل كم يقتضي لآلةٍ بخارية حتى ترفع ثقل ١٤ ليبرا الى علو ٣٠ قدمًا فالجواب الحاصل من ضرب ١٤ في ٣٠ وهو ٤٢٠ ليبرا قدميَّة من العمل . ومعنى الكيلوكرام المتري ان الآلة ترفع ثقل كيلوكرامٍ واحدٍ مترًا واحدًا . وهذا يعدل ٧٫٢٣٣ من الليبرا القدمية

اما قوة الآلة فيراد بها مقدار العمل الذي تعملهُ في وقت مفروض كالثانية او الساعة مثلاً . وتقاس هذه القوة بقوة الحصان . وقوة الحصان المصطلح عليها عند الانكليز تعدل ٥٥٠ ليبرا قدمية في الثانية (اي تعدل قوة ترفع في الثانية ٥٥٠ ليبرا من الثقل قدمًا واحدةً في العلو او ترفع ليبرا واحدة ٥٥٠ قدمًا) والمصطلح عليها عند الفرنساويين تعدل قوةً ترفع ٧٥ كيلوكرامًا مترًا واحدًا في الثانية (اي تعدل نحو ٥٤٢ ليبرا قدمية في الثانية)

(٣٨١) تاريخ الآلة البخارية * ان استعمال البخار لقضاء الاعمال قديم يحسب من ايام هيرو قبل المسيح ١٢٠ سنة * والمظنون ان بلاسكو الاسباني ساق بهِ سفينة محمولها ٢٠٠ طن ثلاثة اميال في الساعة سنة ١٥٤٢ وهي اول سفينة بخارية * ثم تلاهُ غيرهُ ممَّن لهم دخل في اختراع الآلة البخارية الى ان صنع سافاري آلة بخارية لرفع الماء على هذا المبدإ: يُجمَع البخار في وعاء ثم يصبُّ ماءٌ باردٌ على خارج هذا الوعاء فيبرد البخار الذي فيهِ تاركًا موضعهُ فارغًا فيجري الى موضعهِ الماء المراد سحبهُ ويشغل ذلك الفراغ. ثم يدخل البخار ثانيةً الى الوعاء فيرفع الماء منهُ بقوة مرونتهِ ويرفعهُ الى مكان اعلى حسب المطلوب * ويقال ان باپن الفرنساوي كان اوَّل من استعمل المدك في الاسطوانة سنة ١٦٩٠ وانهُ صنع اسطوانة عمودية مسدودة من اسفلها ومفتوحة من اعلاها وانزل فيها مدكًا وكان يدخل البخار اليها فيرفع المدكَّ. ثم يقطع البخار عنها حتى تبرد ويتكاثف البخار الذي فيها ويهبط تحت المدك فينزل المدك وراءهُ بضغط الهواء لهُ

والمحقَّق انهُ في سنة ١٧٠٥ صنع نيوكُمِن وكَولي الانكليزيان آلة بخاريَّة لرفع الماء بواسطة مدكٍ يصعد وينزل في الاسطوانة كما في (الشكل ٢٢٥): ١ اتون توقد فيهِ النار تحت الخلقين خ فتبخر الخلقين بخارًا يصعد الى الاسطوانة س ويرفع المدك د فيرتفع الجانب و من العمود المتصل بالمدك بسلسلة ويهبط الجانب وَ بالثقل ث وتهبط معهُ ع عصا الطلمبا المراد سحب الماء بها. ثم تسدُّ الحنفيَّة التي يمرُّ البخار فيها من الخلقين خ الى الاسطوانة س وتفتح حنفيَّة في الانبوبة العليا ب فيجري الماء البارد من الحوض الذي تتصل الانبوبة بهِ ويدخل الى



الشكل ٢٢٥

فائدة * لسبب الفرك وغيرهِ من الموانع لا يستعمل من قوة البخار بالة البخارية الاَّ ٦٠ او ٧٠ جزءًا من كل ١٠٠ جزء

الاسطوانة فيكثّف البخار الذي فيها ويسيّلهُ فينصبُّ هذا البخار الى الانبوبة السفلى ت وينزل المدك بضغط الهواء لهُ وبنزولهِ ترتفع عصا الطلمبا * ثم يكرر ادخال البخار الى الاسطوانة لرفع المدك وادخال الماء البارد لتنزيلهِ كما تقدم وهلمَّ جرًّا. ولايخفى ان ادخال الماء البارد الى الاسطوانة وراء البخار يبردها فيقتضي احماؤُها ثانيةً وقودًا زائدًا. ولذلك لما عرِض تصليح هذه الآلة على جيمس وَطّ الانكليزي سنة ١٧٦٣ اورأى ما يقتضي لها من النفقة عكف على تصليحها وتحسينها وقضى خمسين سنة يغيّر فيها ويزيد حتى جاء بالآلة البخارية المستعملة الآن. ففتح للتمدن اوسع سبيل لان البخار لم يكن يستعمل قبل زمانهِ الاَّ لرفع الماء واما الآن فاشهر مراكب البحر ومركبات البر واكثر الآلات تجري بالآلة التي اخترعها وعليها مدار الثروة ورفاهة المعيشة وتحسُّن الحضارة

الفصل الخامس

في الظواهر الجويَّة

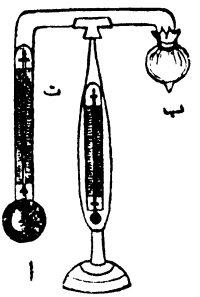
(٣٨٢) الظواهر الجويَّة وتُعرَف بالمِتيورولوجيا ايضًا فنٌّ يُبحَث فيهِ عمَّا يحدث في الجوّ او في ما يتعلَّق بهِ من حرٍّ وبَرْدٍ وريحٍ ونوءٍ وغيمٍ ومطرٍ وثلجٍ وبَرَدٍ وظواهر النور والكهربائيَّة الى غير ذلك. وهوفنٌّ يُرجَى منهُ النفع العظيم للملاحة والزراعة والاحتياطات الصحية فضلاً عن فوائدهِ العلميَّة. وسنقتصر في هذا الفصل على بعض ما يتعلَّق منهُ بالحرارة فقط

(٣٨٣) اشباع الرطوبة للهواء * ان البخار يتصاعد دائمًا عن الارض ومياهها بحرارة الشمس ويتخلل الهواء بقوة مرونتهِ ولذلك لا يخلو الهواء البتَّة من الرطوبة لان الرطوبة هي بخار الماء عينهُ. الَّا ان مقدار الرطوبة ينقص فيهِ ويزيد ولزيادتهِ هذه حدٌّ معيَّنٌ اذا بلغتهُ وقفت عندهُ لانَّ قوَّة مرونة الرطوبة تصير حينئذٍ كافية لمنع الماء من التحوُّل الى بخارٍ (عد ٣٦٢) فيقال ان الرطوبة قد أشبعت الهواء لانهُ لا يعود يَسَعُ منها اكثر ممَّا فيهِ

غير ان هذا الاشباع لا يكون المقدار اللازم لهُ من الرطوبة واحدًا على كل حالٍ بل يتغير حسب تغيُّر حرارة الهواء. فاذا كان الهواء مشبعًا على ٧٥° ف مثلاً وارتفعت تلك الدرجة الى ٨٠° لا يبقى مشبعًا بل يحتاج الى رطوبة اكثر مما فيهِ لاشباعهِ لانهُ يصير يسع منها اكثر مما فيهِ. واذا هبطت تلك الدرجة الى ٥٠ تزيد الرطوبة التي فيهِ كثيرًا عن اشباعهِ فينعصر الزائد منها ويقع مطرًا ورَدًا وثلجًا ونحو ذلك. وعليهِ لا يحدث ندًى ولا مطرٌ ولا ثلجٌ ولا رَدٌ ما لم تزد الرطوبة عن اشباع الهواء. وعليهِ ايضًا يقال ان هواء محلٍّ ارطب من هواء محلٍّ آخر ولو كانت كمِّيَّة الرطوبة المطلقة فيهِ اقلَّ مما في الآخر لان رطوبتهُ تعتبر بالنسبة الى اشباعهِ واشباعهُ يتغيَّر بالنسبة الى درجة حرارتهِ. فالهواء الذي حرارتهُ ٥٠° ف يشبعهُ نصف الرطوبة التي تشبع هواء حرارتهُ ٧٥° ف. ولذلك اذا كان في البارد منها ثُلْث الرطوبة التي في الحار يكون ارطب لانهُ اقرب منهُ الى الاشباع. وتسمَّى هذه الرطوبة المنسوبة الى الاشباع الرطوبة النسبية تمييزًا لها عن الرطوبة المطلقة التي يعتبر فيها مقدار الرطوبة من حيث هو بقطع النظر عن الاشباع

(٣٨٤) الهيغرُمِتْر. ودرجة الندى * الهيغرومتر آلة لقياس رطوبة الهواء

النسبية (عد ٣٨٣) وهو على اشكال شتّى. منها هيغرومتر دانيال وهو انبوبة منحنية (الشكل ٢٢٦) لها في طرفها الواحد بلبوس اسود ا وفي طرفها الآخر بلبوس عليهِ قطعة من المُصلينا ب وهي مركّبة على عمود عليهِ ثرمومتر. وفي ساق الانبوبة ت ثرمومتر آخر ينزل بلبوسهُ الى ا. ويكون في ا ايثير الى نصفهِ او ثلثيهِ ويكون في ب وباقي الانبوبة بخارٌ من ذلك الايثير فقط. ثم ترطَّب قطعة المصلينا بقليل من الايثير فعند تحوُّلهِ الى بخارٍ تبرد سريعًا (عد ٣٦٤) وتبرّد البلبوس ب. فيبرد بخار الايثير الذي داخلهُ ويسيل وبذلك يرتفع ضغطهُ عن الايثير الذي في ا. فيتحول بعض هذا الايثير الى بخار يتكاثف ايضًا في ب من البرد. وكلما تحوَّل بعضهُ الى بخار برد الباقي (لاختفاء جانب من حرارتهِ في البخار) وبرَّد البلبوس ا والبلبوس ا يبرّد الهواء المحيط بهِ ونقاس درجة التبريد هذه بالثرمومتر الذي فيهِ. وبتكرار العمل على ما تقدَّم يبرد الهواء المحيط بالبلبوس ا حتى تصير الرطوبة التي فيهِ اكثر مما يلزم لاشباعهِ فيتحول الزائد منها الى ماء يندّي السطح الخارجي من البلبوس ا حول الايثير الذي فيهِ. فنقرأ درجة حرارة هذا البلبوس حال ابتداء الندى عليهِ وهي درجة الندى اي الدرجة التي اذا هبطت الحرارة اليها حينئذٍ تشبعهُ الرطوبة التي فيهِ ويتحول بعضها الى ندًى. ونقرأ درجة حرارة الهواء حينئذٍ بالثرمومتر الذي على العمود فيُعرَف الفرق بينها وبين درجة الندى. فكلما زاد الفرق بينهما قلت الرطوبة النسبيَّة وكلما قلَّ الفرق بينهما زادت الرطوبة النسبية



الشكل ٢٢٦

والشائع في الاستعمال الآن الهيغرومتر الرطب البلبوس وهو مصنوع على مبدإ ان الجسم الرطب يزيد تبخيرهُ في الهواء بقدر ما يزيد الهواء جفافًا. ولهُ جداول تستعلم بها منهُ درجة الندى والرطوبة النسبية والرطوبة المطلقة في قدم مكعبة من الهواء وقوة مرونة البخار

(٣٨٥) حرارة الهواء * اذا تغيَّرت كثافة الهواء تغيرت درجة حرارتهِ

فقد تقدَّم (عد ٣٤٨) ان الهواء اذا ضُغِط وتكاثف ارتفعت درجة حرارتهِ جدًّا حتى تحرق الصوفانة. ويظهر من مفرّغة الهواء عكس ذلك اي ان الهواء اذا تمدَّد فتلطف في القابلة هبطت درجة حرارتهِ وتحوَّلت الرطوبة التي فيهِ الى ضباب من البرد. ولذلك اذا سخن الهواء على سطح الارض وصعد الى الجو يتلطف فيبرد بسبب لطافتهِ ويتكاثف البخار الذي فيهِ من البرد فيتحول الى غيم ومطر ونحوهما. وبسبب لطافة الهواء تنقص حرارتهُ كلما زاد الارتفاع ومعدَّل نقصانها درجة واحدة لكل ٣٠٠ قدم من الارتفاع. فاذا ارتفعت الاماكن ارتفاعًا عظيمًا عن سطح الارض اشتدَّ البرد عليها واكتنفتها الثلوج ولو كان موقعها على خط الاستواء فان الثلج يدوم السنة كلها على ارتفاع خمسة عشر الف قدم عن سطح البحر في الاصقاع الاستوائية. ثم اذا هبت الريح من الاماكن المرتفعة الباردة الى البقاع المنخفضة الدافئة فربما لم تصل الى تلك البقاع الاَّ وقد تكاثفت في نزولها تكاثفًا يرفع درجة حرارتها حتى لا تقتل ما تهبُّ عليهِ من النبات والحيوان المتعود بن الدفء والحرّ

(٣٨٦) الندى والصقيع * من الاجسام ما يشعُّ حرارتهُ ليلاً الى الجوّ فيبرد اكثر من الهواء ويبرِّد الهواء الملامس لهُ الى درجة يسيل عندها بعض بخارهِ فينقّط تلك الاجسام بالندى. ولما كان حدوث الندى متوقفًا على اشعاع الاجسام لحرارتها فكل جسم اصلح من غيرهِ للاشعاع وارداً للايصال يتكوَّن عليهِ الندى اكثر مما يتكوَّن على غيرهِ. ولذلك تُندَى الاعشاب واوراق الاشجار اكثر مما يُندَى التراب

وانسب الاوقات لحدوث الندى الليالي الصافية الجو اللطيفة النسيم الرطبة الهواء. لان الليالي الصافية الجو لا تعيق اشعاع الحرارة بخلاف الليالي الكثيرة الغيم. والنسيم اللطيف يبقي الهواء على الاجسام حتى يبرد وتنفصل رطوبتهُ عنهُ ثم يجري بهِ عنها ليتلوهُ غيرهُ اليها بخلاف الريح الشديدة فانها تخلط الهواء بعضهُ ببعض بحيث تتساوى الحرارة في كل اجزائهِ فلا يستقرُّ طويلاً على الاجسام ليبرد ولذلك لا ينفصل منهُ الاَّ القليل من الرطوبة. والهواء الرطب تسيل رطوبتهُ اذا هبطت درجة حرارتهِ ولو قليلاً وذلك كثير الحدوث بخلاف الهواء القليل الرطوبة فانهُ يلزم ان تهبط درجة حرارتهِ هبوطًا عظيمًا حتى تبلغ درجة الندى وذلك غير كثير الحدوث

ويتكوَّن الندى[1] في كل اقسام اليابسة وقد يكثر في الاماكن التي ينزل فيها المطر فيغنيها عنهُ كما يحدث في بلاد العرب وشيلي وغيرها. واذا كثر الاشعاع في مكان حتى انخفضت درجة حرارتهِ عن ٣٢° ف تجمد الرطوبة عليهِ راسًا بدون ان تسيل. وتعرف حينئذٍ بالصقيع

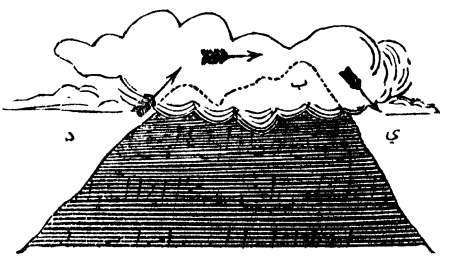
(٣٨٧) الضباب * اذا برد الهواء حتى صارت درجة حرارتهِ تحت درجة الندى اي حتى صارت الرطوبة فيهِ اكثر مما يلزم لاشباعهِ على تلك الحرارة تكاثفت رطوبتهُ فيهِ وصارت ضبابًا واكثر ما يكون ذلك في الاماكن الواطئة القريبة من الانهار والبحيرات

(١) كان القدماء يزعمون ان للندى خواص كثيرة عجيبة منها ان الاستحمام بهِ يزيد الجمال جدًّا فكانوا يلتقطونهُ على جزز من الصوف يغرشونها ليلاً للاغتسال بهِ وللكيميين في تجاربهم الخرافية. قال لورنس وهو من فلاسفة الاجيال الوسطى ان الندى اذا جرى فاذا ملأنا منهُ بيضة من بيض الغبيرة طارت الى الجو عند شروق الشمس. وكذلك بيضة الاوز اذا ملئت منهُ

والبُرَك وما شابهها لان تلك الاماكن تشعُّ الحرارة اكثر مما تشعُّها المياه التي بجانبها فتبرد اكثر منها. ثم اذا جرى هواء المياه الى تلك الاماكن يبرد عليها فتتحوّل رطوبتهُ الكثيرة الى ضباب . واذا جرى هواؤُها الى المياه يبرّد هواء المياه ويحوّل رطوبتهُ الكثيرة الى ضباب

(٣٨٨) السحاب * لا فرق بين السحاب والضباب الاَّ في الارتفاع فالضباب يحدث قرب سطح الارض واما السحاب فيحدث مرتفعًا عن الارض. ويتكوَّن من نفوذ هواءٍ حارّ رطب لهواءٍ بارد او من نفوذ هواءٍ باردٍ لهواءٍ حارٍّ رطب

ولذلك ترى رؤُوس الجبال معمَّمةً بالسحاب لان الجبال تعارض الريح التي تهبُّ عليها فتصعد الريح بجوانبها حتى تصل الى قمها فتبرد ويبرد بخارها وينعقد غيمًا على رأس الجبل (الشكل ٢٢٧) والغيم اثقل من الهواء ولذلك يهبط فيهِ حتى يصل الى طبقةٍ حارّة فتذيبهُ وتعيدهُ بخارًا من اسفلهِ. فكل غيمةٍ اما ان تكون في حال الانعقاد من صعود الهواء الرطب عن سطح الارض الى الاعالي واما ان تكون في حال الانحلال من سكون الهواء ونزولها من الاعالي الباردة الى الاسافل الحارَّة



الشكل ٢٢٧

والغيوم على اشكال شتى ولكنها تنحصر في سبعة اربعة منها تتكوَّن في مجاري الريح السفلية وهي غيم المطر ويسمَّى (نِمْبُس) والغيم المصفَّح ويسمَّى (الستراتس) وهو

اوطا الغيوم وقد يصل الى الارض وينبسط في السماء انبساط الصفائح وهو غيم الليل. والركام ويسمّى (الكُموُلس) ويظهر في نواحي السماء معترضًا كالجبال وهو غيم النهار. والغيوم الراعدة وتسمّى (كُمولس سترانُس) وتتكون من اختلاط الركام والمصفّح ويكثر منها البرق والرعد * وثلاثة منها تتكوّن في مجاري الرياح العلوية وهي الطخرور ويسمّى (السرُّس) وهو غيمٌ كالريش في الغالب مكوّن من ابرٍ من الجليد على ما يُظَنُّ. (والسرُّسْترانُس) ويتكوّن من انبساط السرُّس في صفائح ويسبق النوء غالبًا والنمرّة ويسمى (السرُّكمواس) وهو غيوم صغيرة متقطعة متقارب بعضها من بعض تعرف عند العامة بغسيل بنت السلطان وتحدث اذا كان الطقس جافًا حارًا

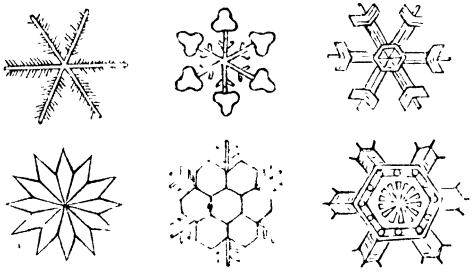
(٣٨٩) المطر * يحدث المطر من كل ما يبرّد الرطوبة التي في الهواء فاذا بردت هذه الرطوبة رويدًا رويدًا اجتمعت دقائقها في كرات صغيرة وتكوّن منها السحاب او الضباب كما تقدّم. واما اذا بردت الرطوبة بغتة فتجتمع دقائقها في كرات اكبر من تلك وتقع مطرًا

وتبرد الرطوبة كما ذُكِر بكل ما يكبّر الهواء على الصعود عن سطح الارض الى علو ميل او ميلين في الجو كما يحدث اذا صدم جبلٌ ريحًا تهبُّ عليهِ واكرهها على الصعود بجانبهِ الى علوٍّ عظيم. وكما يحدث ايضًا اذا هبت ريحٌ جافة باردة ثقيلة على ريح حارّة رطبة فتدخل تحتها وترفعها فوقها الى علوّ عظيم كما يدخل السفين تحت المحجر فيرفعهُ. وكما يحدث ايضًا اذا التقت ريحان متضادتان فانهما تجتمعان وترتفعان كما تجتمع موجتان متضادتان وتعلوان اذا تلاقتا

(٣٩٠) الثلج * يتكوّن الثلج من جمود رطوبة الهواء راسًا على درجة واطئة جدًّا من الحرارة بدون ان تتحوّل الى السيولة ويكون

ذلك غالبًا في اعالي الجو

والثلج اذا مرَّ في هواءٍ حرارتهُ ٣٢° ف اواعلى منها ذاب ووقع مطرًا على الارض والاَّ وقع عليها ثلجًا. وقد يقع الثلج من هواء البيوت في البلاد الشديدة البرد. فاذا اجتمع خلق كثير في قاعة صغيرة هناك وفتحت نافذة من نوافذ القاعة والبرد شديدٌ جمد البخار في هوائها ووقع ثلجًا. والثلج مركب من بلورات من الجليد ابرية الشكل يتصل بعضها ببعض على اشكال تدهش الناظر وتبهر النواظر وقد رسم بعضها في (الشكل ٢٢٨)



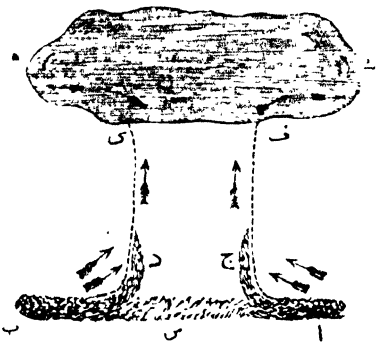
الشكل ٢٢٨

(٢٩١) البَرَد * البرد قطع من الجليد متفاوتة الحجم فمنها ما هو اصغر من الحمص ومنها ما هو بقدر البرتقال ومنها ما هو بين هذين الحجمين. ولا يعرَف كيف يتكوَّن والظاهر انهُ يحدث من هبوب ريح شديدة البرد وتخلُّلها لريح أُخرى احرّ منها جدًّا ومشبعة رطوبة تقريبًا. ولكن تعليل هذه الريح الباردة عسرٌ وغير معروف

(٢٩٢) الريح * الريح الهواء المتحرّك من ناحيةٍ الى اخرى وهذا التحرُّك يكون اذا اختلف ضغط الهواء في ناحيةٍ عما هو في ناحيةٍ اخرى حتى بطلت الموازنة بينهما فيجري الهواء من المكان العظيم الضغط الى المكان القليل الضغط. اما اختلاف ضغط الهواء في مكانٍ عما هو في مكان آخر فلا يكون الاَّ لامرٍ من امرين على ما نعلم: احدهما ان ترتفع حرارة الهواء في المكان الواحد عما هي في الآخر

وثانيهما ان تزيد الرطوبة في هواء الواحد عما هي في هواء الآخر. ولذلك تكون العلل المحدثة للريح اثنتين تفاوت حرارة الهواء وتفاوت رطوبته

اما تفاوت حرارة الهواء فيتضح مما يأتي: لتكن س (الشكل ٢٢٩) بقعة من الرمل على جانبيها ارض معشبة ا وب. فعند وقوع شعاع الشمس على هذه الارض تسخن س اكثر مما سواها فيسخن الهواء الذي عليها ويتمدد ويصعد كما ترى عند ج ود فيجري الهواء من عن ا وب الى مكانه حتى يسخن ايضاً فيصعد كما صعد الاوّل ويأتي مكانهُ هواء آخر كما الى هو. ثم ان الهواء الصاعد عن س يتمدد الى كل ناحية ويجري في جهة ك وه ايضاً حتى يبرد وينزل الى سطح الارض فيعود بدوره كما قدّمنا. والخلاصة انهُ بتفاوت الحرارة على س واب تصعد الريح من عن س الى اعالي الجو ثم تنحدر الى سطح الارض وتعود الى س المكان الذي صعدت منهُ اولاً. ولذلك يكون هبوب الريح من اوب الى س في مجارٍ سفلية او سطحية والى اوب في مجارٍ علوية



الشكل ٢٢٩

واما تفاوت رطوبة الهواء فيتضح من ان ثقل البخار النوعي يساوي ثلثي ثقل الهواء الجاف النوعي على درجة واحدة من الحرارة وتحت ضغطٍ واحدٍ ولذلك يكون الهواء المشحون بخاراً اثقل من الهواء الجاف فيجري الثقيل الى الخفيف وتحصل الريح من جريه

(٣٩٣) تغير جهة الريح بدورة الارض اليومية * خطُّ الاستواء احرُّ من القطبين ولذلك يسخن الهواء عليهِ اكثر مما يسخن عليهما فيتلطف ويصعد الى اعالي

الجو ويجري من هناك نحو القطب الشمالي والقطب الجنوبي ولذلك تكون رياحهُ رياحًا علوية. ثم يجري الهواء من جهتي الشمال والجنوب على سطح الارض الى خط الاستواء لرد الموازنة ولذلك تكون رياحهُ رياحًا سفلية. هذا ولو كانت الارض ساكنة لكانت الرياح العلوية تجري من خط الاستواء نحو القطبين وبالعكس على الهواجر شمالاً وجنوبًا ولا تنحرف عنها شرقًا ولا غربًا. ولكن الارض تتحرّك دائرةً على محورها من الغرب الى الشرق والاماكن التي على خطّ استوائها تسرع اكثر من بقية الاماكن في دورانها معها . فلذلك تنحرف الرياح العلوية شرقًا في سيرها نحو القطبين وتنحرف الرياح السفلية غربًا في سيرها نحو خط الاستواء . لان هواء خط الاستواء يدور مع الارض شرقًا ويسرع في دورانهِ اكثر من هواء سائر الاعراض الشمالية والجنوبية التي على جانبي خط الاستواء. فاذا صعد عن خط الاستواء وجرى شمالاً وجنوبًا في رياحٍ علويةٍ كما تقدّم بقيت لهُ سرعة حركتهِ هذه شرقًا فينحرف شرقًا شيئًا فشيئًا عن الهاجرة التي جرى منها حتى يحسبهُ الذين الى شمالي خط الاستواء آتيًا من الجنوب الغربي ويحسبهُ الذين الى جنوبي خط الاستواء آتيًا من الشمال الغربي . واذا جرى الهواء من الشمال والجنوب الى خط الاستواء فلكون دورانهِ مع الارض شرقًا ابطأ من دوران الاماكن التي هو مارٌّ فيها ينحرف غربًا شيئًا فشيئًا عن الهاجرة التي جرى منها فيحسبهُ اهالي تلك الاماكن آتيًا من الشمال الشرقي في شمالي خط الاستواء ومن الجنوب الشرقي في شرقيّهِ

(٣٩٤) الرياح المنتظمة والمتقلّبة * ان رياح الارض لا تجري كما ذكر (عد ٣٩٣) جريًا مطردًا الاَّ في الاماكن الواقعة على جانبي خط الاستواء ولا سيما البحور الى عرض ٣٢° شمالاً وجنوبًا منهُ وهذه الرياح تسمَّى الرياح التجارية لموافقتها للسفن التجارية في سيرها. واما رياح بقية الاماكن فمتقلّبة

فالرياح التجارية تحصل من صعود الهواء عن خط الاستواء وجريهِ شمالاً وجنوبًا ومن جري الهواء من الشمال والجنوب ليسدَّ مسدَّهُ. وحينئذٍ يحصل الانحراف في جهة جريهِ بسبب دوران الارض فيحسب الآتي من الشمال الريح التجارية

الشمالية الشرقية والآتي من الجنوب الريح التجارية الجنوبية الشرقية . واما الهواء الصاعد عن خط الاستواء فيضيق عليهِ المكان كلما ابعد عن خط الاستواء شمالاً وجنوبًا وينحصر في دوائر من العرض تصغر شيئًا فشيئًا عن دائرة خط الاستواء حتى اذا صار بقرب دائرة ٣٠° من العرض يتراكم بعضهُ فوق بعض ويهبط بثقلهِ الى الارض ويجري في مجارٍ سطحية عائدًا الى خط الاستواء ليسدَّ مسدَّ غيرهِ من الهواء الصاعد من هناك

والرياح المتقابلة لا انتظام لها بل تهبُّ تارةً من هذه الجهة وطورًا من تلك لاسباب شتَّى كونية وجزئية لم تُضبط الى الآن . وتشاهد في الاعراض الوسطى وعلى الخصوص في المنطقة المتجمدة الشمالية حيث تهبُّ الرياح احيانًا من جهات شتَّى في وقت واحدٍ

(٢٩٥) الرياح الموسمية * هذه الرياح تهبُّ في بعض المواسم من جهة واحدة وساعات واحدة من اليوم كالرياح المعروفة بالمواسم وكالسموم المعروفة بالشرقية وكنسيم البرّ والبحر . فالمواسم رياح تهب نصف السنة من البحر الاحمر وبحر العرب وخليج بنكالا وبحر الصين الى اليابسة المجاورة لتلك البحور ثم تنعكس جهتها في نصف السنة الآخر فتهب من اليابسة الى تلك البحور . اما هبوبها من البحور الى اليابسة فيكون صيفًا وذلك لان اليابسة تسخن ويلطف هواؤُها اكثر من هواء البحور فيجري هواء البحور اليها . واما هبوبها من اليابسة الى البحور فيكون شتاء وذلك لان اليابسة تبرد بالاشعاع اكثر من البحور فيثقل هواؤُها عن هواء البحور ويجري الى البحور لحفظ الموازنة

والسموم ريح حارَّة تهب من صحراء افريقية الى سورية ومصر والجزائر وايطاليا وتبقى في مصر وبعض جهات سورية من اواخر نيسان الى حزيران حيث تسمى الخمسين لانها تبقى نحو خمسين يومًا . واذا اصابت السموم قافلة اثارت الرمال عليها كالغيوم الكثيفة فيخرُّ الرَّكْب الى الارض ويلفون وجوههم بالاردية الكثيفة وتدير النوق قفاها للريح حتى لا تسفي الرمال على وجوهها فتخنقها

ونسيم البرّ والبحر ريحان تهبُّ احداها من البر الى البحر ليلاً وتعقبها الأُخرى من البحر الى البر نهارًا في الاماكن التي على سواحل البحر. اما نسيم البر فيهب ليلاً الى البحر لان الارض تبرد بالاشعاع ليلاً اكثر مما يبرد البحر فيجري هواؤُها البارد الى هواء البحر السخن لحفظ الموازنة. واما نسيم البحر فيهب الى البر نهارًا لان البرّ يسخن بحرارة الشمس اكثر من البحر فيجري هواء البحر البارد الثقيل الى هواء البرّ الحارّ اللطيف لحفظ الموازنة

(٣٩٦) الزوبعة * الزوبعة رياح تعصف عصفًا شديدًا حتى ربما بلغت سرعتها مئة ميل في الساعة وتدور بعضها داخل بعض دورانًا لولبيًّا حول محور قائمٍ او مائل على سطح الارض وتعمُّ بقعةً من الارض قطرها من مئة ميل الى خمس مئة ميل او اكثر وتسير بجملتها من مكان الى آخر بسرعة ١٠ اميال او ٢٠ او ٣٠ ميلاً في الساعة. وتحدث قرب جزائر الهند الغربية وفي البحر الصيني والاوقيانوس الهندي. وتدور رياحها في شمالي خط الاستواء من اليمين الى اليسار اي في خلاف الجهة التي تدور فيها عقارب الساعة. وتدور بعكس ذلك في جنوبي خط الاستواء

(٣٩٧) الهوجاء والاعصار * الهوجاء ريح دوّارة يلتفُّ بعضها في بعض التفافًا لولبيًّا كالزوبعة ومعظم الفرق بينهما في الاتساع وطول المدّة. فان الهوجاء قلما يزيد عرضها عن بضع مئات من القصبات وطولها عن ٢٥ ميلاً وقلما تبقى في مكانٍ واحدٍ اكثر من بضع ثوانٍ بخلاف الزوبعة. والهوجاء عنيفة الهبوب جدًّا على الغالب فاذا مرَّت ببيت خرَّبتهُ او بشجرٍ اقتلعتهُ او بصخر زعزعتهُ او حملتهُ. واذا حدثت على الرمال اثارتها كالعَمَد الى الجو. واذا حدثت على الماء اثارتهُ ثورانًا عنيفًا واجتذبت زبدهُ الى وسطها فيظهر كالعمود قائمًا على وجه الماء الثائر. وتسمَّى هذه الهوجاء إعصارًا

(٣٩٨) النوء * يراد بالنوء اصطلاحًا اضطراب الهواء اضطرابًا عظيمًا حتى يثور رياحًا شديدةً على بقعة متَّسعة من

الارض فتدور بالاجمال في دوائر اولبيَّة بعضها داخل بعض كما تدور في الزوبعة والهوجاء الاَّ انها اقلُّ منها عنفًا واعظم اتساعًا. فقد يكون طول البقعة التي يسقط النوء عليها الف ميل من الشرق الى الغرب والفي ميل او ثلاثة آلاف ميل من الشمال الى الجنوب وهذه البقعة قريبة الشكل من الاستدارة والغالب ان النوء ينشأ في نصف الكرة الشمالي من ناحية من نواحي الغرب ويسير نحو ناحيةٍ من نواحي الشرق حتى يزول. وكثيرًا ما يحدث فيهِ مطَر وبرَد وثلج وبرقٌ ورعدٌ. والمظنون ان الزوبعة والهوجاء والاعصار والنوء تحدث من تاثير حرارة الشمس في الهواء وقد عللوها تعاليل متعدِّدة لم يجمعوا على واحدٍ منها الى الآن

(٣٩٩) التيَّار * التيَّار مجرًى من الماء يجري في البحر من ناحيةٍ الى ناحية بسبب تفاوت الحرارة على الماء فان سطح البحر يسخن في المنطقة الحارَّة اكثر مما يسخن في احدى المعتدلتين او المتجمدتين ولذلك يخفُّ فيجري نحو القطبين. والتيارات كثيرة: من اشهرها تيَّار الخليج وهو يخرج من خليج مكسيكو فيحمل مياه بحر كرِبي الحارة ويقطع بها الاوقيانوس الاتلانتيكي الشمالي حتى يصيب سواحل اسكوتلاندا ونروج فيلطِّف بحرارتهِ برد بلاد الانكليز ويعدِّل هواءها ولولاهُ لاستولى عليها زمهرير لابرادور فجمَّدها وجعلها

قفرًا صفرًا من السكان . ولو نفذ هذا التيّار برزخ بناما وجرى منهُ الى الاوقيانوس الباسيفيكي الجنوبي لكست الثلوج بلاد الانكليز وجمّدتها الرياح القوارس

خاتمة الباب

في بعض اشكال الماء ومنافعهِ

(٤٠٠) اولاً . ان حرارة الماء النوعيَّة (عد ٣٤١) عظيمة ولذلك يؤثر الماء في هواء البلدان تاثيرًا شديدًا فانهُ اذا جرت الرياح الحارّة شمالاً والتقت بالهواء البارد على المنطقة المعتدلة تكاثفت رطوبتها ونزلت منها على تلك المنطقة فتظهر حرارتها المختفية (عد ٣٤١) في جيوبها محمولة من المنطقة الحارة وتلطّف البرد في تلك المنطقة . فكأن تيارات البحر ورياح الجو انابيب آلة بخارية وخط الاستواء خلقينها فهو يبخر البخار والرياح والتيارات تحملهُ فتسخن بهِ الاصقاع الباردة لينضر نباتها وينمو حيوانها * هذا فضلاً عن ان الماء يعدّل هواء البلاد فيقيها من تعاقب البرد والحرّ عليها تعاقبًا فجائيًا لانهُ يمتصُّ حرارة كثيرة في الصيف فيلطف حرَّهُ ويظهرها في الخريف فيلطف برد الشتاء . وفي الربيع يذوب الثلج والجليد فيمتصُّ ماؤُها حرَّ الشمس فلا تخرج الاشجار براعمها باكرًا ولا تتعرَّض لتقلبات البرد والحرّ . ولما كان الثلج والجليد لا يذوبان الاَّ بحرارة كثيرة كان ذوبانها بطيئًا في الربيع ولولا ذلك لكانت مياهها تطمو على الارض فتجرف تربتها وتهلك المخلوقات الحيَّة التي عليها

ثانيًا . ان الماء يحتوي هواء يعيش بهِ السمك . ولو خلا الماء من الهواء لكان

يغلي كلما تجاوزت حرارتهُ ٢١٢° ف كثيرًا. فكان الناس لا يتجرأون ان يغلوهُ في وعاء ألَّا وهم يراقبون درجة حرارتهِ بالثرمومتر كما يراقبون الآن الآلات البخارية مخافة ان ينحصر بخارهُ فيشق المغلاة ويتلف ما حولها. امَّا الآن فاذا زادت حرارتهُ عن ٢١٢° يفارقهُ الزائد ويتركهُ على درجة ٢١٢ ف. هذا والماء يتمدد بالحرارة كغيرهِ من السائلات ويتقلص بالبرد الى ٣٩° ف فقط ثم ياخذ في التمدد بزيادة البرد حتى تبلغ حرارتهُ ٣٢° ف فيجمد. وعليهِ تتشقق الجرَّة اذا جمد ماؤُها من البرد لانهُ يتمدد فيضغطها بقوة تمدُّدهِ ويشقُّها. فالماء يشذُّ بذلك عن بقية الاجسام ولكن لهذا الشذوذ منافع جليلة لانهُ لو كان الماء يجري مجرى بقية الاجسام لكان اذا برد سطحهُ تنزل دقائقهُ الباردة الى قعرهِ وتصعد دقائقهُ السخنة من قعرهِ الى سطحهِ حتى تبرد كلها الى درجة الجليد فتجمد معًا ويصير الماء كلهُ قطعة واحدة من الجليد فيقتل ما فيهِ من الحيوانات والنباتات. ثم اذا جاء الصيف وتعاظم حرُّ الشمس يذوب وجه ذلك الجليد فقط فيصير ماء لكن ما تحتهُ يبقى جليدًا لان الماء غير موصل للحرارة فيصدُّ الشمس عما تحتهُ ولا يمكّنها من تذويبهِ. ولذلك كان بقى الجليد في البحار والبحيرات والانهار طول الايام. واما الآن فلشذوذ الماء عن بقية الاجسام يتمدد بالبرد فيخفُّ المتمدد ويجمد ويعوم على الوجه ويقي البقية من الجمود لانهُ جليد والجليد موصل رديء للحرارة. فتبقى حرارة الماء العميق تحتهُ على درجة واحدة ولو اشتدَّ البرد فلا يموت ما فيهِ. فسبحان المعتني الحكيم

ثالثًا. اذا جمد الماء خلص من الشوائب. وعليهِ يتحوَّل ماء البحر الملح الى ماء عذب في المنطقة المتجمدة الشمالية. قال مكلنتك ان الماء كان يصفو بجمودهِ المرَّة بعد المرَّة في تلك النواحي حتى صار صالحًا للشرب في جمدهِ الرابعة. ولذلك اذا جمَّد البرد الخلَّ في وعاء اجتمع الحامض في الوسط وبقي ماء الخل جامدًا

رابعًا. اذا تكوَّن الندى على النبات منعهُ من الاشعاع فلا تبرد اوراقهُ بردًا شديدًا ولا تصقع. فنتيجة الاشعاع اي الندى تضادُّ الاشعاع وتدفع اضرارهُ فضلاً عن انها تسقي النبات العطشان. هذا والماء يرتقي من البحر والبرّ بخارًا فيبرّد الهواء

ويرطبهُ صيفًا ويعدّل بردهُ شتاءً. وينعقد غيمًا فيظلل الارض من شعاع الشمس نهارًا وينجيها من شر الاشعاع الزائد ليلاً. ويقع مطرًا فينقي الهواء ويحيي النبات او ينزل ثلجًا فيحتضن الاعشاب وبراعم الاشجار من الموت. وينبع عيونًا تروي الغليل وتشفي العليل وينقي الابدان ويذوب الطعام ويليّن المفاصل ويجري الى البحر فيهب للتربة حياةً وللارض خصبًا وخيرًا. فتبارك المدبّر القدير

(٤٠١) مسائل للتمرين * (١) لماذا تبرد اليد في البرد اذا دققت الباب بدقاقة من الحديد اكثر مما اذا دقتهُ بدقاقة من الخزف. (٢) لماذا تلتف حافة الرغيف المحمّص على النار الى جهة وجههِ الذي على النار. (٣) ان البعض يضاعفون الزجاج في الشبابيك فيضعون زجاجًا وراء زجاج لمنع البرد فلماذا يمتنع البرد كذلك. (٤) يلبس الفرّان في بعض البلدان قميصًا من الفلانلاً ليبرد جسدهُ صيفًا ويدفأ شتاءً فكيف ذلك. (٥) لاي سببٍ تسخن اياديناً اذا نفخنا فيها ويبرد الطعام اذا نفخنا عليهِ. (٦) كيف يقي الثلج العشب من الموت. (٧) لماذا يغلي الماء ويتطاير في بعض الايام اسرع مما يغلي ويتطاير في غيرها. (٨) ما سبب الفقع الذي نسمعهُ من النار عند اشتعالها في كانون. (٩) لماذا تعلو نغمة البيانو في محلٍّ بارد عمّا تكون في محلٍّ دافئٍ. (١٠) أضيفًا يجب ان يكون فم الدواة ام واسعًا. (١١) اذا مدّوا قضبان الحديد على سكةٍ حديدية تركوا فسحةً بين كل قضيبين منها فما القصد من ذلك. (١٢) لماذا يخشى على الانسان من الزكام اذا ترطّبت ثيابهُ. (١٣) لماذا يقع البلوط في النار اذا لم ينزع بعض قشرهِ. (١٤) هل يمكن الطبخ تحت قابلة مفرّغة من الهواء. ولماذا. (١٥) لماذا يشعر الانسان بان الهواء بارد عند ذوبان الثلج والجليد في الربيع. (١٦) لماذا يوضع الحليب في وعاءٍ من تنك والثلج في وعاءٍ من خشب في عمل البوزة. (١٧) لماذا يعتدل البرد عادةً والثلج نازل. (١٨) ما سبب الازيز في ابريق الماء السخن. الجواب ان فم البلبلة يهزُّ دقائق البخار الخارجة منهُ فتصوت حسب اهتزازها. (١٩) لماذا يبرد الهواء على ارضٍ قد رشّت بالماء.

(٣٠) ما هي اوطأ درجة يصلح الثرمومتر الزئبقي للدلالة عليها من درجات الحرارة. (٣١) حرارة الهواء اليوم ٧٠° ف فاذا تعدل من ثرمومتر س. ومن ر. (٣٢) هل يحدث الندى على جسرٍ من حديد. وعلى ممشًى من خشب. (٣٣) ان باطن الارض احرُّ من سطحها على كل حالٍ فلماذا يكون ابرد الماء في اعمق الآبار. (٣٤) ايهما افضل للطبخ القدر الصقيلة من اسفلها ام الخشنة. (٣٥) ايُّ يغلي اولاً الماء ام الحليب. (٣٦) أمن التدبير ان يكون الوجاق صقيلاً لامعًا. (٣٧) هل يدلُّ الثرمومتر على درجة واحدة من الحرارة اذا غطَّ في ماءٍ جارٍ وفي دلو ملآنةٍ من ذلك الماء. (٣٨) ايُّ خرقةٍ افضل من الأُخرى لمسك الآنية السخنة أَلصوفية ام الكتانية. (٣٩) عندنا وجاقان من حجم واحد احدها بسيط والآخر منقوش فايهما يبعث الحرارة اكثر من الآخر. ولماذا. (٤٠) هل يقع الندى وقوعًا كالمطر. (٤١) لماذا يرشح الابريق. (٤٢) لماذا يستعجل التبخير في الفراغ. (٤٣) اذا خلخل التراب حول النبات فهل ياتيهِ ذلك بالندى. (٤٤) لماذا يذوب الثلج تحت الشجر قبلما يذوب في العراء. (٤٥) لماذا تضيَّق فتحة المدخنة شيئًا فشيئًا من اسفلها الى اعلاها. (٤٦) هل تبقى القهوة سخنة في ابريق لامعٍ اطول مما تبقى في ابريق قاتم اللون. (٤٧) لماذا يقفع الحطب اوَّل وضعهِ على النار. الجواب لان الهواء يتمدد في حويصلاتهِ فيشقها. (٤٨) لماذا يُرَى نَفَس الانسان في الايام الباردة. (٤٩) لماذا تكون الثياب الفاتحة اللون ابرد صيفًا وادفأ شتاء من الثياب الغامقة اللون. (٥٠) كم تكون الحرارة على بعد قدمين عن النار بالنسبة الى ما تكون على بعد اربع اقدامٍ عنها. (٥١) ما هو السبب في بقاء الصقيع صباحًا على بعض النباتات مدةً اطول من مدَّة بقائهِ على غيرها. (٥٢) هل وَقْد الحطب الاخضر من باب التدبير. (٥٣) لماذا لا يقفع الحطب الاخضر على النار كاليابس. (٥٤) لماذا يزداد الغليان اذا وُضعت قطعة من المعدن في ماءٍ يغلي في وعاءٍ من الزجاج او الخزف. (٥٥) ايهما يحترق قبل الآخر بعد سية محدَّبة أَلورق الابيض ام الاسود. ولماذا. (٥٦) لماذا يشعر الانسان ببرودة الهواء في يوم شديد الريح اكثر مما يشعر بها في

يوم هادئ ولو كانت درجة الحرارة واحدة في اليومين. (٤٧) ماذا كان سرّ العجيبة في جزّة جدعون قاضي بني اسرائيل . (٤٨) هل يمكن اصطناع عدسية من الجليد تحرق كعدسية من البلور. (٤٩) يقال ان جبال الجليد التي نقدّها امواج البحر من البر تكون في الغالب مكتنفةً بالضباب فما تعليل ذلك. (٥٠) وضعنا في الفضاء وعائين من الحديد احدهما لامع والآخر يعلوهُ الصدأ فعلى ايهما يتجمع الندى اكثر (٥١) لماذا تكون الليالي الصافية السماء ابرد من الليالي المغيمة .

(٥٢) لماذا لا يتكوّن النّدى في الليالي المغيمة (٥٣) لماذا تكون رؤوس الجبال ابرد من سفوحها حال كونها اقرب الى الشمس من تلك السفوح



الباب العاشر

في الكهربائية

(٤٠٢) المقدّمة * لم يذكر الناس شيئًا عن الكهربائية حتى قام طاليس احد حكماء اليونان السبعة سنة ٦٠٠ قبل المسيح فاثبت انهُ اذا فُرك الكهرباء بشقّةٍ من الحرير اجتذب اليهِ الاجسام الخفيفة كالريش والعصافة ونحوها. وكان اليونان يستغربون ذلك كلّ الاستغراب حتى زعموا ان الكهرباء روحًا ولم يعرفوا هم ولا غيرهم الاَّ جذب الكهرباء هذا حتى قام الدكتور كِلْبَرْت الانكليزي في اواخر القرن السادس عشر فاثبت ان اجسامًا أُخر غير الكهرباء كالكبريت والشمع والزجاج تفعل فعل الكهرباء فتجذب الاجسام اذا فركت. ثم عكف علماء اوربا واميركا على البحث عن هذه القوَّة وسمّوها الكهربائيَّة لان الانتباه الى وجودها كان من الكهرباء اولاً. فاكتشفوا فيها اكتشافات جمَّة ولم تزل بحرًا لا قرار لجُدَدهِ وفوائدهِ

والكهربائية تظهر في الاجسام على خمسة اشكال تعرف بالمغنطيسيَّة وكهربائيَّة الفرك والكهربائيَّة الكلفانيَّة وكهربائيَّة الحرارة والكهربائيَّة الحيوانيَّة. وهذه الاشكال متقاربة في نواميسها متشاركة في كثير من نتائجها متبادلة بمعنى ان كلًّا منها يمكن تحويلهُ الى الآخر متعلق احدها بالآخر تعلُّقاً شديدًا. وعليها مدار كلامنا بالاختصار في هذا الباب

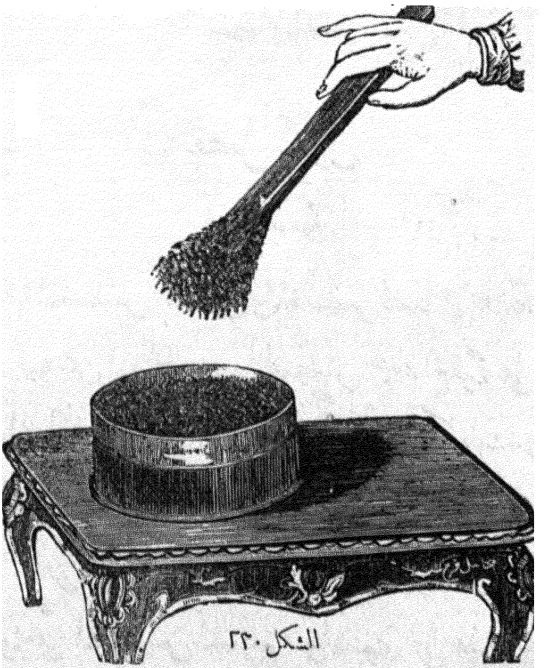
الفصل الاول

في المَغْنَطِيسيَّة

(٤٠٣) المغنطيس الطبيعيُّ والمغنطيس الصناعيُّ * المغنطيسية فنٌّ يُبحَث فيهِ عن المغنطيس. والمغنطيس جسم لهُ قوَّة على جذب الحديد والفولاذ ومعادن أُخَر اخصّها النكل والكوبلت. وانما سمّي مغنطيسًا لانهُ اكتشف اولًا في نواحي مدينة مغنيسيا من اعمال اسيَّا الصغرى. وهو إمَّا طبيعيٌّ او صناعيٌّ واشهر اشكالهِ القضيب المستقيم ويسمَّى المغنطيس المستقيم. والملتوي على هذا الشكل ويسمَّى المغنطيس النضوي لانهُ يشبه نضوة الفرس

اما المغنطيس الطبيعيُّ ويقال لهُ حجر المغنطيس ايضًا فهو اكسيد من اكاسيد

الحديد اعني انهُ معدن مركب كالصدإ من الحديد والاكسجين ولكنهُ يختلف عن الصدإ بكون الاكسجين فيهِ اقلّ مما في الصدإ. وتزيد القوة المغنطيسية في بعض حجارهِ عما هي في غيرها بقطع النظر عن ثقل تلك الحجار. فان الحجر الذي كان يحملهُ الفيلسوف اسحق نيوتن لم يزد ثقلهُ عن ثلث قمحات وكان يرفع بقوة جذبهِ ٧٤٦ قمحة من الثقل وذلك نحو ٢٥٠ ثقلاً من ثقلهِ. والحجر الذي جلبهُ الانكليز من موسكو الى لندن كان ثقلهُ ١٢٥ ليبرا ولم يكن يحمل الاَّ نحوًا من ٢٠٠ ليبرا * واما المغنطيس الصناعي فهو فولاذ يدلك بمغنطيس طبيعي فيكتسب المغنطيسية منهُ كما سيجيء (عد ٤٠٨) وهو اصلح من الطبيعي للاستعمال والتجربة وعليهِ المعوّل

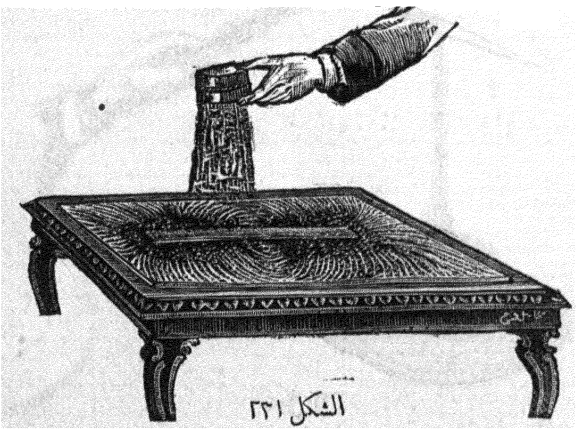


الشكل ٢٣٠

(٤٠٤) توزُّع القوَّة المغنطيسية في المغنطيس * ان القوة المغنطيسية التي يجذب المغنطيس الحديدَ بها ليست متساوية في

كل جزء من اجزائهِ بل تزيد على طرفيهِ ومن ثم تتناقص حتى تتلاشى في وسطهِ . ولذلك يسمَّى طرفاهُ القطبين ويسمَّى الخطُّ المتوسط فيهِ خطَّ الاستواء

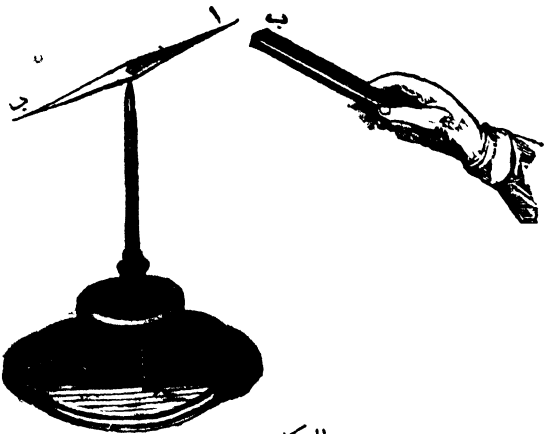
اذا دُسَّ مغنطيس مستقيم في برادة الحديد (الشكل ٢٤٠) تجمعت على طرفهِ نجمًا ولكن لم يعلق شيء منها بوسطهِ . والمغنطيس يجذبها ولو فُصِل عنها بفاصل غير مغنطيسيٍّ فاذا وضع المغنطيس على مائدةٍ (الشكل ٢٤١) ووضعت عليهِ قطعةٌ من القرطاس ثم نُخِلت عليها برادة الحديد من منخلٍ دقيق جذبها قطبا المغنطيس ورتباها في خطوطٍ منحنيةٍ تتفرَّع منهما . واما البرادة التي تقع على وسط المغنطيس فلا تترتب كذلك بل تبقى كما لو وقعت على جسم غير مغنطيسيٍّ



الشكل ٢٤١

(٤٠٥) الجذب والدفع المغنطيسيَّان * ان الاقطاب المغنطيسيَّة المتشابهة تتدافع والاقطاب المتخالفة تتجاذب . وقوَّة جذبها ودفعها تنقص بقدر ما يزيد مربع بعدها بعضها عن بعض . ويتضح ذلك مما ياتي

علق قضيبًا دقيقًا من المغنطيس المستقيم حتى تسهل عليهِ الحركة الى كل الجهات واتركهُ لذاتهِ فيتجه قطب من قطبيهِ الى الشمال والقطب الآخر الى الجنوب. ويسمَّى هذا القضيب اذ ذاك ابرةً مغنطيسيةً ويسمَّى قطبهُ الشمالي ايضًا القطب الايجابي وهذه علامتهُ (+) وقطبهُ الجنوبي القطب السلبي وهذه علامتهُ (−) ثم لتكن ا ب (الشكل ٢٢٢) ابرةً مغنطيسيةً قطباها ا و ب وليقرَّب من ا قطبها الشمالي القطب الجنوبي ب من مغنطيس آخر فيتجاذبا لانهما مختلفان. وليقرَّب بعد ذلك القطب الشمالي من المغنطيس الى القطب الشمالي منهُ فيتدافعا لانهما متشابهان * ويبرهن ان قوَّة المغنطيس في الجذب والدفع تقلُّ بزيادة مربَّع البعد من ميزان الفتل كما سيبرهن في الكهربائية

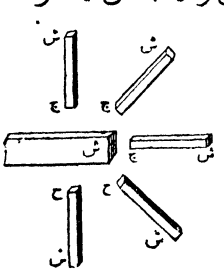


الشكل ٢٢٢

(١٠٤) الحلُّ المغنطيسيُّ *نقدَّم ان المغنطيس يجذب الحديد وان مغنطيسين يتجاذب قطباهما المختلفان ويتدافع قطباهما المتشابهان. فلايضاح الكيفية التي يتمُّ بها ذلك يُفرَض ان في الحديد نوعين مختلفين من الكهربائيَّة متحدين معًا حول كل دقيقةٍ

من دقائقهِ بحيث يفني احدهما قوَّة الآخر. فاذا مسَّ هذا الحديد مغنطيسًا يحلُّ هذان النوعان الكهربائيان او هاتان القوتان المغنطيسيتان فيهِ ويتغلَّب الشمالي منهما على القطب الشمالي والجنوبي على القطب الجنوبي فيتمغنط الحديد اي يصير مغنطيسًا. ويقال انهُ تمغنط بالحل المغنطيسي اذ يُفرَض ان نوعي مغنطيسيتهِ قد انحلاَّ

فالفرق بين المغنطيس والحديد قبل تمغنطهِ هو ان المغنطيس تُفرَض فيهِ القوتان المغنطيسيتان منحلتين الواحدة عن الأُخرى ويفرض ان لكلٍّ منهما فعلاً مستقلاً عن فعل الأُخرى والحديد تفرض فيهِ المغنطيسيتان متحدتين الواحدة بالأُخرى وليس لهما فعل. وعليهِ اذا مسَّت حلقةٌ من الحديد القطب الشمالي من مغنطيس مثلاً تحل مغنطيسيتها الى شمالية وجنوبية فيجتذب المغنطيس الجنوبية منهما ويدفع الشمالية فتلصق الحلقة بهِ وتصير مغنطيسًا مثلهُ. ولذلك اذا مسَّت هذه حلقةً مثلها من الحديد تحلُّ مغنطيسيتها وتجتذب الجنوبية وتدفع الشمالية فتصيّرها مغنطيسًا من نوعها. وهذه تصيّر حلقة أُخرى مغنطيسًا من نوعها بالحل ايضًا وهكذا حتى تتصل حلقات متعددة من الحديد بالمغنطيس الاصلي بواسطة حلهِ وجذبهِ لها * ولا يلزم ان المغنطيس يمس الحديد دائمًا حتى يحلهُ ويمغنطهُ فقد يمغنطهُ عن بعدٍ بغير ان يمسَّهُ: فاذا فُرِض (الشكل ٢٢٢) القطب الشمالي من مغنطيس ووُضعت حولهُ قطع متعدِّدة من الحديد فانهُ يمغنط كل قطعة منها بالحل المغنطيسي فيصيّر اطرافها القريبة منهُ جنوبية والبعيدة عنهُ شمالية



الشكل ٢٢٢

هذا وليس المراد من الحل المغنطيسي ان يتجرَّد كل واحدٍ من النوعين

المغنطيسيين عن الآخر بحيث يكون نوع واحد منها فقط في مغنطيس واحد او في قطب واحد والنوع الآخر في مغنطيس آخر او في قطبٍ آخر. بل المراد ان يتهيج الواحد منها فيظهر اكثر مما يظهر الآخر مع بقاء الاثنين حول كل دقيقةٍ من دقائق المغنطيس. لاننا اذا قطَّعنا مغنطيساً قطعًا صغيرةً بقي لكل منها قطبان شماليٌّ وجنوبيٌّ كما كان لهُ نفسهِ. ليفرض ش (الشكل ٢٣٤) القطب الشمالي من مغنطيس وج القطب الجنوبي منهُ وليقطَّع قطعًا صغيرةً فيكون لكلٍّ منها قطبان شمالي وهو الاسود في الشكل وجنوبي وهو الابيض اذ هي مولفة من دقائق لكل دقيقةٍ منها قطبان ايضًا. ولا يخفى



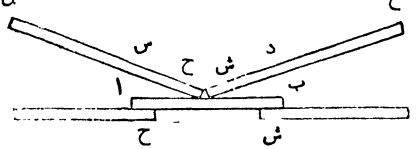
الشكل ٢٣٤

ان القوة الشمالية توجّه عملها الى الجهة الشمالية والقوة الجنوبية توجّه عملها الى الجهة الجنوبية ولذلك يكون اعظم عملها على قطبي المغنطيس واما في وسطهِ فتمحق احداها عمل الاخرى

(٤٠٧) قوَّة الضبط المغنطيسي * اذا حلَّ المغنطيس حديدةً ليّنة كما تقدَّم تصير مغنطيساً وتدوم كذلك ما دامت متَّصلةً بهِ ولكنها لا تضبط مغنطيسيتها فيها بل تفقدها عند انفصالها عنهُ. بخلاف الفولاذ فانهُ اذا قرِّب من المغنطيس لا يتمغنط الاَّ بصعوبةٍ ولكنهُ متى تمغنط وانفصل عن المغنطيس الاصلي لا يفقد مغنطيسيتهُ بل يضبطها فيهِ. ولذلك يقال ان قوَّة الضبط عظيمة فيهِ وضعيفة او غير موجودة في الحديد اللّين

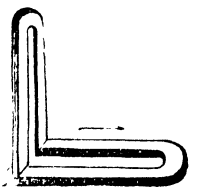
(٤٠٨) المَغْنَطة الصناعيَّة * قلنا ان المغنطيس يكون صناعيًّا وهو يصنع من الحديد والفولاذ بطرقٍ شتى اشهرها اثنتان الكهربائية وسياتي الكلام عليها والدلك او المسّ. وهذا امَّا ان يكون في الحديد المستقيم او في النضوي

فاذا اريد اصطناع مغنطيس مستقيم دقيق كالابرة المغنطيسية مثلاً توضع الحديدة او الفولاذة ب ا على القطب الشمالي والقطب الجنوبي من مغنطيسين كما ترى في الشكل ٢٣٥ ثم يوضع على وسطها قطبا مغنطيسين آخرين د وس الشمالي من الواحد والجنوبي من الاخر وضعاً مائلاً عليها بدون ان يتماسّا ويجرُّ المغنطيس د باليد اليمنى الى ب والمغنطيس س باليد اليسرى الى ا. وكلما بلغا الى نهايتي الحديدة يرفعان ويردّان الى وسطها ويعاد الدلك بهما على الوجه الواحد منها وعلى الوجه الآخر حتى تتمغنط جيداً. وهذا العمل يقال لهُ المس المفرد



الشكل ٢٣٥

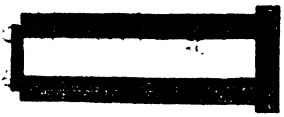
واذا أُريد اصطناع مغنطيس مستقيم سميك غليظ توضع الحديدة على مغنطيسين ويوضع عليها قطبان مغنطيسيان كما تقدَّم ثم يفصل بين هذين القطبين بقطعة من الخشب ويجرُّ المغنطيسان معاً الى جهة واحدة لا الى جهتين كأن يجرّا الى ا ثم الى ب او بالعكس مراراً متوالية على كل وجهٍ من وجهيها حتى تتمغنط جيداً. وهذا العمل يقال لهُ المس المزدوج. ويجب ان يكون عدد الدلكات على كل نصفٍ من نصفي الحديدة متساوياً تماماً


الشكل ٢٣٦

واذا أُريد اصطناع مغنطيس نضوي يوضع مغنطيس نضوي عمودياً على حديدة نضوية من حجمهِ كما ترى في الشكل ٢٣٦ وتوضع قطعة من الحديد على طرفيها ويجرُّ المغنطيس من طرفيها في جهة السهم الى منحناها او بالعكس ثم يدار في قوس ويردُّ الى المكان الذي ابتدأ جرُّهُ منهُ

(٤٠٩) حفظ المغنطيس والمحافظة * اذا تمغنط جسم بجل مغنطيسيتهِ الى نوعيها فعلى طول الزمان يعود النوعان الى الاتحاد ولو كانت قوة الضبط (عد ٤٠٧) فيهِ عظيمة ولذلك يخشى عليهِ من فقد مغنطيسيتهِ على مرور الايام. ويُتلافى

ذلك بابقاء نوعي المغنطيسية محلولين : فان كان المغنطيس مستقيمًا يوضع اثنان منه على الموازاة في علبة وتخالف اقطابهما حتى يقابل الشمالي من الواحد الجنوبي من الآخر وتوضع حديدة على كل قطبين (الشكل ٢٢٧) فيجعل المغنطيسان مغنطيسية الحديدتين ويمغنطانهما . ثم ان الحديدتين تردان الفعل الى المغنطيسين فتبقيان نوعي المغنطيسية محلولين في كل منهما وتمنعانهما من الاتحاد فلا تفقد المغنطيسية من المغنطيس * وان كان المغنطيس نضوبًا توضع حديدة على طرفيه فتمغنط بالحل ثم تفعل بالمغنطيس كما تقدم فتحفظ مغنطيسيته ولذلك تسمى الحافظة



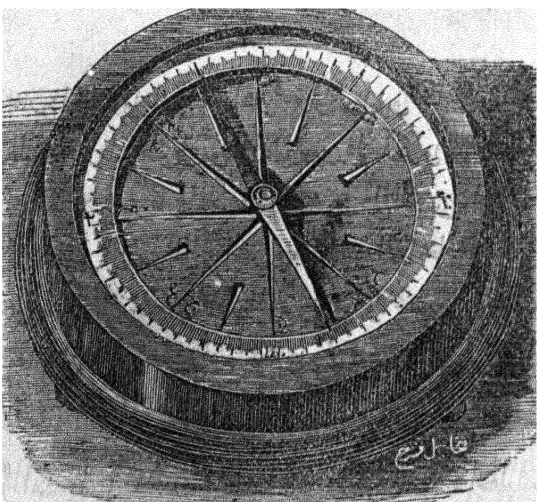
الشكل ٢٢٧

مغنطيسية الارض

(٤١٠) ميل الابرة * اذا توازنت الابرة المغنطيسية على محور اتجه احد قطبيها شمالًا والآخر جنوبًا لان في الارض قوة توجهها كذلك . غير ان اتجاهها لا يكون الى الشمال تمامًا ولا الى الجنوب تمامًا الا في اماكن قليلة على سطح الارض واما في بقية الاماكن فينحرف شرقًا او غربًا عن الشمال والجنوب حسب موقعها . ويعرف انحرافها هذا بميل الابرة . فاذا قيل ان ميل الابرة في بيروت نحو ١٠° غربًا فالمراد من ذلك ان انحرافها عن القطب الشمالي هو نحو ١٠° الى الغرب

اذا فرض ان قطبي الابرة المغنطيسية امتدا حتى بلغا القبة الزرقاء ثم رسمت دائرة مارة فيهما وفي سمت الراس سميت الهاجرة المغنطيسية . فان لم يكن للابرة

ميل في مكان فهاجرتهُ المغنطيسية توافق هاجرتهُ الفلكية وان كان لها ميل شرقيٌّ او غربيٌّ فهاجرتهُ المغنطيسية تنحرف عن هاجرتهِ الفلكية من الشمال والجنوب شرقًا وغربًا بقدر ميلهِ * واذا رُسم خطٌّ على كل الاماكن التي ميل الابرة فيها متساوٍ شرقًا او غربًا قيل لهُ خطُّ الميل المتساوي . واذا رُسم خط على كل الاماكن التي لا ميل فيها قيل لهُ خطُّ اللاَّميل وهو يحيط بكرة الارض ويقسمها الى قسمين شرقيٍّ يشتمل الآن على اسيا واميركا الشمالية والجنوبية وغربيٍّ يشتمل على اوربا وافريقيا . ولكنَّ خط اللاَّميل هذا وخطَّ الميل المتساوي ايضًا لا يبقيان دائمًا في مواقع ثابتة بل تتغيَّر مواقعهما على توالي السنين فربَّ مكانٍ يكون الميل فيهِ شرقيًّا يصير لا ميل لهُ ثم يصير ميلهُ غربيًّا . وهذا التغيُّر يسمَّى الاختلاف الدوري . ويوجد تغيران آخران احدهما السنوي وفيهِ تنحرف الابرة شرقًا عن ميلها الاصلي في بعض الفصول وغربًا في البعض الآخر . والآخر اليومي وفيهِ تنحرف الابرة شرقًا عن ميلها الاصلي في بعض



الشكل ٢٢٨

الساعات وغربًا في البعض الآخر . هذا فضلاً عن اختلافاتٍ أُخر غير منتظمة كما يحدث عند ظهور الشفق القطبي مثلاً

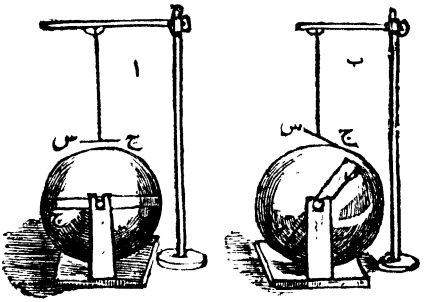
(٤١١) الحك * الحك آلة لمعرفة ميل الابرة ولمسح الاراضي ولفتح الاسراب في الارض ولارشاد السفن في البحار والراحلين في البوادي والقفار: ترى صورتهُ في الشكل ٢٣٨ وهو عبارة عن علبة من الخشب او المعدن مرسوم على قعرها نجمة ذات ست عشرة شعاعة كلاً منها تدل على جهة من جهات الافق . وعلى محيطها دائرة مقسمة اقساماً متساوية بحيث يقع قسم الصفر منها على شعاعة الشمال وقسم ١٨٠ على شعاعة الجنوب. وفي مركزها محور من الفولاذ على راسهِ ابرة مغنطيسية تتحرك بسهولة الى كل الجهات

فاذا عُرِفت الهاجرة الفلكية لمكانٍ عرفت منها هاجرتهُ المغنطيسية بواسطة الحك . وذلك بان يدار الحك حتى تقع شعاعة ش ج منهُ في جهة الهاجرة الفلكية تماماً ثم ينظر الى اتجاه الابرة فيكون مقدار انحرافها عن ش ج هو ميل الابرة في ذلك المكان . ويصحُّ ايضاً عكس ذلك اعني انهُ ان كان ميل الابرة في مكانٍ معروفاً تعرف منهُ هاجرة المكان الفلكية من انحراف خط ش ج عن الابرة شرقاً او غرباً

اما مخترع الحك وزمان اختراعهِ فمجهولان والظاهر ان الصينيين كانوا يعتمدون عليهِ منذ زمان طويل واما الاوربيون فلم يذكروا شيئاً عنهُ حتى القرن الثاني عشر بعد المسيح . وكان الملاَّحون يعتمدون على الشمس ونجم القطب قبل استعمالهِ فلا يجترئون ان يتوغلوا في البحر ويغيبوا عن البرّ مخافة ان تغيم السماء عليهم فيضلوا . واما الآن فيخوضون البحار طولاً وعرضاً ولا يخشون حالك الظلام ولا اسوداد الغمام لان الحك دليلهم فيرشدهم وهو في قبضة يدهم

(٤١٢) انتكاس الابرة * اذا علَّقنا ابرةً من الفولاذ مثل س ج بخيط (الشكل ٢٣٩) ووضعنا تحتها كرةً في داخلها مغنطيس بحيث يقع المغنطيس موازياً للابرة فسواءٌ تمغنطت الابرة او لم تتمغنط تبقى موازية للمغنطيس. واما اذا وضعنا تحتها كرةً بحيث يقع

مغنطيسها مائلاً لا موازيًا للابرة (الشكل ٢٤٠) فينخفض قطبها الواحد نحو القطب الاقرب اليهِ من المغنطيس ويرتفع قطبها الآخر. وهذا ما يقال لهُ انتكاس الابرة. وكذلك الامر في كرة الارض

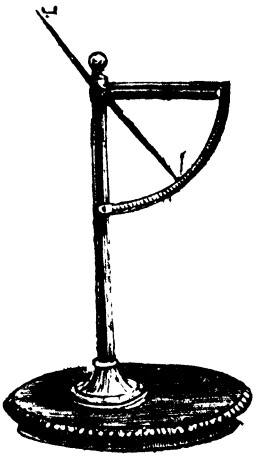


الشكل ٢٤٠ الشكل ٢٣٩

فان الارض تحسب مغنطيسًا عظيمًا ولذلك اذا علِّقتْ الابرة كما تقدَّم في مكانٍ يبعد بعدًا واحدًا عن قطبي هذا المغنطيس لم تنكّس قطبًا من قطبيها واذا علِّقت في مكانٍ اقرب الى احد قطبيهِ مما الى الآخر فاذا لم تمغنط تبقى على وضعها الاصلي ولكنها حالما تمغنط تنكّس قطبها المخالف لهُ. ويقاس مقدار انتكاس قطبها هذا بتركيزها على محورٍ افقيٍّ بحيث تتحرَّك على دائرة سمتية كما ترى في الشكل ٢٤١ فيعرف الانتكاس من الدرجات المرسومة على تلك الدائرة

وطبقًا لذلك لا يكون انتكاس في بعض الاماكن الواقعة قرب خط الاستواء بل تهدأ الابرة هناك افقيَّة. ومن ثم ياخذ انتكاس القطب الشمالي في الازدياد كلَّما تقدَّمت شمالاً وياخذ انتكاس القطب الجنوبي في الازدياد كلما

تقدمت جنوبًا حتى يصير انتكاس كلٍّ منهما ٩٠° اي حتى يصيرا عموديين على الافق. فاذا رُسم خطٌّ على كل الاماكن التي لا انتكاس فيها سمّي خطّ الاستواء المغنطيسي واذا رُسم خطٌّ على كل الاماكن التي يكون الانتكاس فيها متساويًا سمّي خطّ الانتكاس المتساوي. واما المكانان اللذان يكون الانتكاس فيهما ٩٠° فيسمّيان القطبين المغنطيسيين. وقد وجد القبطان روس القطب الشمالي منهما سنة ١٨٣١ في عرض ١٤′ ٧٠° شمالي وطول ٤٠′ ٩٦° غربي ووجد ايضًا الانتكاس ٨٨° ٢٧′ في الاوقيانوس الجنوبي على عرض ٧٦° وطول ١٦٨° شرقي. فحسبوا من ذلك ومن غيره ان القطب الجنوبي كان حينئذٍ في عرض ٧٥½° جنوبي وطول ١٥٤° شرقي ولكنهُ لم يحقق مكانهُ حتى الآن * وكما ان ميل الابرة يختلف على ممرّ السنين والفصول والايام كذلك يختلف انتكاسها اختلافًا دوريًّا وسنويًّا ويوميًّا ولكن مقدار اختلاف الانتكاس اقل من مقدار اختلاف الميل



الشكل ٢٤١

(٤١٣) شدّة مغنطيسيّة الارض * ان قوّة مغنطيسيّة الارض اعظم في بعض الاماكن ممّا هي في غيرها والعادة ان تكون على اضعفها في النواحي الاستوائية وعلى اشدّها في النواحي القطبيّة

ويعرَف الفرق بين قوتها في بعض الاماكن عمّا هو في غيرها من عدّ اهتزازات الابرة المغنطيسية في وقتٍ معلوم. لان القوة المغنطيسية تتغيّر في مكانٍ كمربع عدد اهتزازات الابرة فيهِ. فان كانت الابرة تهتزُّ في مكانٍ مضاعف ما تهتزُّهُ في مكان آخر في وقتٍ معيَّن كانت المغنطيسية في المكان الاوّل اقوى مما هي في المكان الثاني

باربعة امثال * هذا واذا رسمنا على خارطة الارض خط الاستواء المغنطيسي والقطبين المغنطيسيين وخط اللاميل وخطوط الميل المتساوي وخطوط الانتكاس المتساوي وخطوط الشدَّة المتساوية قيل لتلك الخارطة الخارطة المغنطيسية

(٤١٤) الارض مغنطيس * ظهر مما تقدَّم ان الارض توجه الابرة الى الشمال والجنوب وانها تبقيها موازية للافق عند خط الاستواء المغنطيسي وتنكسها كلما قربت من القطبين المغنطيسيين . وان مغنطيسيتها تزداد شدَّةً نحو القطبين المغنطيسيين وتقلُّ نحو خط الاستواء المغنطيسي. فهي في كل ذلك تفعل فعل المغنطيس . هذا فضلاً عن كونها تحلُّ مغنطيسية ما عليها من الحديد. فان كل القضبان الحديدية كحديد التخوت والكراسي وقضبان الصاعقة وما اشبه اذا كانت عمودية على الارض تكون مغنطيسيتها ممحلَّة وقطبها الشمالي الى جهة الارض وقطبها الجنوبي الى خلافها كما يظهر من تقريب الابرة المغنطيسية اليها. ولا ريب ان حجر المغنطيس كان قبلاً حديداً فمغنطتهُ الارض بالحل المغنطيسي. ولذلك تحسب الارض مغنطيساً عظيماً ذا قطبين وخطّ استواء . ولما كان القطب الشمالي من المغنطيس يجذب القطب الجنوبي من الابرة وبالعكس فاذا حسبنا طرف الابرة المتجه الى الشمال قطبها الشمالي وجب ان نحسب قطب الارض المغنطيسي المقابل لهُ القطب الجنوبي [1] . والشائع في الاصطلاح ان يسمَّى هذا القطب الشمالي ايضاً والآخر الجنوبي فراراً من الالتباس ولو كان الاصطلاح مخالفاً للواقع

اما مصدر مغنطيسية الارض فغير معروف والمظنون من ادلَّة شتَّى ان حرارة الشمس تؤثّر في الارض فتهيج فيها مجاري كهربائية وهذه المجاري تولّد فيها المغنطيسية كما سيأتي. والله اعلم

(١) الفرنساويون يحسبون القطب الشمالي من الابرة الطرف المتجه الى الجنوب والقطب الجنوبي منها الطرف المتجه الى الشمال واما الانكليز فاصطلاحهم كما في هذا الكتاب

الفصل الثاني

في كهربائية الفرك

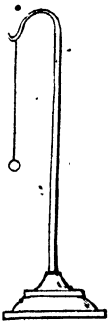
(٤١٥) حدود * الكهربائيَّة قوَّة تظهر على الاجسام لاسبابٍ شتَّى كالفرك والضغط والتركيب والتحليل الكيميين ونحو ذلك. فاذا ظهرت على جسم بالفرك او بغيره قيل ان ذلك الجسم قد تهيَّج واذا انتقلت من جسم متهيج الى جسمٍ ثانٍ قيل ان هذا الجسم الثاني قد تكهرب

(٤١٦) كهربائية الفرك * هذه الكهربائية تظهر على الاجسام بفركها

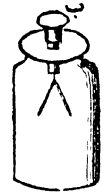
فاذا مُشِط الشعر بمشط من الكوتا رخا سمع لهُ طقطقة لان فرك الشعر بالمشط يهيج فيهِ كهربائيةً تفرقع. واذا فُرِك صوف الهرّ في الظلام بدا منهُ الشرر لان الكهربائية تتهيج فتضيء. واذا مشى الانسان في الايام الباردة الجافَّة على الطنافس بالاجربة تهيج في جسدهِ كهربائية غير قليلة حتى انهُ اذا قرب اصبعهُ الى حنفية الغاز يشعلهُ ممَّا فيهِ من الكهربائية. واذا فرِكت انبوبةٌ من الزجاج بمنديل من الحرير تهيجت فيها الكهربائية فتجتذب الاجسام الخفيفة ثم تدفعها واذا قربها الانسان الى وجههِ شعَر كأنَّ عليهِ نسيج العنكبوت

(٤١٧) الإلكترسكوب * الالكترسكوب آلة يعرف بها تهيج الكهربائية في الاجسام.

وهو على اشكال شتّى منها الالكترسكوب الرقّاص وهو خيط من الحرير في اسفلهِ كرة من لبّ السيسبان ومربوط من اعلاهُ برأس ملتوٍ من انبوبة زجاجية (الشكل ٢٤٢) فان كانت الكهربائية مهيجة في جسم وقدّم الى كرة لب السيسبان اجتذبها ثم دفعها وان لم تكن الكهربائية مهيجة فيهِ تركها على ما هي


الشكل ٢٤٢

غير انهُ اذا كانت كهربائية الجسم ضعيفة لا تؤثر في الالكترسكوب الرقاص فيستعاض عنهُ بالكترسكوب ورق الذهب وهو ورقتان رقيقتان من الذهب (الشكل ٢٤٣) معلقتين بشريطة من النحاس مارة في انبوبة من الزجاج ومنتهية بقرص من النحاس ب هو غطاء القنينة التي تحتوي هذه الاجزاء كلها . فاذا قرّب الجسم المكهرب الى القرص ب تتدافع الورقتان فتبعد احداهما عن الاخرى


الشكل ٢٤٣

(٤١٨) الكهربائيّة نوعان * ان الكهربائية نوعان زجاجيَّة او ايجابيَّة (+) وراتنجيَّة او سلبيَّة (−) فالاجسام التي كهربائيتها متشابهة تتدافع والتي كهربائيتها متخالفة تتجاذب كالمغنطيس

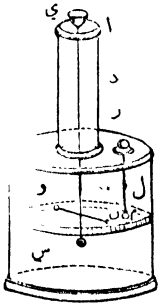
ولبيان ذلك : افرك انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير حتى تتهيج الكهربائية فيها ثم قرّبها من لب السيسبان في الالكترسكوب الرقّاص فتجذبهُ حتى تكهربهُ ثم تدفعهُ ولا تعود تجذبهُ ما دام مكهربًا منها . ثم افرك قضيبًا من شمع الختم بقطعة من الفرو او الصوف حتى تتهيج فيهِ الكهربائية وقرّبهُ الى لب السيسبان المكهرب من الزجاج فيجتذبهُ حالاً حتى يكهربهُ ثم يدفعهُ ولا يعود يجتذبهُ ما دام مكهربًا منهُ . أعد انبوبة الزجاج على اللبّ حينئذٍ فتجذبهُ اليها حتى تكهربهُ ثانيةً فتدفعهُ ثم أعد قضيب الختم عليهِ فيجذبهُ حتى يكهربهُ فيدفعهُ . فيظهر من ذلك ان كهربائية الزجاج تجذب ما تدفعهُ كهربائية شمع الختم وكهربائية شمع الختم تجذب ما تدفعهُ كهربائية الزجاج

فاذًا هما نوعان مختلفان احدهما يسمّى زجاجيًّا او ايجابيًّا لظهوره على الزجاج والآخر يسمّى راتنجيًّا او سلبيًّا لظهوره على شمع الختم وهو صمغ راتنجيٌّ

اما كون الاجسام المتشابهة الكهربائية تتدافع والمتخالفة الكهربائية تتجاذب فيتضح ممّا يأتي علاوةً على ما تقدّم: كهرب كرتين من لب السيسبان بكهربائية الزجاج وقرب احداهما الى الأخرى فتتدافعان وتتباعدان كأنهما متجافيتان. وكذلك كهرب كرتين من لب السيسبان ايضًا بكهربائية شمع الختم وقرّب احداهما الى الاخرى فتتدافعان كتدافع الكرتين المكهربتين بالزجاج. ثم قدم هاتين الكرتين الى تينك الكرتين فتتجاذب حالاً طبقًا لما تقدم من ان الاجسام المتشابهة الكهربائية تتدافع والمتخالفتها تتجاذب

(٤١٩) ناموسا الكهربائية * الكهربائية ناموسان احدهما تدافع الاجسام المتشابهة الكهربائية وتجاذب المتخالفتها وقد مرّ. والثاني انها تتغير بالقلب كمربع البعد فتزيد بقدر ما ينقص مربع البعد وبالعكس

ولبيان ذلك يستعمل ميزان الفتل الذي اخترعهُ كولُمب وهو مؤلف من اسطوانة من الزجاج مغطاة من اعلاها بغطاء من الزجاج ايضًا ر (الشكل ٢٤٤) وفي وسط هذا الغطاء انبوبة من الزجاج د غير ثابتة بل تدور فيهِ على نفسها وعلى اعلى هذه الانبوبة غطاءٌ من النحاس ا راكب عليها بحيث يمكن ان يدار بالزرّ ي. وعلى الغطاء ا هذا دائرةٌ مقسومة ٣٦٠ درجة وتدور معهُ اذا دار. ويتصل بهذا الغطاء شريطةٌ دقيقةٌ جدًّا من الفضة معلّق بها خيط من اللك ن ولهُ عند راسهِ ن قرص صغيرٌ من ورق النحاس. وقرب حافة الغطاء ر ثقب ثانٍ ينزل منهُ قضيب من الزجاج ل في اسفلهِ كرة من النحاس م وفي اعلاهُ مقبض من الخشب. وعلى دائر



الشكل ٢٤٤

الاسطوانة الزجاجية دائرة س مقسومة ٣٦٠ درجة والصفر منها واقع مقابل كرة النحاس

وكيفية العمل بهذا الميزان ان يجفف هواؤهُ اولاً بوضع قليل من كلوريد الكلس فيهِ فيمتصُّ رطوبتهُ. ويدار الزرّي حتى يقع الصفر الذي على الغطاء اتجاه سبَّابةٍ لم ترسم في الشكل وتدار الانبوبة د ايضاً حتى تخلَّ شريطة الفضة من الفتل تماماً ويمسَّ القرص ن الكرة م ويقابل كلاها الصفر على المقياس س. ثم تُرفَع الكرة م وتكهرب وتُرَدُّ وعندما تمسُّ القرص ن تكهربهُ فيندفع عنها وبعد ان يهتزَّ مدَّة يهدأ على بعد معيَّن عنها لان اندفاعهُ يفتل الشريطة المعلق بها والشريطة تقاوم اندفاعهُ فتهدئهُ. ولنفرض انهُ هدأ على بعد عشر درجات. فاذا ادرنا الزرّي حينئذٍ حتى نردَّ هذا القرص الى م وجدنا انهُ لا يرتدُّ خمس درجات حتى يكون الغطاء قد دار خمساً وثلاثين درجة. فتكون شريطة الفضة قد انفتلت من راسها خمساً وثلاثين درجة ومن اسفلها خمس درجات: اعني انها تنفتل بردّ القرص ن خمس درجات مع مضادة دفع الكهربائية لهُ كما تنفتل لو اندفع القرص ن اربعين درجة. والاربعون درجة هي اربعة اضعاف العشر الدرجات. فاذن تكون القوَّة اللازمة لمقاومة قوة الكهربائية على بعد خمس درجات اربعة اضعاف القوة اللازمة لمقاومتها على بعد عشر درجات اي ان قوة الكهربائية على بعد خمس درجات هي اربعة اضعاف قوتها على بعد عشر درجات. فاذًا الكهربائية تنقص بقدر ما يزيد مربع البعد وهذا معنى قولنا انها تتغيَّر بالقلب كمربع البعد. وعلى مثل ما تقدم يستعلم ان القوة المغنطيسية تجري على هذا الناموس (عد ٤٠٥)

(٤١٩) ماهية الكهربائية * ان ماهية الكهربائية غير معروفة بالقطع وقد كانوا قبلاً يظنون انها مادَّة سائلة لطيفة جدًّا لا وزن لها متخلِّلة دقائق كل الاجسام واما الآن فيظنون انها كالنور تحصل من اهتزازات دقائق الاجسام فلا تكون مادَّة بل نوعًا من الحركة التي تحركها دقائق الاجسام. غير انها مهما كانت فهي في كل جسم نوعان وما دام هذان النوعان متوازنين في الجسم يقاوم احدها قوة الآخر فلا يظهران

واما اذا اختلّت موازنتها بداعٍ من الدواعي كالفرك والحلّ والتركيب الكيماوي فينفصل كلٌّ منهما عن الآخر ويظهر الواحد على الجسم في جهةٍ مخالفة للجهة التي يظهر الآخر عليها. وهذه الموازنة تختلّ باقلّ الاشياء ففي قص قطعة صغيرة من اللحم بسكين من الفولاذ وشوكة تختلّ موازنة نوعي الكهربائية فيها حتى يظهر منها ما يكفي لتحريك ابرة التلغراف. غير انهُ كما تختل الموازنة باقل الاشياء تعود على اسهل سبيلٍ فلا نشعر على الغالب باختلالها ولا بعودها

(٤٢١) ظهور نوعي الكهربائية معًا * كلما فُرِك جسمٌ بآخر يختلُّ نوعا الكهربائية فيهما فيظهر احدهما على الفارك والآخر على المفروك

اذا فركنا انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير تكهرب الزجاج ايجابًا والحرير سلبًا كما يعرَف من تقريبهما الى الالكترسكوب. ولا يتوهَّم من ذلك ان الجسم المفروك يتكهرب دائمًا ايجابًا والفارك سلبًا لان عكس ذلك يقع في بعض الاجسام كوقوعهِ هو في غيرها. وهاك قائمة مرتبة على شكل انهُ اذا فرِك جسمان من الاجسام المذكورة فيها احدهما بالآخر فالسابق منهما يتكهرب ايجابًا والتالي يتكهرب سلبًا

(١) فرو الهرّ (٤) الزجاج (٧) الخشب (١٠) الراتنج
(٢) الفلانلا (٥) القطن (٨) اليد (١١) المعادن
(٣) العاج (٦) الحرير (٩) اللك (١٢) الكبريت

(٤٢٢) الموصل والفاصل * ان الكهربائية تجتاز على بعض الاجسام باعظم صعوبة وعلى بعضها باعظم سهولة وعلى بعضها بَيْن بَيْن فالتي لا تجتاز عليها الاَّ باعظم صعوبة يقال لها اجسام فاصلة او غير موصلة والبقية يقال لها اجسام موصلة

فالنحاس من احسن الاجسام الموصلة ولذلك يستعمل في التجارب الكهربائية

كلّها والزجاج من احسن الاجسام الفاصلة . والجسم الواحد قد تختلف قوتهُ على الايصال باختلاف درجة حرارتهِ واختلاف هيئتهِ فالماء يوصل الكهربائية جدًّا على حالهِ الطبيعية ولكنهُ يزيد قوةً على الايصال بزيادة حرارتهِ وينقص قوةً على الايصال بزيادة برودتهِ او بتحولهِ بخارًا اوجليدًا او ثلجًا جافًّا * وقد تختلف قوة الجسم على الايصال ايضًا باختلاف حالتهِ وتركيبهِ الكيماوي فالعصا الخضراء موصلة والمشوية الجافة غير موصلة والفحم موصل والرماد غير موصل . وبالاجمال يقال ان المعادن والماء وكل الاجسام الرطبة والحيوانية والنباتية والارض نفسها موصلة واما الهواء الجافّ وكل المواد الراتنجيَّة والزجاجية ففاصلة . وهاك قائمة تشتمل على اسماء اجسام من اجود الاجسام الموصلة والفاصلة

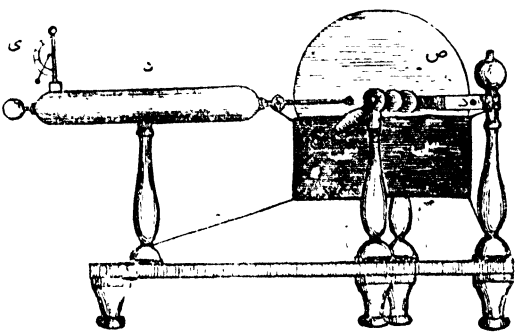
الموصلة		الفاصلة	
المعادن	الحوامض	الهواء والغازات الجافَّة	الشمع
الفحم	النباتات	الورق الجاف	الكبريت
اللهب	الحيوانات	الحرير والزجاج .	الكهرباء
الماء	الثلج	الماس والحجارة الكريمة	اللك

(٤٣٣) حصر الكهربائية وجمعها * اذا تكهرب جسمٌ موصل لم تبقَ الكهربائية فيهِ بل حالما يمسُّ الارض التي هي موصل جيدٌ ايضًا تنتقل الكهربائية منهُ الى الارض (الحوض الكهربائي العظيم) . ولذلك لا تظهر الكهربائية على النحاس مهما فُرِك ليس لان فركهُ لا يهيج الكهربائية فيهِ (اذ الكهربائية تتهيج في كل جسمٍ يفرك) بل لانهُ موصل جيدٌ فحالما تتهيج الكهربائية فيهِ تفلت منهُ وتجتاز الى جسد من يفركهُ . ولما كانت الاجسام الفاصلة لا تؤذن للكهربائية بالاجتياز عليها فاذا احاطت بجسم موصل حصرت كهربائيتهُ فيهِ ولم تفتح لها منفذًا للافلات منهُ فيقال حينئذٍ ان ذلك الموصل مفصول . وعليهِ يفصلون الموصلات بعمل قوائمها من الزجاج او بوضعها على اقراص من الراتنج او بلفِّ خيوط من الحرير عليها ونحو ذلك . غير ان اجود الاجسام الفاصلة لا بد ان يسمح لقليل من الكهربائية بالاجتياز عليهِ ولذلك لا بد من ان تفلت

الكهربائية من جسمٍ مكهرب على طول الزمان ولو فصل باحسن فاصل . هذا فضلاً عن ان رطوبة الهواء تزيد قوة الفاصل على الايصال ولا سيما الزجاج لان رطوبة الهواء تتكاثف عليهِ كثيرًا . ولذلك يعسر حصر الكهربائية في الايام الرطبة الهواء او المغيمة الممطرة . وهذا هو السبب في كون الآلات الكهربائية لا تعمل جيدًا اذا كان الهواء حولها رطبًا

الآلات الكهربائية

(٤٢٤) آلة رَمْسدِن الكهربائية * الآلة الكهربائية كل آلةٍ تُجمع بها الكهربائية . واوَّل من اخترعها أَطُّوفُن كِرِكّي مخترع مفرغة الهواء . والغرض الآن وصف آلات كهربائية الفرك وهي عديدة نذكر منها آلة رمسدِن وتُعرَف بذات القرص



الشكل ٢٤٥

اشهر اجزاء هذه الآلة اربعة القرص والفاركان والقضيب المسنَّن والموصل الاعظم . اما القرص فيصنع من الزجاج ص (الشكل ٢٤٥) ويوضع بين قائمتين من الخشب الصلب الجاف ويدار بواسطة مقبض . واما الفاركان س س فيُصنَعان

من الحرير او من الجلد المطلي بملغم مصنوع من التوتيا والقصدير والزئبق ويوضعان على جانبي القرص ويلصقان به بواسطة لوالب حتى يفركا عليه متى دار. واما القضيب المسنَّن فقضيب من النحاس لهُ على احد جوانبهِ اسنان يمتدُّ من طرف الموصل الاعظم حتى تقع اسنانهُ قبالة قرص الزجاج وقربهُ. وقد يكون في الآلة قضيبان منهُ. واما الموصل الاعظم فاسطوانة من النحاس د موضوعة على قائمة من الزجاج ومستديرة الطرفين حتى لا يسرع افلات الكهربائية منها الى الهواء ويمتدُّ القضيب المسنَّن من طرفها الذي يلي القرص ولها في طرفها الآخر كرةٌ من النحاس

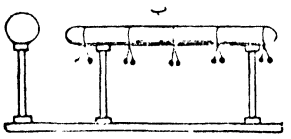
وكيفية جمع الكهربائية بهذه الآلة ان يدار القرص ص فيفرك الفاركان عليه فتتهيج فيهِ الكهربائية الايجابية وتتهيج فيهما الكهربائية السلبيَّة كما يُعرَف بالالكترسكوپ. ثم تنتقل كهربائية القرص الى اسنان القضيب المسنن لان الكهربائية تطلب الرؤوس كما سيجيء وتجتاز عليهِ حتى تجتمع في الموصل الاعظم المفصول على قائمة الزجاج. ثم انهُ اذا بقيت الكهربائية السلبية على الفاركين تطلب دائمًا ان تتحد بالكهربائية الايجابية التي تتهيج على الزجاج واذا اتحدت بها عادت الموازنة بينهما ولم يمكن جمع واحدة منهما. ولذلك تعلَّق بالفاركين سلسلة او اكثر من النحاس لم ترسم في الشكل وتدلَّى الى الارض (حوض الكهربائية العظيم) فتتحد كهربائيتها السلبية بكهربائية الارض الايجابية وتبقى كهربائية قرص الزجاج وحدها

هذا اذا اريد جمع الكهربائية الايجابية واما اذا أُريد جمع الكهربائة السلبية فتفصل قوائم الآلة بوضعها على صفائح سميكة من الزجاج او من الراتنج. وتدلى من الموصل الاعظم سلسلة معدنية الى الارض لتوصلهُ بها. فبعد ما تتهيج الكهربائية بفرك الفاركين على القرص تفلت الايجابية من الموصل الاعظم الى الارض بواسطة السلسلة المعدنية واما السلبية فتبقى على الفاركين * واذا كانت هذه الآلة متقنة العمل جديدة الملغم وكان الهواء جافًا تُخَطُّ فيها دوائر من النور حول القرص مؤلفة من شرار كهربائي يظهر ما بين سطح القرص والفارك وتسمع لهُ طقطقة ويتناول الشرار الكهربائي من الموصل الاعظم عن بعد بضعة قراريط

(٤٣٥) إلكترومتر الربع * كثيرًا ما تسمَّى الكهربائية بالسيَّال الكهربائي وموافقةً لذلك يقال ان هذا الوعاء مملوء من السيال الكهربائي اعني انهُ قد تكهرب. ومقدار هذا الامتلاء متفاوت. فاذا اردنا ان نعرف مقدار امتلاء الموصل الاعظم في ذات القرص استعملنا الكترومتر الربع ي (الشكل ٢٤٥) وهو نصف دائرة من العاج او نحوهِ محمول على عمود من الخشب ومقسوم مئةً وثمانين درجةً يبتدئُ عدُّها من اسفلهِ فصاعدًا. وفي مركزهِ قضيب دقيق من عظم الحوت يتحرَّك على نفسهِ ولهُ في راسهِ كرة من لب السيسبان ويسمَّى دليل الالكترومتر. فاذا كان الموصل الاعظم خاليًا من الكهربائية كان هذا الدليل مدلى نحو الموصل الاعظم عموديًّا على الافق. وكلما امتلأ الموصل الاعظم كهربائية كهرب الدليل منها ودفعهُ عنهُ فيرتفع الدليل على الدرجات ويقف عند ما تبلغ الكهربائية حدَّها في الزيادة فيعرف مقدارها من الدرجات التي ارتفع الدليل عليها

(٤٣٦) الحلُّ الكهربائيُّ * اذا انفصل جسمٌ موصل للكهربائية ووضع على بعدٍ معيَّن من جسمٍ آخر مكهرب تكهرب هو ايضًا بانحلال نوعي كهربائيتهِ. ولذلك يقال انهُ تكهرب بالحل

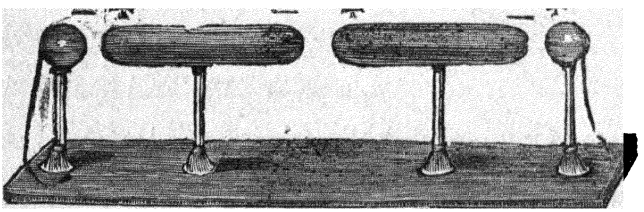
ولبيان ذلك افصل جسمًا مكهربًا مثل ا (الشكل ٢٤٦) وعلق ازواجًا من كرات لب السيسبان على وسط جسم موصل ب وعلى اقسام أُخر منهُ كما ترى وافصل هذا الموصل بوضعهِ على قوائم من الزجاج وضعهُ قرب الجسم المكهرب ولكن أبعد من ان تنتقل الكهربائية اليهِ شررًا فتجد ان كل زوج من ازاوج لب السيسبان تتدافع كرتاهُ وتتباعدان الاَّ الزوج المعلَّق في وسط الموصل تمامًا. وان تباعد كرات الزوجين المعلقين على الطرفين يزيد عن تباعد غيرها ويأخذ من ثمَّ في التناقص بين كرات بقية الازواج حتى يتلاشى في الوسط



الشكل ٢٤٦

ثم ان كانت كهربائية الجسم ا ايجابيَّة وقرّب الالكترسكوب الى الموصل ب يوجد نصفهُ المتجه الى ا سلبيًّا ونصفهُ الآخر ايجابيًّا وان كانت كهربائية ا سلبية كانت كهربائية نصف الموصل ب المتجه اليهِ ايجابية وكهربائية النصف الآخر سلبية . اي ان النصف الاقرب الى ا يتكهرب بخلاف كهربائيتهِ والنصف الابعد يتكهرب بمثل كهربائيتهِ . فيكون كل طرفٍ من طرفي الموصل قد تكهرب بكهربائية مخالفة لكهربائية الآخر ويقال انهُ قد استقطب

وعليهِ اذا وضعتَ موصلين او اكثر بين كرتين من النحاس كما ترى في الشكل ٢٤٧ ووصلتَ احدى الكرتين بالقطب الايجابي من الآلة الكهربائية والأُخرى بالقطب السلبي فالموصلان يتكهربان ويستقطبان بالحل الكهربائي. فتخالف كهربائية الكرة كهربائية الطرف الاقرب اليها من الموصل الذي يليها وتشابه كهربائية الطرف الابعد عنها منهُ

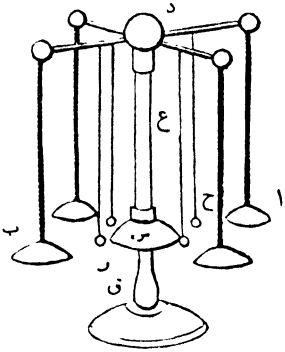


الشكل ٢٤٧

(٤٣٧) تعليل الحل الكهربائي * ذهب العلاَّمة فارادي في تعليل الحل الكهربائي . اولاً ان دقائق الجسم تفعل بها الكهربائية بالحل كما تفعل بالموصلات التي مرَّ الكلام عليها فتكهرب احد قطبيها ايجابًا والآخر سلبًا. وذلك انهُ متى استقطبت دقيقةٌ بحل كهربائيتها تحلُّ هي كهربائية الدقيقة المجاورة لها وهذه تحلُّ كهربائيةُ الدقيقة المجاورة لها ايضًا وهكذا حتى تستقطب دقائق الجسم كلهِ فيكون طرف كل دقيقةٍ منها مكهربًا بعكس كهربائية الطرف المقابل لهُ * وثانيًا ان الدقائق التي قد انحلت كهربائيتها فاستقطبت كما تقدَّم اذا كانت في فاصل

فكهربائية كلٍّ منها تبقى فيها ولا تنتقل الى غيرها. واما اذا كانت في جسمٍ موصل فكهربائيتاها لا تبقى فيها بل تنتقل منها الى المجاورة لها حتى تجتمع الايجابية منها على طرف والسلبية على آخر كما مرَّ في استقطاب الاجسام الموصلة (عد ٤٢٦)

(٤٢٨) الجذب والدفع الكهربائيان * لا يحصل جذب بالكهربائية ولا دفع على الاطلاق ما لم يسبقهما الحلُّ الكهربائيُّ كما في المغنطيس (عد ٤٠٦)



الشكل ٢٤٨

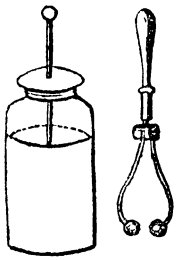
ويتضح ذلك من دقّ الاجراس الكهربائية (الشكل ٢٤٨) فالجرسان ا وب معلّقان بسلسلتين على قضيب معدني (وكذلك الجرسان اللذان يليانهما) ويتصل بهذا القضيب كرتان معدنيتان ايضاً ح و ر معلقتان ومفصولتان بخيطين من الحرير. ويوجد جرسٌ آخر س متصل بالارض بواسطة الدائمة ق التي هو عليها ومنفصل عن الكرة المعدنية د بفاصل من الزجاج ع. فتُوصَل الكرة د بالموصل الاعظم من الآلة الكهربائية وترسل الآلةُ الكهربائيةَ الايجابية منهُ الى الجرسين ا وب. ثم ان هذين الجرسين يحلاّن كهربائية الجرس س فتصير كهربائيتهُ سلبية ويحلاّن ايضاً كهربائية الكرتين ويجذبانهما حتى يملاّهما من كهربائيتهما ثم يدفعانهما فيجذبهما الجرس س حتى يملاّهما من كهربائيتهِ ثم يدفعهما فتتراقص الكرتان بين هذه الاجراس الثلاثة فتدق تارةً هذا وطوراً هذين ما دامت الكرة د توصل الكهربائية اليهما


الشكل ٢٤٩

ويتضح ذلك ايضاً من التماثيل الراقصة (الشكل ٢٤٩) وهي تماثيل صغيرة من لب السيسبان توضع بين قرصين معدنيين اعلاهما يدلى بسلسلة

من الموصل الاعظم واسفلها يتصل بالارض. فعند ادارة الآلة الكهربائية يتكهرب القرص الاعلى بالكهربائية الايجابية فيجذب القرص الاسفل ويكهربهُ بالسلبية ويجذب التماثيل ويدفعها ثم يجذبها القرص الاسفل ويدفعها ايضاً فتتراقص بينهما[1] * وعلى ما تقدم يعلل جذب الزجاج المفروك للب السيسبان ودفعهُ لهُ

(٤٣٩) القنينة اللَّيْدنية * هذه قنينة من الزجاج مكتسية من الخارج ومبطَّنة من الداخل بورق القصدير الاَّ اعلاها من قرب مخنى عنقها فما فوق (الشكل ٢٥٠) ولها سداد من الخشب المشويّ يمرُّ في وسطهِ شريطة معدنية في راسها تفَّاحة من النحاس وفي اسفلها سلسلة تتدلى الى بطانة القصدير. وتملأ كهربائية بأن تقرَّب تفاحتها الى الموصل الاعظم من الآلة الكهربائية ويوصل كساؤها القصديري الخارج بالارض بواسطة جسمٍ موصلٍ. فيجري شررٌ من الموصل الاعظم الى بطانتها



الشكل ٢٥٠

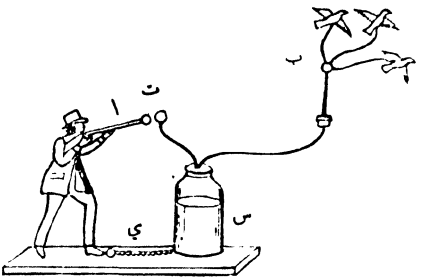
القصديرية. وتفرَّغ من الكهربائية بآلة يقال لها المُطلِق وهي شعبتان معدنيتان مدملكتا الراسين ولها مقبض فاصل من الزجاج. فيوضع راس احداها على تفاحة القنينة وراس الأُخرى على كسائها الخارجي فيحدث من ذلك نورٌ وصوتٌ. وتنفصل اجزاء صغيرةٌ من البطانة والكساء فتحترق وتلوّن النور وتزيدهُ لمعانًا. ولو لمس الانسان التفاحة بيدهِ الواحدة والكساء بيدهِ الاخرى والقنينة ملآنة لشعر بهزَّة عنيفة ربما تقضي عليهِ[2]

---

(١) يدار لذلك قرص الآلة الكهربائية ببطوء واذا غرزت ذبابيس في افدام التمثال مكَّنت دَوْسها

(٢) تنسب هذه القنينة الى مدرسة ليدن الجامعة في هولاندا لان الاستاذ مُوشنبروك اكتشفها هناك سنة ١٧٤٦ وذلك انهُ اراد ان يكهرب الماء في قنينة فادخل في سدادها شريطة معدنية تصل الى الماء وقرَّبها الى الموصل الاعظم بيدهِ الواحدة ثم بدا لهُ ان يرفع السداد فمسك الشريطة بيدهِ الاخرى والحال شعر بهزَّة عنيفة في ذراعيهِ وصدرهِ كادت تقضي عليهِ

ويتضح الامتلاء والتفريغ من الشكل ٢٥١ فاذا ملئت س كهربائية تكهربت العصافير المعلقة فتدافعت وتطايرت. ثم اذا مسست السلسلة ي رجل التمثال المعدني



الشكل ٢٥١

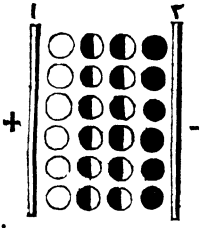
الحامل البندقية ا الماسة ت تفرّغ القنينة بصوت كطلقة البارودة فتسقط العصافير لتفرُّغ كهربائيتها ويظهر كأنّ التمثال قد رماها بالبارودة فاصابها

(٤٣٠) ايضاح القنينة الليدنية * قد تقدّم ان لفظة الامتلاء تستعمل في الكهربائية مجازًا لا حقيقةً ولذلك يكون امتلاء القنينة الليدنية من الكهربائية مغايرًا لامتلاء الجرّة من الماء فان اللوح الزجاجي يمكن ان يمتلئ كهربائيةً كما تمتلئ القنينة الليدنية اذا لُمِّس قصديرًا مثلها. فالاعتماد في هذا الامتلاء على وجود سطحين موصلين للكهربائية ينفصل بينهما جسمٌ غير موصل لها ككساء القصدير وبطانته وزجاج القنينة الليدنية بينهما . والدليل على كون القصدير لا يفيد الّا الايصال في القنينة الليدنية ونحوها هو انهُ اذا صُنع للقنينة كساء وبطانةٌ يُركّبان عليها وينزعان عنها عند الاقتضاء فمتى ملئت كهربائية ونُزِعا عنها لا يظر من الزجاج ولا من واحد منهما وحدهُ ولا من اثنين معًا من هذه الثلاثة الّا قليل جدًّا من الكهربائية . ثم اذا ركّبا عليها وأُطلقت الكهربائية بالمطلق ظهرت بقدر ما تظهر لو كانا لا ينزعان عنها

ويتضح امتلاء القنينة من الشكل ٢٥٢ وهو صورة قطعة صغيرة من جانبٍ من جوانب القنينة مكبرة. ا بطانتها و٢ كساؤها والكريّات التي بينهما الدقائق

وابقتهُ يومين عليلاً. وبعد قليل كتب الى صديقهِ ريومير الفرنساوي رسالة يقول فيها اني لن اعيد ذلك ولو بفرنسا كلها

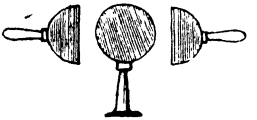
المتألف الزجاج منها. فعند دخول الكهربائية الايجابية من الموصل الاعظم الى داخل القنينة توزّعها البطانة على القنينة فتستقطب دقائق الزجاج وتمتلئ دقائق الكساء الخارجي كهربائية ايجابية بالحل. ثم ان البطانة التي تكهربت بكهربائية الموصل الاعظم الايجابية تردُّ اليهِ من كهربائيتها السلبية قدر ما نالتهُ من كهربائيتهِ الايجابية. والكساء الذي تكهرب سلبًا يفلت من كهربائيتهِ الايجابية قدر ما نال من السلبية ولذلك اذا انفصل ولم يتصل بموصل ما ليفلت كهربائيتهُ الايجابية اليهِ ينقطع دخول الشرر الكهربائيّ الى القنينة. ولما كان الكساء والبطانة يفلتان قدر ما ينالان من الكهربائية فسواء امتلأت القنينة او لم تمتلئ يكون مقدار الكهربائية فيها واحدًا وانما الفرق في الحالين انها متى امتلأت تتوزّع الكهربائية فيها خلاف توزعها متى فرغت



الشكل ٢٥٢

(٤٣١) البطارية الليدنية * كلما اتسع سطحا الكساء والبطانة زاد امتلاء القنينة قوة. واتساع سطحيها اما ان يكون بتكبير القنينة او بتكثير عدد القناني الصغيرة ووصل سطوحها معًا بموصلات. ويقال لهذه القناني البطارية الليدنية. وكيفية وصل بطاناتها ان يمدّ شريط موصل من تفاحة الى أخرى من تفاحاتها ووصل كساآتها ان توقف كلها على سطحٍ واحدٍ معدني مفتلاً وتفرّغ كالقنينة الواحدة

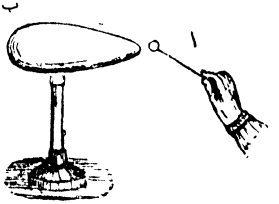
(٤٣٢) تجمُّع الكهربائية على الاجسام * اذا تكهرب الجسم تجمّعت الكهربائية على سطحهِ وغلّفت كل ظاهرهِ غلافًا رقيقًا يفلت كلما سنحت لهُ الفرصة


الشكل ٥٢

ولبيان ذلك طرق شتّى منها عملية بيو وهي ان تركّز كرة من النحاس على فاصل من الزجاج ثم انهُ يطبق عليها نصفا كرة مجوفان من النحاس لكلٍّ منهما مقبض فاصل من الزجاج

ونقرّب الى جسمٍ مكهرب حتى تمتلئ من كهربائيتهِ ويُنزَع النصفان عنها حالاً بعد امتلائها ويقرّبان الى الالكترسكوب فيجذبان كرة السيسبان ثم يدفعانها في الالكترسكوب الرقاص ويبعدان ورقتي الذهب احداهما عن الاخرى في الكترسكوب ورق الذهب . واما الكرة النحاسية نفسها فلا تفعل شيئًا ما تقدّم وذلك يدلُّ على ان الكهربائية تجمّعت على سطح نصفي الكرة . وسببهُ ان دقائق الكرة النحاسية توصل كهربائيتها بسهولة الى كل الجهات فلا تجمع الكهربائية فيها . واما دقائق النصفين اللذين عليها فلا تفلت الكهربائية منها الاَّ بصعوبة لانها محاطة بدقائق الهواء ودقائق الهواء غير موصلة فتجمع الكهربائية عليها

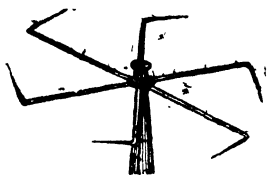
(٤٣٣) شكل الجسم وتوزُّع الكهربائية عليهِ * اذا كان الجسم كرويًّا توزَّعت الكهربائية على كل سطحهِ بالسواء واما اذا كان مستطيلاً مرأَّسًا فتجمع بالاكثر على راسهِ وتطلب الافلات عنهُ من هناك .



الشكل ٢٥٤

ولبيان ذلك خذ سطح البيان وهو قصيب من اللك على راسهِ قرص رقيق مستدير من المعدن ومسَّ بهِ جسمًا كرويًّا مكهربًا في اقسام متعددة منهُ وكلما مسست قسمًا بهِ قرّبهُ الى الالكترسكوب الرقاص فتجد ان مقدار جذبهِ للب السيسبان واحدٌ دائمًا وذلك يدلُّ على ان الكهربائية متوزعة بالسواء على كل قسم من الجسم الكروي * ثم قرّب سطح البيان ا (الشكل ٢٥٤) من جسمٍ مرأس مكهرب كالجسم النحاسي ب الموضوع على قائمة فاصلة من الزجاج فتجد ان الكهربائية المنقولة عن بعض اقسامهِ اشدُّ جذبًا ودفعًا للب السيسبان من المنقولة عن بعضٍ آخر . وان المنقولة عن راسهِ اشدُّ فعلاً من الجميع وما ذلك الاَّ لانَّ الكهربائية تطلب الرؤوس وتجمّع عليها

وعلى ذلك قرّب شريطة دقيقة الراس الى الموصل الاعظم من ذات القرص فيجتذب راسها كل كهربائيته فتظهر عليه لامعة كالكوكب. او ركّز هذه الشريطة على الموصل الاعظم فتفرّغ كهربائيتهُ كشذرة من النور بسرعة عظيمة حتى انهُ اذا قرّب لب السيسبان الى الموصل الاعظم لم يظهر كهربائيةً فيهِ. ثم قرّب خدَّك من راس الشريطة فتشعر ان مجرًى من الهواء يجري منها او ضع مصباحًا في ذلك المجرى فينحرف لهيبهُ. وذلك لان راس الشريطة يحلُّ كهربائية دقائق الهواء فيجتذبها كما يجتذب الزجاج المكهرب لبَّ السيسبان ثم يدفعها عنهُ فتجري في مجرًى يدوم ما دام الراس مكهربًا. وعلى ذلك صُنع الدولاب الكهربائي (الشكل ٢٥٥) وهو مؤلف من عدة اذرع مرأسة توضع على محور قائمٍ على الموصل الاعظم. فمتى تكهربت رؤوسها تكهرب الهواء فتجتذبهُ ثم تدفعهُ وتندفع بردّ الفعل فتدور على مبدإٍ مطحنة باركر (عد ١٥٠)



الشكل ٢٥٥

كهربائية الجَلَد

(٤٣٤) اذا كان فرك الفارك على قرص صغير من الزجاج يهيج كهربائيةً هذا مقدارها فلا عجب ان يكون الهواء مكهربًا على الدوام الاَّ نادرًا لما يحدث في الطبيعة من فرك الرياح بعضها لبعض ولوجه الارض وما عليهِ وفرك الغيوم للهواء ولبعضها البعض وتأثير الحرارة في تحويل الماء الى بخار والبخار الى ماء وتأثير التغيُّرات الكيماويَّة بين تركيبٍ وتحليلٍ وحل كهربائية الارض

السلبيَّة لكهربائية الهواء وما اشبه ذلك مما يبطل الموازنة بين نوعي الكهربائية. وتكون كهربائية الجلد هذه ايجابيَّة في الصحو وتتغيَّر سريعًا من الايجابية الى السلبية وبالعكس في النوء والاضطراب

قال لفنستون السائح الافريقي ان الريح الحارة التي تهبُّ على الصحراء في جنوبي افريقية تتكهرب تكهربًا شديدًا حتى اذا هبت على ريش النعام برهة يسيرة كهربتهُ كما تكهربهُ الآلة الكهربائية فيلصق باليد عند تقريبهِ اليها ويقفع قفعًا لطيفًا

(٤٣٥) البرق والرعد * لا فرق بين البرق والشرارة التي تتطاير من تفاحة القنينة الليدنية عند اطلاق الكهربائية منها الاَّ بكونهِ اعظم منها مقدارًا واشدَّ قوَّةً[1]

ويحدث البرق من تقارب غيمتين مختلفتين في الكهربائية حتى يصير مَيل كهربائية الواحدة للاقتران بكهربائية الأُخرى اشدَّ من قوَّة الهواء على فصلها فتهجم كلٌّ على الأُخرى بنور باهرٍ وصوتٍ تديد. فالنور هو البرق والصوت هو الرعد * ويظهر البرق في السماء على اشكال شتَّى: تارةً يعترض يمينًا وشمالاً في نواحي السحاب راسمًا خطًّا طويلاً متعرِّجًا كخط الشرارة التي تطير عن الموصل الاعظم فيقال لهُ المنعَق. وسبب تعرُّجهِ ان الكهربائية المتفرِّغة من السحاب تضغط الهواء امامها

(١) اوَّل من اثبت ان البرق من جنس كهربائية الفرك العلاَّمة فرَنكلن وذلك انهُ صنع طيارةً من الحرير وغرز في اعلاها شريطةً معدنيةً دقيقة الراس وطيَّرها بخيط من المصيص في المطر والبرق والرعد. وعلق مفتاحًا بطرف الخيط وربطهُ بعروة من الحرير في عود من الخشب ليفصلهُ. فلما ابتلَّ الخيط قرَّب سلامى اصبعهِ من المفتاح فطارت شرارة منهُ اليها. قيل انهُ فرح فرحًا عظيمًا حتى لم يتمالك نفسهُ عن البكاء. وجعل يملأُ القنينة الليدنية ويجرب التجارب الكهربائية على ما تقدم حتى اكتشف ان ماهية البرق وكهربائية القنينة الليدنية واحدة. وكانت تجاربهُ هذه محفوفةً بالاخطار فلما حذاهُ الاستاذ رِتشمن بعدُ ببضع سنين طارت اليهِ كرة نار زرقاء من الغمام بقدر قبضة الانسان فقتلتهُ من ساعتها

فيقاومها حينئذٍ عن السير فتطلب طريقًا آخر مقاومة هوائهِ لها اقلُّ من مقاومة ذلك. وتارةً يكلّل حروف السحاب او ينتشر على عرضهِ فيقال لهُ الصفيحي. وذلك لانهُ إمَّا ان يكون بعيدًا فنراهُ من خلال السحاب واما ان يكون من اضطراب الكهربائية على سحابةٍ غير جيدة للايصال. وتارةً يظهر منعكسًا عن السماء من برقٍ بعيد فيقال لهُ الخلَّب او برق الحرّ. وتارةً ينزل على شكل كرات من النار تنفجر بعد سقوطها فتفقع بشدة ويقال لهُ الكرويُّ

واما الرعد فيحدث من تصادم دقائق الهواء الذي تطردهُ كهربائية البرق امامها واما دويُّهُ فيحدث من انعكاسهِ عن الغيوم البعيدة والجبال والتلال والاودية ونحوها

(٤٢٦) الصاعقة وقضيبها * قد تمتلئُ السُّحب بكهربائيةٍ والارض بأُخرى ويفصل بينهما الهواء كما يفصل الزجاج في قنينة ليدن بين بطانة القصدير وكسائهِ. فمتى قاربت السحب سطح الارض تنقضُّ الشرارة الكهربائية منها غالبًا فتنزل صاعقةً تهلك ما تصيبهُ من الحيوان والنبات

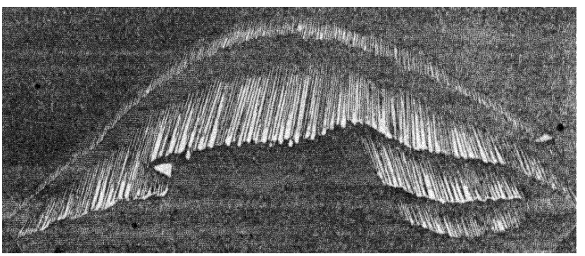
واما قضيب الصاعقة فمعروف وقد اخترعهُ فرنكلين للوقاية من الصواعق بناءً على ان الكهربائية تطلب احسن الموصلات. ويجب ان يكون حجمهُ كافيًا فان كان من حديد فلا يكون اقل من نصف عقدة وان كان من نحاس فلا اقلَّ من ثلث عقدة. وان يكون دقيق الراس لتستخبرهُ الكهربائية على غيرهِ لانها تطلب الرؤوس كما مرَّ (عد ٤٢٣) وان يكون متصلاً اتصالاً تامًّا حتى تمرَّ الكهربائية عليهِ كانهُ جزءٌ واحدٌ لا اجزاءٌ متعددة. وان يصنَع راسهُ من معدن لا يصدئُ ولا يتحاتُّ بسهولة ولذلك يغشّى راسهُ بالذهب او يصنع من الفضة الصلبة او البلاتين. وان يمتدَّ طرفهُ في الارض الى حوضٍ من الماء او الى تربةٍ رطبة لا تجفُّ لئلاَّ تصير فاصلة فتبقى

الكهربائية عليهِ وتنتقل منهُ الى الاجسام الموصلة التي تقرب اليهِ فتحدث من الأذى بهِ كما تحدث بدونهِ . وان يكون اعلى كثيرًا من النهار التي ينصب عليها لانهُ كلما علا زادت وقايتهُ اتساعًا . ويجب ان يكون على كل بناء قضيب للصاعقة او اكثر حسب اتساع ذلك البناء وان توصل المداخن التي يخرج الدخان والبخار منها بارض رطبة او بقضيب الصاعقة نفسهِ لان الكهربائية تطلبها على الخصوص لسبب ما يخرج منها . وان تتصل ميازيب الماء المعدنيةُ وسطوح التوتيا ونحوها بارض رطبةٍ او بالقضيب لشدَّة تعرُّضها للصواعق . والغرض من قضيب الصاعقة ردُّ موازنة الكهربائية في السحاب والارض على طريق سالمة من الاخطار . وكلما زادت قضبان الصواعق عددًا قلَّ تفرُّغ الكهربائية فجأةً وندر انقضاض الصواعق

واذا لم يكن للبيت قضيب فاسلم لصاحبهِ ان يكون في وسط الغرفة بعيدًا عن الموصلات من ان يكون قرب جدرانها وان يقعد او يضطجع من ان يكون واقفًا . وان كان الانسان في الفلاء فليحذر الوقوف بالصق الاشجار العالية كما يحذر الابتعاد عنها كثيرًا . لان الكهربائية تنصل الاشجار على غيرها فان كان الانسان بلصقها انتقلت منها اليهِ فتقتلهُ واما ان كان بعيدًا عنها بعدًا معتدلاً فتقيهِ كما يقيهِ قضيب الصاعقة * ومهما يكن من فتك الصاعقة فان الباري دبَّر لمخلوقاتهِ تدابير شتَّى للوقاية منها . فكل ورقة من اوراق العشب الدقيقة الرأس تفرّغ من كهربائية الجلد اكثر من ثلاثة اضعاف ما تفرّغهُ ادق الابَر وكل خرعوب دقيق الراس يفرّغ منها اكثر مما يفرّغ راس احسن قضبان الصواعق . وكل نقطة من المطر وكل رقعة من الثلج تنزل الى الارض محمِّلةً كهربائية تسلبها من الجلد والسحاب . هذا وقد تظهر لهب نارية على رؤوس السواري واسنَّة الرماح واذان الخيل ونحوها وهي ليست الاَّ كهربائية تفلت من الارض افلاتًا لطيفًا هادئًا

(٤٣٧) الشفق القطبي * الشفق القطبي ضوءٌ يظهر في جلَد القطبين ولا سيما الشمالي منهما ويبتدئُ ظهورهُ عند آخر النهار

خفيًا في الافق في جهة الهاجرة المغنطيسية (عد ٤٢٠) ثم يتغير تدريجًا حتى يصير قوسًا مصفرة الضوء مقعرها نحو الارض. وهذه اذا تكاملت تنتصب فوق بقعة سمراء من السماء على زاوية قائمة على الهاجرة المغنطيسية وتطلع منها شعاع نيرة تتجه نحو السمت المغنطيسي وقد تتثنى كما ترى (الشكل ٢٥٦) ويتغيَّر لونها من الاصفر الى الاخضر الحاني ومنهُ الى ابهى الارجواني



الشكل ٢٥٦

اما تعاليل الشفق القطبي فكثيرة والمرجح انهُ يحدث من جري الكهربائية في اعالي الجو حيث الهواء لطيف. ويؤيِّد ذلك بما بين الشفق القطبي والمغنطيسية من العلاقة. فانهُ اذا ظهر الشفق باهي الضياء اضطربت الابر المغنطيسية واهتزَّت باهتزاز اشعتهِ ذهابًا وايابًا وتأثَّرت اسلاك التلغراف ايضًا كأنَّ الكهربائية جارية عليها من بطارية وقد يتعاظم تاثرها بالشفق القطبي في البلاد الشمالية حتى يتعذَّر استعمالها * والمظنون ان كهربائية الجلد الايجابية تقرب الى كهربائية الارض السلبية عند القطبين فتتفرَّغان تفوُّغًا لطيفًا يظهر منهُ الشفق القطبي . واما النواحي الاستوائية فلشدَّة كهربائيتها تتفرَّغ عليها الصواعق بدلاً من الشفق * ويظهر ما يشبه الشفق القطبي بتفريغ الهواء من انبوبة وادخال الشرار الكهربائي من الموصل

الاعظم اليها فينير متلونًا بالوان الشفق القطبي حسب فراغ الانبوبة

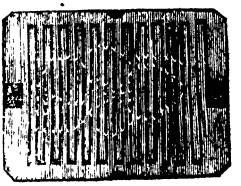
(٤٣٨) انابيب كيسلر وشلال كسيوت * اما انابيب كيسلر فهي انابيب تملأ غازات متلطفة وتسدّ بصهر فوهتها ثم يجرى فيها مجرى كهربائيٌّ فيضيء فيها بلونٍ باهٍ وضوءٍ باهر. واما شلال كسيوت فكوبة من الزجاج مبطّنة من داخلها بورق القصدير. توضع على صفيحة مفرّغة الهواء تحت قابلة في اعلاها قضيب يصعد وينزل. ثم يفرّغ الهواء من القابلة وينزّل القضيب حتى يمسّ الكوبة ويوصّى بآلة كهربائية ذات موصلين فيوصل احدهما بالقضيب والآخر بصفيحة المفرغة فتجري الكهربائية على جوانب الكوبة بتموّجات خفيفة ولون ازرق لطيف

(٤٣٩) سرعة الكهربائية * قدروا مدّة وميض البرقة جزءًا من الف الف جزءٍ من الثانية. ومما يقرّب لنا ادراك ذلك انهُ اذا دار دولاب حتى لم نعد نرى سواعدهُ في النهار من السرعة واضاءت عليهِ شرارة من الفنينة الليدنية رأينا سواعدهُ جليًّا. واذا ابرق البرق على شجر تلوحهُ العواصف ظهر الشجر ساكنًا لانهُ لا يتحرّك حركةً يشعر بها في اثناء ظهور البرق وخفائهِ. واذا ابرق على قنبلة مدفع منطلقة في الجوّ ظهرت كانها مركوزة فيهِ غير متحرّكة للسبب المتقدّم ذكرهُ. وقد قدّر هوِيتستون سرعة الكهربائية على شريط من النحاس ٢٨٨٠٠٠ ميل في الثانية

(٤٤) تاثير كهربائيّة الفرك * تاثير كهربائية الفرك في الاجسام على ثلثة انواع طبيعيٌّ وكيميٌّ وفسيولوجيٌّ

(٤٤١) التاثير الطبيعي * هذا اما ان يكون بانارة الاجسام فيجعلها تضيء او باحمائها او بمغنطتها او بتكسيرها وتمزيقها وما شاكل. ولذلك اما ان يكون نورًا او حرارة او مغنطيسية او عملاً ميكانيكيًّا كما يتضح من الامثلة الآتية: ليقف شخصٌ على كرسي مفصول حتى يمتلئ كهربائيةً من الموصل الاعظم فيتكهرب شعرهُ ويتدافع فيقف منتصبًا. ثم اذا قرّب يدهُ الى ملعقة فيها قليل من الايثير طارت منها شرارة فتشعل الايثير واذا كان في يدهِ قطعة من الجليد طارت الشرارة حالاً منها الى

الايثير واشعلتهُ * واذا أُلصقت قطع من ورق القصدير بوجهِ لوحٍ من الزجاج على اشكال مختلفة وصور متعدّدة وقرّب اللوح من الموصل الاعظم تقفز الشرارة الكهربائية من قطعة الى أُخرى من ورق القصدير فتبهج الناظرين (الشكل ٢٥٧) . واذا كسيت القنينة الليدنية وبطّنت ببرادة معدنية او برقَع من ورق القصدير



الشكل ٢٥٧

ولوي قضيب تفاحتها حتى تمس التفاحة الكساء الخارجي ثم نقلت اليها الكهربائية من الموصل الاعظم انتقلت الشرارة على كسائها الخارجي انتقالاً سريعًا بديعًا

هذا مما يدلُّ على ان الكهربائية تؤثر نورًا في الاجسام ومما يدل على انها تؤثر فيها حرارة انهُ اذا فرِّغت بطارية ليدنية (عد ٤٣١) قوية على شريطة معدنية ادقّ من ان توصل شرارتها تحوّل حرارةً وربما صهرت الشريطة او حولتها بخارًا . واما اذا زادت الشريطة ثخنًا عن تلك فتحمى حتى تحمرَّ واذا زادت ثخنًا عن هذه تحمى فقط ولا تحمرُّ

ومما يدلُّ على ان الكهربائية تؤثّر المغنطيسية في الاجسام انهُ اذا لُفَّت شريطة من النحاس حول قضيب من الفولاذ ووُصل طرفها الواحد بكساء القنينة الليدنية وطرفها الآخر ببطانتها فعند ما تمرُّ الشرارة الكهربائية فيها يتمغنط قضيب الفولاذ فيجتذب برادة الحديد كالمغنطيس . واذا وضعت ابرة من الفولاذ في انبوبة صغيرة من الزجاج ولُفَّ شريط النحاس على الانبوبة فعند مرور الشرارة الكهربائية في الشريط تتمغنط الابرة فتجتذب برادة الحديد

ومما يدلُّ على ان الكهربائية تفعل بالاجسام فعلاً ميكانيكيًّا كالثَّقب والكَسر وما اشبه انهُ اذا وُضعت ورقة او كرتونة بين تفاحة القنينة الليدنية وبين احد راسي المطلق فعند اطلاق الكهربائية منها تنفذ شرارتها الورقة فتثقبها . وبمثل هذا التدبير تشقّق الشرارة الخشب وتكسّر الزجاج وتفتّت الحصى

ولما كانت القوة الكهربائية قابلة التحوُّل الى امواج نور وامواج حرارةٍ كما

تقدم فلا يبعد انها ضرب من الحركة كما انهما ضربان من الحركة. ولما كانت الصاعقة كهربائية في كل اوصافها فهي تؤثر في الاجسام كلّ ما مرّ وما سياتي من التاثيرات ولكن بقوة اشدّ واعظم

(٤٤٣) التأثير الكيميّ * تاثير الكهربائية الكيميّ هو حلّها الاجسام الى العناصر التي تركبت تلك الاجسام منها او تركيبها العناصر لتحصل الاجسام منها. فاذا مُزِج عنصران معًا كالميدروجين والاكسجين وأُطلقت شرارةٌ كهربائية فيهما اتحدا معًا بفرقعةٍ عظيمة فيحدث الماء من اتحادهما. واذا اصابت الصاعقة مكانًا او انتقلت كهربائية الموصل من رأس الى رأس وافلتت الى الهواء فاحت منها رائحة كبريتية تحدث من توأد الاوزون وهو على ما يُظنّ نوعٌ من الاكسجين

(٤٤٤) التأثير الفسيولوجيّ * تاثير الكهربائية الفسيولوجيّ هو تاثيرها في الاجسام الحية او التي ماتت منذ عهدٍ قريب. اما تاثيرها في الاجسام الحية فهو قبض العضلات وشيء كالخدر في الرسغ. وكلما قويت امتدّ تاثيرها على الجسم واشتدّ ألمها حتى ربما قتلت من تؤثّر فيهِ. ويتصل تاثيرها الى جماعة من الناس معًا اذا تماسكوا بالايادي فتنتقل من الواحد الى الآخر. كذا هزّ بها نوابه فرقة من العسكر عددها ١٥٠٠ عسكري * واما تاثيرها في الاجسام الميتة فانها تشنج عضلاتها تشنجًا عظيمًا حتى تظهر كانها تتحرك حيّة

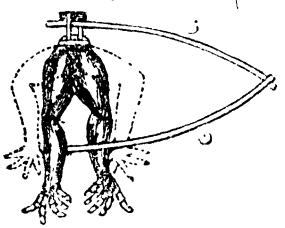
الفصل الثالث

في الكهربائية الكلفانيّة

(٤٤٤) الكهربائية الكلفانيّة او الفُلْتائيّة تحصل بالفعل

الكيماوي[1] كما تحصل كهربائية الفرك بالفرك . وتنسب الى كلفاني وفُلتا فيلسوفين ايطاليين لانهما اوّل من اكتشفها كما ستري

(٤٤٥) اكتشاف كلفاني * كان العلاّمة كلفاني استاذ التشريح في مدرسة بولونيا بايطاليا يجرّب تجارب في ارجل الضفادع ليعرف تاثير كهربائية الهواء في الحيوانات سنة ١٧٨٦ فاتّفق انهُ علّق عددًا منها بصنانير من النحاس في درابزون ممشى بيتهِ فرآها تتشنج كأنها حية اذا حرّكتها الريح ممست حديد الدرابزون . فكرّر التجارب وذهب الى ان تشنجها يحدث من كهربائية حيوانية فيها وان هذه الكهربائية تختلف عن كهربائية الفرك وزعم انها العامل الذي تحكم بهِ الارادة على الاعضاء



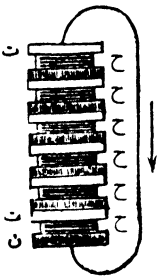
الشكل ٢٥٨

وتكرّر تجربة كلفاني كما ياتي . تُقطع الضفدع من فقراتها القطنية فوق فخذيها بنحو قيراط وتكشف اعصابها القطنية التي هناك ثم يكشط جلدها عن ساقيها ويؤتى بسريطتين احداهما من النحاس ن (الشكل ٢٥٨) والأُخرى من التوتيا ز فيوضع طرف احداهما على الاعصاب وطرف الأُخرى على عضلات الساق ويوصل الطرفان الآخران احدهما بالآخر فتتشنج الساقان تشنجًا شديدًا وتتحركان كأنّ الضفدع حية

(٤٤٦) اكتشاف فُلتا * ثم ان فُلتا انكر الكهربائية الحيوانية التي زعم كلفاني انهُ اكتشفها ولم يزل يبحث عنها ٢٧ سنة متوالية حتى وجد ان الضفدع ليست مصدر الكهربائية وانما هي موصل رطب لها وليست اصلح للايصال من خرقة مبلّلة . وعلى ذلك اخترع ما يسمّى رصيف فلتا (الشكل ٢٥٩) وهو صفائح من النحاس ن

(١) اذا امعن الطالب نظرهُ في ما قيل في تعريف الفلسفة الطبيعية في مقدمة هذا الكتاب علم ان الكهربائية الكلفانية تربط الفلسفة الطبيعية بالكيمياء لان سببها كيماوي ونتائجها كيماوية وفلسفية

والتوتيا ت مرصوف بعضها فوق بعض بحيث تلي صفيحةٌ من التوتيا صفيحةً من النحاس حتى يصير طول الرصيف قدمًا ويفصل بين كل صفيحتين منها بقطعة من الجوخ ج مبللة بحامض او بماء ملح. ثم اذا بلَّ الانسان يديهِ ولمس باصبع يدهِ الواحدة الصفيحة السفلى من الرصيف وباصبع يدهِ الاخرى الصفيحة الاخرى شعر بهزَّةٍ كهزة القنينة الليدنية

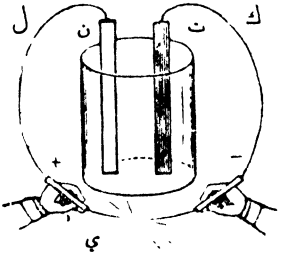


الشكل ٢٥٩

وعلى هذا المبدإ تهيج الكهربائية اذا وُضعت قطعةٌ من الفضة بين الاسنان والشفة العليا وقطعة من التوتيا تحت اللسان فحالما تمسُّ الفضة التوتيا يشعر الانسان بطعم خصوصي ويرى شرارة تمرُّ من امام عينيهِ عند انفصالها . هذا وكان فلتا يزعم ان الكهربائية تحصل من تماسّ معدنين مختلفين . ثم بطل زعمهُ وصار المعوَّل الآن على ان الكهربائية تحصل من فعل كيماويٍّ بين المعدنين كما سترى

(٤٤٧) الدائرة الكلفانية البسيطة * الدائرة الكلفانية تتألَّف من معدنين مهيجين للكهربائية موضوعين بحيث تجري الكهربائية الايجابيَّة والسلبيَّة منهما في جهتين متقابلتين

ولبيان ذلك : ضع صفيحةً رقيقةً من التوتيا في كاس من الزجاج ملآنة ماءً محمَّضًا جيدًا بالحامض الكبريتيك (زيت الزاج) فيبتدئُ الفعل الكيماويُّ حالاً فيولَّد فقاقيع صغيرة من غاز الهيدروجين تجتمع على صفيحة التوتيا وتذوِّب الصفيحة بسرعةٍ . ثم ارفع الصفيحة من الكاس واغمسها في الزئبق فيصير سطحها لامعًا كالمرآة ويقال انها تَلْمَعَت. وأعِدها بعد ذلك الى الكاس فلا يذوب شيءٌ منها في مائهِ المحمض وما ذلك الَّا لانها قد



الشكل ٢٦٠

تغيَّرت طبعًا لسببٍ غير معروفٍ. غير انهُ وان كان سبب تغيُّرها في تلغمها غير معروف فهي لا تستعمل في البطاريات الكلفانية الاَّ ملغمةً جيدًا. اما كيفية استعمالها في البطاريات فهي ان تغمس مع صفيحة اخرى مثلها من النحاس في الماء المحمَّض فما دامتا منفصلتين لا يظهر لاحداها تاثير في الاخرى ولكنهما حالما تتماسَّان او تتصلان باسلاكٍ معدنية كما ترى في الشكل ٢٦٠ يبتدئُ الفعل الكيماويُّ فتتولَّد فقاقيع الهيدروجين المارّ ذكرها وتجتمع على النحاس ن لا على التوتيا كما مرَّ. ويبقى النحاس على حالهِ واما التوتيا فتذوب كما كانت تذوب قبل تلغمها. ولا يزال هذا الفعل الكيماويُّ جاريًا حتى يفصل احد السلكين عن الآخر فينقطع وتظهر شرارة صغيرة في الظلام

فبهذا الفعل الكيماوي تنهيج الكهربائية والمظنون ان الايجابية تجري من التوتيا في الماء المحمض الى النحاس ثم تجري على النحاس وعلى السلك ل المتصل بهِ حتى تبلغ طرفهُ فيقال لهذا الطرف القطب الايجابي. والسلبية تجري من النحاس في الماء المحمض الى التوتيا وتجري من التوتيا على السلك المتصل بهِ ك حتى تبلغ طرفهُ فيقال لهذا الطرف القطب السلبي. ولذلك يكون قطب النحاس ايجابيًّا ولو كانت الكهربائية الجارية من النحاس في الماء المحمَّض سلبيَّة ويكون قطب التوتيا سلبيًّا ولو كانت الكهربائية الجارية من التوتيا في الماء المحمض ايجابية. فكهربائية كل قطب تخالف كهربائية المعدن المتصل بهِ وتلتقي الكهربائيتان عند ي. وكثيرًا ما يلبَّس القطبان بلاتينًا ليقيهما من السوائل التي يغمسان فيها فلا تاكلها ولا تذيبهما. ويقال لاتصال القطبين وصل الدائرة ولفصلها فصل الدائرة. ويقال لكل صفيحتين من المعدن متصلتين على ما تقدم في الدائرة الكلفانية زوجًا فلتانيًّا ويشترط فيهما ان تكون كهربائية احداهما ايجابية وكهربائية الأُخرى سلبية وان تغمسا في سائل يؤثر في واحدة منهما فقط ولا يؤثر في الاخرى او يؤثر في الواحدة اكثر مما يؤثر في الاخرى والاَّ فلا تنهيج الكهربائية فيهما. لانهُ بتاثير السائل في الواحدة تفقد الموازنة بين نوعي كهربائيتها فيفلت احدهما جاريًا الى الصفيحة الاخرى. ولذلك اذا تأثَّرت كل منهما

بالسواء افنت الكهربائية التي تفلت من الواحدة الكهربائية التي تفلت من الاخرى فلا تجري في مجرًى . ويقال للصفيحة التي تذوب في الحامض فتفلت كهربائيتها الصفيحة الايجابية وللاخرى السلبية

(٤٤٨) تعليل التغيير الكيماوي* يعلَّل التغيير الكيماوي الذي يطرأ على الزوج الفلتائي تعليلاً بسيطًا هكذا : كل دقيقة من الماء الممض مركبة من جوهر من الاكسجين وجوهرين من الهيدروجين . فالاكسجين يتحد بالتوتيا ويكوّن اكسيد التوتيا . وهذا الاكسيد يتحد بالحامض الكبريتيك الممض بهِ الماء فيتكون من اتحادهما كبريتات التوتيا التي تذوب في الماء . واما الهيدروجين فيبقى مستقلاً بنفسهِ فيصعد الى سطح السائل ويفلت من هناك

اما سبب افلات الهيدروجين من النحاس فيتضح اتضاحًا بسيطًا مما يأتي : لنفرض ان دقائق الماء تمتدُّ مصفوفة من صفيحة التوتيا الى صفيحة النحاس (الشكل ٢٦١) فلا يخفى ان كل دقيقة منها مؤلفة من جوهرين من الهيدروجين وجوهرٍ من الاكسجين[1] فالتوتيا كهربائيتها ايجابية والاكسجين كهربائيتهُ سلبية ولذلك تجتذب التوتيا الاكسجين اليها وتدفع الهيدروجين لان كهربائيتهُ ايجابية . فيندفع جوهر الهيدروجين الى



الشكل ٢٦١

دقيقة الماء التي تليهِ ويطرد هيدروجينها ويتحد باكسجينها . ثم ان هذا الهيدروجين المطرود ينقضُّ على دقيقة الماء التي تليهِ فيطرد هيدروجينها ويتحد باكسجينها . وكذلك يتحد هذا الهيدروجين المطرود باكسجين الدقيقة الموالية لهُ وهلمَّ جرًّا حتى يبقى هيدروجين الدقيقة الاخيرة بلا اكسجين يتحد بهِ فيجذبهُ النحاس السلبي الكهربائية فيعطيهِ الهيدروجين كهربائيتهُ الايجابية ويطير الى الهواء . فكلما طار جوهر من الهيدروجين يتناول النحاس كهربائيتهُ ويزيد المجرى الكهربائي قوَّةً

(١) لم يرسم الاَّ جوهر واحد لكل منها في الشكل لزيادة التسهيل

(٤٤٩) المجرى الفلتائيّ * ان لفظة "مجرى" كثيرة الورود في المباحث الكهربائية ولا تستعمل حقيقةً بل مجازًا لان المراد بها ليس الجري المعهود كجري الماء في النهر الذي فيهِ تنتقل كل دقيقة من منشإِ النهر الى مصبهِ بل انتقال القوة الكهربائية فقط على دقائق الجسم . وبين ذلك الجري وهذا الانتقال فرق ظاهر فانَّا اذا ملأنا انبوبة طويلة ماء ثم ادخلنا نقطة أُخرى من الماء اليها فعند حلولها فيها تُخرِج نقطة بقدرها من طرف الانبوبة الآخر وذلك ليس لانها هي عينها تدخل من طرف الانبوبة الواحد وتخرج من طرفها الآخر بل لأَن القوّة انتقلت منها على كل دقائق الماء حتى أَخرجت النقطة الاخيرة. هكذا جري القوة الكهربائية

هذا وقد تقدم ان الكهربائية الايجابية تجري في كل زوج فلتائي من التوتيا في السائل الى النحاس ومن النحاس على السلك ثم اذا اتصلت الدائرة ترجع الكهربائية الى التوتيا واذا انفصلت الدائرة تظهر عند قطب النحاس. وكذلك السلبية تجري من النحاس وترجع اليهِ في اتصال الدائرة وتظهر عند قطب التوتيا في انفصال الدائرة. ولذلك يكون في كل دائرة كلفانية مجريان كهربائيان ايجابي وسلبي. ولدفع الالتباس تطلق لفظة المجرى على الايجابي فقط فكلما وَرَدت كان المراد بها الكهربائية الايجابية. واما السلبية فيسكت عنها

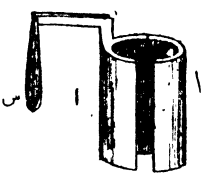
واعلم انهُ عند ما ينتقل المجرى على الاجسام الموصلة كالاسلاك والقضبان المعدنية فسواءٌ كان مصدرهُ كهربائية الفرك او الكهربائية الكلفانية ينتقل على كل دقيقة من دقائق الموصل لا على ظاهرهِ فقط. وذلك ان كل دقيقة تستقطب وتمتلئ كهربائية ثم تفرّغ كهربائيتها الى الدقيقة التي تليها وهكذا حتى يجري المجرى على طول الموصل باستقطاب دقائقهِ وتفريغها للكهربائية. ولما كانت سرعة المجرى عظيمة جدًّا كانت سرعة استقطاب دقائق الموصلات وتفريغها للكهربائية مما يكاد لا يدرك

(٤٥٠) البَطارِيَّة * البطارية ازواجٌ فلتائية مجموعة على

شكل أنها تزيد المجرى الكهربائي قوةً ودواماً. وهي على اشكال شتّى نذكر بعضها في ما يأتي

(٤٥١) بطارية سيّ * هذه مؤلفة من عدة كؤوس من الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفف فيغمس في كلٍّ منها صفيحتان من التوتيا بينهما صفيحة من الفضة والصفائح الثلاث مضمومة ومشدودة معاً بلوالب. الاّ ان فقاقيع غاز الهيدروجين الذي يتولّد في اثناء الفعل الكيماوي تجتمع على وجهِ صفيحة الفضة الأملس فتعيق المجرى الكهربائي وتصعفهُ ولذلك تخشّن صفيحة الفضة بلاتين مقسّم اقساماً دقيقة

واعلم ان كل ما يستعمل فيهِ سائل واحد من البطاريات يصعف تهيج الكهربائية فيهِ من تجمّع الهيدروجين على المعدن الذي يوضع مع التوتيا. ولذلك قلّلوا استعمال هذه البطاريات وجعلوا غالب استعمالهم لبطاريات ذات سائلين



الشكل ٢٦٢

(٤٥٢) بطارية كروف وفعلها الكيماوي * هذه البطارية من ذوات السائلين وهي مؤلفة من قنينة من الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفف. واسطوانة توتيا ١١ (الشكل ٢٦٢) موضوعة في الحامض الكبريتيك ولها شقّ على جانبها ليدخل الحامض منهُ اليها. وكاس فخار ذي مسام د مملوءةٍ حامضاً نتريكاً وموضوعةٍ في اسطوانة التوتيا. وورقة رقيقة من اللاتين مغموسة في الحامض النتريك الذي في كاس الفخار

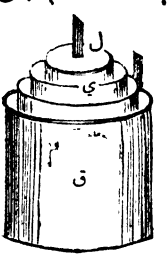


اما الفعل الكيماوي الذي يحدث في بطارية كروف فهو هذا: يحلُّ ماء الحامض الكبريتيك الذي في القنينة الخارجية الى عنصريهِ الاكسجين والهيدروجين. اما الاكسجين فيتحد بالتوتيا والحامض الكبريتيك ويكوّن معهما كبريتات التوتيا واما الهيدروجين فلا يفلت كما يفلت من بطارية سيّ بل ينفذ الى باطن كاس الفخار ويتحد بالحامض النتريك الذي فيهِ فيكوّن ماء واكسيد النتريك. فيمتصُّ الماء اكسيد النتريك اولاً ثم ياخذ هذا الاكسيد يفلت من الماء دخاناً *

آكالاً احمر كالدم. واذا كانت التوتيا ملغمةً جيدًا فما دام القطبان منفصلين لم يحدث فعل كيماوي بل كمنت الكهربائية في البطارية كما يكمن الاسد في عرّيسهِ حتى يتصل القطبان فياخذ السائل في الجيشان وتاخذ القوة الكهربائية في الوثوب من قطبٍ الى آخر

(٤٥٣) مزايا بطارية كروف * من مزايا بطارية كروف اولاً ان الهيدروجين لا يجتمع على الصفيحة السلبية (البلاتين) لان الحامض النتريك يمتصهُ. وثانيًا ان السائل الذي يتكوّن في كاس الفخّار الداخلية موصل جيد للكهربائية. وثالثًا ان البلاتين اصلح للسلبية من النحاس لان الحامض لا يؤثر فيهِ قدر ما يؤثر في النحاس فلا يجري منهُ مجرًى كهربائيٌّ يضاد المجرى الجاري من التوتيا. ولذلك يكون البلاتين والتوتيا زوجًا فلتائيًّا اصلح من زوج النحاس والتوتيا لتهييج الكهربائية. ورابعًا ان انحلال الحامض النتريك الذي في كاس الفخار بالهيدروجين كما تقدّم يهيج مقدارًا وافرًا من الكهربائية علاوة على ما يهيجهُ الزوج الفلتائي

(٤٥٤) بطارية بُنْسِن * بطارية بنسن كبطارية سميّ وانما تختلف عنها بان فيها قضيبًا من الفحم المحضّر بدلاً من ورقة البلاتين في كاس الفخار. ولما كان هذا الفحم موصلاً جيدًا للكهربائية كان يقوم مقام البلاتين في كهربائية كروف حال كونهِ ارخص منهُ كثيرًا. ترى صورة هذه البطارية (الشكل ٣٦٣) ق وعاء الزجاج فيهِ اسطوانة التوتيا وي كاس الفخار ذات المسام فيها قضيب الفحم مغموس في الحامض النتريك



الشكل ٣٦٣

(٤٥٥) بطارية دانيال الدائمة. هذه مؤلفة من اسطوانة من النحاس في جوفها مذوب كبريتات النحاس (الشب الازرق) وكاس فخار ذات مسام فيها حامض كبريتيك مخفف وقضيب من التوتيا

(٤٥٦) كمية الكهربائية وشدتها * قد تكون كمية الكهربائية في البطارية عظيمة وشدتها قليلة وقد تكون شدّتها عظيمة وكميتها قليلة. والفرق بين الكمية والشدّة

ان الكمية ينظر فيها الى المقدار واما الشدة فالى الفعل. مثالهُ ان كاس الماء الغالي اشدُّ حرارةً من دست الماء الفاتر ولكن كمية الحرارة التي في الدست اعظم من كمية الحرارة التي في الكاس * اما شدة كهربائية البطارية فتتوقف على عدد الكؤوس المستعملة فيها واما كميتها فعلى حجم تلك الكؤوس. فاذا اردنا ان نزيد كهربائية البطارية شدَّةً وصلنا صفيحة التوتيا التي في الكاس الواحدة بصفيحة النحاس التي في الكاس الأُخرى وهلمَّ جرًّا. واذا اردنا ان نزيدها كمية وصلنا صفائح التوتيا في كل الكؤوس معًا وصفائح النحاس معًا. وتفضَّل الكهربائية الشديدة على العظيمة الكمية اذا اقتضى ان تجري على جسم يقاوم جريها وينفلت جاسًا منها. والاجسام التي تقاوم جري الكهربائية هي التي لا توصلها جيدًا. فكلما زاد الجسم جودة في الايصال قلت مقاومتهُ للكهربائية كالفضة والنحاس والذهب. وكلما قلَّ جودة في الايصال زادت مقاومتهُ لها كالزئبق والرصاص والحديد واللاتين والسائلات

(٤٥٧) مقابلة كهربائية الفرك بالكهربائية الكلفانية * كهربائية الفرك تنهيج من فرك الاجسام والكهربائية الكلفانية من الفعل الكيماوي وهما واحد في الماهية ولكنهما يختلفان في بعض الامور كما سترى

فكهربائية الفرك صخَّابة مجاثية متقطعة والكهربائية الكلفانية ساكتة قوية مستمرَّة. كهربائية الفرك كاللطمة السريعة العنيفة والكلفانية كالضغط المستمرّ الدائم على حال واحدة. كهربائية الفرك تمتاز بالشدة والكلفانية بالكمية. كهربائية الفرك كالبرق تقفز من جهة الى اخرى ولو توسط الهواء بينهما مسافة اميال كثيرة والكلفانية تدور حول الارض على الموصل ولا تقفز فتتجاوز نصف قيراط من الهواء. اقوى آلات كهربائية الفرك لا يكفي لنقل رسالة واحدة برقية والكلفانية تنقل رسائل من جانب الى جانب من الاوقيانس متهيجةً في بطاريات صغيرة لا تزيد عن رقعة من التوتيا ودمعةٍ من

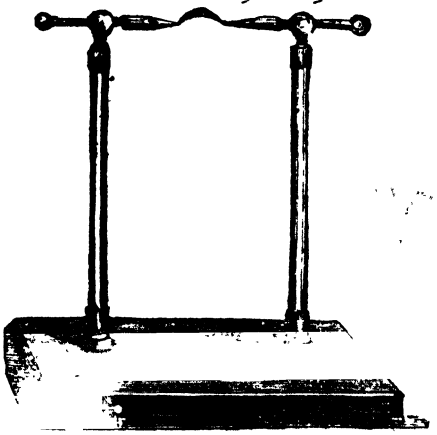
الماء في كبسولة البارودة. كهربائية الفرك لا تحلُّ قمحة من الماء ولو أُطلقت فيها التنبيعة الليدنية ستة آلاف الف طلقة (وذلك يملأُ غيمة راعدة مساحتها خمسة وثلثون فدانًا) ويضع كؤوس من الكلفانية تحل ذلك الماء على غاية من السهولة. هذا وقد غمس فارادي زوجًا فلنائيًا من البلاتين والتوتيا في مذوب نقطة من زيت الزاج في ٣٢ درهًا من الماء فهيج في ثلث ثوانٍ كهربائية حرفت ابرة الكلفانومتر (عد ٤٦٧) بقدر ما تحرفها كهربائية ثلثين دورة من دورات القرص في آلة قوية. ولو جمعت كهربائية الثلثين دورة هذه في جزءٍ من مليون جزءٍ من الثانية (وهي مدة الشرارة الكهربائية) لقتلت الهرّ من شدتها ومع ذلك فيقتضي ثماني مئة الف طلقة من هذه الطلقات لحل قمحة من الماء فقط

(٤٥٨) تاثير الكهربائيَّة الكلفانيَّة * تاثيرها اما طبيعيٌّ او كيماويٌّ او فسيولوجيٌّ كما سيتضح بالتفصيل

(٤٥٩) تاثيرها الطبيعيُّ * تاثيرها الطبيعيُّ اولاً الحرارة. فاذا مرَّ مجرًى من الكهربائية على شريطة ادقَّ من ان توصلهُ تحوَّل عليها الى حرارة. وكلما قلَّت قوة الشريطة على الايصال[1] فزادت مقاومتها لهُ اسرع تحوُّل الكهربائية عليها الى حرارة. وعليهِ اذا وُصل شريط دقيق من الفولاذ طولهُ عدة قراريط بعشر كؤوس او باثنتي عشرة كاسًا من كؤوس كروف تشتدُّ حرارة الكهربائية عليهِ حتى تصهرهُ او تطيرهُ دخانًا. واذا وصل شريط دقيق من اللاتين ببطارية قوية حمي جدًّا واضاء * وعلى ذلك يشعل اللغم والتوربيد وفانهم يمدون شريطين من النحاس من البطارية الى البارود او نحوهِ في اللغم ويفصلون بين قطبيها بشريطة صغيرة من الفولاذ فتمحى الشريطة عند وصل الدائرة من تحوُّل الكهربائية عليها الى حرارة. حتى تشعل البارود او ما ينوب منابهُ

(١) قد عرف بالتجربة ان الموصل المعدني تزيد مقاومتهُ للكهربائية بقدر ما يزيد طولهُ ويقلُّ تخنهُ

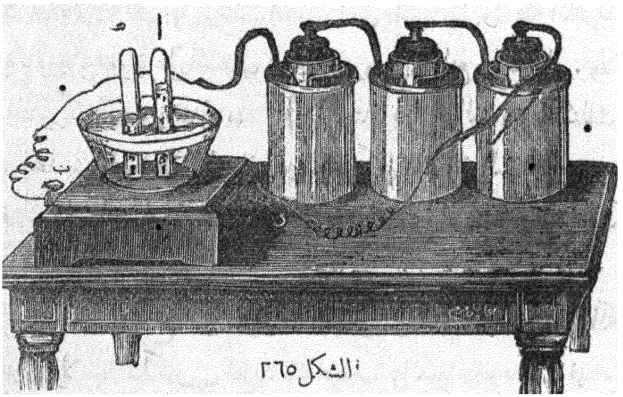
(٤٦٠) وثانيًا النور* فاذا فُصِلت الدائرة الكثفانية او وُصِلت حصل من ذلك شرارة كهربائية يتوقّف حجمها على شدة المجرى الكهربائي . واذا استُعملت بطارية متعددة الكؤوس وثُبّت احد قطبيها بمِبرَد وفُرِك قطبها الآخر عليهِ حصل نور باهي الالوان. واذا كانت البطارية قوية وجُعِل لها قطبان من الفحم او من كربون الغاز ثم فُصِلا قليلاً انتصبت بينهما قوس باهرة الضياء (الشكل ٢٦٤) وذلك ان النور ينبثق من القطب الايجابي كاللسان ويمتد الى القطب السلبي متنقلاً حولهُ فيلحس تارةً جانبهُ الواحد وأُخرى جانبهُ الآخر. وتكون حرارتهُ شديدة جدًّا حتى انهُ اذا وُضع البلاتين فيهِ ذاب كما تذوب الشمعة من حرّ اللهيب . واذا وُضع غيرهُ من المعادن احترق واضاء بلونهِ المميّز لهُ . واذا وُضع الكلس والحجار الصماء ونحوها صُهِرت وسالت كالماء. وليست حرارتهُ هذه حاصلة من اشتعال الفحم باتحادهِ باكسجين الهواء لانها تبقى كما هي ولو فُرّغ الهواء من حولهِ . ولما كان النور الكهربائي يفوق سائر الاضواء التي يستعملها البشر لمعانًا كان تعميم استعمالهِ عوضًا عنها من اعظم المنافع . وقد حاول اديصن الاميركاني تعميم استعمالهِ منذ سنة ١٨٧٨ ولم يستتب لهُ ذلك تمامًا الى الآن* هذا ومما يستحق ذكرهُ ان اصل النور الكهربائي هو في البطارية حيث تحترق التونيا باتحادها بالاكسجين ولكن لا يظهر نور ولا حرارة من قوة احتراقها حتى تنتقل تلك القوة الى القطبين فتظهر نورًا كهربائيًا وحرارةً. وذلك بمثابة نقل ضوء النار وحرارتها الى حيث يراد مع بقائها هي في المكان الذي أُضرمت فيهِ



الشكل ٢٦٤

(٤٦١) تاثيرها الكيماويُّ * اولاً. حلُّ الماء. اذا كان قطبا البطارية من البلاتين ووُضِعا منفصلين قليلاً في كاس من الماء انحلَّ الماء وطفت فقاقيع صغيرة على وجههِ. واذا كان قطبا البطارية من النحاس ووضعا في الكاس صعدت الفقاقيع من عند القطب السلبي فقط ولم تصعد من عند الايجابي. وعند جمع الغازات من هذه الفقاقيع يوجد انها اكسجين وهيدروجين وان جرم الهيدروجين مضاعف جرم الاكسجين

ولبيان ما تقدم ضع الماء محمضاً بقليل من الحامض الكبريتيك في وعاءٍ من الزجاج موضوع على قاعدة من الخشب كما ترى في الشكل ٢٦٥ وادخل في



الشكل ٢٦٥

قعرهِ قطبي البلاتين وصلهما بواسطة شريط من النحاس باللولبين د وب. واقلب فوق كلٍّ منهما انبوبة من الزجاج مملوءة من الماء فينحلُّ الماء عند تهيج الكهربائية وتجمع فقاقيع الاكسجين في الانبوبة ا وفقاقيع الهيدروجين في الانبوبة ه

ويذهبون في تعليل ذلك كما ذهبوا في تعليل التغيير الكيماوي (عد ٤٤٨). ومن الغريب انهُ كلما احترق جوهر من التوتيا في البطارية يتهيج من الكهربائية ما يكفي لحلّ جوهر اكسجين من الماء عند القطب الايجابي. وذلك يدلُّ على وجود علاقة شديدة بين الالفة الكيماوية والكهربائية وربما دلَّ على ان الواحدة هي عين الأُخرى

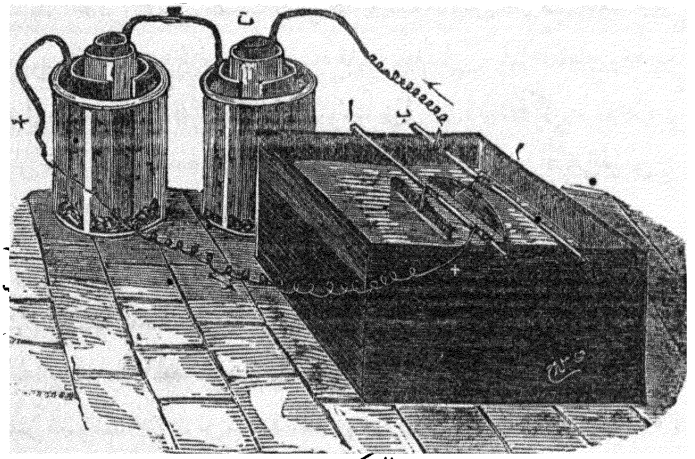
(٤٦٣) ثانيًا حلُّ الاجسام المركبة. والاجسامُ الايجابية الكهربائية والسلبية الكهربائية * اوَّل جسمٍ انحلَّ بالكهربائية على ما تقدم هو الماء وذلك سنة ١٨٠٠ ثم انحلَّت اجسام متعددة كذلك وثبت انها مركبة من عنصرين او اكثر بعد ما كانت تعدُّ عناصر بسيطة. ومما يعتبر في هذا الحلّ ان بعض العناصر كالهيدروجين واكثر المعادن يذهب الى القطب الايجابي فيحسب سلبيَّ الكهربائية (لان الكهربائية الايجابية تجذب السلبية) وبعضها كالاكسجين والكلور والكبريت يذهب الى القطب السلبيّ فيحسب ايجابيَّ الكهربائية لما هو واضح

(٤٦٤) ثالثًا الافراغ بالكهربائية * هذا يسمَّى عند الافرنج الالكْتروتَيْب ويراد بهِ الطريقة التي بها ترسب المعادن من مذوَّباتها بواسطة الكهربائية لنقل صورة بارزة او محفورة على الخشب او لعمل حروف المطابع وما شاكل . ولا يخفى ان نقل الصور كنقل صورة تمثال مثلاً يتمُّ في المعتاد بعمل قوالب مجوفة كتلك الصورة وصهر الحديد ونحوهِ على النار وافراغهِ مصهورًا في تلك القوالب فيخرج بعد جمودهِ كالتمثال المنقول. واما في الافراغ بالكهربائية فلا يلزم الاَّ القالب ثم تُفرِغ الكهربائيةُ المعدن فيهِ بلا نارٍ ولا صهر

اما القالب فيصحُّ ان يكون شمعًا او كوتا رخا او غيرهما وينفضل الكوتا رخا على غيرهِ ولا سيما اذا كان المراد نقلهُ صغيرًا. والكوتا رخا صلب فينقع في الماء السخن ليلين ثم يوضع على الصورة المراد نقلها ويضغط عليها فان كانت الصورة من معدنٍ كالنبشان مثلاً تنطبع عليهِ فينقل عنها بسهولة بعد ما يبرد. وان كانت الصورة من الخشب او الجبسين لا ينفصل عنها الاَّ بصعوبةٍ وربما تمزَّق قبل فصلهِ. ولذلك تدهن بفرشاة بالرصاص الاسود قبل الطبع عليها فيسهل اقتلاع الكوتا رخا عنها

وبعد الفراغ من القالب على ما تقدم تُفرِغ الكهربائيةُ المعدن فيهِ على ما يأتي. لنفرض اننا اردنا افراغ النحاس فيهِ فنملأ حوضًا مثل الحوض م (٢٦٦) من مذوب كبريتات النحاس ونمدّ عليهِ قضيبين من النحاس ا وب من جانب الى جانب

ونصل احدهما بالقطب السلبي والآخر بالقطب الايجابي من بطارية كروف او بطارية دانيال (هذه تفضَّل لدوامها). ونعلّق القالب بالقضيب ب ونعلق سبيكة من النحاس بالقضيب ا فتتمّ الدائرة وتحلّ الكهربائية كبريتات النحاس الى حامض كبريتيك ونحاس . اما النحاس فيرسب عند القطب السلبي على القالب واما الحامض الكبريتيك فيذهب الى القطب الايجابي حيث سبيكة النحاس فيحلّ جزءًا منها ويتركب معهُ فيصيران كبريتات النحاس فيستعاض بهِ عمَّا انحلَّ من كبريتات النحاس اولاً. ولذلك يبقى كبريتات النحاس على حالةٍ واحدة من التركيز



الشكل ٢٦٦

اي انهُ يبقى في المذوَّب على كمية واحدة. وبعد ان يرسب على القالب ما يكفي من النحاس يرفع وينزع الكوتابرخا عنهُ. واذا أُريد نقل مثال ثانٍ عن مثال النحاس هذا يطلى قفاهُ بطلاء من الفرنيش حتى لا يعود يوصل الكهربائية ويغمس في مذوب كبريتات النحاس فيرسب النحاس عليهِ حتى يصير سمكهُ قدر المطلوب ثم ينزع عنهُ هذا الراسب بسهولةٍ فيكون مثالهُ . كذا تحس حروف المطابع واوراق الاشجار والحشرات والاثمار والازهار ايضاً. كل ذلك ولا احد يسمع للكهربائية صوتاً ولا يرى لها هيجانًا

(٤٦٤) رابعًا التلبيس بالكهربائية . الفرق بين الافراغ والتلبيس انهُ في الافراغ ينقل عن القالب مثالٌ لهُ وفي التلبيس يكسى القالب نفسهُ كساء دائمًا لا ينزع عنهُ من الفضة او الذهب او النحاس . والمعادن التي يسهل تلبيسها كثيرًا الفضة الجرمانية والنحاس وفصة النكل وهي مزيج من النحاس والتوتيا والنكل تصنع منهُ احسن الآنية الملبَّسة . وينتضي للامتعة ان تعدَّ على ثلاث طرق حتى تصير صالحة لتلبيس . فاولاً تحمى حتى يذوب عنها ما يلصق بها من المواد الدهنيَّة . وثانيًا لمَّا كان النحاس يلبَّس اكثر من غيرهِ وكان احماؤهُ على ما تقدم يكسوهُ كساء من اكسيد النحاس الاوَّل فلذلك يغس حاميًا في حامض تتريك مخفف جدًّا حتى يذوب الاكسيد عنهُ ثم يفرك بفرشاة قاسية ويغسل بالماء المنطَّر ويجفَّف بطرهِ في دقيق نشارة الخشب محمًّى قليلاً . وثالثًا يزال عن الامتعة كل ما يلوثها من الاقذار بغمسها في الحامض التتريك ثم في مزيج من الحامض التتريك والملح والكتن وغسلها جيدًا بالماء المنطر وتجفيفها في دقيق النشارة كما سبق

وبعد ذلك تعلَّق بالقطب السلبي من بطارية ذات ثلاث كؤوس او اربع وتغطس لتلبيسها الفضة في مغطس حرارتهُ ما بين ١٤٠° و١٨٠° ف حتى تلبَّس قدر المطلوب . واما المغطس ففي تركيبهِ اختلاف كثير . والغالب في الاستعمال ان يستحضر بتذويب جزئَين من سيانيد الفضة وجزئَين من سيانيد البوتاسيوم في ٢٥٠ جزءًا من الماء . وتعلَّق سبيكة من الفضة بالقطب الايجابي وتغطس في المغطس للتعويض عن الفضة التي ترسب من المغطس في التلبيس فيبقى المغطس على قوة واحدة كما تقدم في الافراغ (عد ٤٦٣)

والتلبيس بالذهب كالتلبيس بالفضة الآان الذهب يستعمل في المغطس عوضًا عن الفضة وكذلك السبيكة تكون من الذهب . ويصنع المغطس بتذويب سيانيد الذهب في مذوب سيانيد البوتاسيوم بالماء

والتلبيس بالنحاس كالتلبيس بالذهب والفضة ولكن بابدال الذهب والفضة بالنحاس . ويصنع المغطس لهُ بتذويب كبريتات النحاس في الماء حتى يشبعهُ (اي حتى

لا يعود يذوب فيهِ) ثم يصبُّ فيهِ نحو نصفهِ من الماء مع شيء يسير من الحامض الكبريتيك. والغالب ان تلبَّس بهِ المعادن التي لا تلبس الذهب جيدًا كالحديد والفولاذ والتوتيا والقصدير والرصاص والخشب وذلك بعد دهنها بمسحوق الرصاص الاسود ليصح تلبسها ذهبًا حينئذٍ

(٤٦٥) تاثيرها الفسيولوجيُّ * اذا مسك الانسان بيديهِ قطبي بطارية ذات كاسٍ واحدة لم يشعر بتاثيرها واما اذا مسك بقطبي بطارية قويَّة فيشعر بالالم ولا سيَّما اذا بلَّل كفيهِ بالماء الملح لزيادة الايصال فان تاثيرها قد يعطبهُ. هذا وقد ردَّت الارانب بكهربائية البطارية الى الحياة بعد ان خنقت نصف ساعة من الزمان. واذا جرَى المجرى الكلفاني في جسد الميت شنَّجهُ وحرَّكهُ تحريكًا يرعب الناظر. واذا جرى في دماغ الحي اثَّر فيهِ تاثيرًا غريبًا حتى صار ذلك يستخدم اليوم لكشف وظائف الدماغ

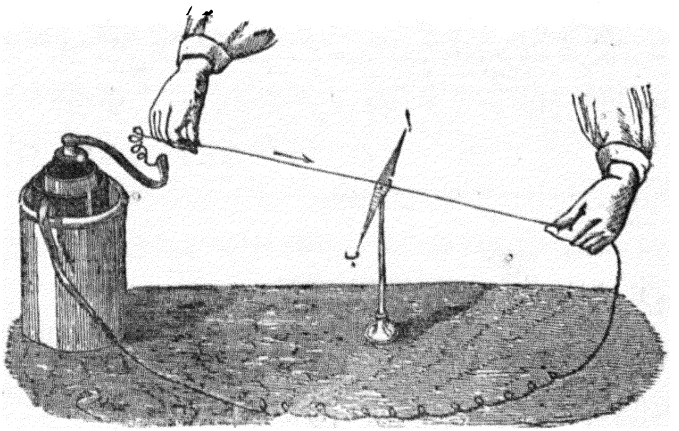
الفصل الرابع

في الكهربائية المغنطيسيَّة

(٤٦٦) فعل المجرى في المغنطيس * الكهربائيَّة المغنطيسيَّة فن يُبحث فيهِ عن الظواهر التي تظهر من المغنطيسية والكهربائية معًا. والذي ادَّى الى وضعهِ اكتشاف العلَّامة ارستِد استاذ الطبيعيَّات في كوبنهاكن وهو انهُ اذا مرَّ مجرى كهربائيٌّ فوق ابرةٍ

مغنطيسية او تحتها يحرفها عن وضعها الاصلي فتطلب ان تكون عمودية عليهِ

ولبيان ذلك خذ ابرةً مغنطيسية متحركة وموضوعة في الهاجرة المغنطيسية كالابرة ا ب في الشكل ٢٦٧ ثم قرّب منها شريطًا تجري الكهربائية عليهِ فتنحرف الابرة عن وضعها الاصلي وتهتزّ ثم تهدأ على زاوية قائمة على الشريط تقريبًا. ويقرب وضعها من الزاوية القائمة على الشريط كلما زاد المجرى الكهربائي قوةً * ثم اذا كان الشريط فوق الابرة وجرت الكهربائية عليهِ من الجنوب الى الشمال انحرف قطب

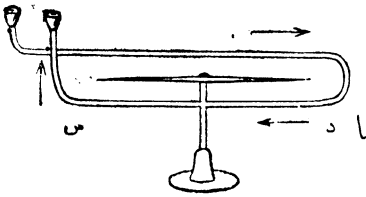


الشكل ٢٦٧

الابرة الشمالي غربًا . واذا جرت من الشمال الى الجنوب انحرف قطب الابرة الشمالي شرقًا . ويعكس ما تقدَّم ان كان الشريط تحت الابرة . وعليهِ وضع أمبير القاعدة الآتية لترسخ جهات الابرة في الذهن وهي : اذا توهم الناظر نفسهُ منطرحًا فوق الابرة او تحتها بحيث يكون وجههُ متجهًا اليها في الحالين وقام منام قطعة من الشريط ومرَّ المجرى الكهربائي من رجليهِ وخرج من راسهِ انحرف القطب الشمالي من الابرة الى يسارهِ دائمًا * وكما ان المجرى الكهربائي يحرف المغنطيس كذلك المغنطيس يحرف المجرى الكهربائي

(٤٦٧) الكلفانومتر* هو آلة تقاس بها قوة المجرى الكهربائي وجهته. وقد اخترعهُ شفيكر الجرماني بعد اكتشاف ارستد بيسير على المبدإ الآتي

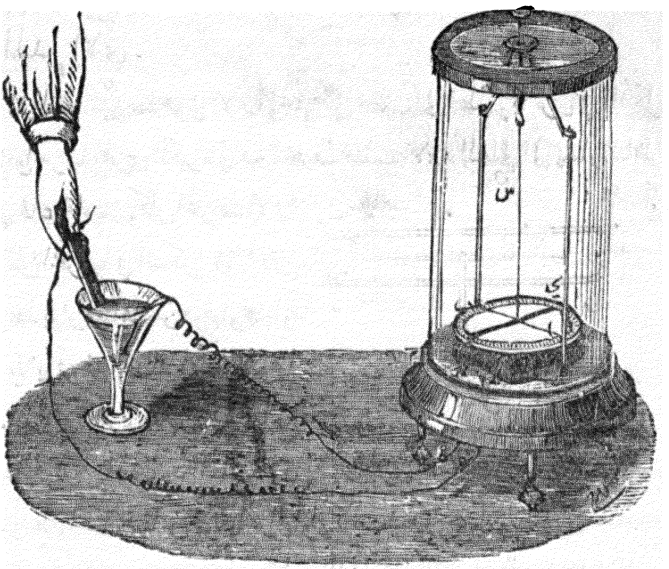
اذا لففنا الشريط فوق الابرة وتحتها من قطبٍ الى قطبٍ كما ترى في الشكل ٢٦٨ واجرينا المجرى الكهربائي فيهِ انحرف قطب الابرة الشمالي الى يسار الناظر كما في قاعدة امپير وكان انحراف الابرة اعظم من انحرافها في الشكل ٢٦٧ لان الشريط يوثر فيها هنا من فوقها وتحتها وما بينهما ولا يؤثر فيها هناك الاَّ من فوقها فيزداد تاثير المجرى الكهربائي فيها مع بقائهِ على قوتهِ بزيادة عدد اللفات حتى يصير المجرى الضعيف جدًّا كالمجرى القوي على شريطة واحدة. فتقاس قوتهُ بانحرافها ولو كانت ضعيفةً جدًّا. ولا يخفى ان مغنطيسية الارض من شانها ان توجّه قطب الابرة الشمالي الى الشمال فتقاوم انحرافها بالمجرى الكهربائي. ولذلك يضعون ابرة فوق اُخرى بحيث يكون القطب الشمالي من الواحدة تجاه الجنوبي من الاُخرى والجنوبي تجاه الشمالي. فلا تعود الارض تقاوم انحرافها بالمجرى الكهربائي الاَّ قليلاً لانها تجذب قطب الواحدة كما تدفع قطب الاُخرى تقريبًا اذ تُجعَل مغنطيسية الواحدة اقوى من مغنطيسية الاُخرى قليلاً فتبقيان خاضعتين لتاثير المجرى الكهربائي فيهما ويقال لهما النظام الاَّستاتيك



الشكل ٢٦٨

ترى في الشكل ٢٦٩ صورة الكلفانومتر. ب لفة من الشريط الملفوف حولهُ حرير لفصلهِ فتجري الكهربائية عليهِ كلهِ ون الشريطة الداخل المجرى الكهربائي عليها من البطارية او نحوها الى اللفة وم الشريطة الخارج عليها من اللفة الى البطارية او نحوها. وس خيط من الحرير يتعلّق بهِ نظام استاتيك بحيث تكون احدى ابرتيهِ داخل تجويف اللفة والاخرى ا ب فوق دائرة مقسَّمة. وشريط اللفة ملفوف

على نحاس وموضوع على قرص من النحاس ايضاً لهُ لوالب لجعل سطحهِ افقيًّا. فيعرف وجود المجرى الكهربائي على الشريط من انحراف قطب الابرة وتعرف

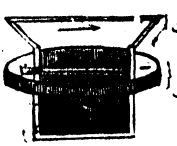


الشكل ٢٦٩

شدتهُ من مقدار انحرافهِ وتعرف جهتهُ من جهة انحرافهِ. ويسمى الكلفانومتر بالريُومِتْر والمضاعِف ايضاً لانهُ يزيد قوة المجرى الكهربائي

(٤٦٨) فعل مجرى بمجرًى * ضع شريطة على موازاة شريطة أُخرى وأَجرِ المجرى في كل منهما فاذا جرى المجريان في جهة واحدة تجاذبتا واذا جريا في جهتين متعاكستين تدافعتا

ولبيان ذلك ضم صفيحة من التوتيا الملغمة الى أُخرى من النحاس وثبتهما في قطعة من الفلين ا ب (الشكل ٢٧٠) حتى يعوما عند وضعهما في حامض مخفف. وصِل بين قطبيهما الايجابي والسلبي بشريطة

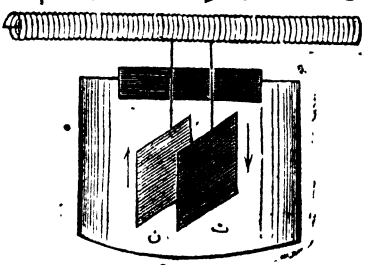


الشكل ٢٧٠

س ت فيجري المجرى عليها في جهة السهم . ثم صل بين قطبي بطاريَّة بشريط حتى يجري المجرى عليهِ وقربهُ بيدك موازيًا للشريطة س ت . فان كان المجرى جاريًا عليهِ في جهة السهم جذب الشريطة س ت اليهِ وان كان جاريًا في عكس جهة السهم دفعها

هذا اذا كان الشريطان متوازيين واما اذا قاطع احدهما الآخر وكان ثابتًا والآخر قابلاً للحركة فاذا جرى المجريان فيهما نحو نقطة التقاطع او عنها تجاذبا واذا جرى احدهما نحوها والآخر عنها تدافعا

(٤٦٩) اللفَّة القنَويَّة * خذ اسطوانة فارغة كريشةٍ مثلاً وادخل في ثقب بجانبها شريطًا مفصولاً متصلاً بلوح النحاس ن (الشكل ٢٧١) ومدَّهُ في محورها حتى يخرج من احد طرفيها ثم لفَّهُ على خارجها لفًّا لولبيًّا من طرف الى طرف وادخلهُ فيها من الطرف الآخر ومدَّهُ في محورها ثم اخرجهُ من ثقب في جانبها وصلهُ بلوح التوتيا فيتكوَّن منهُ لفَّة كالقناة ولذلك يقال لها القنوية. والتفاف الشريط فيها اما ان يكون من اليمين طالعًا الى اليسار وعينك تنظر داخلها من طرفٍ من طرفيها او من اليسار طالعًا الى اليمين وعينك كذلك . فاذا جرى المجرى الكهربائي في لفَّة من النوع الاوَّل داخلاً من الشمال وخارجًا من الجنوب اكسبها هذه الخصائص (١) اذا كانت متحركة وتركت لذاتها فعلت بها الارض كما تفعل بالابرة المغنطيسية ووقَّعتها في خط الهجر المغنطيسي ووجهت شمالها الى الشمال وجنوبها الى الجنوب (٢) اذا قرِّب القطب الشمالي من المغنطيس الى قطبها الشمالي تدافعا واذا قرِّب الجنوبي تجاذبا (٣) اذا قرِّب اليها لفَّة قنوية من نوعها فيها مجرى كهربائي تجاذبتا وتدافعتا كانهما مغنطيسان * واذا جرى المجرى الكهربائي في لفَّة من النوع الثاني انعكس التطبان وجذبهما ودفعها



الشكل ٢٧١

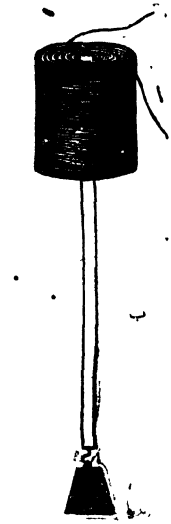
(٤٧٠) راي امبير في القوة المغنطيسية * يستنتج مما تقدّم انهُ اذا جرى المجرى الكلفاني على لفّة صيّرها مغنطيسًا قطباهُ يتغيّران حسب الجهة التي يجري المجرى فيها على اللفة. ويمكن ان يعكس هذا الاستنتاج فيكون المغنطيس جسمًا تجري الكهربائية على دقائقهِ وهذا هو راي امبير . اما اللفة فيجري فيها مجرًى واحد واما المغنطيس فيجري مجرى في كل دقيقة من دقائقهِ ولذلك تكون مجاريهِ عديدة جدًّا. ثم اذا تصورناهُ مؤلفًا من سافات من الدقائق بعضها بجانب بعض فمجاري الدقائق التي في وسط الساف يبطل بعضها بعضًا حتى تبقى قوة مجاري الساف كلهِ معادلة لقوة مجرًى واحد يحيط بها على سطح المغنطيس . واما جهة هذه المجاري المزعوم بها فتكون على ما يظهر من اللفة القنوية معاكسة لجهة عقارب الساعة في القطب الشمالي من المغنطيس ومطابقة لجهة عقارب الساعة في القطب الجنوبي منهُ (اي انها تكون من اليمين الى اليسار في الشمالي وبالعكس في الجنوبي) .

(٤٧١) مغنطيسية الارض * وعلى ما تقدّم تعلّل مغنطيسية الارض بانها مجارٍ كهربائية تجري حولها من الشرق الى الغرب عمودية على الهاجرة المغنطيسية (عد ٤١٤). والمظنون ان هذه المجاري تحصل من تفاوت حرارة الشمس على اقسام مختلفة من الارض من الشرق الى الغرب لان تفاوت الحرارة يهيج الكهربائية كما سيجيء (عد ٤٨٤). ولما كانت هذه المجاري تجري حول الارض من الشرق الى الغرب وكانت مجاري الابرة المغنطيسية تجري حولها على عرضها لا على طولها فهي لا تهدأ حتى تصير مجاريها موازية لمجاري الارض اي حتى يتجه طولها شمالاً وجنوبًا

---

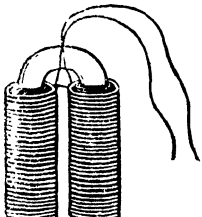
(٤٧٢) المغنطيس الكهربائي * تقدّم (عد ٤٠٨) ان المغنطيس الصناعي يصطنع بالكهربائية وتقدّم بيان ذلك في كهربائية الفرك (عد ٤٤٠) واما في الكهربائية الكلفانية فاذا لفّ شريط مفصول على حديد لين ووصل طرفاهُ بقطبي بطارية كلفانية فعند ما يجري المجرى الكهربائي في الشريط يصير الحديد مغنطيسًا

وعند ما ينقطع عن الشريط يفقد الحديد مغنطيسيته. واذا بدل الحديد بالفولاذ صار مغنطيسًا دائمًا. وكلما زاد عدد لفّات الشريط زاد المغنطيس قوة حتى انهم قد صنعوا كذلك من المغنطيس ما يحمل ٤٥٠٠ ثقل من ثقلهِ * ترى (الشكل ٢٧٣) صورة لفة ا اذا وُصل طرفا شريطها ببطارية كلفانية ووضع اسفلها قضيب ب من الحديد فعند جري الكهربائية فيها يتمغنط القضيب فتجذبهُ وتحملهُ حاملاً ثقلاً كبيرًا وتعلقهُ بين السماء والارض لاشيء فوقهُ ولاشيء تحتهُ. فيظهر من ذلك ان اللفة والقضيب يتمغنطان معًا



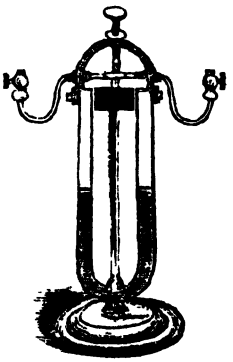
الشكل ٢٧٣

اما المغنطيس الكهربائي فحديدة لينة على شكل نضوة الفرس (الشكل ٢٧٤) يلفُّ شريط مفصول من النحاس على ساعديها فتمغنط عند جري المجرى الكهربائي في لفتي الشريط تمغنطًا وقتيًّا يزول عند انقطاع المجرى. ويصنع ايضًا من قضيبين من الحديد يصل بينهما قضيب ثالث ويلفُّ عليهما الشريط. وتزداد قوتهُ بتعاظم حجمهِ وازدياد التفاف الشريط عليهِ واشتداد المجرى الجاري فيهِ


الشكل ٢٧٤

(٤٧٣) حصول الحركة الميكانيكيَّة بالكهربائية * اذا مغنطنا قضيبًا من الفولاذ بلفةٍ من الشريط ثم عكسنا جهة المجرى عليها انعكس قطبا هذا المغنطيس. فيستخدم ذلك للحصول على حركة متصلة * ترى في الشكل ٢٧٥ آلة ياج الدوَّارة وهي مؤلفة من مغنطيس نضويّ قائمٍ ومغنطيسٍ كهربائي صغير بين قطبيهِ موضوع على قضيب يدور حاملاً اياهُ. وفوق المغنطيس الكهربائي زنبركان موضوعان بحيث انهُ لا يدور دورةً حتى يكون المجرى الكهربائي قد مرَّ من كل منهما الى الشريط الملفوف على المغنطيس الكهربائي فيجري المجرى الكهربائي عليهِ تارةً الى جهة وأُخرى الى عكسها

ولذلك يتغيّر قطباهُ مرّتين في كل دورة. ثم ان قطبي المغنطيس النضوي القائم يجذبان قطبي هذا المغنطيس الكهربائي ولكن هذين لا يصيران مقابلهما حتى يكونا قد انعكسا بانعكاس جهة المجرى الكهربائي على الشريط. ولذلك يقع الدفع بينهما وبين قطبي المغنطيس القائم فيبعدان عنهما دائرين حتى يعود كل منهما ويقارب عكسهُ من قطبي المغنطيس القائم فيقع الجذب بينهما كالسابق ومتى تقابل الاثنان المتجاذبان تنعكس جهة المجرى الكهربائي فيتدافعان وهلمّ جرًّا. فيحصل من الجذب والدفع دوران المغنطيس الكهربائي والقضيب العامل لهُ وذلك هو الحركة المطلوبة. وقد يكون دورانهُ سريعًا جدًّا حتى يصير عدد الدورات ٢٥٠٠ دورة في الدقيقة فتنعكس جهة المجرى ٥٠٠٠ مرة فيها



الشكل ٢٧٤

(٤٧٤) الآلات المغنطيسية الكهربائية * هذه الآلات تصنع على مدإ من مدئين فاما ان تصنع على مدإ ان المغنطيس يكتسب القوة المغنطيسية والمجرى الكهربائي جارٍ حولهُ ويفقدها عند انقطاع المجرى عما حولهُ فيكون لهُ قوة الجذب والدفع في الحال الأولى ولا يكون لهُ قوة منهما في الحال الثاني فلا يحرّك غيرهُ. واما ان تصنع على مدإ انعكاس جهة المجرى الذي سبق بيانهُ. وقد صُنع منها آلات بقوة ثمانية وعشرة احصنة ولكنها لم تكثر في الاستعمال لكثرة ما يقتضي لها من النفقة. فانهُ يلزم للمجرى الكهربائي وقود كما يلزم للحرارة وقود. ووقود المجرى الكهربائي التوتيا وهذه يقتضي ان يوقد منها لتحريك آلة قوة عشرة احصنة ما قيمتهُ اعظم جدًّا من قيمة الفحم الحجري الذي يوقد لتحريكها

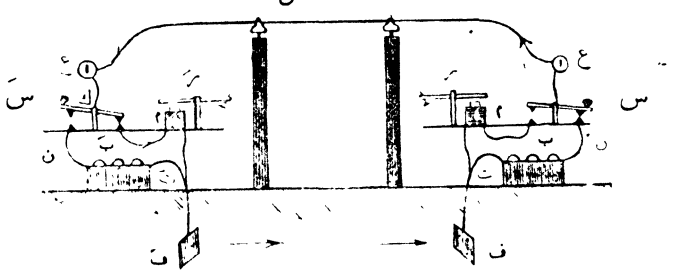
(٤٧٥) التلغراف الكهربائي * من اعظم منافع الكهربائيّة في

اعمال الناس التلغراف تنقل بهِ الاخبار من ناحية في الارض الى اخرى بسرعةٍ عظيمة . وتاريخهُ طويل والمخترعون فيهِ كثيرون واتمُّ انواعهِ واغلبها استعمالاً تلغراف مُورس الاميركاني ومبدأهُ مبدأ المغنطيس الكهربائي كما سنرى

اما الادوات الجوهرية التي يتألف منها هذا التلغراف فثلاث : بطارية لتهييج الكهربائية وشريط موصل لايصال المجرى الكهربائي والراقم لخط العلامات المستعملة للدلالة على حروف الهجاء . فالبطارية الغالب استعمالها بطارية كروف. والشريط اما ان يمدَّ في الهواء او تحت الارض او في الماء. فالاوَّل يصنع من الحديد المفصول ويمدُّ بين مكانين مارًّا على اعمدة خشبية عليها سدات فاصلة من الخزف الصيني لتسندهُ . والثاني يمدُّ في المدن حيث يخشى انقطاعهُ في الهواء ويصنع عادةً من النحاس المليَّس بالاكونا رخا لتوصيلهِ فلا تتبدد كهربائيتهُ في الارض التي يمرُّ فيها. والثالث يمدُّ في البحور بين بلاد وبلاد ويصنع بفتل شرائط من النحاس الخالص الواحدة على الاخرى ثم يفصلها بجسم فاصل وتليسها اجساماً تقيها من تاثير الماء. ويبلغ قطر شريطها قيراطاً بعد كل ذلك . والراقم سياتي تفصيلهُ بعد الكلام على ارسال الرسالة البرقية

(٤٧٦) ارسال الرسالة البرقية * لنفرض اننا مددنا الشريط ل بين مكانين كبيروت س ودمشق سَ (الشكل ٢٧٥) ووضعنا في كل منهما بطاريةً ب وبَ حتى تجري الكهربائية الايجابية من ت في جهة ن ومن تَ في جهة نَ . وان ك كَ مفتاحان لارسال الكهربائية (وسياتي ايضاحهما) وغ غَ كلفانومتران وم مَ قابلتان وهما مغنطيسان كهربائيان وسُمِّيا قابلتين لقبولها الكهربائية . ور رَ راقمان يرقمان علامات الحروف. وف فَ لوحان من المعدن مساحة سطح كل منهما عدة اقدام مربعة وهما نازلان في الارض. فاذا اراد العامل بالتلغراف ان يبعث

رسالة برقية الى دمشق ضغط باصبعهِ طرف المفتاح ك حتى يمسَّ اسفلهُ حديدةَ تحتهُ فيجري المجرى الكهربائي من ن القطب الايجابي للبطارية ت مارًّا على المفتاح والكلفانومتر غ والشريط ل الى محل التلغراف في دمشق ثم يمرُّ على الكلفانومتر غَ والمفتاح كَ والقابلة مَ وينزل الى اللوح فَ ويجتاز منهُ الى الارض فيجري فيها في جهة السهمين حتى يصل الى ف في بيروت ومنهُ الى القطب السلبي ت من البطارية ب حيث يتمُّ الدائرة وتكون م حينئذٍ منفصلة عن ت حتى يجري المجرى

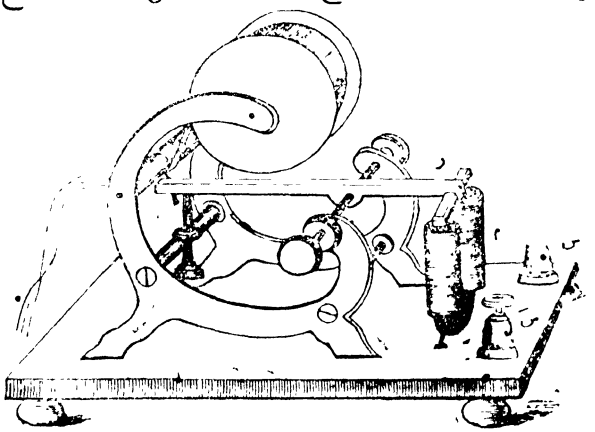


الشكل ٢٧٥

الكهربائيّ كما ذكرنا. وما زال طرف المفتاح ك مصعوطًا على ما تحتهُ يبقى المجرى على ما تقدم ولكن حالما ترفع الاصبع يرجع طرف المفتاح الآخر بقوة زنبرك ويمسُّ نتوًّا تحتهُ ويرتفع الطرف الاوَّل عما تحتهُ كما ترى عند سَ * واذا اراد العامل في دمشق ان يبعث الرسالة ضغط طرف المفتاح عندهُ فيجري الكهربائية من البطارية بَ على نحو ما ذُكر حتى تعود اليها فيصير سَ الباعث وس القابل

(٤٧٧) الراقم * هذا جزء من آلةٍ (الشكل ٢٧٦) فيها مغنطيس كهربائيٌّ م ملفوف عليهِ شريط دقيق وطويل جدًّا من النحاس. فيتصل باحد طرفي هذا الشريط بالشريط الممتدّ بين المكانين ل (الشكل ٢٧٦) بواسطة اللولب سَ ويتصل بطرفهِ الآخر بشريط اللوح المعدني ف في الارض بواسطة اللولب س. فعند ما يضغط المفتاح في دمشق لارسال الرسالة البرقية الى بيروت مثلاً يجري المجرى على لفتي المغنطيس الكهربائي في بيروت فيجذب هذا المغنطيس الحافظة المتصلة بطرف

الراقم ر (الشكل ٢٧٦) فينخفض هذا الطرف ويرتفع الطرف الآخر وفي هذا الطرف مسمار مرأس فعند ارتفاعهِ يمسُّ سيرًا من الورق يُنشَر عن ملفٍّ ويُسحب بواسطة دواليب كدواليب الساعة (لم ترسم في الشكل) فيغمزهُ راسمًا عليهِ نقطة او خطًّا طولهُ حسب المراد. وعند ما يرفع الضغط عن المفتاح في دمشق ينقطع المجرى



الشكل ٢٧٦

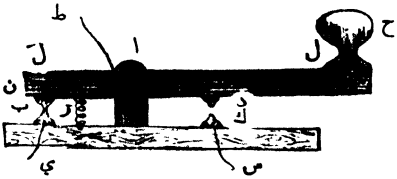
عن المغنطيس الكهربائي في بيروت فينخفض الطرف الذي فيهِ المسمار من الراقم ويرتفع الطرف المتصل بالحافظة. ثم يعود العامل فيضغط المفتاح في دمشق فيعود المسمار ويغمز الورق في بيروت على ما تقدم وهكذا حتى تنتهي الرسالة. وتكون علامات الحروف فيها نقطًا وخطوطًا والفرق في خطها يتوقف على تقصير زمان ضغط المفتاح وتطويلهِ. وهاك علامات مورس للحروف الافرنجية. فيفصل الحرف عن الحرف

A ·—	J ·———	R ·—·
B —···	K —·—	S ···
C —·—·	L ·—··	T —
D —··	M ——	U ··—
E ·	N —·	V ···—
F ··—·	O ———	W ·——
G ——·	Ö ———·	X —··—
H ····	P ·——·	Y —·——
I ··	Q ——·—	Z ——··

في الكلمة قليلاً وتفصل الكلمة عن الكلمة اكثر من ذلك. وقد يمرن سمع المشتغلين

بالتلغراف حتى يصيروا يعرفون الحروف من سماع صوت وقع الحافظة على المغنطيس الكهربائي م فيستغنون عن الراقم. وعلى ذلك اخترعوا الصائتة وهي مغنطيس نضوبي صغير امامهُ حافظة يبعدها زنبرك عنهُ . فاذا مرَّ المجرى الكهربائيُّ فيهِ يجتذب الحافظة فتقع عليهِ بصوتٍ قويٍّ واذا انقطع عنهُ المجرى الكهربائيُّ تندفع عنهُ بقوة الزنبرك فتعرف علامات الحروف من صوتها * هذا وقد ظهر ان مدار التلغراف الكهربائي كلهِ على وصل الدائرة الكهربائية وفصلها في محل واحد ومغنطة المغنطيس الكهربائي ونزع مغنطيسيتهِ بذلك في محل آخر على التعاقب

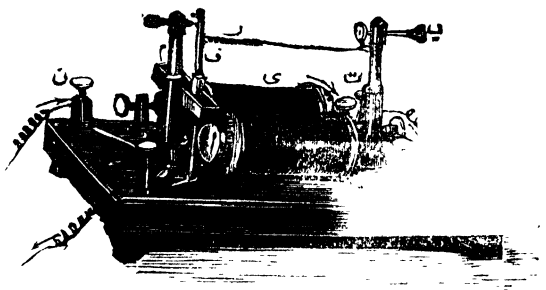
(٤٧٨) مفتاح التلغراف * هو مخلٌ من النحاس ل لَ (الشكل ٢٧٧) يتحرك على محورٍ في اعلى العمود ا وعلى اسفلهِ نتوآن من البلاتين د ون وهذان يقرعان على نتوين آخرين من البلاتين ك وب



الشكل ٢٧٧

فالاوّل ك يتصل بالشريط س والثاني ب يتصل بالشريط ي والشريطان المذكوران يتصلان بقطبي البطارية (الشكل ٢٧٧) فاذا ترك المخل لذاتهِ مسَّ ن ب بقوة الزنبرك ز. ويتصل بالمحور الذي في ا من المخل شريطٌ ثالث ط وهو الشريط الطويل الذي يمتدُّ بين المكانين. فاذا كان المفتاح قابلاً كما في الشكل جرى المجرى الكهربائي من المحل الباعث على ط ا لَ ن ب ي ثم مرَّ على آلة الراقم لكتابة الرسالة كما مرَّ وجرى من هناك الى الارض حيث يتصل بالقطب السلبي من البطارية. ثم اذا ضغط على المفتاح صار باعثًا فيجري المجرى الكهربائي على س ك د ا ط الى المحل البعيد. فالذي يريد ان يبعث الرسالة يدق بمفتاحهِ فتجري الكهربائية منهُ الى محل الآخر فيقرأ هذا الرسالة ويشهرها. وقبل الدق ينبّه القابل في المحل الآخر وذلك بأن يرسل الباعث المجرى الكهربائي فيقرع جرسًا في المحل الآخر فيستعد القابل لقبول الرسالة

(٤٧٩) المدّد * اذا زادت المسافة بين المكانين عن خمسين ميلاً يضعف المجرى الكهربائي من مقاومة الشريط لهُ ومن عدم تمام الفصل فلا يؤثر في المغنطيس الكهربائي تاثيراً كافياً للخط على الورقة. فاخترعوا لهُ المدد ليمدَّهُ بكهربائية بطارية توضع في المكان الذي فيهِ المغنطيس النضوي. ويتضح لك المدد من الشكل ٢٧٨ ل الشريط الممتد بين المكانين وت الشريط الممتد الى الارض ون الشريط المتصل بالقطب الايجابي من البطارية المحليَّة وز المتصل بالقابلة ومنها بالقطب السلبي. فيجري المجرى الكهربائي من المحل الباعث الى ل ويدور على شريط المغنطيس الكهربائي ي ثم يخرج من ت ويجري الى الارض. فكلما جرى على شريط ي يتمغنط

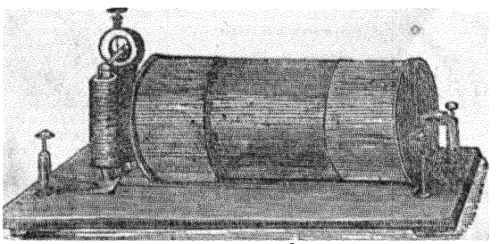


الشكل ٢٧٨

ي فيجذب الحافظة ا المثبتة بطرف مخل قائم ف يتحرك على محور افقي في وسطهِ. وكلما انقطع المجرى الكهربائي عن شريط ي يسحب الزنبرك ر المخلَ ف فيبعد الحافظة ا عن ي. ولذلك متى جُذبت الحافظة ا الى ي يتحرك الطرف الاعلى من المخل ف الى الجهة المخالفة ويمسُّ اللولب س. فيصعد المجرى من البطارية المحليَّة على الشريط ن الى م وس وينزل على ف الى ز ومنهُ الى المغنطيس الكهربائي في القابلة (م في الشكل ٢٧٦) فيجذب هذا المغنطيس محفظتهُ ويحرك الراقم لخط العلامات. والخلاصة ان الباعث يدق المفتاح في محلّهِ فيجري المجرى الكهربائي الى المحل الآخر ويحرك المخل ف في المدد فترسل البطارية الموضوعة في هذا المحل كهربائيتها على الطريق الذي هيَّأهُ لها المجرى الآتي من المحل البعيد فتحرّك

كهربائيتها الراقم بقوة كافية

(٤٨٠) حلُّ مجرًى لمجرًى * لفَّ شريطًا موصلاً مفصولاً على اسطوانةٍ ثم لبِّس هذه اللفَّة قرطاسًا متينًا واطلهِ بالصمغ ثم لفَّ حولهُ لفَّةً ثانيةً لا تتصل بالأُولى وصِل طرفي اللفَّة الاولى ببطاريَّة وطرفَي الثانية بكلفانومتر. فعند ما يجري المجرى في الاولى يحلُّ كهربائية اللفة الثانية الخارجية ويهيج فيها مجرًى يجري في عكس جهتهِ كما يعلم من الكلفانومتر ويسمَّى مجرى الاولى الاوليَّ ومجرى الثانية الثانويَّ . الاَّ ان هذا المجرى الثانوي ينقطع بعد قليل ولا يعود يظهر حتى ينفصل شريط الاولى عن البطارية فيظهر حينئذٍ جاريًا في جهة المجرى الاوليّ حتى ينقطع ثانيةً. وتسمَّى اللفتان معًا لفَّة الحدة * وقد ظهر بالتجارب المتنوعة ان كل مجرًى مبتدئٍ او مقارب لشريط موصل او متزايد القوة لسبب من الاسباب يحدث في الشريط المجاور لهُ مجرًى يجري في عكس جهتهِ وان كل مجرًى منقطع او مباعد لشريط موصل او متناقص القوة لسبب من الاسباب يحدث في الشريط المجاور لهُ مجرًى يجري في جهتهِ



الشكل ٢٧٩

ترى في الشكل ٢٧٩ لفَّة حدَّة متصلاً شريطها الداخلي بقطبي بطارية لم ترسم هنا . فبعد مرور المجرى الكهربائي فيهِ يمرُّ على مغنطيس كهربائي امامها فيجذب المغنطيسُ حافظةً تجاههُ. فتنفصل الدائرة ويفقد المغنطيس مغنطيسيتهُ فتفلت الحافظة منهُ وترجع الى مكانها بقوة زنبرك فتتصل الدائرة ويعود المجرى الكهربائي. وبهذا الفصل والوصل يتهيج المجرى الثانوي في الشريط الخارجي على ما تقدم. ويوضع في تجويف هذه اللفة حزمة من شريط الحديد فتزيد قوة المجرى الكهربائي في اللفة

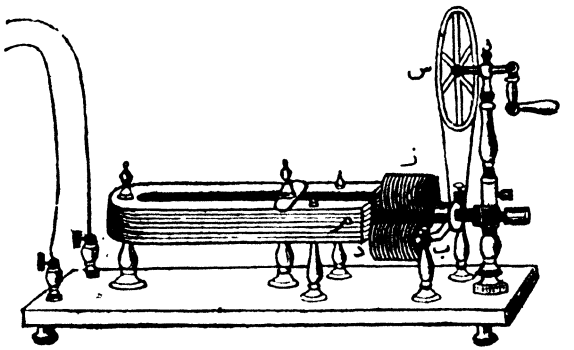
الخارجية بالحل ايضاً . ويمتد طرفا الشريط الخارجي فيمسك بهِ الموضى ليتعالجوا بالمجرى الثانوي. وهذا الشكل كثير الاستعمال في الطب

وعلى هذا المنوال تُصنَع لفة رُمْكُرف فيلفُّ على الانواع الكبيرة منها من ثلاثين الى خمسين ميلاً من الشريط. وقد استنبط لها رِتْشي الاميركي استنباطات عديدة بها جعل المجرى شديداً جدًّا فصنع منها لفة تخرج شرراً طولهُ ١٥ قيراطاً وتملأُ القنينة الليدنية وتفرغها بصوت كطلق البارودة بسرعة عظيمة. ولمجرى لفة رُمكُرف من التاثير في الاجسام ما للبطارية ولكن تاثيرها اشدُّ

(٤٨١) حلُّ المغنطيس للمجرى * كما ان المجرى الكهربائي يحلُّ مجرًى آخر في شريطٍ بالقرب منهُ (عد ٤٨٠) كذلك المغنطيس يحلُّ المجرى الكهربائي في الشريط الذي حولهُ. فاذا صُنعت لفة من الشريط ووصل طرفاها بالكلفانومتر ثم أُدخل طرف قضيب من المغنطيس بغتةً في جوفها حصل فيها مجرًى كهربائيٌّ وقتيٌّ معاكس في جهتهِ لجهة المجرى المظنون انهُ يدور حول المغنطيس (عد ٤٧٠) كما يستدلُّ بالكلفانومتر . ثم ان هذا المجرى ينقطع ما دام المغنطيس في اللفة ولكنهُ حالما يخرج منها يحصل فيها مجرًى آخر وقتي موافق لمجراهُ * وكذلك اذا وضعنا في اللفة حزمة من شريط الحديد اللين وقربنا اليها القطب الشمالي من المغنطيس بغتةً فيظهر المجرى الكهربائي في اللفَّة ثم ينقطع ما دام المغنطيس على الحزمة ويعود جاريًا بعكس ما كان حال رفع المغنطيس عنها * وعليهِ يهيج المغنطيس مجرًى في لفَّة الشريط كلما دخل فيها اوخرج منها اذا كان هو متحركًا وهي ثابتة. او كلما بعدت عنهُ وقربت منهُ اذا كانت هي متحركة وهو ثابت . فيحصل المجريان بتغيير وضع المغنطيس من اللفة ويحصلان ايضاً بزيادة قوة المغنطيس ونقصانها وهو في اللفة

وقد اخترعوا آلات شتَّى على هذا المبدإ تسمَّى آلات كهربائية مغنطيسية منها هذه الآلة (الشكل ٢٨٠) م مغنطيس نضوي مركَّب من عدَّة مغنطيسات بعضها مرصوف فوق بعض وب مغنطيس كهربائي مولف من ساعدي حديد وحديدة

ثالثة بينهما. فبدار الدولاب س فتدور اللفتان تجاه قطبي المغنطيس وحينئذٍ يمغنط هذان القطبان ساعدي الحديد بالحل والساعدان يهيجان مجرّى كهربائيًّا في كلٍّ من اللفتين. ويجري المجرى على شريطين ممتدّين من اللفتين تحت كرسي الآلة فيتمسك العليل بهما فيشعر بالهزّة الكهربائية ولاسيما اذا وضعت حافظة على المغنطيس النضوي. وهذه الآلة كثيرة الاستعمال في المعالجات الطبيّة لسهولة نقلها واستعمالها



الشكل ٢٨٠

(٤٨٢) الشمعة الكهربائية * تقدّم (عد ٤٦٠) انهم يحاولون الآن تعميم النور الكهربائي ومن جملة الآلات التي صنعت لاستحضار هذا النور شمعة يَبْلُخْكُوف وهي مصنوعة من قضيبين رقيقين من الكربون المحضّر يوضع احدهما قرب الآخر وعلى موازاتهِ ويفصل بينهما بصفيحة من الكاولِين ثم يوصل بهما شريط آلة كهربائية مغنطيسية فتمتدّ بينهما القوس الفلتائية بحرارة شديدة جدًّا تاكلهما. ولما كان القطب الايجابي منهما يؤكل اكثر من السلبي فقد جعل لهذه الشمعة تدبير حتى ان القطب الايجابي يكون تارةً على هذه الفحمة وطورًا على تلك بالتساوي فيبقى طول الفحمتين واحدًا ولا ينقطع القوس من بينهما حتى تحترقا كلتاهما معًا. حسبوا أن نفقة هذه الشمعة $\frac{1}{10}$ من نفقة شمعة تساويها من نور الغاز

(٤٨٣) التِّلِفُون * تلغراف لنقل الاصوات بالذات لا

علامات الحروف الهجائيَّة اخترعهُ بَل الاميركاني سنة ١٨٧٦.

وهذه صورة مقطوعه (الشكل ٢٨١) ا قضيب من المغنطيس مثبت بلولب في اسفلهِ وب لفة من شريط النحاس المفصول ملفوفة حول راسهِ ويمتدُّ طرفاها س س الى د د ويتصلان من هناك بشريط التلغراف او بشريطين آخرين يمتدان الى حيث شئت وامام راس المغنطيس واللفة صفيحة ي ي من الحديد اللين لا يزيد سمكها عن سمك قرطاس الكتابة المتين



الشكل ٢٨١

وبيان نقل الاصوات بهِ ان المغنطيس ا يغنط الصفيحة ي ي بالحل ومتى تكلَّم المتكلِّم امامها تهتزُّ الى الامام والوراء فتغيِّر باهتزازها هذا كيفية توزُّع المغنطيسية على المغنطيس ا فيحصل من هذا التغيير مجارٍ متعاكسة متقطعة في اللفة ب. وايضًا ان اقتراب الصفيحة ي ي الى اللفة وابتعادها عنها في اهتزازها يحدثان في اللفة مجاري كالمجاري التي يحدثها المغنطيس ا فتنتقل هذه المجاري المتقطعة الى المحل البعيد حيث يكون تلفون آخر. وعند وصولها الى اللفة التي في هذا التلفون تجذب الصفيحة

تي بي وتتركها على التوالي فتهتزُّ هذه الصفيحة كما اهتزَّت الصفيحة الاولى بصوت المتكلِّم فتصوت صوتًا كصوته. او تهزُّ دقائق المغنطيس نفسهُ فيُسمَع الصوت من اهتزازها ولو لم تكن الصفيحة موجودة على ما يظنُّ البعض



الشكل ٢٨٢

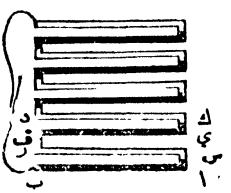
ترى في الشكل ٢٨٢ صورة رجل يكلِّم غيرهُ ويسمع كلامهُ بالتلفون وقد تمكنوا من التكلُّم به وبينهم ٢٥٨ ميلاً الاَّ انْ صوتهُ لا يخلو من الرنَّة المعدنيَّة. اما طولهُ فنحو خمسة قراريط ونصف واما قطر فوهتهِ فاقلُّ من ثلاثة قراريط. ويؤمَّل منهُ النفع العظيم في المستقبل

الفصل الخامس

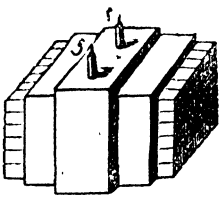
في كهربائية الحرارة

(٤٨٤) كما ان الكهربائيَّة تتحوَّل الى حرارة كذلك الحرارة تتحوَّل الى كهربائية ويتضح ذلك من رصيف كهربائية الحرارة لنُوبِلي كما سترى

خذ صفائح من البزموث والانتيمون وصلها بعضها ببعض كما يمس ا ب وس ر وي ف وك د الخ (الشكل ٣٨٣) واربط شريطةً موصلة مفصولة بصفيحة البزموث ا ب واخرى بصفيحة الانتيمون العليا وبرِّد اطراف الصفائح ب رف د الخ. بثلج وضع حديدًا حاميًا على الاطراف ا س ي ك الخ. حتى تتفاوت حرارة الجانبين فيصدر منها مجرى كهربائي شديد ويجري على الشريط الى حيث يراد



الشكل ٣٨٣



الشكل ٣٨٤

واذا اريد عمل رصيف كثير الصفائح بقصد الاستعمال رُصِف على ما ترى في الشكل ٣٨٤ وتُوصلت صفيحة البزموث الاولى فيهِ بالشريطة م وصفيحة الانتيمون الاخيرة بالشريطة س فتكون م وس قطبيهِ الايجابي والسلبي. ثم انهُ ما دامت حرارة الاطراف على الجانبين على درجة واحدة لم يظهر شيء من الكهربائية واما اذا اختلفت على الجانب الواحد ولو يسيرًا جدًّا عمَّا في الجانب الآخر (كما اذا وقعت

فراشة عليهِ اولاحت اليد امامهُ على بعد عشرين او ثلاثين قدمًا) فيجري المجرى الكهربائيُّ منهُ على الشريطين ويحرك الكلفانومتر اذا كانا متصلين بهِ. ولذلك يستعمل هذا الرصيف لمعرفة وجود الحرارة مهما قلَّت

الفصل السادس

في الكهربائية الحيوانية

(٤٨٥) قد مرَّ ان كلفاني اكتشف مجرًى كهربائيًّا في الضفدع فهذا المجرى يجري في الحيوان الحي او الذي لم يطل زمان موتهِ من سطح جسدهِ الخارجي اي البشرة الى سطحهِ الداخلي اي الغشاء المخاطي وقد اثبت أَلدني ذلك بان اخذ راس ثور ووضع عليهِ العصب القطني من فخذ ضفدع ومسك طرف الفخذ بيدهِ وبلَّ يدهُ الأُخرى بماء ملحٍ ومسك بها اذن الثور فكانت فخذ الضفدع تتشنج كلما مسَّ عصبها الغشاء المخاطي على لسان الثور. واثبت متيُّوشي الايطالي بعدهُ ان مجرًى ايجابيًّا يجري على الدوام من داخل العضلات الى خارجها * ويوجد من السمك ما يهزُّ ماسكهُ كانهُ قنينة ليدنية ممَّا فيهِ من الكهربائية كالرعَّاد في البحر المتوسط وهو سمكة عريضة طولها نحو عشرين قيراطًا تجري كهربائيتها على المعادن والماء وباقي الموصلات كما تجري عليها الكهربائية المعروفة. وكالانكليس الكهربائي في مياه اميركا الجنوبية فهذا قد قدَّر فارادي ان كهربائية انكليس منهُ طولهُ اربعون قيراطًا تخرج شرارة كشرارة بطارية ليدنية ذات خمس عشرة قنينة. وذكر همبُلْت ان الهنود اذا ارادوا صيدهُ ساقوا الخيل والبغال لتخوض الماء ووقفوا يصدُّونها عن الخروج منهُ. فيضطرب الانكليس من خوضها ويمرُّ على وجهِ الماء من تحت بطونها فيهزُّها هزًّا

عنيفًا يصرع بعضها وينصب شعر اعراف البقية على اعناقها ويجعل عيونها تحظ خوفًا حتى تفرغ كهربائيتهُ وتعيي قوتهُ فيفرُّ من خوضها الى الشاطئ فيضربهُ الهنود بالحراب ويخرجونهُ بقطع غير موصلة من الخشب

ولا بأس من ذكر اكتشاف بُوِلّه هنا وهو ان النبات يُفلت كهربائيةً سلبيَّة عند طلوعهِ من البزر واكتشاف آخر وهو وجود مجارٍ كهربائية في الاثمار وجذور النباتات النامية وقشورها واوراقها وان كهربائية الجذور وكل اجزاء النبات الداخلية الملآنة عصارًا سلبيَّة بالنسبة الى الاجزاء الخارجية او الاقل عصارًا

خلاصة الكتاب

(٤٨٦) سبق في المقدّمة ان مباحث الفلسفة الطبيعية مقصورة على التغيُّرات الطبيعية اي التي لا تلحق الصفات الخاصّة للمادَّة فمن يعمل النظر في مباحث هذا المختصر يجدها تدور على اربعة امور: قوة الجذب وقوة الدفع والدقيقة (الماديَّة) والاستمرار. فهذه ترجع كل التعاليل الفلسفية اليها اذ هي الاسباب الموجبة للتغيُّرات الطبيعية المشار اليها. فان قوتي الجذب والدفع اذا فعلتا في دقائق المادَّة على ابعاد غير محسوسة صيَّرتا بعضها جامدًا وبعضها سائلاً وبعضها غازيًّا واذا فعلتا ولا سيما قوة الجذب منهما في الاجسام (اي مجتمعات دقائق المادة) على كل الابعاد احدثتا ظواهر الحركة والسكون بحسب شرائع ثابتة قد مرَّ الكلام عليها في باب الجاذبية والحركة والميكانيكيات والسائلات والهوائيات. واذا فعلتا في الاجسام او في الدقائق حرَّكتها فتحطر بالاستمرار كما مرَّ في الرقاص او تهتزُّ اهتزازًا يؤثر في حواسنا فتشعر بالصوت او النور او الحرارة او الكهربائية كما علمت في ابوابها

ولما كان فعل القوَّة في المادَّة انما يجري على طرق معيَّنة هي النواميس التي لا تتغير الاَّ اذا شاء باريها كان حدوث حادث في عالم الطبيعة اتفاقًا محالاً وكانت

الصدفة والاتفاق في التعاليل الفلسفية لغوًا. اما القوة فلا نعلم ماهيتها ولكنّا نعلم بوجودها من فعلها في المادّة ولا استطاعة لنا على خلقها ولا على ملاشاتها. نعم اننا نتوصل بمعرفة نواميسها الى استخدامها لقضاء اغراضنا ولكن لا يزيد عليها ولا ينقص منها الاّ خالقها. فمهما تغيرت صُوَر الهيولى وتعدّدت مظاهرها فالقوة انما تنتقل من حال الى حال بين جواهرها فتظهر حرارة وتنقلب كهربائية ثم نورًا وهلمّ جرًّا باقية ماهيتها كما هي الى ما شاء باني العالم بالهيولى ومدبّر امورهِ بالقوة. انتهى.

ملحق * وضعنا في صدر الكتاب صورة الآلة البخاريّة العالية الضغط الغالبة الاستعمال (انظر عدد ٢٧٦) ا الاسطوانة وب غرفة البخار وس انبوبة البخار المتصلة بالخلقين ود الوالي الذي يدبر المصراع في انبوبة البخار فيخنقها تارةً ويقلّل مقدار البخار الداخل الى غرفة البخار. ويتركها مفتوحة أُخرى فيزيد مقدار البخار الداخل الى غرفة البخار وبذلك يعدّل حركة الآلة. وي دولابٌ يلَفُّ عليهِ سير من الجلد ويدار بهِ الوالي وف الطلمبا وج ركبةٌ لجعل الحركة المستقيمة في هذهِ الآلة مستديرة. وع قضيب يصل بينها وبين قضيب المدك وه قضيب المصراع المزحلق وبهِ يتحرك هذا المصراع في غرفة البخار وك مصراع الوالي وس جسر الحركة الذي تنتقل القوة منهُ فتحرك الدواليب المتصلة بالآلة البخارية *وكيفية عمل هذه الآلة ان البخار الداخل الى الاسطوانة ا يحرّك مدكّها بقوة مرونتهِ. فيتحرك قضيب المدك ذهابًا وايابًا ويحرّك ع. وع يحرك الركبة ج فتدور وتدير جسر الحركة س وهذا يدير ما يتصل بهِ من الآلات. اما الفراش الكبير المتصل بهِ فالغرض منهُ ان يجعل دوران الجسر مستديمًا منتظمًا بما يكون لهُ من قوة الاستمرار

وكان الفراغ من تبييضهِ في ٢٤ حزيران سنة ١٨٨١