UNIVERSAL
LIBRARY

OU_190916

UNIVERSAL
LIBRARY

OSMANIA UNIVERSITY LIBRARY

Call No. - ق ن/٥٠٣ ع Accession No. ١٢٣٣١

Author

Title ١٨٨٦ء المقنع في الحر الطرز الثالث في الطبعات

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

كتاب

النقش في الحجر

الجزء الثالث

في

الطبيعيات

طبع في المطبعة الادبية في بيروت

سنة ١٨٨٦

Checked 1965
١٧٣٣١

طُبع بالرخصة الرسميَّة من نظارة المعارف
الجليلة في الاستانة العلية

Checked 1965

نمرو ٨٣٤ تاريخ ١٠ ربيع الاول
سنة ٣٠٣

الطبيعيات

الفصل الاول

حدود

(١) مدار علم الطبيعيات

ذُكِر في الجزء الثاني ان مدار علم الكيميا هو المادة والاجسام من حيثية كونها بسيطة او مركبة وغرضهُ اعادة كل جسم مركَّب الى المواد التي تركب منها وكل مادة الى العناصر التي تالفت منها وذاك قسمٌ كبير من علم الطبيعة غير انهُ في الاصطلاح قد تخصص هذا الاسم للعلم الذي يبحث عن حال الاجسام من حيثية الحركة والسكون فالكيماوي يطلب معرفة تركيب الهواء والماء وغيرهما من المواد التي تقع تحت نظرهِ ولا يهمهُ كونها ساكنة او متحركة . واما الطبيعي فلا يهمهُ كون الماء والهواء وسائر المواد والاجسام مركَّبة او بسيطة بل انما يبحث عن احوالها وافعالها وخصائصها من حيثية كونها ساكنة او متحركة . اي يبحث عن احوال الاجسام لا عن تراكيبها . وكون الجسم ساكنًا او متحركًا امرٌ كلي الاعتبار أَما ترى ان القنبلة المرمية على الارض باردة ثقيلة

واذا أُلقيت في النار قليلاً لا تتغير مادتها ولذلك لا تستطيع مسها لئلاَّ تحترق واذا اطلقتها من مدفعٍ تكتسب سرعةً عظيمة تهدم وتخرب ما تصيبهُ اي بين القنبلة الباردة والقنبلة الحامية فرق جزيل و بين القنبلة الساكنة والقنبلة المتحركة تساوت كلي مع ان مادتها في الحالتين هي هي لم تتغير بل تغيَّرت حالتها فقط

اذا رأيت انساناً تغيَّر حالهُ من البسط والانشراح الى الحزن والغم يخطر لك سال ان تسأل عن علة ذلك التغير وسببهِ واذا رأى الطبيعي المادَّة غير الحيَّة تغيَّرت احوالها كانت ساكنة فتحركت او كانت متحركة فسكنت سأل عن علَّة ذلك التغيُّر وسببهِ وقد رايت في الجزء الاستنتاجي وفي الجزء الذاتي اي علم الكيميا انهُ لا يسوغ التعليل عن امرٍ بغير برهان ولا يُعتَبر برهاناً ما لم يثبتهُ الامتحان والطبيعي خاضع لهذا القانون كل الخضوع ولا يتقدم في معرفة علمهِ الاَّ بالتجربة والامتحان

(٢) الحركة

الحركة هي الانتقال من حيّز الى آخر مثل حركة الارض حول الشمس مرةً في كل سنة وبما ان كل الاجسام والمواد الارضيَّة تُحمَل معاً بواسطة حركة الارض فهي باعتبار تلك الحركة كانها ساكنة بسبة بعضها الى بعض مثال ذلك بيوتنا وحالنا تحملها الارض معها حول الشمس وهي متحركة بحركة

الارض ولكنها ثابتة بسبة بعضها الى بعض اي المسافة بين بيتي وبيت جاري لم تتغير بدوراني معًا حول الشمس فلنترك البحث عن تلك الحركة . وان جلست على كرسي في بيتي اقول اني ساكن غير متحرك ولو كنت محمولاً مع الارض متحركًا معها

ثم ان قمت امشي يصح ان يقال اني متحرك غير انهُ لاجل ادراك تلك الحركة يقتضي معرفة عدَّة امور منها الجهة اي الخط الذي انا ماشٍ عليهِ اهو مستقيم او منحنٍ وان كان منحنيًا فعلى اية هيئة من الخطوط المنحنية اي هليلجيَّة او دائرة او شلجميَّة او هدلوليَّة او غير قانونية . ومنها سرعة الحركة اي كم من المسافة اقطع في وقت مفروض وهذا الامر الاخير اي السرعة كلي الاعتبار من جهة معرفة حركة جسم . فان مشيت على طريق مستقيمة ساعة وعند نهاية الساعة قطعت ميلين وعند نهاية الساعة الثانية انتهيت الى اربعة اميال تكون سرعة المشي ميلين كل ساعة واذا رايت لمعة نار مدفع على بعد ٦٧٥ قدمًا ثم بعد ست ثوانٍ سمعت صوت المدفع اقول $\frac{٦٧٥٠}{٦} = ١١٢٥$ اي سرعة الصوت ١١٢٥ قدمًا في الثانية

هذا اذا بقيت السرعة على ماهي لم تتغير اي اذا كانت الحركة متساوية

ثم لنفرض باخرةً حارية بسرعة عشرة اميال كل ساعة دخلت مرفاء فقبلما يلقي مرسيها تقطع البحار عن آلتها و ياخذ

سيرها يبطو تدريجًا حتى تقف تمامًا وهذا مثال للحركة المتباطية فمعنى قولنا انها جارية بسرعة عشرة اميال كل ساعة هو انها لو بقيت ماشية على ذلك السير ساعة لفاتت المرفاء عشرة اميال

اذا سقط حسم الى الارض من علو يمرُّ على ١٢/١ ١٦ قدمًا في الثانية الاولى من سقوطهِ وعلى اكثر من ذلك في الثانيه الثانية وعلى اكثر في الثالثة وهذا مثال للحركة المتسارعة ولو بقي على حركة الثانية الاولى لقيل ان سرعتهُ ١٢/١ ١٦ قدمًا في الثانية

يعبَّر عن سرعة الحركة على طرق مختلفة حسب ما اصطلحت عليهِ العادة فيعبَّر عن سرعة باخرة او قطار او عربة بكذا او كذا اميال في الساعة و يعبَّر عن سرعة قنبلة مدفع بكذا او كذا اقدام او امتار في الثانية وكذلك يعبَّر عن سقوط حسم نحو الارض بكذا او كذا اقدام او امتار في الثانية

(٢) القوة الفاعلة

الجسم الساكن لا يتحرك بدون محرّكٍ يحركهُ والجسم المتحرك لا يسكن بدون مسكّن يسكنهُ ويسمى المحرّك الساكنَ والمسكّن المتحركَ قوةً فاعلة او للاختصار قوةً وكل واحدة منهما مصادّة للاخرى واذا اقتضت قوة شديدة لاحل تحريك حسم تقتضي قوة شديدة مصادة لتسكينهِ وما كان تحريكهُ سهلاً كان توقيفهُ وتسكينهُ سهلاً مثال ذلك انك تحرك ليمونة بصرنة كفك وتستلقيها وتسكنها

ايضاً تكمك واما الباخرة فتحريكها يستلزم قوةً عظيمة وتسكينها يستلزم قوةً عظيمة مصادَّة للاولى فالسهل تحريكهُ سهل تسكينهُ والعسر تحريكهُ عسر تسكينهُ وترى من ذلك ان القوة فاعلة عند ما تسكّن حركة كما هي فاعلة عندما تحدث حركةً والنتيجة ان كل ما يغيّر حال جسم من سكون الى حركة او من حركة الى سكون فهو قوة فاعلة او للاختصار قوة

العملية الاولى . لاجل اثبات ما تقدم ذكرهُ وايضاح ذلك ضع عدة حبوب حمص او ما يشبههُ في صحن وامسكهُ بيدك اليمنى ومد ذراعك اليسرى فوق اليمنى ثم اخفض اليمنى نحو قدم ويدك ممسكة بالصحن ثم انهضها بسرعة حتى تصدم اليسرى الممدودة فوقها فتكون قد انهضت الصحن الحامل الحبوب بسرعة ثم سكنتهُ فجأةً . اما الحبوب فحرَّة لم تصدّ الصدمة حركتها الصاعدة وعند وقوف الصحن تستمرّ صاعدةً حتى تغلب جاذبية الارض حركتها بالصعود فيقع بعضها الى الارض و بعضها الى الصحن

استفدنا من هذه العملية ان تسكين جسم متحرك يستلزم قوةً اذ رأينا الحبوب استمرت صاعدةً لان صدمة الذراع اليمنى باليسرى لم توقف حركتها فاستمرت متحركة حتى علبت الجاذبية حركتها

العملية الثانية . ثم أعد الحبوب الى الصحن وامسكهُ باليد اليمنى كما في الاول ولكن اخفض ذراعك بسرعةٍ فيخفض

الصحن على سرعة انحفاضها واما الحبوب فحرة ولا تلحق حركة الصحن السريعة بالحال بل تتأخر عنهُ قليلاً فتسقط الى الارض او تدرك الصحن بعد وقوفهِ

استفدنا من هذه العملية ان جسمًا ساكنًا يستلزم قوةً لتحريكهِ لانهُ لما نزل الصحن لم تنزل معهُ الحبوب حتى فعلت بها الجاذبية فتاخرت عنهُ قليلاً ولولا الجاذبية لبقيت موضعها

تعلمنا مما تقدم ان القوة الفاعلة تفعل احد فعلين اي تحرك جسمًا ساكنًا او تسكّن جسمًا متحركًا غير انهُ كثيرًا ما يرى القوة الفاعلة لا تفعل مع كونها موجودة حاضرة وذلك ليس لانها ملغاة بل لان قوةً اخرى مضادَّة توازنها . مثال ذلك اذا امسكت كتابًا بيدك لا يقع الى الارض مع ان الجاذبية فاعلة بهِ ولكن قوة يدك المضادة تمنع سقوطهُ اذ توازن فعل الجاذبية واذا رخيتهُ سقط بالحال ومثل ذلك اذا وُضع على مائدةٍ . اي قوة المائدة المضادة الجاذبية تمنع سقوطهُ الى الارض فلك القوتان احداهما الورن او الجاذبية والثانية المقاومة قوة المائدة او اليد . والحجر الموضوع بقرب حافة شاهق لا يسقط لان الارض تحتهُ تقاوم فعل الجاذبية واذا ادنيتهُ الى الحافة بحيث لا تسندهُ الارض هبط بالسرعة فترى ان القوة الفاعلة هي التي تغيّر حال جسم من سكون الى حركة او عكسهُ ولكن كثيرًا ما تمنع فعلها قوةٌ اخرى مضادَّة لها فلا تأتي بنتيجة

الفصل الثاني

في القوات الطبيعية العظمى

(٤) الجاذبيَّة او القوة الجاذبة . انظر الجزء الاول نمره ٢٣

قد عرفنا معنى لفظة قوة في اصطلاح علماء الطبيعة و يقتضي بعد ذلك ان نبحث عن القوات التي تفعل سا و سائر الاحسام وعلى أية كيفية تفعل وما هي فوائدها واضرارها . ومن اشهر تلك القوات واوسعها فعلاً جاذبية الارض اي تلك القوة التي تحمل كل حسم ارتفع عن سطح الارض ان يسقط نحو مركزها ويسمي الجهة التي يسقط جسمٌ ساقطٌ اليها اسفل او تحتًا وعكسها اعلى او فوقًا وكل صعود الى الاعلى عسر لانهُ ضد فعل جاذبية الارض ومقاوم لها وكل هبوط الى الاسفل سهل لانهُ يوافق فعل جاذبية الارض و يطاوعهُ

وقد عرفت مما ذُكر في الجزء الاول ان جاذبية الارض للاجسام على سطحها سُمِّيت ايضًا جاذبية الثقل او الوزن وهي علة الثقل او الورن وهي فاعلة على الدوام بلا انقطاع وتجذب كل ما ارتفع عن سطح الارض وكل ما هو على سطحها نحو مركزها واذا ما

سقطنا الى سطح الارض فلان ارض المحل الذي نحن فيهِ او ما نحن جالسون او راكبون عليهِ يمنع ذلك اي قوة تصاد قوة ولو لم تكن الارض نفسها جاذبة لسقطنا الى مركزها ادا وقفنا على سطحها بدون شيء يمسكنا كما ان الذي يحاول المشي على الماء يهبط نحو مركز الارض لان الماء ليس بكافٍ لمقاومة قوة الجاذبية لسهولة حركة دقائقهِ بعضها على بعض وهذا النوع من الجاذبية يفعل على ابعاد محسوسة اي لا يستلزم ان يكون الجسم ملامس الارض او قريبًا اليها

(٥) جاذبيَّة الالتصاق

هذا النوع يمتاز عما ذُكر بكونهِ واقعًا بين دقائق مادَّة واحدة على بعدٍ غير محسوس وقد تكون شديدة وقد تكون ضعيفة مثال الشديدة الجاذبية الواقعة بين دقائق حجر او دقائق قطعة حديد او سلك حديد او نحاس فانهُ يعسر فسخ تلك الدقائق بعضها عن بعض كما يظهر اذا حاولت كسر حجر او حديد او فصم سلك حديد او خيط متين ومثال الضعيفة الجاذبية الواقعة بين دقائق قطعة خبز او قطعة لحم او سيال كالماء فان فصل دقائق هذه المواد بعضها عن بعض سهل جدًّا ومتى انفصلت انعدمت جاذبية الالتصاق بين دقائقها ولا تعود الَّا في السائلات والمائعات لان هذه الجاذبية كما تقدم لا تفعل الَّا على ابعاد غير محسوسة اما

الجاذبية العامة فمعلها واصل الى القمر وهو على بعد ٢٤٠٠٠٠ ميل عن الارض

ومن خصائص جاذبية الالتصاق انها تجعل للاجسام هيئة كروية اذا كانت دقائقها سهلة الحركة بعضها على بعض كما سيأتي في الكلام عن المائعات فترى قطرات الماء على الهيئة الكروية في الندى والمطر

(٦) الجاذبية الكيماوية او الكيمية او الالفة الكيمية (انظر الجزء الاول صحيفة ١٠٥)

جاذبية الالتصاق واقعة بين دقائق مادة واحدة مركبة كانت او بسيطة مثل دقائق الحديد والنحاس والماء الخ اما الجاذبية الكيمية فبين مواد مختلفة وقد ذُكرت لها امثلة كثيرة في الجزء التالي منها ما قيل عن اتحاد غاز الاكسجين مع الفحم اذا اشتعل حتى يتكوّن غاز الحامض الكربونيك اعني بين الفحم اي الكربون والاكسجين الفةٌ وكل واحد منهما يجذب الآخر لنفسهِ فيتحدان ويتكوّن من اتحادهما مادة أُخرى جديدة مختلفة عن عنصريها ولا شك يخطر لك سال امثلة كثيرة لهذا النوع من الجاذبية

(٧) فعل هذه القوات وفوائدها

ربما يشتهي الحامل حملاً ثقيلاً ان يبطل فعل الجاذبية او

يطلب عدم وجودها والصاعد في جبل يتشكى منها قائلاً لولاها لصعدت هذا الجبل بسهولة دون تعب ولا مشقة . ذلك صحيح . وكذلك لو قفز قفزة عن سطح الارض لما رجع اليها لولا الجاذبية ولما ثبت شيء على سطح الارض . نعم يفقد الوزن والثقل وينهض اكبر الاجسام بسهولة . واذا بقيت الارض على دورانها اليومي وفقدت الجاذبية دقيقة واحدة حرب كل ماهو على سطح البسيطة وطارت الاجسام ونحن معها في الجو ولولا الجاذبية لما ثبت القمر في فلكه بل طار تائهاً ولم تثبت الارض في فلكها ودورانها حول الشمس بل طارت لا نعلم الى اين تائهة بين النجوم والافلاك

اما جاذبية الالتصاق فلولاها لانحلّت كل الاجسام غباراً وما التصقت دقائقها بعضها ببعض وصارت الاخشاب والحديد وكل المعادن والنبوت والاجسام المتيبسة والاناث واجسادنا ايضاً هباء منثوراً لعدم وجود تلك القوة التي تجعل دقائق المواد ملتصقة حتى يصير لها قوام وثبوت

ولولا الجاذبية الكيميية لما تركبت مادة مع اخرى ولا تكوّن ماء ولا نار وما وُجد الاّ عدة عناصر منفصلة جوامد وغازات ولما تكوّنت اجسادنا لانها مركبة من عناصر اتحدت بالجاذبية الكيميية ولو انحلت تلك الجاذبية وفقدت لانحلت اجسادنا وسقط بعضها اتربة وطار بعضها غازات

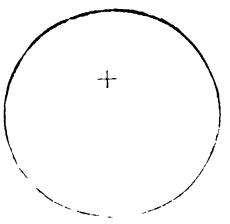
الفصل الثالث

في فعل الجاذبية

(٨) مركز الثقل

قد تعلمت من الجزء الاستفتاحي معنى الوزن والثقل وذُكرت في الفصل السابق القوة الجاذبة او الجاذبية العامة بين القوات الطبيعية العظيمة فلنبحث قليلاً عن كيفية فعلها

العملية الثالثة خذ قرصًا من التنك او من التوتيا أو من لوح خشب على علاظة واحدة في كل احرائهِ واثقبهُ في مركزهِ ثم علقهُ على دبوس او مسمار ناقذ في ذلك الثقب وارسم عليهِ علامة كما في الشكل الاول فترى القرص

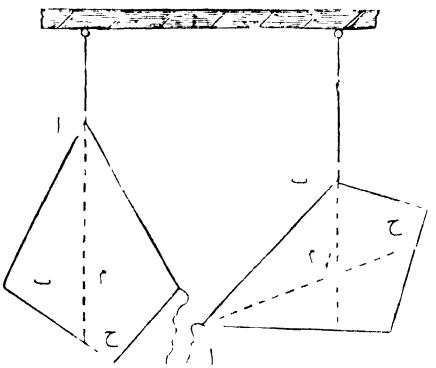


الشكل الاول

يهدأ على المسمار كيفما وضعتهُ اي ان وضعتهُ بحيث تكون العلامة فوق المسمار او تحتهُ او على احد جانبيهِ . ثم الصق موضع العلامة خردقة بواسطة قطعة صغيرة من الشمع فترى ان القرص لا يعود يهدأ على المسمار الاَّ اذا كانت الخردقة تحت المركز تمامًا حتى اذا رسمت خطًا مستقيمًا من المركز الى وسط ملزق الخردقة تكون ذلك الخط عموديًا على سطح الارض اي لو أُخرج على استقامتهِ

لا تنهي الى مركز الارض تماماً . والتعليل عن الحاليين هو انهُ في الحالة الاولى تكون جميع اقسام القرص حول المركز على ورٍ واحدٍ والارض اذ ذاك تجذب جميع الاقسام على سواءٍ اي بقوةٍ واحدةٍ فيهدأ القرص كيفما وضعتهُ . واما في الحالة الثانية فصار القسم الذي فيهِ الحردقة اثقل وربًا من سائر اقسام القرص اي فيه مادة اكثر فتجذبهُ الارض بقوةٍ اشدَّ كما تعلمت من الجزء الاول اي ان جاذبية الارض للاجسام هي بالنسبة الى مقدار مادتها اعني كلما كانت المادة اكثر كانت الجاذبية لها اقوى (انظر الجزء الاستفتاحي نمره ٢٣ فصاعدًا)

ثم خذ قطعة من لوح تنك او حديد او خشب شكلهُ غير منتظم اعني بعض اضلاعهِ اطول من البعض كما في الشكل الثاني

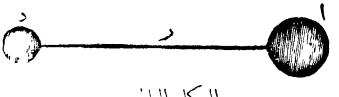


الشكل الثاني

وعلقهُ بخيط من الزاوية ا وبعد ما يستقر ارسم عليهِ خطًا مستقيمًا على استقامة الخيط فيكون عموديًا على سطح الارض وليكن ا م ثم علقهُ من

الراوية ب وارسم خطًا مستقيمًا على استقامة الحيط فهو ايضًا عمودي على سطح الارض وليكن ب م وترى الخطين يتقاطعان في النقطة م وهكذا ان علقت اللوح من اي قسم كان من محيطهِ ورسمت خطًا على استقامة خيط تعليقهِ اي عموديًا على سطح الارض تتقاطع تلك الخطوط في النقطة م وتلك النقطة تكون ابدًا تحت نقطة التعليق عموديًا وان علقتهُ من تلك النقطة يهدأ على اي وضعٍ وضعتهُ عليهِ مثل القرص في العملية الاولى كانَّ كل وزنهِ مجتمع في النقطة م وتلك النقطة تسميها مركز الثقل واذا عُلّق جسمٌ من اي شكلٍ كان بنقطة منهُ يستقرّ على الوضع الذي فيهِ يكون مركز ثقلهِ اوطأ ما يمكن

(٩) اذا أُوصل بين جسمين غير متساويين بقضيب كما في الشكل الثالث يكون مركز الثقل اقرب الى اكبرهما واذا سندت القضيب على تلك النقطة اي نقطة ر يتوازن



الشكل الثالث

الجسمان لان الجاذبية فاعلة بالسواء عليهما لكون مقدار المادة على الجانب الواحد من تلك النقطة يعدل ما على الجانب الآخر منها وهذا هو مبدأ اصطناع القبان كما هو واضح لاقل تامل والميزان ايضًا على هذا المبدأ اي مقدار المادة على الجانب الواحد من مسمار القب يعدل المقدار الذي على الجانب الآخر منهُ

فيكون مركز الثقل متوسطًا بين الكفتين واذا زاد العيار في كفة واحدة نُقل مركز الثقل نحو تلك الكفة وهو يطلب الموضع الاوطأ حتى يقع عموديًا تحت نقطة التعليق فتهبط تلك الكفة ولولا اصابتها الارض او ما وُضع الميزان عليه لما سكنت حتى تقع عموديًّا تحت المسمار

العملية الرابعة . خذ ميزانًا مضبوطًا اي كفتاهُ متوازنتان حتى يبقى قلبُهُ مستعرضًا اذا تُرك لنفسه لتساوي مقدار المادة على جانبي المسمار وتساوي الحاذية للحاسر فيكون مركز ثقل الميزان نقطة استناد المسمار على القفيز او على العمود ثم ضع في احدى كفتيه حجرًا فيُنقَل مركز الثقل نحو ذلك الحاسر وتهبط تلك الكفة ثم ضع في الكفة الاخرى عيارًا حديديًّا فاذا كانت مادتهُ اكثر من مادة الحجر يُنقَل مركز الثقل الى جانبهِ فتهبط تلك الكفة وان كان مادة العيار مساويًا لمادة الحجر يعود مركز الثقل للنقطة الوسطى اي نقطة استناد المسمار فتعود الموازنة واذا كان وزن العيار رطلاً نقول ان وزن الحجر رطل اي مقدار المادة فيهِ يوازن مقدار مادة في رطل من حديد فتجد بهما الارض على السواء

الفصل الرابع

احوال الهيولى الثلاثة

(١٠) (انظر الجزء الاول نمره ٥٠)

قد ذكرنا آنفًا بعض فوائد القوى الطبيعية اي انهُ لولا الجاذبية العامة لما تمت الكون الكائن ولولا جاذبية الالتصاق لما بقي جسم بل تحول الكل غبارًا ومن الجهة الاخرى يسوغ القول انهُ لو عمَّت جاذبية الالتصاق كل المواد لما تمت الكون الكائن تقريبًا ولما صلحت الدنيا مسكنًا للبشر لانهُ حينئذٍ ما وُجدت مائعات ولا عارات لا ماءٌ ولا هواءٌ والامر ظاهر انهُ لولاهما لما صلح هذا العالم مسكنًا للجنس البشري

وذكرنا ايضًا انهُ بين دقائق المحر ودقائق الحديد والنحاس الخ جاذبية التصاقية شديدة يعسر عليها غلبتها اما الماء والرئبق فبين دقائقهما جاذبية التصاقية ضعيفة يسهل عليها غلبتها وباخف ضربة نفرق دقائقهما الى كل جهة غير ان الجاذبية الالتصاقية ليست معدومة من بين دقائقهما بالتمام بل بقي شيءٌ منها كما يتضح من هاتين العمليتين

العملية الخامسة . صب شيئًا قليلاً من الرئبق من قنينة

مرتفعة نحو علو قدم على بلاطة او على مائدةٍ او على لوح زجاج فيتفرق قطعاً قطعاً وكل قطعة تكون كروية الشكل وهذا يحدث ايضاً اذا ضغطت نقطة زئبق باصبعك على سطح صلب مستوٍ اي تتفرق نقطاً كروية واذا ضغطتها بلوح من الزجاج تراها تتسطح بالضغط ثم عند رفعهِ تعود كروية الشكل كما كانت وذلك برهان على ان تلك النقط الصغار بين دقائقها جاذبية الالتصاق وان كانت ضعيفة

العملية السادسة . بلّ اصابع يدك بماءٍ ورشقها على سطح مدهون بزيت او دهن ان كان سطح زجاج او لوح او بلاطة فكل نقطة تاخذ الهيئة الكروية مثل نقط الزئبق في العملية السابقة ولولا شيءٌ من جاذبية الالتصاق بين دقائقهِ لما اخذت تلك الهيئة فترى ان بين دقائق المائعات جاذبية التصاقية ضعيفة ولولا كونها ضعيفة لما كانت مائعاتٍ بل حوامد

اما الغازات او الاهوية فمعدومة جاذبية الالتصاق بين دقائقها ولا ميل لها للاقتراب بعضها الى بعض بل بالعكس تميل الى الطيران والابتعاد بعضها عن بعض ولولا وجود قوةٍ تمنع تفرقها لتفرقت ولطافتها اي كونها غازاتٍ متوقفة على ميل دقائقها للابتعاد بعضها عن بعض واذا غُلب هذا الميل بالبرد والضغط كما رأيت في الجزء الثاني تتحول بعض الغازات مائعات كما ان المائعات تتحول غازاتٍ بالحرارة

فالهيولى اذًا طاهرة على تلاث هيئات الجامد والمائع والغاز وكل هيئة لها خصائص تميزها عن قسيميها

(١١) الجسم الجامد

هو كل ما يقاوم فعل مَن حاول تغيير هيئَتهِ ويبقى على الهيئَة التي هو عليها دائمًا وعلى جرمهِ ان لم يعامل بالعنف والقوة الشديدة مثل قطعة خشب او حديد او حجر الخ

(١٢) المائعات

المائع هو ما ليست لهُ هيئَة خصوصية بل يأخذ هيئَة الوعاء الذي وُضع فيهِ ويبقى سطحهُ افقيًّا ولكنهُ محافظ على مقدارهِ او جرمهِ مثل الماء والعرق والزيت الخ فان هذه المواد اذا وُضعت في وعاء اسطواني تلبس جدرانهُ وتأخذ هيئَتهُ وكذلك اذا وُضعت في وعاء مربع ولكنك لا تستطيع ان تضع رطل ماء او رطل زيت في وعاء سعتهُ درهم اي لا بد من المحافظة على جرمهِ ولكنهُ لا يبالي بالهيئَة

(١٣) الغاز

الغازات مثل المائعات لا هيئَة خصوصية لها وتأخذ هيئَة الوعاء الذي وُضعت فيهِ ولكنها لا تحافظ على مقدارها وجرمها مثل المائعات لانها قابلة الانضغاط حتى اذا ملأت وعاء يسع

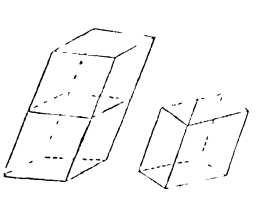
رطلاً تُقهر بواسطة الضغط المناسب حتى تدخل وعاء يسع وقية خلاف المائع فانهُ لا يمكن قهرهُ حتى يصير حرمهُ بما يعتبر كما تعلمت من الجزء الاستفتاحي نمره ٢١

الفصل الخامس

في خصائص الجوامد

(١٤) يمتاز الجامد بكونهِ محافظًا على هيئَتهِ او شكلهِ لنفسهِ و يشغل حيّزًا معيّنًا ولا يطاوع شكل ما وُضع فيهِ وذلك يتضح من هذه العملية

العملية السابعة . خذ قنينة تسع وقية ماء بالتمام وكاسًا يسع وقية ماء بالتمام فاذا ملأت القنينة يأخذ الماء هيئَة شكل القنينة ثم اذا افرغتهُ الى الكاس يملأُها تمامًا و يأخذ هيئَة شكلها ولكن اذا اخذت



شكل ٤

قطعتين من الخشب على هيئَة واحدة او شكل واحد كما في الشكل الرابع مختلفتين جرمًا لا تستطيع ان تدخل الصغيرة في الكبيرة

ولو كانت اصعر جرمًا . اي الجامد الحقيقي يحفظ هيئتهُ وحرمهُ

وربما يقول قائل ان العجين جامد ولكنهُ يأخذ هيئة الوعاء الذي وُضع فيهِ وما ملأ منهُ وعاء يسع وقيَّة متلاً يمكن ادخالهُ قهرًا الى وعاء اصغر فنجيب ان العجين ليس بجامد حقيقي بل كتلة جوامد دقيقة اي حبوب الدقيق عائمة في ماء قليل متل دقائق التراب العائمة في ماء فتصير وحلاً وطيناً وما كان على هذه الصفة سُمّي لرجًا و يعتبر في كل نوع الوقت لانهُ لا يثبت مثل الجامد الحقيقي ولا يعود الى حالهِ سريعًا بعد التعير مثل المائع بل بعد حين

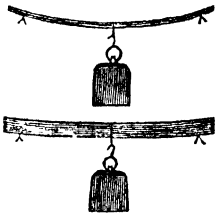
واما احتمالهُ الصغط وتصغير الحجم فلوجود هواء فيهِ ينفشهُ واذا صغطتهُ خرج الهواء و بقي الجامد الحقيقي على جرمهِ الاصلي اي كل حبة من الدقيق باقية على شكلها وعلى جرمها الاصلي

تنبيه — اذا قلنا العمل المتلاني غير ممكن او غير مستطاع يكون المعنى مرارًا عديدة انهُ لا يستطاع الاَّ بعنف شديد او بتكلف فوق الطاقة — متالهُ نقول ان الماء لا يُضغط والمعنى انهُ لا يُضغط الا بما لا طائل تحتهُ وذلك بعنف شديد كما تعلمت من الجزء الاستهتاحي نمرة ٢١ واذا قلنا ان جسر حديد لا يقبل الالتواء المعنى انهُ لا يقبل الالتواء بما يُشعر بهِ الاَّ بعنف شديد او بقوة وتكلف فوق الطاقة اعتياديًا وذلك يتم بالعمليات الآتي ذكرها

العملية الثامنة . اذا اخذت قضيب حديد غليظًا وحاولت كسرهُ بطرقةٍ تعجز عن كسرهِ بضربة واحدة واتتين ثم اذا علقتهُ باحد طرفيهِ وحاولت مغطهُ بتعليق ثقلٍ من طرفهِ الآخر تجد انهُ لا ينمغط بما تشعر بهِ واذا امسك رجل بسيط باحد طرفيهِ وآخر بطرفهِ الآخر وحاولا فتلهُ لا يستطيعان فتلهُ بما يُشعر بهِ واذا أُوقف على طرفهِ ووُضع ثقلٌ عظيم على طرفهِ الآخر ترى انهُ لا ينضغط بما يُشعر بهِ واذا أُسند من طرفيهِ وعُلق ثقلٌ من وسطهِ ترى انهُ لا يلتوي بما يُشعر بهِ غير انهُ لو ردت القوة كثيرًا لظهر انهُ انمغط بالثقل المعلق بهِ والتوى بالثقل المعلق بوسطهِ وانفتل بالرم من طرفيهِ وانضغط بالكس عليهِ ولو استطعت ان تقيس القياسات الجزئية الصغيرة لظهر كل ذلك عقيب استعمال قوة ليست شديدة لان مقدار المغط والفتل والضغط والالتواء هو بالنسبة الى القوة الفاعلة . ان كانت صغيرة فالفعل ضعيف غير ظاهر وان كانت شديدة فالفعل ظاهر ومن جملة اغراض علم الطبيعة استعلام النسبة بين القوة المستعملة والنتيجة المطلوبة اي كم من القوة يقتضي لاحداث نتيجة مفروضة او كم من المقاومة تستلزم لاحتمال فعل قوة مفروضة . مثال الاول شد كم رطلاً او كم راس خيل يقتضي لرفع كمية مفروضة من الماء الى علو مفروض ومثال الثاني كم يقتضي ان يكون غلظ حبل لاحتمال ثقل مفروض ولا يسعنا هذا المختصر الاَّ التلميح بذلك لغاية الاختصار ومن اراد

الزيادة فليطلبها في المطوّلات

(١٥) العملية التاسعة — الانحناء — خذ جائرًا خشبيًّا عرضهُ اكثر من غلظهِ واسندهُ من طرفيهِ على سطحهِ العريض اي وهو موضوع على عرضهِ وعلق من وسطهِ ثقلاً فتراهُ ينحني واذا شددت خيطًا بين طرفيهِ وقست



شكل ٥

البعد العمودي بين وسطهِ والخيط فلك قياس الانحناء (شكل ٥) ولنفرض الثقل عشرة ارطال وقياس الانحناء قيراطًا واحدًا واذا ضعفت الثقل اي جعلتهُ عشرين رطلاً تحد قياس الانحناء قيراطين تقريبًا اي الانحناء هو بالنسبة الى الثقل تقريبًا اعني اذا ضعفت الثقل ضعفت الانحناء واذا ثلّثت الثقل ثلّثت الانحناء تقريبًا

العملية العاشرة . تم ضع الجائر بنفسهُ على حرفهِ واسندهُ وعلق عليهِ ثقلاً كما في الاول فترى انهُ لم ينحنِ الاَّ قليلاً اي في الحال الاول قاوم فعل الثقل علظُ الجائز وفي الثاني قاومهُ عرضهُ

(١٦) متانة الموادّ

اذا قصد بانٍ ان يلقي سقف بيتٍ على جوائز خشب او

حديد اوان يبني حسرًا من جوائز خشب او حديد فوق هوّةٍ او نهرٍ تراهُ يصع تلك الجوائز على حروفها لا على عروضها لعلمهِ بالامتحان انها اقوى على ذلك الوضع وامتن ولا يسوغ لهُ ان يحسر شيئًا من المتانة بالوضع غير المناسب و ينبغي على الباني ان يبني سقفًا او جسرًا او قنطرة ان يكون خبيرًا بمتانة المواد التي يستخدمها وكم تحتمل من الشدّ او الثقل او الرمس حتى لا يفرط في المواد من جهة ولا يوهن عملهُ من الجهة الاخرى

ومن المبادي التي تقررت عند علماء فن البناء بعد الامتحانات المدققة ان يُجعل السقف او الجسر او الجدار على متانةٍ هي خمسة اوستة امثال المتانة اللازمة لحمل ما يُلقى عليهِ اعني اذا عُلم انهُ لا يُلقى على جسرٍ او على سقفٍ ثقل يزيد عن ١٠٠ قنطار مثلاً ينبغي ان يُجعل ذلك السقف اوذلك الجسر على متانةٍ تحمل ٥٠٠ او ٦٠٠ قنطار وسبب ذلك هو انهُ اذا مرَّ على جسرٍ او وُضع على سطح بيتٍ حمل ثقيل ربما يحملهُ الجسر او السطح بدون ان يهبط تمامًا ولكنهُ يحط اي ينحني واذا كان خفيفًا بالنسبة الى متانة الجسر يعود الجسر الى اصلهِ بعد رفع الثقل عنهُ واذا كان مقاربًا لاقصى ما يحتملهُ ينحني تحتهُ الجسر ولا يعود الى اصلهِ تمامًا بعد رفع الثقل عنهُ ثم ان فُعل ذلك ثانيةً ينحني ايضًا ولا يعود الى ما كان عليهِ بعد رفع الثقل وعلى هذا السبق ثقلُ المتانة كل مرَّةٍ واخيرًا يهبط تمامًا و بُني على

ذلك هذه القاعدة وهي ان لا يسمح البابي بانحناء سقفٍ او جسرٍ بما يفوت درجة العود التام الى اصلهِ بعد رفع الثقل عنهُ ومراعاةً لهذه القاعدة يجعل متانة الجسر او السقف خمسة اوستة امثال ما يكفي لاحتمال اثقل ما يُرْعم انهُ يُلقى عليهِ حتى لا يخشى من فوات درجة الانحناء درجة العود التام الى اصلهِ

(١٧) العرك

اذا وضعت حمل حجارة على بورج يعسر على الغلمان جرَّهُ بسبب العرك بين البورج والارض ولو وضعت تلك الحجارة نفسها على عجلة لجرها راس خيل لتقليل العرك بواسطة العجلات ولو مشت العجلات على حديد كما في سكة الحديد لجرها رجل لسبب قلة العرك ومعنى العرك هو تلك القوة التي تقاوم تحريك ثقل على سطح ويهمّ الآلاتي كثيرًا ان يتخذ كل الوسائط الممكنة لازالة العرك اوتقليلهِ اذا لم تكن ازالتهُ ممكنة

وللعرك فوائد ايضًا كما رأينا لسائر القوات الطبيعية ولولاهُ لعسر علينا المشي اي لو زال العرك بين رجلك والارض لاصبحت مثل الماشي على الجليد الزلق وكنت في اشد خطر الزلق كل لحظة و بعض صعوبة المشي على الرمل هو لقلة العرك بسبب سهولة اراجة الرمل من تحت الارجل ولولا العرك لما قدرنا ان نمشي على سطح مائل ولا هدأ شيءٌ على سطح مائل بل

زلق الى اسفلهِ بسرعة

الفصل السادس

في خصائص المائعات

(١٨) المائعات تحافظ على اجرامها اي لا تقبل الانضغاط او تصغير الحجم

ان صُغط القطن المندوف يصغر حجمهُ حتى يُقبض بالكف على ما ملأ سلّة قبل . اما المائعات فليس كذلك ومهما ضغطتها لا يُصغر جرمها بما يُشعر بهِ

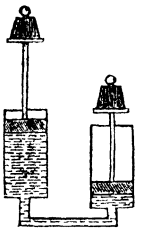
العملية الحادية عشرة . خذ اسوبة متينة مثل اسوبة حقنة معدنية واضبط اسطوانتها حتى لا يفلت الماء من جانبها واملأ الاسوبة ماء وسدّ ثقبها وحاول تنزيل الاسطوانة فتجد انك لا تستطيع ذلك بكل قوتك وربما تنفجر الاسوبة بالعنف ولا تنزل الاسطوانة اي لا تستطيع ان تصغر جرم الماء في الاسوبة حتى تنزل الاسطوانة فيها ولو وضعت في الاسوبة قطنًا او ليفًا او صوفًا لضغطتهُ اي صغرت جرمهُ بكل سهولة

قد وُجد بعد الامتحانات المدققة ان الماء ينضغط $\frac{1}{20000}$ من جرمهِ بواسطة ضغطٍ يعدل ثقل ١٥ ليبرا لكل قيراط مربع

من سطحهِ والزئبق ينضغط بذلك ٥ . . . . ،٠ من جرمهِ والايثير ينضغط بذلك ١٣٣ . . . ،٠ من جرمهِ ومتى رُفع الضغط عاد المائع الى جرمهِ الاول

(١٩) المائعات تنقل ضغطاً . اعني اذا ضُغط مائع من جانبٍ نقل ذلك الضغط الى جامدٍ متصل بجانبهِ الآخر

العملية التاسعة عشرة . خذ اسطوانتين متصلتين من اسفلهما كما في الشكل السادس واحصر فيهما ماء فان ادرلت الاسطوانة الواحدة ارتفعت الاخرى في الاسطوانة الاخرى اي نقل الماء حركة الاسطوانة الواحدة الى الاخرى واذا وضعت ثقلاً وزنهُ خمسة ارطال على



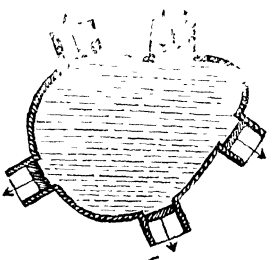
الشكل ٦

راس الاسطوانة الواحدة ومثلهُ على راس الاخرى يتوازنان ولا تتحرك احداهما

(٢٠) المائعات تضغط الى كل الجهات بالسوية اعني انها تضغط الى الاعلى والاسفل واليمين

واليسار والى كامل الجهات بقوة متساوية في الجميع

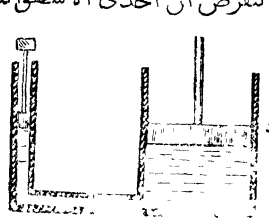
العملية الثالثة عشرة . خذ آلة ذات عدة اسطوانات كما في الشكل السابع وضع على الاسطوانة د ثقلاً وربهُ عشرة ارطال فالماء ينقل تلك القوة الى كل الجهات حتى تضغط بقوة تعدل عشرة ارطال على كل واحدة من الاسطوانات الاخرى. هذا اذا كانت سطوح الاسطوانات



شكل ٧

متساوية مساحةً وان لم تكن متساوية يتغير الفعل كما ترى من عمليَّة أُخرى

العملية الرابعة عشرة . تم لنفرض ان احدى الاسطوانتين هي ضعف الاخرى مساحةً وان وضعنا عشرة ارطال على اصغرها لا توازنها عشرة ارطال على اكبرها



شكل ٨

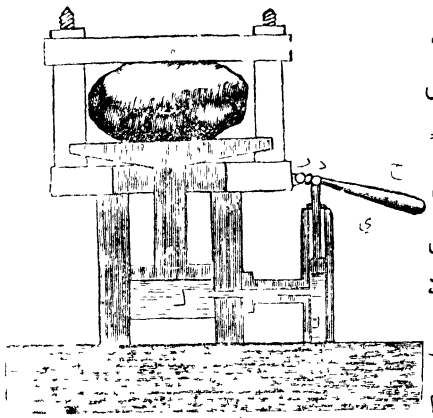
بل يقتضي ان نضع على اكبرها ٢٠ رطلاً لكي توازن عشرة ارطال على الاصغر ولو كانت الكبرى ثلاثة امثال الصغرى مساحةً

لاقتضى ٢٠ رطلاً على الكبرى لكي توازن عشرة ارطال على الصغرى ولو كانت الكبرى ستة امثال الصغرى كما في الشكل ٨ لاقتضى ستين رطلاً للموازنة

والنتيجة هي ان الضغط الاسفل على احدى الاسطوانتين يحدث ضغطًا الى الاعلى على الاخرى والضغط الى الاعلى هو بالنسبة الى مساحة الاسطوانة واذا كانت مساحة الواحدة ثلاثة امثال مساحة الاخرى يكون الضغط عليها الى الاعلى ثلاثة امثال ما على الاخرى

(٢٠) مكبس الماء

بُني على المبدا المذكور آنفًا آلة كثيرة الافادة سُميت مكبس الماء لكون الفاعل فيهِ يكبس بهِ الصوف والقطن والجذور والاقمشة فتصغر بالات او رزمًا صغيرة الحجم يسهل نقلها كما ترى في الشكل التاسع للآلة اسطوانتين



شكل ٩

براماه تتساما الى مخترعهِ وسُمي مكبس

مساحة سطح اكبرهما ك = مئة مثل مساحة سطح اصغرهما ي فاذا وضعت رطلاً على اصغرهما يضغط الاكبر بقوة مئة رطل وقس على ذلك . والامر ظاهر ان سائر اجراء هذه الآلة يجب ان تكون على غاية الضبط والمتانة لئلاَّ يفلت الماء من جوانب الاسطوانات او تنكسر بعض جدرانها فتنفجر اذ تخرج الماء من اصغر شقّ بقوة عظيمة متناسبة للضغط على الاسطوانة ولمساحة الشقّ

(٢١) سطح المائع في حالة السكون يوازي سطح الافق

اذا وُضع وعاء فيهِ ماء على سطح الارض ورُفعت نقطة من سطحهِ مثل ب شكل ١٠ فوق سائر السطح لصارت تلك النقطة على سطح مائل

شكل ١٠

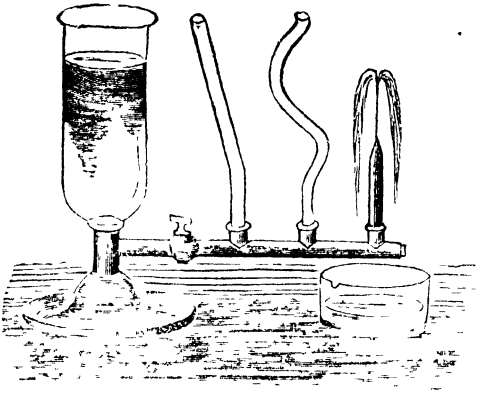
ومن سهولة حركة دقائق الماء بعضها على بعض تخدر على ذلك السطح بميل الجاذبية بها وعدم العرك بين دقائق الماء فالضرورة تصير كل الدقائق السطحية على بعدٍ واحدٍ من مركز الجاذبية اي مركز الارض واذا علقت ميزاناً مثل ثقل الريح فوق سطح

الماء تجدهُ عمودًا على ذلك السطح كما يظهر من شكل ١٠ اي على سطح الماء بعد استقرارهِ فيكون سطح الماء موازيًا سطح الافق وذلك يتضح بهذه العملية

العملية الخامسة عشرة . ضع في وعاءٍ ما يكفي لتغطية اسفلهِ ريقًا ثم علّق فوقهُ ثقل الربج فترى صورتهُ في الريق كأنها امتدّت من الثقل على استقامة خيطهِ تمامًا ولو مال الثقل اقل ميلاً على ذلك السطح لما كان على استقامة واحدة بل تكونت بينهما زاوية كما هو واضح لاقل تأمل

وعلى هذا المدا نفسهِ يكون سطح الماء في جميع الاوعية المتصلة على علوٍّ واحدٍ مهما كانت هيئة تلك الاوعية

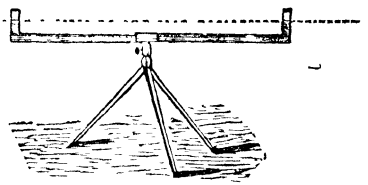
العملية السادسة عشرة . اذا صبَّ في الكاس شكل ١١ ماء



شكل ١١

ترتفع في الانابيب المتصلة بها الى علوها في الكاس لا اكثر ولا اقل ان كانت مستقيمة او عوجاء ان كانت عمودية او مائلة على سطح الافق وعلى هذا المبدا يصعد الماء في انابيب الاقنية الى علوٍّ يعدل علوهُ في المعين او الحوض الذي خرج منهُ فلا يحتاج الى آلة ترفعهُ الى علو حوضهِ ولكنهُ لا يرتفع الى اعلى من ذلك محطّ شعرةٍ الاَّ بواسطة آلة تدفعهُ

(٢٢) وعلى هذا المبدا اصطنعت آلة من آلات المساحة تُعرَف بالفادن المائي شكل ١٢ وهو انبوبة ذات ساقين على راويتين

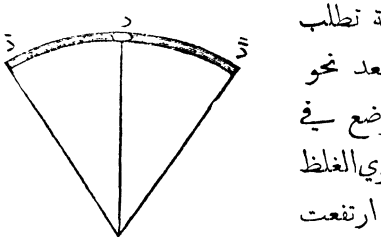


شكل ١٢

قائمتين فالامر ظاهر انهُ اذا كانت الانبوبة ا ب افقية الوضع يرتفع الماء الى علوٍّ واحدٍ في الساقين واذا مالت اقل شيء يرتفع الماء في الساق الذي نحو الطرف المنخفض وهذه الآلة تستعمل في اصطناع الاقنية والترع والسكك لاسيما السكك الحديدية اذ بها تستعلم الاماكن التي هي على علوٍّ واحدٍ

اما الفادن العرقي والفادن الريفي فعلى المبدا ان الخفيف الثقل النوعي يعوم في الثقيل الثقل النوعي وبما ان الهواء اخف من الماء فلا بد ان يعوم على سطحهِ اذا تُرك لنفسهِ الاَّ انهُ يُستخدَم

عوضًا عن الماء العرق الصرف او الزيبق في انبوبة منحنية على قوس دائرة فيها فقاعة هواء كما في شكل ١٢ فالامر ظاهر ان فقاعة الهواء في الانبوبة تطلب المحل الاعلى منها فتصعد نحو الطرف الاعلى وهذه توضع في تابوت من الخشب مستوي الغلظ فاذا ارتفع طرفٌ منهُ ارتفعت فقاعة الهواء نحو ذلك



شكل ١٢

الطرف وهكذا يُستعلَم كون السطح الذي يوضع عليهِ موازيًا لسطح الافق او مائلاً عليهِ وهذه الآلة ادق من الفادس المائي المار ذكرهُ واصط

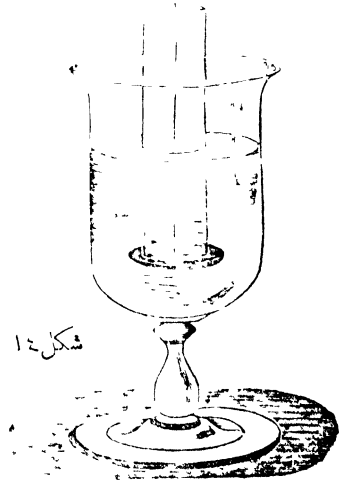
(٢٣) اذا كان للماء عمقٌ يكون الضغط على كل قسمٍ منهُ بالنسبة الى عمقهِ

الامر ظاهر انهُ في وعاء لهُ بعض العمق يحمل الاسفل كل ثقل ما فوقهُ فالقسم الذي هو تحت سطح الماء قدمين يحمل ضعف ما يحملهُ ما كان تحت السطح قدمًا واحدًا

وزن السنتيمتر المكعب من الماء المستقطر هو كرام واحد والسنتيمتر المكعب من الماء الذي هو تحت السطح سنتيمتر يحمل

ثقل كرام والدي هو سنتيمتر بن تحت السطح يحمل ثقل كرامين وقس على ذلك وهذا الضغط ينعمل الى كل الجهات على السواء اي الى فوق وتحت و يمين و يسار وذلك يتضح بهذه العملية

العملية السابعة عشرة . املأ وعاء عميقًا ماء وافتح في جانبه ثقبًا تحت سطح الماء قليلاً فترى الماء يُدفع من الثقب بقوة الى بُعد بعض القراريط . ثم افتح له ثقبًا آخر اوطأ من الاول فترى الماء يُدفع منهُ الى مسافة ابعد ثم افتح ثقبًا بقرب اسفلهِ فترى الماء يُدفع الى مسافة ابعد من مسافة الاولين . هذا من جهة الضغط الى الجوانب واما الضغط الى فوق فيتضح اذا اخذت وعاء طويلاً او اسطوانة مجوفة مفتوحة من الطرفين والصق على طرفٍ منها قطعة زجاج او توتيا وتنهما بواسطة خيط مارّ في وسط الاسطوانة كما في شكل ١٤ ثم اغمس الاسطوانة في ماء وارخِ الخيط فترى ان القطعة لا تسقط عن اسفل الاسطوانة لان ضغط الماء الى



شكل ١٤

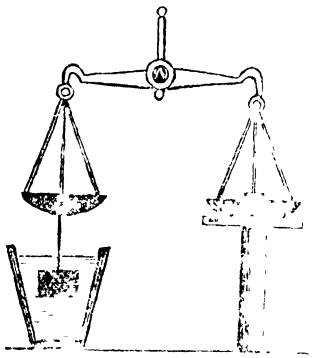
الاعلى يثبتها . ثم صبّ في الاسطوانة ماء (واذا كان ملوّنًا يكون العمل اوضح) محالما يبلغ سطح الماء فيها مساواة سطح الماء في الوعاء خارجها تسقط القطعة عن اسفلها لان ضغط الماء الى الاسفل وارن ضغطهُ الى فوق فبقيت القطعة الملتصقة خاضعة للحادثين ولكونها اثقل من الماء تسقط الى اسفل الوعاء

وشدة ضغط الماء في الاعماق يتضح لك اذا ملأت قنينة سوداء اعتيادية ماء الى تلاثة ارباعها ثم اربط بها خيطًا طويلاً وسدها بفلينة سدًّا محكمًا وغرّقها في البحر على طول الحبل وعندما ترفعها تجدها ملآنة ماء والفلينة في قلبها ودلك من قبل شدة ضغط الماء في الاعماق الى كل الجهات والامر ظاهر ان الضغط يكون بالنسبة الى كثافة السيال اي ضغط الزيق اشدّ من ضغط الماء لانهُ اكثف من الماء وضغط الكحول والايتير اخف من ضغط الماء لانهما اخف منهُ

(٢٤) العوم ونعويمَيَّة الماء . اعني بتعويميَّة الماء قوتهُ على تعويم ما يُلقى فيهِ وهي نتيجة ضغطهِ الى كل الجهات

العملية التامنة عشرة . رن جسماً صغيرًا مثل قطعة حجر

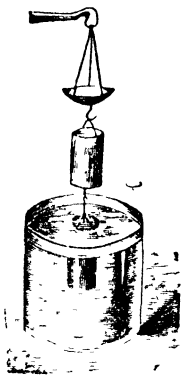
او معدن في ميزان صالح ولنفرض وزنهُ عشرين درهماً ثم زنهُ وهو في الماء بواسطة تعليقهِ بكفة الميزان كما في شكل ١٥ فالظاهر انهُ خسر كل وزنهِ لانهُ يقتضي ان توضع عشرون درهماً في الكفة الاخرى حتى يستوي الميزان و بالحقيقة لم يخسر من وزنهِ شيئاً كما يتضح من هذه العملية



شكل ١٥

العملية التاسعة عشرة . ضع وعاء ماء في كفة الميزان وعيّرهُ تماماً ثم اسقط الجسم المشار اليهِ آنفاً الذي وزنهُ عشرون درهماً في الوعاء المذكور فترى الميزان يترجح الى ذلك الجانب و يقتضي ان توضع عشرون درهماً في الكفة الاخرى لكي يستوي الميزان وهو وزن الجسم في اول الامر . اي الجسم لم يخسر وزنهُ بل هو باقٍ على ما كان عليهِ ووعاء الماء زاد وزنهُ عشرين درهماً بالقاء الجسم المذكور فيهِ . والذي صار في العملية السابقة ليس هو خسران الجسم وزنهُ بل انما حمل الماء بعض وزنهِ بقوتهِ على التعويم اي بصعودهِ الى الاعلى

العملية العشرون . خذ اسطوانة من نحاس او رصاص



شكل ١٦

او حديد مثل ا شكل ١٦ ولتكن على قدرٍ بحيث تملا السطل ب بالتمام والضبط . علق الاسطوانة من اسفل السطل ثم علقهما اسفل كفة الميزان وعيّرهما تمامًا في الهواء ثم زن الاسطوانة في الماء كما في شكل ١٦ فترى تلك الكفة قد خفّ وزنها اي الاسطوانة خسرت شيئًا من وزنها بسبب غمسها في الماء . ثم صبّ ماء في السطل حتى يستوي الميزان ايضًا فترى انهُ لم يستوِ حتى امتلأ السطل تمامًا اي اعدنا ما خسرتهُ الاسطوانة وقد فرضنا ان الاسطوانة مالئة السطل بالتمام والضبط فقد اعدنا من الماء ما يعدل حرم الاسطوانة اي خسرت من الوزن في الماء ما يعدل وزن جرمها من الماء ولنا من ذلك هذه القاعدة العامة وهي

انهُ اذا وُزن جسم في الماء يخسر من وزنهِ في الهواء ما يعدل وزن جرمهِ من الماء تمامًا

ومما تقدم ترى سبب استطاعتك ان تحمل تحت سطح الماء حجرًا لم تستطع ان تنهضهُ خارج الماء اي الماء حامل معك من

ورن المحرم ما يعدل وزن الماء الذي يشغل موضعهُ اي الدي يعدل حرمهُ

(٣٥) افرض انهُ في وعاء ماء متل حوض جمد مقدار ذراع مكعّب من الماء وافرض انهُ بقي على كتافتهِ وحرمهِ وسائر صفاتهِ الاَّ السيولة فالامر ظاهر ان هذا الجمود لا يُغيّر شروط الموازنة وان لم يحرّك القسم الجامد محرّكٌ يبقى في موضعهِ عائمًا في وسط الوعاء والجاذبية تجذبهُ بالنسبة الى جرمهِ ولكنهُ باقٍ في موضعهِ بفعل قوة مصادّة الجاذبية تعدلها وهي ضغط الماء الدي هو عائمٌ فيهِ اي قوة المائع التعويميَّة توازن ورن حرم معموس فيهِ اذا كانا على كتافة واحدة ولكن اذا كان الجسم المعموس اكثر كتافة من الماء لا يخسر كل وزنهِ فيهِ بل يبقى بعضهُ فيغرق

العملية الحادية والعشرون . خذ قطعةً من الخشب وثقّلها بالرصاص حتى يعدل وزنها ورن حرم من الماء يعدل حرمها ثم ألقِها في الماء فترى انها لا تعوم ولا تغرق بل تبقى على الوضع الدي تصعها عليهِ كأنها عديمة الورن

ثم ربما يقول قائل اذا كان حسم اثقل من الماء خسر كل وزنهِ فيهِ فهل حسمٌ اخفّ من الماء يخسر اكثر من وزنهِ أليس ذلك محال

العملية الثانية والعشرون . خذ قطعة من الفلين او من الخشب اليابس وهو اخف من الماء جرمًا لجرم وألقِها في الماء

فترى ان بعضها تحت سطح الماء و بعضها فوق سطحهِ فيغرق منها مقدار يعدل حرمًا من الماء وزنهُ يعدل وزن الخشبة ولنفرض ان الخشبة مكعبة وان كثافتها ٨٠. كثافة الماء فاذا ألقيتها في الماء يغرق منها ثمانية اعشار اي مقدار الماء الذي تشغل موضعهُ يعدل وزن الكعب كلّهِ

ان السمك في الماء تارةً يعوم بقرب سطح الماء واخرى يغرق الى الاعماق وذلك بواسطة كُوَيس ملآن هواء في بطن السمكة تستطيع ان تضغطها وان ترخيها فاذا ضغطتها صارت كثافتها اكثر من كثافة الماء بالنسبة الى حرمها فتغرق و بالعكس اذا ارختها

(٣٦) الكثافة النسبيَّة . الثقل النوعي

قد تعلمت ما هو معنى الثقل النوعي من الجزء الاستفتاحي نمره ٣٠ اي انهُ دال على كثافة جسم بالنسبة الى كثافة جسم آخر

العملية الثالثة والعشرون . حد قطعة من الذهب ولنفرض ان وزنها ١٩ قمحة ثم زنها في الماء فتجد وزنها ١٨ قمحة اي خسرت قمحة وهذه الخسارة تماثل وزن جرم من الماء يعدل جرم الذهب اي وزن جرم من الماء الذي يعدل حرم الذهب هو قمحة واحدة وكان وزن الذهب ١٩ قمحة فوزن جرمٍ ما من الذهب يعدل

١٩ مرة حرمهِ من الماء فنقول ان ثقل الذهب النوعي هو ١٩ وهذه النتيجة هي هي مهما كان جرم الذهب اي ورنهُ ١٩ مرة وزن ما يعدل حرمهُ من الماء فلو اتانا احدٌ بقطعة مصكوكة كليرا متلاً وهي مطلية ذهبًا بالقصد ان يغشنا بمنحها على المدا الماضي ذكرهُ فادا وجدنا ان وزنهُ لا يعدل ١٩ مرة وزن حرمهِ من الماء عرفنا انهُ ليس ذهبًا

ان كيفيَّة استعلام الكتافة النسبيَّة او الثقل النوعي منسوب الى الفيلسوف ارخميدس منذ ٢٠٠٠ ومما يُحكى في ذلك ان هيرون ملك سرقوسة سلم الى صائغ مقدارًا من الذهب ليصيغهُ لهُ تاجًا ولما احضر الصائغ التاج خامر الملك شك من جهة نقاوة ذهبهِ ورعم ان الصائغ سرق بعض الذهب وعوَّض عنهُ بفضَّة ولما احتار في هذا الامر استعان بالفيلسوف المشار اليهِ فاخذ يتفكر بشان مسئلة الملك وبينما كان ذات يوم في الحمام اعتبر خفَّة جسمهِ في الماء بالنسبة الى ثقلهِ في الهواء فلاح لهُ بالحال كيفية حل المسئلة ومن فرحهِ خرج من الحمام وهو عريان صارخًا وجدتها وجدتها ثم ذهب الى بيتهِ واخذ قطعة من الذهب علمها خالصة ووجد انها خسرت في الماء ١٩/١ من وزنها في الهواء فعلم ان الذهب ١٩ مرة وزن الماء جرمًا لجرم ثم امتحن تاج الملك على هذه الكيفية فوجد انهُ خسر في الماء اكثر من ١٩/١ من وزنهِ فتحقق انهُ ليس ذهبًا خالصًا بل محلوطًا

ألقِ حبة عنب في قدح شمبانيا فتغرق الى اسفلهِ ثم بعد قليل تجتمع فقاقيع حامض كربونيك على الحبة فتزيد جرمها ولا تزيد كثافتها الى ان تعوم الحبة ثم اذا بعضها تعود تغرق كالاول وتعود الفقاقيع تجتمع عليها فتعوم ويمكن ان يكرَّر العمل حتى يفقد كل عار الحامض الكربونيك من الشمبانيا

(٢٧) القوة التعويميَّة لمائعات غير الماء

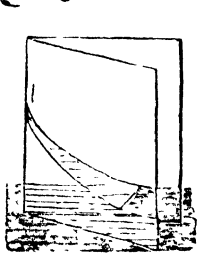
لكل مائع قوة تعويميَّة مختصة بهِ وهي بالنسبة الى كثافة المائع نفسهِ اي كلما زادت كثافتهُ زادت قوتهُ التعويميَّة ومن المائعات التي قوتها التعويميَّة اضعف مما للماء الكحول والبترين ومن المائعات التي قوتها التعويمية اقوى مما للماء الزئبق والحامض الكربونيك والماء المالح . ألقِ قطعة حديد في وعاء زيبق تراها تعوم فيهِ اي الحديد اخف من الزيبق جرمًا لجرم واما الذهب فيغرق فيهِ والزيبق ١٣½ مرة اثقل من الماء جرمًا لجرم واما الذهب فقد رأينا آنفًا انهُ ١٩ مرة اثقل من الماء جرمًا لجرم . اما ماء البحر فيعوّم ما لا يعوّمهُ الماء العذب وماء بحرة لوط من زيادة كثافتهِ يعوّم الانسان حتى لا يستطيع ان يغرق فيهِ وذلك من كثرة المواد المالحة الذائبة فيهِ

(٢٨) الجاذبيَّة الشعريَّة

قد قلنا سابقًا ان الماء لا يرتفع في وعاء فوق مساواة سطحهِ خارج الوعاء ويُستثنى من ذلك الانابيب الدقيقة جدًّا المسماة انابيب شعريَّة لدقتها

العملية الرابعة والعشرون. خذ قطعة من اسوبة ترمومتر مكسور واغمس طرفها في ماء عموديًّا فترى الماء يصعد في الاسوبة الى فوق مساواة سطحهِ خارجها اوخذ لوحي رجاج واجعلهما متلامسين من ضلعٍ منهما ومفرقين بغلظ ورق الكتابة من الضلع المتقابل وعلى هذا الوضع اغمسهما في الماء فترى الماء يصعد بين اللوحين الى فوق مساواة سطحهِ من الخارج وكلما كان البعد بين اللوحين اقل صعد الماء اكثر فتراهُ بين اللوحين على خط منحنٍ كما في شكل ١٧

ومن امثلة الجاذبية الشعريَّة فعل فتيلة من القطن والاسفنج والسكر والقرطاس النشاش اذا غُمس طرف منها في الماء فانهُ يكاد يصعد الى اعلاها بالجاذبية المشار اليها لكون مساماتها انابيب شعرية دقيقة متصلة



شكل ١٧

(٢٩) اندُسموس واكسُسموس

بين هذين الفعلين والحاذية الشعرية مشابهة حتى اقتضى ذكرهما في هذا المحل ومن امثلتهما انهُ اذا وُضع شراب في وعاء هو كيس من الرق او من متانة حيوان بعد نفخها ورُبط عليهِ رباطًا متينًا ثم أُلقي في ماء تجد بعد مدة ان كمية السيال داخل الكيس قد زادت وان بعض الشراب قد خرَج وامتزج بالماء ومرور الماء الى الداخل سُمي اندُسموس ومرور الشراب الى الخارج سمي اكسُسموس وهاتان القوتان او هذان الوعان من الحاذية الشعرية يعلل بهما عن عدة افعال حيوية كما ستعلم في محلهِ ولا يسعنا هذا المقام غير الاشارة اليهما

الفصل السابع

في خصائص الغازات

(٣٠) ضغط الهواء

اما عائشون في قعر اوقيانوس سيال معدل عمقهِ على الاقل مئة مثل عمق اوقيانوس الماء الغامر الكرة الارضية وهذا السيال العاري اعني الهواء الكروي مزيج في كل ١٠٠ جزء منهُ ٢١ جزءًا من الاكسجين و ٧٩ جزءًا من النيتروجين ما عدا المواد العرضية الموجودة فيهِ على كميات غير ثابتة منها الحامض الكربونيك وبخار الماء وغاز الامونيا

قد رأينا في ما تقدم ان جاذبية الالتصاق بين دقائق المائعات موجودة ولكنها ضعيفة واما الغازات فقد زالت منها تلك الجاذبية ولم يبقَ منها شيء بل اتى عوضًا عنها قوة دافعة الدقائق بعضها عن بعض حتى ان كمية جزئية من الغاز تملأ اي وعاء وُضع فيهِ مهما كان واسعًا

اذا وضعت وقية ماء في وعاء سعتهُ وقية يملأهُ تمامًا ويلامس كل حدرانهِ واذا وضعتهُ في وعاء يسع وقيتين يملأ نصفهُ فقط ومهما خضختهُ وهززتهُ لا يشغل اكثر من نصف الوعاء ولكن

اذ وصعت قليلاً من الغاز في اي وعاء كان يملأهُ اي دقائق الغاز تتمدد وتبعد بعضها عن بعض وتنتشر حتى تملأ الوعاء كلهُ

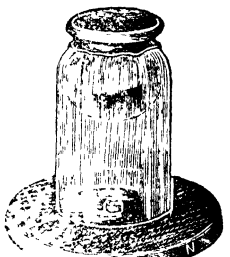
(٤١) لاجل امتحان خصائص الهواء نحتاج الى آلة بها يُستخرج الهواء من وعاء عند الحاجة وسميت مفرّغة الهواء وسوف يأتي التعليل عنها

العملية الخامسة والعشرون . صع كيسًا صابطًا فيهِ هواء تحت قائلة على صحن مفرّغة الهواء فما دام الهواء الكروي محيطًا بالكيس يبقى على حالهِ كما ترى ثم لمفرغ الهواء من القائلة فترى الكيس بالحال يأخذ بالانتفاخ لان الهواء الذي كان محيطًا بهِ قد ذهب والهواء الذي في الكيس يطلب ان يملأ الفراغ الصادر عن استخراج الهواء من القائلة وكلما ردت في استخراج الهواء من القائلة زاد انتفاخ الكيس ثم افتح حنفية المفرغة حتى يعود الهواء الى داخل القائلة فالحال يعود الكيس الى ما كان عليهِ

لو ضغطت الهواء الذي في الكيس في مكبس لصغر حرمهُ كثيرًا عما هو عليهِ ثم عند رفع الضغط يعود الى حالهِ وهذه الخاصة اي قبول الضغط والعود وقبول التمدّد والعود سُميت مرونة وقد تعلمت من الجزء الاستفتاحي نمره ٤٢ و ٤٣ ان السيالات المرنة قد انقسمت لاجل سهولة الوصف الى قسمين غازات وابخرة اما الغاز فهو ما كان غازًا على حرارة الهواء الاعتيادية واما

البخار فهو ما كان جامدًا او مائعًا على حرارة الهواء الاعتيادية وانما تحوَّل بخارًا بزيادة الحرارة

العملية السادسة والعشرون . هي عكس العملية السابقة اي صع على صحن مفرغة الهواء قائلة مربوط رقٌ على طرفها الاعلى المفتوح شكل ١٨ واستخرج الهواء منها فترى الرق يضغط الى الداخل بضغط الهواء عليهِ من الخارج وادا ردت الاستفراغ



شكل ١٨

يتمزق الرقُ بشدة ضغط الهواء الخارجي عليهِ الطالب ملأ الخلاء الحاصل من استفراغ الهواء من داخل القائلة

(٣٢) وزن الهواء

من خاصة الهواء المار ذكرها يتضح سبب عسر استخراج كل الهواء من وعاء اعني اذا استخرجت ٩٩/١٠٠ منهُ يتمدد الجزء ١/١٠٠ الباقي حتى يملأ الوعاء وادا استخرجت ٩٩٩/١٠٠٠ فالجزء ١/١٠٠٠ الباقي يملأ الوعاء غير انهُ بواسطة آلة ضاطة تستطيع على استخراج اكثرهِ حتى يقل الباقي الى كمية لا يعتدُّ بها

العملية السابعة والعشرون . خد وعاء نحاسيًّا ذا حنفية كما

في شكل ١٦ وزنهُ بالتدقيق ثم ركبهُ على مفرغة الهواء واستخرج الهواء منهُ ثم زنهُ ايضاً فتجدهُ وهو فارغ اخف مما كان وهو ملآن هواء وهذه العملية تثبت لنا كون الهواء ذا وزن بل كل الغازات لها وزن والجاذبية تفعل بها وذلك الفعل هو علة ورنها غير ان بعضها اثقل من البعض

شكل ١٩

العملية الثامنة والعشرون . ضع في كفة الميزان علبة خفيفة وزنها بالتدقيق وهذا الوزن عبارة عن ثقلها وهي ملآنة هواء . ثم املأها غاز الحامض الكربونيك وهي على كفة الميزان كما تعلمت من الجزء الثاني نمره ٤٧ فترى ان العلبة قد ترجحت اي زاد وزنها وذلك لان غاز الحامض الكربونيك طرد الهواء منها واشغل موضعهُ وهو اثقل من الهواء . اما الهيدروجين فهو اخف الغازات كما يتضح من هذه العملية

العملية التاسعة والعشرون . اقلب العلبة اي اجعل اعلاها اسفلها ثم استلق فيها غاز الهيدروجين كما تعلمت من الجزء الثاني نمره ٢٧ فترى انها قد خف وزنها وترجحت الكفة الاخرى ولكنها لم تبلغ درجة الفراغ في الحفنة

يتضح مما تقدم ان الغازات خاضعة لفعل الجاذبية مع ان

دقائقها يدفع بعضها البعض حتى تملأ الوعاء الذي وُضعت فيهِ ولا يُخشى انها تفلت من الجاذبية فتهرب عن الارض الى الفلاء والهواء الكروى خاصةً خاضع لجاذبية الارض وجاذبية القمر مثل ماء البحر وفي قعر هذا الاوقيانس الهوائي تحرك ونحيا وفي هذا الاوقيانس الهوائي نطير الطيور كما تسبح الاسماك في البحر المائي

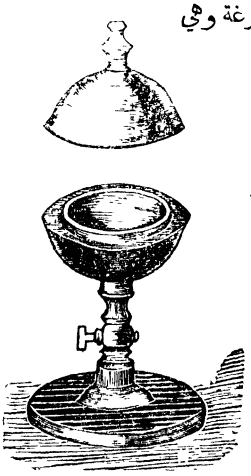
قد تقدم نمرة ٢٢ ان الماء يضغط الى كل الجهات وان مقدار الضغط هو بالنسبة الى العمق واذا كان الهواء مثل الماء من حيثية الضغط يقتضي ان يكون ضغطهُ على سطح الارض اشد مما هو في طبقات الجوّ العالية وهو كذلك وستأتي البراهين على ذلك في محلها

وربما يقول قائل اذا كان ضغط الهواء علينا بكل ثقلهِ فلماذا لا نشعر بذلك ولا نحس بحملٍ ثقيل على اكتافنا فاقول ذلك لان الضغط متساوٍ الى كل الجهات الى الاعلى والى الاسفل والى الاجناب بالسوية فترى قطعة قرطاس او ريشة او جسماً آخر خفيفاً لا يتمكن على سطح الارض بضغط الهواء عليهِ لانهُ ضاغطهُ الى كل الجهات فيتحرك بسهولةٍ غير ان ضغط الهواء على كل الاجسام يوضح بكل سهولة

العملية الثلثون . ضع قارورة فارغة على صحن مفرغة الهواء وقبل استخراج شيءٍ من الهواء الذي فيها زحرحها من جانب الى جانب فتتزحزح بكل سهولة ثم استخرج بعض الهواء منها ثم

حاول رفعها او اراحتها ترى انها لا تُرفع ولا تُزاح كانها قد تسمرت على بلاطة المفرغة وذلك من ضغط الهواء الخارجي عليها . افتح الحنفية ودع الهواء يدخل اليها فتُقام او تُراح بسهولة كما في الاول وذلك برهان على ان تمكيمها كان من قبل ضغط الهواء عليها من الخارج

العملية الحادية والثلثون - ان أُتوفاك كوُيَريكا من مدينة مجدبرج استنبط بصفي كرة نحاسية شكل ٣٠ بحيث ينفصلان او يلتصقان حتى تصيرا كرةً كاملة فارغة وهي مصطنعة بحيث تتركب على مفرغة الهواء ألصق نصفاً بنصف تركها ينفصلان بكل سهولة ثم الصقهما وركبهما على مفرغة الهواء واستخرج منها الهواء من داخل الكرة وعند ذلك لا يستطيع رجلان ان يفصلاها ولو شدًّا بكل بساطهما وذلك من ضغط الهواء الخارجي على سطح الكرة وكان قطر الكرة التي صنعها فان كوُيَريكا ٦٥ سنتيمترًا والضغط عليها ٢٤٣٨ كيلو كرام وعلق بالنصفين اربعة روؤس خيل فلم تقدر على فصلهما



(٣٢) اذا كان الهواء سيّالاً وله وزن فلا بدَّ من ان

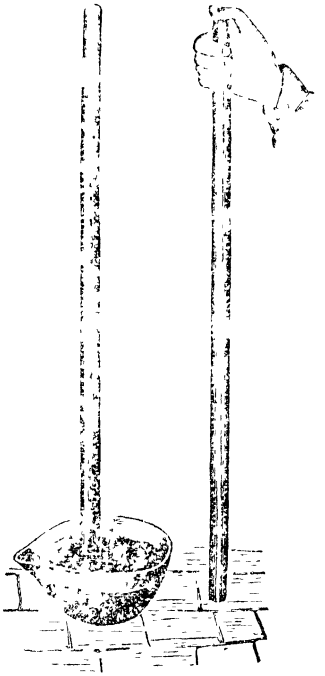
تكون لهُ قوة تعويمية مثل الماء و بالفعل لهُ هذه القوة ولكنها اضعف من قوة الماء التعويميَّة وكل مادَّة اخف من الهواء يطلب الصعود الى سطحهِ كما ان كل مادة اخف من الماء اذا أُغرق يطلب الصعود الى السطح و يتضح ذلك اذا ملأت كيسًا عار الفحم او هيدروجين لان عار الفحم اخف من الهواء حرمًا لحرم والهيدروجين اخف من عار الفحم جرمًا لجرم وعلى هذا المبدا تصطنع المركبة الهوائية المعروفة بالبلون

(٣٤) البارومتر

اول من اخترع آلة لاجل قياس ضغط الهواء هو رجل ايطالياني اسمهُ تورِ يشلّي تلميذ جليليو وقبل ايامهِ كانوا قد لاحظوا ان طلمبا الماء ترفع الماء نحو ٣٠ قدمًا وان الماء لا تصعد في الطلمبا اكثر من ذلك مهما كان طولها ومهما بالغوا في تشغيلها وضبطها وعلَّلوا عن ذلك بقولهم ان الطبيعة تكره الخلاء والامر ظاهر لاسبط العقول ان هذا التعليل قاصر ولا يُعدّ تعليلاً واما تور يشلّي فرأى ان صعود الماء الى اسوبة الطلمبا هو من قبل استخراج الهواء من داخلها ثم ضغط الهواء الخارجي على سطح الماء ورأى انهُ اذا كان ذلك صحيحًا يصح في مائع اثقل من الماء ايضًا وان ذلك المائع الثقيل لا يصعد الى درجة ما يصعد اليها الماء وان صعودهُ يكون حتى يوازن العمودُ داخل الانبوب ضغطَ الهواء

خارجهُ . قال اذا كان ضغط الهواء يرفع الماء ٣٣ قدماً يقتضي ان يرفع الزيبق تلاثين قيراطًا او ٧٦٠ ملليمترًا لان الزيبق اثقل من الماء على هذه النسبة وكان امتحانهُ هذا الامر على هذه الكيفية

العملية الثانية والثلثون . خذ انبوبة زجاجيَّة طولها ٣٠ قيراطًا مسطومة من الطرف الواحد ومفتوحة من الطرف الآخر واملأها زيبقًا وسد الطرف العاوي باصبعك ثم اقلب الانبوبة واغمس الطرف المفتوح في صحن زيبق كما في شكل ٢١ فترى الزيبق قد هبط قليلاً في الانبوبة حتى بقيت فسحة فوق سطحهِ خالية اي ضغط الهواء على سطح الزيبق ليس بكافٍ



شكل ٢١

لانهاص عمود الريق الى اعلى الاسوبة ولكنهُ كافٍ لانهاضهِ الى علو ٢٨ قيراطًا او ٧٦٠ ملیمترًا الاں ٢٢ قدمًا – ٢٨ قيراطًا × ١٣٫٦ والريق اثقل من الماء ١٣٫٦ مرة والمسحة فوق سطح الريق في الاسوبة فارعة فراعًا تامًا وسعي الفراع التوريشلي نسبةً الى توريشلي المشار اليهِ وليس لما سيل لاحدات خلاء او فراع اتم من دلك وهذا مبدأ البارومتر المعول عليهِ لاجل قياس ضغط الهواء

(٣٥) تم اں پاسكال تقدم في البرهاں خطوة احرى وتمّت راي توريشلي اتمامًا لا يقبل الفساد قال اذا كاں علو الريق في الاسوبة متوقفًا على ضغط الهواء على سطحهِ في الوعاء فالامر ظاهر انهُ اذا نُقل الى موضع مرتفع يهبط الريق بالنسبة الى الارتفاع لانهُ كلما ارتفع قصر عمود الهواء وخف ضغطهُ فقل الآلة الى راس جبل فكاں كما قدّر اي هبط الريق في الاسوب وظهر التعليل الحقيقي عن سبب ارتفاع سيال في اسوب أُخرج الهواء منهُ وسبب وقوفهِ على علو معروص حتى لا يمكن اصعادهُ اكثر من ذلك بواسطة ضغط الهواء

(٣٦) اذا عرفت درجة علو الريق على شاطئ البحر وعرفت كم يهبط كلما ارتفع مئة قدم يمكنك ان تستعلم علو جبل بواسطة هبوط البارومتر اذا نُقل الى قمتهِ لاں عمود الهواء اذا كنت على شاطئ البحر يوازن عمود من الريق علوهُ ٣٠ قيراطًا

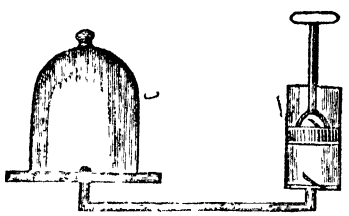
او ٧٦٠ ملیمترًا واذا صعدت الى راس جبلٍ عالٍ يكون عمود الهواء قد قصر بمقدار علو الجبل فيحسر شيئًا من ضغطهِ حتى يوازن عمودًا من الزيبق علوهُ ٢٥ قيراطًا مثلاً

ومن فوائد البارومتر ايضًا الاستدلال على احوال الجوّ اي العلم بان هبط الزيبق يدل على تخفيف ضغط الهواء وذلك يستدعي عالبًا اشتداد الرياح وحدوث الانواء واذا ارتفع يدل على ثقل الهواء وزيادة ضغطهِ وذلك يدل عالبًا على السكون والصحو

وقد اصطنعت انواع شتى من البارومتر منها ما يصلح للثبوت في موضعٍ واحدٍ ومنها ما يصلح للنقل من موضع الى آخر ولكنها جميعها مبنية على مبدا ضغط الهواء اما على سيال واما على معدن ولا يسعنا هذا المختصر حتى بمدّ الشرح في هذا الشان

(٢٧) مفرغة الهواء . طلمبة الهواء

كيفية فعل هذه الآلة تتضح من الشكل الثاني والعشرين وهي صحن او بلاطة نحاسية تقف عليها قارورة ب ومن البلاطة اسوبة متصلة باسوبة ذات اسطوانة ا ضابطة فيها وفي اسفلها مصراع د فاتح الى الاعلى وفي الاسطوانة مصراع ر



شكل ٢٢

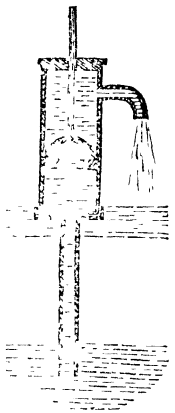
فاتح الى الاعلى ايضاً والامر ظاهر انهُ اذا أُرسلت الاسطوانة يطبق المصراع الاسفل و يفتح المصراع الاعلى حتى يخرج الهواء الذي بينهما ثم عند سحب الاسطوانة الى فوق يطبق الاعلى يضغط الهواء الخارجي و يفتح الاسفل ويخرج الهواء من ب لكي يملأ الخلاء الحادث بين المصراعين برفع الاسطوانة ثم عند تنزيل الاسطوانة ايضاً يطبق الاسفل و يفتح الاعلى ويخرج الهواء الذي بينهما وكلما تكرر العمل يخرج شيء من الهواء الذي في القابلة حتى لا يعتدّ بالباقي ولا يُخرَج كلهُ بسبب مرونتهِ كما تقدم . وقد استنطوا اشكالاً كثيرة لهذه الآلة غير ان مبدأ الجميع واحد وهو كما اوضحنا آنفاً

ولنفرض ان سعة القابلة اربعة امثال سعة الاسطوانة ذات الاسطوانة وان في الوعاء كلهِ ١٠٠ سنتيمتر مكعب من الهواء فيكون ٨٠ منها في القابلة و ٢٠ في الاسطوانة عند رفع الاسطوانة الى اعلى الاسطوانة وعند تنزيل الاسطوانة يكون تلك العشرون جزءاً قد خرجت الى الهواء الخارجي ويبقى في القابلة ٨٠ ثم عند رفع الاسطوانة تخرج ١٦ جزءاً من القابلة و يبقى فيها ٦٤ جزءاً وتلك الاجزاء الستة عشر تخرج الى الهواء الخارجي عند تنزيل الاسطوانة . في المرة الاولى قلّ الهواء في القابلة على نسبة ٪ اي ١٠٠ × ٪ = ٨٠ وفي الثانية ٨٠ × ٪ = ٦٤ وفي الثالثة ٦٤ × ٪ = ٥١٫٢ وهلمَّ جرًّا وعلى هذا النسق لا يخرَج الهواء كلهُ

من القابلة ولكن العمل ينتهي فعلاً عند تلطف ما بقي من الهواء في القابلة بحيث لا يكفي ضغطهُ لرفع المصراع الاسفل عند انهاض الاسطوانة الى اعلى الاسوبة

(٣٨) طلنبا الماء المنهضة

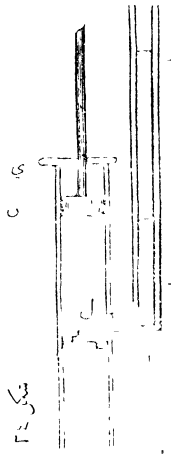
قد تقدم ان ضغط الهواء يوازن عمود من الزيبق طولهُ نحو ٣٠ قيراطًا ويوازن عمودًا من الماء طولهُ نحو ٣٠ قدمًا لان الماء اخف من الزيبق حرمًا لحرم وعلى هذا المدا اصطنعت الآلة المستخدمة لرفع الماء المعروفة بالطالما الرافعة او المنهضة وهي تتصح من الشكل الثالث والعشرين. لها اسوبة بارلة الى الحوض او البئر التي فيها الماء وعلى راس الاسوبة مصراع فاتح نحو الاعلى ثم اسطوانة ضابطة لها ايضاً مصراع فاتح نحو الاعلى ولا فرق بينها وبين مصراع الهواء من جهة التكوين.



اذا أُرسلت الاسطوانة فالضغط يطبق المصراع الاسفل والهواء الذي بين المصراعين يخرج من المصراع الاعلى ثم اذا رُفعت الاسطوانة يطبق المصراع الاعلى بضغط الهواء عليهِ ويتكوَّن خلاء بين المصراعين فيصعد الماء بضغط الهواء الخارجي على

١٧٣٣١

سطحهِ في البئر ثم عند تنزيل الاسطوانة ايضًا يطابق المصراع الاسفل ويملت الماء الذي بينهما من المصراع الاعلى حتى يصير فوق الاسطوانة وعند انهاضها ينهض حتى يخرج من الصندوق وهلمَّ جرًّا. غير انهُ لا يحدث ذلك الا عندما يبلغ الماء علو ٣٠ قدمًا لان عمود الهواء لا يوازن عمودًا من الماء اعلى من ٣٠ قدمًا ولو اخذت انبوبة من الزجاج دقيقة طولها ٣١ قدمًا وغمست طرفًا منها عموديًا في ماء ومصصت هواءك من الطرف الآخر يصعد الماء فيها الى علو ٣٠ قدمًا لا اكثر على شرط وضع الانبوبة عموديًا واما وضعتها مائلة بحيث لا يكون الطرف الواحد اعلى من التالي اكثر من ٣٠ قدمًا عموديًا يصعد الماء فيها اذا تفرغ الهواء منها بالمص مهما كان طولها



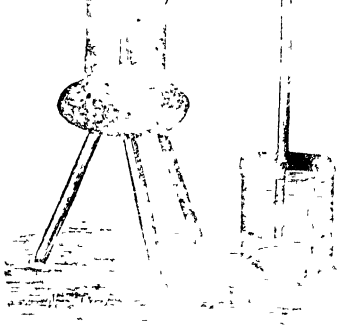
(٢٩) اذا قصدت رفع الماء الى علو فوق ٣٠ قدمًا يقتضي ان تضيف الى الطلمبة المبهصة قوةً دافعة كما في شكل ٢٤ ترى المصراع الاعلى ممكنًا في الاسطوانة عوضًا عن كونها في الاسطوانة كما في الطلمبة المبهصة فعند رفع الاسطوانة يصعد الماء الى فوق المصراع الاعلى ويملأ المسحة بينها وبين الاسطوانة ثم عند تنزيلها يطابق المصراع الاعلى وينسدُّ

على الماء كل باب للابعلات من الاسفل فيندفع الى الانبوب الجانبي واذا تكرر العمل يُرفع الى اي علوّ شئت ويُمنع رجوعهُ بالمصراع ل الموضوع عند متصل الانبوبة الجانبيّة بالاخرى ويفتح الى الخارج

اذا تُرِكت الطلسة مدة بدون استعمال ربما يجف الجلد الملفوف على الاسطوانة او المصطعة مدة المشاريع فيقتضي صبّ قليل من الماء في الانبوب حتى تبتل الاسطوانة والمشاريع فتنبسط

(٤٠) المصّ

مبدأهُ فعل الجاذبية وضغط الهواء وهو انبوبة عكمائية ساقٌ مدة اطول من الساق الآخر كما ترى في الشكل الخامس والعشرين املأ الانبوبة ماء او من السيال الذي تريد نقلهُ من وعاء الى وعاء آخر وسدّ طرفيها سدًّا محكمًا ثم اغمس طرف الساق القصيرة في الوعاء المطلوب



شكل ٢٥

تفريغهُ واجعل الطرف الآخر فوق وعاءٍ آخر يُفرَّغ فيهِ ثم عند فتح الطرفين يأخذ الماء يجري من الساق الطويلة حتى يفرغ الوعاء الذي فيهِ الساقُ القصيرة تمامًا ولا يذكرهما التعليل عن هذا العمل بل نترك ذلك لفطنة الطالب الحاذق

يصنع مص من شلة خيطان وخصلة من خيوط الغزل غير شديدة الفتل اذا أُدخل طرف منها في وعاء وتدلى خارج الوعاء قسمٌ اطول من الذي داخل الوعاء ونترك التعليل عن ذلك ايضًا لفطنة الطالب

(٤٠) بعض الاجسام و بعض المائعات تمص الغازات وتحفظها على كميات مختلفة مثال ذلك الفحم فانهُ يمص جاسًا من عدة غازات اذا عُرِضت لهُ ولذلك تصلح بهِ الروائح الفاسدة لانهُ يمص الغازات التي منهـا تلك الروائح والماء يمص الحامض الكربونيك واذا مص منهُ جاسًا وافرًا سُمي ماء الصودا لانهُ اصطُنع اولاً من كربونات الصودا واذا مص جاسًا من غاز الامونيا فهو ماء الامونيا واذا مص جاسًا من غاز الحامض الهيدروكلوريك فهو الحامض الهيدروكلوريك المائي

الفصل الثامن

في الاجسام المتحركة

(٤١) النشاط

ذُكر في الجزء الاستفتاحي نمره ٢٥ ان نشاط جسم متحرك يقاس بالشغل الذي يستطيع ان يعمله في وقتٍ معروض وذُكر في اول هذا الجزء نمره ١ بعض الامور المتعلقة باحوال الاجسام بين حركة وسكون وحرارة وبرد اي ان الطبيعي يعتبر احوال الاجسام وفعلها من حيثية كونها متحركة او ساكنة حارّة او باردة وانها قد تكون كثيرة النشاط مثل القسلة المتحركة المندفعة من مدفع او الحجر الساقط عن شاهق او عديمة النشاط مثل القسلة المرمية على وجه الصحراء او الحجر المستند على الارض

لاجل سهولة الدرس والامتحان والوصف يُقسم النشاط اي القوة الى ثلاثة اقسام كبرى وهي

(١) نشاط الحركة الظاهرة مثل نشاط قسلة مندفعة من مدفع ونشاط الريح اي الهواء المتحرك ونشاط الماء الجاري ونشاط خفي كالنشاط المختبي في صهريج ماء وفي قوس موتورة وربرك ساعة وحجر مسود على حافة هوّة

(٣) نشاط الحركة المحلية كما يظهر في احالة الماء بخارًا بواسطة الحرارة ونشاط الاهتزاز كما في اهتزاز الهواء المحدث صوتًا او اهتزاز تلك المادَّة المالئة الكون التي يحدث من اهتزازها نور او حركة دقائق الاجسام بعضها على بعض تلك الحركة السريعة المحدثة حرارةً

(٣) النشاط الكهربائي والنشاط الكيمي ولا يسعنا هذا المختصر ان نذكر هذه الاقسام بالتفصيل بل نذكر عنها ما يدل على اعتبارها في الطبيعة وما يغري الطالب في طلب معرفتها باكثر تدقيق

(٤٣) قياس النشاط هو التنبل المعمول به او المستطاع به

الرجل النشيط هو الذي طابت نفسهُ العمل او القادر على عمل والمادَّة النشيطة هي القادرة على عملٍ ونقيس النشاط بالعمل الذي تنمهُ . مثالهُ من حمل حملاً ربع ساعة يعمل عملاً وهو ذو نشاط ومن حمل ضعف ذلك الحمل ربع ساعه كان نشاطهُ ضعف نشاط الاول ومن حمل ضعفهُ نصف ساعه كان نشاطهُ اربعة اضعاف نشاط الاول ومن رفع ثقلاً قدمًا واحدًا عمل عملاً ومن رفعهُ قدمين عمل ضعف شغل الاول ومن رفعهُ ثلاثة

اقدام فتلاتة امثال الاول . ورفع رطلين قدمًا يستلزم ضعف النشاط الذي يستلزمهُ رفع رطل واحد قدمًا فاذ ضربت عدة الارطال في عدة الاقدام التي رفعتها فلك عبارة عن الشغل المعمول

تم لنفرض مدفعًا مدارًا فوهُ الى فوق عموديًا وانهُ رمى قنبلةً وزنها ١٠٠ وقية بسرعة علمت الحاذبية حتى انتهت الى علو ١٠٠٠ قدم فلما عادت ساقطةً فلما ١٠٠ × ١٠٠٠ = ١٠٠٠٠٠ عبارة عن نشاطها اي نشاط كافٍ لرفع ١٠٠٠٠٠ وقية قدمًا

تم لنفرض زيادة البارود في المدفع حتى يدفع القنبلة بسهام زيادة السرعة حتى تبلغ ١٥٠٠ قدم علوًا فلمًا ١٠٠ × ١٥٠٠ = ١٥٠٠٠٠ اي كلما زادت السرعة زاد العلو الذي تبلغهُ القنبلة وتلك عبارة دالة على زيادة الشغل وبالنتيجة الضرورية على زيادة النشاط

(٤٢) نشاط جسم متحرك هو متناسب الى مربع سرعتهِ

اي اذا ضعفت سرعتهُ ردت نشاطهُ اربعة امثال واذا رميت جسمًا الى الاعلى بسرعة ١٠ اقدام في الثانية وآخر بسرعة ٢٠ قدمًا في الثانية فالثاني يرتفع اربع مرات العلو الذي يرتفع

اليهِ الاول ولو ردت السرعة ثلاثة امثال لارتفع تسع مرات علو الاول وقس على ذلك اعني ضعف السرعة يزيد الشغل اربع مرات وثلاثة امثال السرعة يزيد الشغل تسعة امثال

ومن جهة شاط قنبلة او كلّة او رصاصة لما قياس آخر غير ارتفاعها في الجوّ وهو عاظ لوح الخشب او الحديد الذي تنفذ فيهِ فاذا وضعت عدة الواح من عاظ واحد ملامسة بعضها بعضاً ورميتها برصاصة سرعتها كافية لانفاذها في لوحين منها ثم رميتها برصاصة سرعتها ضعف سرعة الاولى تراها تنفذ في اربعة الواح واذا جعلت سرعة الرصاصة الثالثة ثلاثة امثال سرعة الاولى تنفذ الرصاصة في تسعة الواح اي الشاط متناسب الى مربّع السرعة كما قلنا

(٤٤) الشاط المختفي او المحفوظ

اذا رُمي جسمٌ الى فوق بسرعة رائنة يكون لهُ مقدار من الشاط ممكن استخدامهُ بآلة مناسبة لعمل شغل غير انهُ كلما ارتفع قلّت سرعتهُ حتى تنفذ بالتمام ويقف لُحيظةً ثم يحصع للجاذبية ويعود ساقطاً ولنفرض انهُ عند ذلك تعلق براس شاهق وهذا هناك بدون ميلٍ الى حركة فسأل اين ذهب الشاط الذي ابتدأ بهِ عند اول صعودهِ هل ضاع من الكون ولم يُبقِ عوضاً . كلاَّ . لان الجسم وهو معلّق براس الشاهق وان لم يكن لهُ شاط

الحركة له نشاط من نوع آخر ناتج عن وضعهِ في راس الشاهق اذ يمكنك في اي وقت اردت ان تفلتهُ حتى يقع على شيء يسحقهُ او يدبر في هبوطهِ دولابًا او ما مثل ذلك . اعني ان نشاط الحركة قد تحوَّل الى نشاط مختلفٍ وهذا النشاط المحني نحوّلهُ الى نشاط ظاهر ايضا بارالة المانع لسقوطهِ فينتهي الى الارض بسرعةٍ تكسبهُ نفس النشاط الذي ابتدا بهِ لما دُفع الى فوق

ولاحل زيادة الايضاح لنفرض ان رجلين متساويين نشاطًا يتراشقان بحجارة احدهما مع حجارتهِ على سطح بيت والآخر مع حجارتهِ واقف على الارض فالامر ظاهر ان الذي على السطح يغلب الذي على الارض ليس لزيادة نشاطهِ لانا فرضناهما متساويين نشاطًا بل أُضيف الى نشاطهِ كل نشاط الحجارة الساقطة ونشاط حجارتهِ اكثر من نشاط حجارة الواقف على الارض بسبب ارتفاعهِ

اولنفرض مطحنتين احداهما كتف مائها عال والاخرى كتف مائها على نصف علو الاخرى فالامر ظاهر مما تقدم ان زخم الماء في الاولى تجعل اربعة امتال ما يجعلهُ زخم الماء في الثانية فيدبر الرحى اربعة امتال سرعة الثانية ويعمل اربعة امتال شغل الثانية

ومثل المطحنة التي يديرها الماء المطحنة التي تديرها الريح لان الريح بمثابة القسلة اي نشاطها نشاط جسم متحرك والريح

الصادمة شراع المطحنة الهوائية بمثابة الماء الصادم فراس المطحنة المائية غير ان الريح ليست خاضعة لارادة الانسان اما الماء فيستطيع ان يحصرهُ في سرك وصهاريج حتى يستخدمهُ متى شاء و يوفر فعلهُ متى شاء

الفصل التاسع

في الاجسام المرتجَّة

(٤٥) الصوت

السكوت التام يستلزم عدم الصوت تمامًا وقلما يقع احدٌ في تلك الظروف . قيل عن الذين صعدوا الى قمم الجبال العالية وعن الذين انجمسوا مع البالون في التلوج في نواحي القطب الشمالي انهُ من ارعب الظروف في تلك النواحي السكوت التام المستولي عليها احيانًا وعلى العالم لا تنقطع عنا الاصوات المحدثة ليلاً ولا نهارًا ودرس قوانين الصوت وشرائعهِ من اهم الامور والذّها عند الطبيعيين

(٤٦) الجسم الذي يغير موضعهُ كل لحظة متحرك لا محالة ولكن الحركة لا تستلزم تغيير الموضع . ترى الكرة التي يجرّ عليها الحمل سريعة الحركة بدون تغيير موضعها

العملية الثالثة والثلثون . اركز طرف شريط فولاذ في خشبة وانقف الطرف الآخر باصبعك تراهُ يهتز و يرتجف اي يتحرك بسرعة كرًّا وفرًّا ولكنهُ لا يتغير موضعهُ وتلك الحركة سُميت خطرانًا وحركة خطرانيَّة وارتحافًا وارتجاجًا ومثل حركة الشريط حركة الجرس والطبل عند طرقهما وكذلك وتر الكمنجة والعك والقانون والعود والخيط المشتدّ اذا ضُرب واذا شددت حبلاً من طرفيهِ وعلقت من وسطهِ قطعة قرطاس ثم ضربت الحبل او نقرتهُ تظهر سرعة ارتجاحهِ من سرعة حركة قطعة القرطاس

وهذه الحركة الارتجاحيَّة دالَّة على نشاط مثل الحركة من موضع الى موضع والدليل على ذلك كونها تنقل حركتها الى ما في حوارها واذا لمست الجسم المرتجّ تشعر بالحركة وهو يضرب الهواء الكروي في حوارهِ و ينقل حركتهُ الى دقائق الهواء الملامستهُ وتلك تنقل حركتها الى ما في حوارها فتمتدّ الحركة وتتسع حتى يطرق الارتجاج آلة السمع فتقول طرق الصوت مسمعي

الصوت او الحركة الارتجاجيَّة تحدث من اسباب كثيرة منها الطرق كما تقدم اي طرق جامد جامدًا ومن طرق سيال جامدًا ومن طرق سيال سيالاً ومن العرك مثل عرك القوس على الوتر ومن ملامسة جسم حامٍ جسمًا باردًا . وضع بعضهم على طريق العرض قطعة فصة حامية جدًّا على سندان

بارد فحدث صوت موسيقيّ وكذلك وضع بعضهم حديدة اللحام الحامية على قطعة رصاص باردة فحدث صوت حادّ واذا وضعت اسوانة زجاجية فوق لهيب الهيدروجين المشتعل يحدث صوت موسيقيّ ومرور المحرى الكهربائي في قضيب حديد معلق من وسطهِ يحدث صوتًا اذا جُعل طرف من طرفيهِ داخل لفّة حدّةٍ

(٤٧) اللَغَط والصوت الموسيقيّ

اذا أُطلق مدفع يطرق تقرقع البارود (اي سرعة احالتهِ عارًا) الهواء واخيرًا يطرق تموج الهواء آلة السمع فسمع صوتًا او لغطًا او دكًا ولكن اذا كان الجسم الطارق الهواء في حالة الارتجاج يُكرّر الطارق مرارًا كثيرة في ثانية من الوقت وتطرق تلك الاصوات المتساوية المتكررة السريعة آلة السمع فتقول سمعت موسيقى اي الطرق الواحد المتتابع الاختراعي بمهامدة من الرمال يُشعر بها يحدث لغطًا والاصرات السريعة المتساوية المتكررة بينها مدّات متساوية تحدث الصوت الموسيقي

اذا طرق الجسم المرتج الهواء مرارًا قليلة في الثانية فالامر ظاهر ان الهواء يطرق آلة السمع مرارًا قليلة في الثانية واذ ذاك تسمع صوتًا عميقًا ويقول اهل الموسيقى نغمته واطئة واذا طرق الجسم المرتج الهواء مرارًا كثيرة كل ثانية والهواء يطرق آلة السمع مرارًا كثيرة في الثانية فسمع صوتًا حادًّا ويقول اهل الموسيقى

نغمتهُ عالية . اعني ان النغمة الواطئة عبارة عن طرق آلة السمع مرارًا قليلة في الثانية والنغمة العالية عبارة عن طرق آلة السمع مرارًا كثيرة في الثانية

اذا طرق الارتجاج آلة السمع ١٦ امرة في الثانية ودون نتميَّز كل طرقة على حدتها ويُسمَع كل صوت مفردًا واذا كانت بين ١٦ و ٤٠٠٠ مرة في الثانية يُسمَع صوت موسيقي واذا كان فوق ٤٠٠٠ في الثانية لا يُسمع صوت موسيقي بل حسيس عالي النغمة و ٣٠٠٠ مرة في الثانية تحدث نغمة عالية و ٥٠ مرة في الثانية تحدث نغمةً واطئة

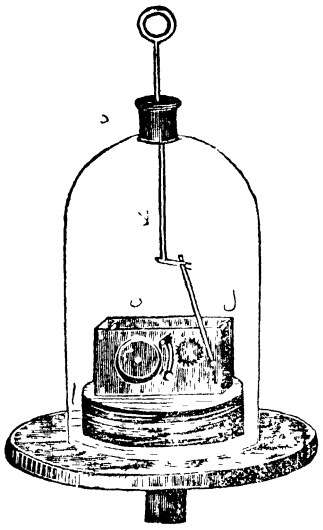
(٤٨) للصوت نشاط اي لهُ ان يعمل شغلاً

كثيرًا ما يحدث ان الطوبجيَّة يعرضون اسهم على الصليب يشتكون من ثقل السمع وعند الفحص يُرى ان العشاء الطالي للاذنين قد مزَّق وذلك من كثرة طرقهِ بشدة ارتجاج الهواء من تكرار اطلاق المدافع قربها واذا ترقع مخرز بارود بقرب بلد او أُطلق مدفع كبير بالقرب يكسر الزجاج في الشبابيك من شدة ارتجاج الهواء اي الصوت الشديد ذو نشاط ولهُ ان يعمل شغلاً وان كان شغل الشعل

(٤٩) الصوت لا يحدث في الخلاء بل

يحتاج الى الهواء لاجل نقلهِ الارتجاج يحدث في الخلاء ولكنهُ لايحدث صوتًا

العملية الرابعة والثلثون . صع حرسًا اوعلبة موسيقية تحت قـابلة على مفرغة الهواء كما في الشكل السادس والعشرين وبعد استخراج الهواء من القابلة ادر الآلـة او اطرق الحرس فلا تسمع لهُ صوتًا واذا اطلقت بارودة على راس جبل عالٍ فقلما



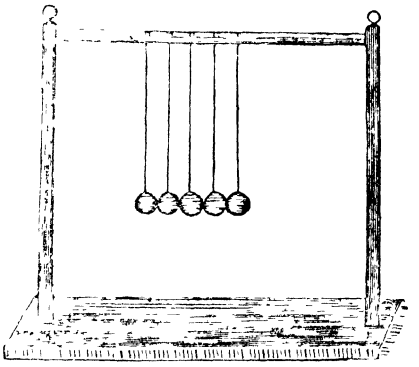
الشكل ٢٦

يُسمع لهُ صوت بسبب لطافة الهواء هناك فيعجز عن نقل الارتجاج والامر ظاهر انهُ اذا كان الصوت من قبل طرق الهواء آلة السمع فحيث لا هواء هناك لا صوت

(٥٠) كيفية نقل الصوت في الهواء

اذا سمعت صوت جرس من بعيد فلا ترعم ان دقيقة الهواء التي طرقها ارتجاف الجرس هي نفسها انتهت الى اذنك وطرقت الغشاء الطلي فاحدثت حاسة السمع بل تلك طرقت التي بجانبها وسكنت وتلك طرقت التي بجانبها وسكنت وهلمَّ جرًّا فانتقل الارتجاج من دقيقة الى أُخرى على خط مستقيم حتى اخيرًا طرقت الدقائق التي هي ملامسة الغشاء الطلي في اذنك وكيفية هذا الانتقال يتضح من هذه العملية

العملية الخامسة والثلثون . علق عدة كرات بواسطة خيطان حتى تلامس الواحدة الاخرى كما في الشكل السابع والعشرين ثم ارفع الجانبية قليلاً وارخِها حتى تصدم التي بجانبها فرنه تصدم التالثة والثالثة الرابعة والرابعة الخامسة



شكل ٢٧

وهي لكونها الاخيرة ولا بجاسها أُخرى لتنقل حركتها اليها تبعد عن التي طرقتها وعلى هذه الكيفية تنقل الصوت بواسطة دقائق الهواء واذا وضعت على الارض كرتين احداها ملامسة الاخرى ومكنت احداها برجلك وطرقت المكنَّة بطرقة فالاخرى تُدفع الى بعيد بالنسبة الى شدة الطرق اي المكنَّة نقلت نشاط الطرق الى المنفعلة كما هو ظاهر من دفعها الى بعيد

(٥١) سرعة حركة الصوت في الهواء

النور يتحرك في الكون على سرعة ١٨٦٠٠٠ ميل كل ثانية فاذا كانت المسافة ميلاً او ميلين لا يعتد بها واذا اضاء نور على تلك المسافة القصيرة منك تراهُ حالاً واما الصوت فليس على هذه السرعة بل بين حدوث الصوت واستماعهِ اي طرق ارتجاج الهواء آلة السمع مدة يُشعر بها وذلك يبرهن من ملاحظة لمعان النور عند اطلاق مدفع على بعدٍ منك لانك ترى النور مدة قبل استماعك صوت المدفع وكذلك ترى خفوق البرق مدةً قبل استماعك صوت الرعد واذا عرفت بعد المدفع عنك وعددت التواني بين اللمعان واستماع الصوت تستعلم من ذلك سرعة حركة الصوت في الهواء ولنفرض بعد المدفع عنك ١١٠٠٠ قدم اي نحو ميلين وانك عددت عشر ثوانٍ بين رؤية لمعانهِ واستماع صوتهِ فعلى ذلك تكون حركتهُ ١١٠٠ قدم في الثانية وقد وُجد

بالامتحانات المدققة المكررة في اماكن شتى تحت ظروف متنوعة ان الصوت ينتقل في الهواء في الظروف الاعتيادية ٣٣٢ مترًا كل ثانية

(٥٢) سرعة حركة الصوت في غاز غير الهواء تختلف باختلاف كثافة المادة

اذا كان الغاز اكثف من الهواء تكون حركة الصوت فيهِ ابطأ منالهُ عار الحامض الكربونيك فانهُ يتحرك فيهِ بسرعة ٢٦١،٦ مترًا في الثانية وكثافتهُ بالنسبة الى الهواء ١،٥٢٩ وفي الاكسجين ٣١٧،٣ مترًا كل ثانية وكثافتهُ ١،١٠٦ وفي غاز اكسيد الكربون ٣٣٧،٤ مترًا كل ثانية وكثافتهُ ٠،٩٦٨. وفي عار الهيدروجين ١٢٦٩،٥ مترًا كل ثانية وكثافتهُ ٠،٠٦٩.

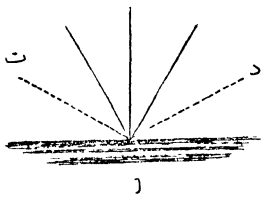
(٥٣) حركة الصوت في الماء وفي الجوامد اسرع من حركتهِ في الهواء

قد وُجد بامتحانات شتى أُجريت في بحيرة جنيفا من سوسيرا ان سرعة حركة الصوت في الماء هي نحو اربعة امثال سرعتهِ في الهواء اي انهُ يتحرك في الماء على حرارة ٨° س ١٤٣٥ مترًا في الثانية واما حركتهُ في الجوامد مثل الحديد والخشب فبين ١٠ و١٦ مرّة سرعتهِ في الهواء اعني لو وضعت حسورة متلامسة

اطرافها على مسافة ميلين ووضعت اذنك على طرف واحد منها وخربش احدٌ بدبوس على الطرف الاخر لسمعت صوت الخربشة في اقل من ثانية من الوقت

(٥٤) الصَدَى او انعكاس الصوت

قد يتفق اطلاق مدافع على شاطئ البحر من السفن او من احدى المدن عند سفح الجبل والهواء ساكن فيتردد الصوت من الجبال والاودية على مسافات مختلفة من البعد فتعود اليك الاصوات الواحد بعد الآخر كأنّ صوت كل مدفع مئة صوت تقريبًا وردُّ الصوت هذا هو ما سُمي صَدًى وبيت الجبل وهو علة مجاورة برج مُحيّش للنادي وهذه الظاهرة حاصلة من ضرب ارتجاج الهواء او موج الهواء سطحًا ورده منعكسًا بصدّ ذلك السطح اياهُ وان وقع الصوت عموديًا على سطح كما من ا الى ب شكل ٣٨ يعود الى مصدره اي الصوت الصادر من ا يصيب السطح عند ب فيردهُ ذلك السطح على الخط الذي اتى عليهِ ولو وقف متكلم على مسافة ٣٠



شكل ٣٨

مترًا = ٢/١ ٦٥ قدمًا او نيف عن حائط وصوّت لسمع كل صوت صوّتهُ مردودًا اليهِ واذا كانت المسافة ٤٢ مترًا يُرَد اليهِ كل لفظة مفردة واذا كانت ٨٤ مترًا ترد اليهِ كل كلمة مركبة من سبَبين تقيلين مثل رَيدُس وقس على ذلك

اذا صدر الصوت من ت شكل ٢٨ واصاب السطح عند ب يرتد الى د بحيث تكون زاوية الوقوع ت ب ا = زاوية الانعكاس ا ب د اي زاوية الانعكاس تعدل زاوية الوقوع وسوف ترى ان قواعد انعكاس الصوت هي نفس قواعد انعكاس النور

العملية السادسة والثلثون . ضع مرآتين مقعرتين على هيئة ما رُسِم في شكل ٢٩ احداهما تجاه الاخرى على مسافة عدة اقدام وضع في محترق احداهما ساعةً ثم ضع اذنك في محترق الاخرى او طرف انبوبة متصلة باذنك فتسمع تكتكة الساعة بكل وضوح اي امواج الهواء الحادثة من حركة الات الساعة عند ا عند اصابتها السطح المقعر تنعكس على خطوط متوازية حسب القاعدة المذكورة آنفًا وعند اصابتها السطح المقعر للمرآة الثانية تنعكس على تلك القاعدة نفسها فتجتمع التموجات كلها في ب

شكل ٢٩

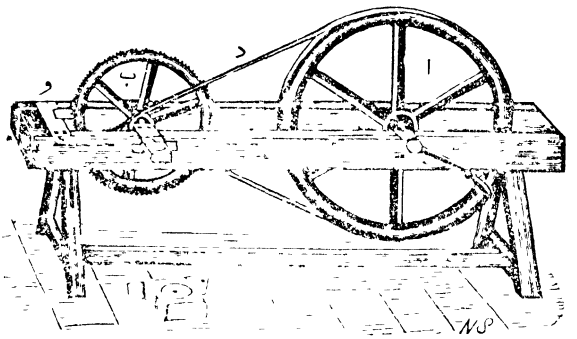
وهي محترق المرآة واذا وضعت الاذن في تلك النقطة او وصعت فيها طرف انبوبة متصلة بالاذن تُسمع تكتكة الساعة بكل وضوح كما ذُكر

على هذا المبدأ بُنيت بعض العقود والدهاليز مثل عقد في كنيسة جرجيس من اعمال جزيرة سقلية . قيل ان مَن هتل هتملة عند الباب الغربي يُسمع خلف المذبح محل الاعتراف و بالعكس واتفق ان الواقف عند الباب المذكور سمع ما قيل في كرسي الاعتراف وفي اللوفر غرفة اذا هتل فيها احد هتملة من الجانب الواحد يسمعها بكل وضوح من وقف في الجانب المتقابل ولا يسمعها من وقف في محل آخر من الغرفة وفي كنيسة مار بولس في لندن تحت القبة تُسمع هتملة من الجانب الواحد في الجانب الآخر من القبة

(٥٥) كيفية استعلام عدَّة الاهتزازات او الارتجاجات المحدثة صوتًا على نغمة مفروضة

قد اخترعوا لذلك عدة وسائط وآلات ومن أفضلها آلة سافارت وهيئتها مرسومة في شكل ٣٠ وهي مبنية على المبدأ المذكور آنفًا اي انهُ كلما كثرت الاهتزازات في الثانية كانت النغمة اعلى و بالعكس كلما قلت كانت النغمة واطئة والآلة المشار

اليها مؤلفة من دولاب كبير ا يدار بواسطة ركبة وعليه سير مشدود مارّ على دولاب آخر اصغر ب ذي اسنان وتلامس الاسنان قطعة كرتون حيث تصوّت كلما مرّ عليها سنّ من



شكل ٣٠

الاسنان على محيط الدولاب ب فاذا كان عدد الاسنان مئة تُضرَب الكرتونة مئة ضربة كلما دار الدولاب دورة واحدة فسمع مئة صوت واذا دارت مرة في الثانية نسمع مئة ضربة في الثانية واذا اسرعنا ادارة الدولاب الكبير تسرع دورة الصغير حتى اذا ادار عشر دورات في الثانية نسمع ١٠٠٠ ضربة واذا دار مئة دورة في الثانية نسمع ١٠٠٠٠ صوت في الثانية وبحاسب الدولاب الصغير مقياس ه وعقرب دال على عدد الضربات فلمعرض المطلوب عدد الارتجاجات لوتر كمنخة مشدود لنغمة معروضة صوّت الوتر وادر الدولاب منسارعًا حتى يتفق الصوتان نغمةً

ولاحظ مدلول العقرب واستمر على ذلك دقيقة واحدة ولاحظ مدلول العقرب واسقط الاول من الثاني فتدل الفصلة على عدد الاهترازات في الدقيقة ومن ذلك تستعلم عدد الاهتزازات في ثانية واحدة فلمفرض ان العقرب دل على ٦٠٠٠ ضربة في الدقيقة اي ١٠٠٠ في الثانية فلك ان ارتجاجات الوتر للنغمة المفروضة هي ١٠٠٠ في الثانية

قد وُجد بالامتحان ان اوطأ نغمة تميزها الاذن هي الحادثة من ٣٢ هزّة في الثانية واعلاها هي الحادثة من ٧٢٧٠٠ هزة في في الثانية والنغمة الحاصلة من ذلك مؤلمة للسمع من تلقاء حدتها ولذلك تُستخدم في المواخر آلة تُسمى السيرين تصوّت بواسطة البخار اذا كانت الباخرة محاطة بضباب وخيف الاصطدام بسفينة اخرى

الفصل العاشر

الحرارة والاجسام الحامية

(٥٦) ماهية الحرارة

استفد مما تقدم ذكرهُ في الفصول السابقة ان الجسم المتحرك لهُ نشاط وان الجسم المرتج لهُ نشاط وان الجسم المرتج لا يتغير موضعهُ باعتبار جملتهِ ولكن دقائقهُ متحركة حركة سريعة جدًّا كرًّا وفرًّا وفي هذا الفصل ندرس الاجسام الحامية اي العالية حرارتها

لنفرض كمية من الزيبق وكمية من الماء متعادلتين في الحرارة اي في كل واحدة منهما حرارة بحيث لا يزيد ما في الواحد عما في الآخر حرارةً وإذا مُزِجا لا يعطي الواحد من حرارتهِ للآخر فقيل اذ ذاك انهما على درجة واحدة من الحرارة ولكنا لم نستفد شيئًا بذلك من جهة معرفة ماهية الحرارة

أُلقيَ قطعة حديد في النار وعند ما تبيض من شدة الحرارة أُلقيها في كفة ميزان وعيّرها بالتدقيق فان كانت الحرارة شيئًا دخلت في الحديد يقتضي ان يخف كلما برد بذهاب ذلك الشيء منهُ ولكن وزن القطعة لا تتغير عندما تبرد عما كان وهي حامية

فوجود الحرارة لا يزيد الحامي وزنًا وذهابها لا ينقصهُ

(٥٧) لنفرض انك جلست في كفّة ميزان ضابط ووُضع في الكفة الاخرى عيارات توازن ثقلك تمامًا ثم قُطر بعض القطرات من الماء في اذنك فالامر ظاهر ان وزنك قد زاد بمقدار وزن قطرات الماء التي دخلت اذنك . ثم لنفرض انهُ دخل اذنك عوضًا عن الماء صوتٌ فالامر ظاهر انك لا تريد بذلك وزنًا . نعم يطرق اهتزاز الهواء غشاء اذنك الطبلي وتسمع الصوت الحادث من ذلك ولكنك لا تريد بذلك وزنًا . ولا يعسر عليك التعليل عن ذلك اي الماء مادة ذات وزن واضافتها الى جسمك زادهُ وزنًا ولكن الحركة الاهتزازية لا وزن لها ودخول الصوت انما هو دخول حركة اهتزازية ولا تريد بذلك ثقلاً وما المانع من حدوث شيء نظير ذلك في الاجسام الحامية اي ما المانع من كون الحرارة نوعًا من الحركة المكرّة المهزة الجزيئية التي لا تريد الجسم وزنًا

كل الدلائل تدل على ان الحرارة هي بالحقيقة نوع من الحركة اي حركة جواهر الجسم حركة جزيئية وعند ما يكون الجسم باردًا تكون تلك الجواهر ساكنة وعند ما تسخن تتحرك كل جوهرة صغيرة حركة جزيئية او على دوائر وهي صغرها وسرعة حركتها لا سبيل للعين ان تميزها لا الجواهر ولا حركتها بل ما نسميه حرارة انما هي تلك الحركة

وربما نجيب قائلاً ان كان الامر على ما ذكرت فلماذا لا يصوّت الجسم الحامي اذا كانت جواهرهُ متحركة تلك الحركة السريعة ولماذا لا تطرق الهواء في المجاورة مثل اهتزاز الطبل او الجرس

فنجيب بل الجسم الحامي يطرق المادة المحيطة بهِ بسرعة عجيبة لا تُدرك ولكن ذلك الطرق ليس من النوع الذي تميزهُ الاذن حتى يحدث صوتاً بل تميزهُ العين اي يحدث منهُ نور و بين الجسم المصوّت مثل الوتر او الجرس والجسم الحامي الى درجة البياض مشابهة غريبة اي كلٌّ منهما دقائقهُ او جواهرهُ في حالة الحركة السريعة جدًّا ودقائق الجرس تطرق الهواء في جوارهِ وهو يوصل الطرق الى آذاننا ودقائق الجسم الحامي تطرق المادة المحيطة بهِ وتلك المادة توصل الطرق الى عيوننا فعند امتحان الاجسام المهترة نعول على الاذن وعند امتحان الاجسام الحامية نعول على العين . وكما اننا في درس الصوت اقتضى ان نبحث (١) عن الاجسام المهتزة نفسها وسرعة اهترارها وطريقتها و (٢) عن سرعة انتقال الصوت الذي يحدث في الهواء هكذا في درس الاجسام الحامية يقتضي ان ندرس (١) الاجسام نفسها و (٢) سرعة انتقال شعاع النور والحرارة الخارجة منها ان كان في الهواء او في الخلاء

(٥٨) تمدّد المواد بالحرارة

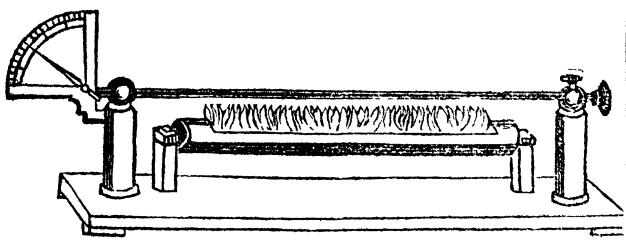
قد سبقت الاشارة في الجزء الاستفتاحي نمره ٥٢ الى كون الحرارة نوعًا من الحركة وذُكرت ايضًا في ذلك الجزء امثلة تدل على تمدد المواد بالحرارة والمعنى انهُ اذا أُحمي جسم يزيد حجمهُ ولنمتحن ذلك في جامد ومائع وغاز

العملية السادسة والثلثون . خذ كرةً من الحديد او النحاس كما في شكل ٢١ وحلقة معدنية من حديد او نحاس تحيط بالكرة تمامًا ثم

شكل ٢١

احمِ الكرة قليلًا فتراها كبرت عن الدخول في الحلقة وكلما زدت في احمائها زاد قطرها وضاقت عليها الحلقة

العملية السابعة والثلثون . خذ قضيبًا معدنيًا من حديد او نحاس وركبهُ كما في الشكل ٢٢ بحيث يتمكن طرف منهُ و يتصل



شكل ٢٢

الطرف الآخر بعقرب يتحرك على قوس مقسوم درجات او ملیمترات ثم احمِ القصيب بقناديل تحته فيتمدد بالحرارة ولكون الطرف الواحد متمكنًا يطول الى جهة الطرف الآخر منهُ فيحرك العقرب على المقياس ثم متى رُفعت القناديل و برد القصيب يعود الي طولهِ الاول و يعود العقرب الى مدلولهِ الاول

العملية الثامنة والثلثون . خذ اسوبة ذات بلوس كما في شكل ٣٣ ملآن ماء ثم احمِ البلوس فترى الماء يصعد في الاسوبة من تمددهِ بالحرارة وعند برد الحرارة يعود الى حالهِ الاول

شكل ٣٣

العملية التاسعة والثلثون . خذ الاسوبة المستعملة في العملية السابقة واغمس طرفها تحت سطح الماء في كوبة وانفخ في البلوس هواء ثم احمِ البلوس فترى الهواء فيهِ يتمدد و يطرد الماء من البلوس ومن الاسوبة

شكل ٣٤

العملية الاربعون . خذ مثانة حيوان (او كيس جلد) فيها هواء على مقدار ثلثي سعتها ثم احمِها امام النار وقلّبها حتى لا تحترق فترى الهواء فيها يتمدد حتى تنتفخ الى اقصى درجة احتمالها

وهذه العمليات امثلة لتمدد جامد ومائع وغاز بواسطة الحرارة

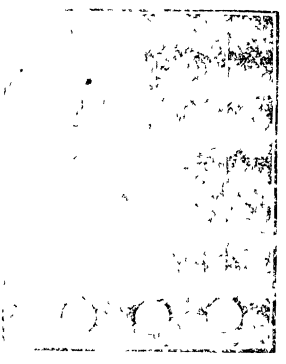
وكل الاحسام تتمدد بها الى كل الجهات اي تريد مساحتها طولاً وعرضاً وعمقاً

(٥٩) قياس الحرارة . الثرمومتر

اذا امتلأ بلوس ذو اسوبة شعرية ريقاً وأُحمي يتمدد زجاج اللوس و يتمدد الريق داخلهُ غير ان الريق يتمدد اكثر من الزجاج و يظهر تمددهُ بصعودهِ في الاسوبة الشعرية ولكونها شعرية دقيقة جدًّا يظهر اقل تمدد في الريق وتكفي حرارة اليد لاصعاد الريق في الاسوبة و واقل برد يهبطهُ فيها وهذه الآلة تصلح لقياس الحرارة السبية اي لكي نستعلم عن مادة مفروضة أهي اكثر او اقل حرارة من غيرها وهي ادق من حاسَّة اللمس وتميّز تغيرات في الحرارة لا يدركها اللمس واذا غمست اللوس في ماء مثلاً وتركتهُ بعض الدقائق يستقرّ الريق على درجةٍ من العلو في الاسوبة ثم انقلتهُ الى وعاء آخر فيهِ ماء او سيال آخر فان كانت حرارتهُ اكثر من حرارة الاولى يصعد الريق في الاسوبة وان كانت اقل يهبط فيها وبدل الآلة على ايهما اكثر حرارة

(٦٠) لاجل اصطناع الثرمومتر الريقي خذ اسوبة شعرية ذات بلوس واحمِها حتى يُطرد الهواء منها ومن الاسوبة ثم اغمس طرف الاسوبة قبل ان تبرد في الريق فعندما يبرد اللوس يتكوَّن فيهِ خلاء وصغط الهواء الخارجي على سطح الريق يدفعهُ

في الاسوتة كما دفع الماء في طلبها الماء (نمرة ٣٨) ويدخل بعصة في اللبوس ثم احمِ اللبوس والريق الذي فيهِ والاسوتة في لهيب قنديل حتى يغلي الريق ويطرد بخارهُ الهواء الباقي في اللبوس وفي الاسوتة ويملأها ذلك البخار عوضاً عن الهواء وفي تلك الحالة اغمس طرف الاسوتة في وعاء الريق ثانيةً فيعود البخار ريقاً ويدخل الريق من الوعاء الى الاسوتة واللبوس لكي يملأ الخلاء وما دام الاكل حامياً والاسوتة ملآنة الى طرفها ارمِ لهيب بوري على طرفها وسدهُ بتدويب الرجاج حتى لا يعود يدخله هواء ثم اغمس اللبوس في حليب مسخوق آخذ بالدوران واطرحهُ يهبط الريق في الاسوتة وعندما يستقر ضع على الاسوتة علامة تجاه سطح الريق داخلها لان الريق في تلك الاسوتة يستقر دائماً على ذلك العلامة اذا وُضع اللبوس في حليب آخذ بالدوران او اذا كان حرارة الهواء تعدل



شكل ٣٥

حرارة الجاد الدائب ثم اغمس اللبوس في الماء العالي وضعهُ الرسن في الاسوتة وعندما يستقر ضع على الاسوتة علامة تجاه سطح الريق في داخلها لانهُ يستقرّ دائماً على ذلك العلو اذا

غُمس في الماء العالي او كانت حرارة الهواء تعدل حرارة الماء الغالي

تنبيه ❊ درجة علیان الماء ليست ثابتة تمامًا لانها تهبط كل ما ارتفع الماء فوق سطح الارض كما ستعلم ولا يلتفت الى ذلك الآن بل نحسب درجة العليان ثابتة او ان الترمومتر على مساواة سطح البحر او قريب اليها

صار معنا على الاسوبة علامتان واذا جعلت العلامة السفلى صفرًا والعليا ١٠٠° وقسمت ما بينهما ١٠٠° درجة متساوية فلك ترمومتر سلسيوس او السنتكراد . واذا جعلت السفلى صفرًا والعليا ٨٠° وقسمت ما بينهما ٨٠° درجة متساوية فلك ترمومتر ريومور واذا جعلت السفلى ٣٢° والعليا ٢١٢° وقسمت ما بينهما ١٨٠° درجة متساوية فلك ترمومتر فاهرنهيت . انظر شكل ٣٥

اذا وضعت الاسوبة على مقياس من الخشب او من مادة معدنية تُقسم الدرجات على ذلك المقياس واذا اردت ان تقسمها على الاسوبة نفسها يقتضي ان تغمسها في شمع سائح حتى يكتسي به كسوة رقيقة ثم علّم على الشمع بابرة ولمّع العلامات الى الزجاج تحت السمع ثم اغمس الكل في حامض هيدروفليوريك وهو لا يفعل بالشمع ولكنه يأكل الزجاج وبعد مدة وجيزة تجد الحامض المشار اليه قد ترك عضّة في كل موضع بلعت فيه الابرة الزجاج اي ازالت الشمع عنه

اذا استقر الريق على ٣٠° سنتكراد فذلك حرارة معتدلة اعتيادية = نحو ٦٨° ف . و ٣٨° سنتكراد = نحو ٩٨° ف = حرارة الدم الاعتيادية

تنبيه ✻ كل اربع درجات من قياس ريومور = ٥° سنتكراد = ٩° فاهرنهيت اي

ف = $\frac{٩}{٥}$ س + ٣٢ و س = (ف — ٣٢) × $\frac{٥}{٩}$° و ر = $\frac{٤}{٥}$ س°

(٦١) بين الجوامد المختلفة تفاوت من جهة مقدار تمدّدها بالحرارة اي بعضها يتمدد اكثر من البعض

لاجل امتحان مقدار تمدد الجوامد بالحرارة اصطنعوا منها قضبانًا بواسطة عملية تطير السابعة والثلثين استعملوا مقدار تمدد كل صفٍ بين صفر و ١٠٠° س وكان كما في هذه القائمة اي قضيب طولهُ واحد على صفر صار على ١٠٠° كما هو نحاه اسمهِ

الصنف	تمدد قضيب طولهُ واحد على صفر اذا أُحمي الى ١٠٠°
الزجاج	١٠٠٠٨٥٣
النحاس الاحمر	١٠٠٠١٧١٦
» الاصفر	١٠٠٠١٨٨٠

الصنف	تمدد قضيب طولهُ واحد على صفر اذا أُحمي الى ١٠٠°
حديد ليّن	١٠،٠١١٩٨
حديد صب	١٠،٠١٠٩٠
فولاذ	١٠،٠١١٣٦
رصاص	١٠،٠٢٨١٨
تنك او قصدير	١٠،٠١٩٥٩
الفضة	١٠،٠١٩٣٣
الذهب	١٠،٠١٤٤١
البلاتين	١٠،٠٠٨٠٧
الزنك	١٠،٠٢٩٧٦

اي اذا كان طول قضيب رخام على صفر ذراعًا واحدة ثم أُحمي الى ١٠٠° س يصير طولهُ ذراعًا و ١٠٠٠٨٥٢ من الذراع وقس على ذلك البواقي

(٦٢) تمدد المائعات بالحرارة

المائعات لا تُصنع منها قضبان حتى يُمتحن بها التمدد بالحرارة مثل الجوامد بل يقتضي احمواؤها في اوعية وتلك الاوعية تتمدد ايضًا بالحرارة ولذلك قسموا تمدد المائعات الى ظاهر وحقيقي. اما الظاهر فهو زيادة حجم المائع في وعاء يتمدد بالحرارة غير ان تمددهُ اقل من تمدد المائع. واما الحقيقي فهو تمدد المائع نفسهِ

بدون نظر الى الوعاء . فلنفرض مكيالاً معيَّنًا من المائع تحت الامتحان وليكن وقية واحدة مثلاً ولنأخذ منهُ ١٠٠٠٠٠ وقية على درجة الصفر اي درجة تجليد الماء ولنستعلم كم تزيد اذا أُحميت الى ١٠٠° اي درجة غليان الماء فلو أُخذ من الزيتِ ١٠٠٠٠٠ وقية على درجة الصفر وأُحميت الى ١٠٠° س لصارت ١٠١٨١٥ اي زاد ١٨١٥ وقية ولو أُخذ من الماء عوضًا من الزيتِ لزاد ٤٢١٥ وقية وقد وُجد بالامتحان المدقق ان تمدد المائعات بالحرارة هذه القاعدة

تمدد المائعات بالحرارة هو اكثر من تمدد الجوامد بها على شرط كونها على درجة واحدة من الحرارة . والمائعات على درجات عالية من الحرارة اسرع تمددًا مما هي على درجات واطئة منها

(٦٣) تمدد الماء بالحرارة

الماء يجمد على صفر ستكراد ثم اذا أُحمي وهو على درجة الصفر فلا يأخذ بالتمدد عند اول ارتفاع حرارتهِ بل ينقلص اكثر الى ان يبلغ ٤° س ومن ثم يتمدد كلما زادت الحرارة اي ان الماء على اعظم كثافتهِ اذا كان على درجة ٤° س واذا فرضنا جرمهُ وهو على ٤° س واحدًا يكون حرمهُ على درجات مختلفة من الحرارة كما

في هذه القائمة

حرارة	جرم
٠ °	١٠٠٠١٢
٤ °	١٠٠٠٠٠
١٠ °	١٠٠٠٢٧
٢٠ °	١٠٠٠١٧٩
٣٠ °	١٠٠٠٤٣٣
٤٠ °	١٠٠٠٧٧٣
٥٠ °	١٠٠١٢٠٥
٦٠ °	١٠٠١٦٩٨
٧٠ °	١٠٠٢٨٨٥
١٠٠ °	١٠٠٤٣١٥

(٦٤) تمدد الغازات بالحرارة

الغازات تتمدد بالحرارة ولكنها تتمدد ايضاً اذا ارتفع عنها ضغط الهواء الكروي كما رأيت من العملية ٣٥ ١١ فاذا تصدنا امتحان تمدد غاز بالحرارة يقتضي ان نفرض كونهُ تحت ضغطٍ معلوم من قبل الهواء الكروي وقد اعتمدوا على فرض الضغط ما كان في الملاء على صفر وقد وُجد بالامتحان ان كيساً صابطاً فيهِ ١٠٠٠ قيراط مكعب من الهواء على صفر اذا أُحمي الى ١٠٠° يصير

١٢٦٧ قيراطًا مكعبًا وكيفية العمل ان تغمس الكيس الذي فيهِ ١٠٠٠ قيراط مكعب من الهواء في وعاء فيهِ ماء على صفر فيرتفع الماء في الوعاء مقدار ١٠٠٠ قيراط مكعب وهذه هي الزيادة من قبل غمس الكيس فيهِ ثم اغمس الكيس في الوعاء نفسهِ بعد وضع ماء على ١٠٠° فيهِ فتجدهُ يرتفع ١٢٦٧ قيراطًا مكعبًا اي الهواء تمدد هذا المقدار برفع حرارتهِ من صفر الى ١٠٠°

(٦٥) شدة فعل التمدد بواسطة الحرارة

ان المائعات والجوامد من تمددها بالحرارة تفعل افعالاً تدل على قوة رائعة ومن امثلتها انهُ اذا ملئت كرة حديد ماء ثم سُدَّت سدًّا محكمًا بلولب ثم أُحميت تسخيرًا بشدةٍ من تمدد الماء فيها وجوانب السكك الحديدية تحت حرارة الشمس تتمدد الى درجة تستلزم وضعها بحيث لا تمس الاطراف بعضها بعضًا بالتمام لئلاَّ تتزحزح من مواضعها بالتمدد . وفي اصطناع عجلات العربات تُحمى أُطُرها الحديدية حتى تتمدد ثم تُركب على العجلات وهي حامية واذا بردت تتقلص فتشتد اشتدادًا لا يُحصل عليهِ بواسطة أُخرى

اذا أُحمي قضيب حديد طولهُ متر واحد (٣٩،٣ قيراطًا) من صفر الى ١٠٠° س يصير طولهُ ١،٠١٢ من المتر واذا برد من ١٠٠° الى صفر يتقلص هذا المقدار نفسهُ وقد حُسب ان ذلك

يعدل صعط ٢٤٥٠ كيلوكرام

(٦٦) الحرارة النوعية

ذكرنا آنفًا (نمرة ٣٦) الكثافة السبية او الثقل النوعي وبين المواد تفاوت عظيم من حهة مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارتها مقدارًا معروضًا اي بعض الاجسام لرفع حرارتها درجةً واحدة تستلزم حرارة اكثر من البعض ومقدار الحرارة اللازمة لرفع حرارة مادة درجةً واحدة سُميت حرارتها النوعية والماء حرارة نوعية فوق سائر المواد اي يقتضي لرفع حرارة رطل ماء درجة واحدة حرارة اكثر مما يقتضي لرفع حرارة رطل من سائر المواد درجة واحدة اي الحرارة اللازمة لرفع رطل ماء درجة ترفع تسعة ارطال حديد درجه واحدة او ١١ رطلاً من التوتيا او ٣٠ رطلاً من الزيبق او الدهب

العملية الحادية والاربعون . لاجل برهان زيادة حرارة الماء النوعية خذ وقيتين من الزيبق واحمهِ الى ١٠٠° س اي الى درجه على ياس الماء ثم اصبهُ الى وقية ماء على حرارة الهواء الاعتيادية ولاحظ الثرمومتر المغموس في الماء قبل اضافة الزيبق الحامي اليهِ وبعدهُ فترى ان حرارة الماء لم ترتفع اكثر من نحو ٥° من تلقاء اضافة الزيبق السخن اليهِ

(٦٧) تغيير الهيئة بالحرارة

ذكرنا في الفصل الرابع ان للهيولى ثلاث هيئات اي الجمودة والسيولة والعاريّة وكل جامد اذا أُحمي يتحول اولاً الى مائع او سيال ثم الى عار وذُكر في الجزء الاستفتاحي ان الجليد والماء والبخار المائي ثلاث هيئات لمادة واحدة وان الجليد اذا أُحمي يصير ماءً والماء اذا أُحمي يصير بخاراً وهذه التغيرات نفسها تصيب اي جسم كان اذا عومل هذه المعاملة نفسها . مثال ذلك خذ قطعة من المعدن المعروف بالزنك او التوتيا واحمِها فتراها اولاً تُصهر ثم اذا زدت الحرارة تصير على هيئة بخار الزنك وكذلك الزموث والانتيمون حتى الحديد والفولاذ ايضاً يتحول بخاراً بالحرارة و بواسطة المادة الكهربائية تتحول اية مادة كانت بخاراً

غير ان العمل لا يُعكس اي لا نستطيع ان نحوّل كل المواد الى مائعات او جوامد مثال ذلك الكحول الصرف فانهُ لم يتمكن احدٌ من احالتهِ عن حالة المائع الى حال الجمود ولكن القياس يدلنا على انهُ لو استطعنا ان نبرد الكحول بما يكفي لاستحال جامداً وكذلك لم يستطع احد ان يحوّل الهواء الكروي مائعاً ولكن القياس يدل على انهُ اذا بردناهُ بما يكفي يستحيل مائعاً وعجزنا عن ذلك هو لعجزنا عن تخفيض درجة الحرارة بما يكفي . ولا تظن ان البرد شيءٌ قائم بنفسهِ بل انما هو نقصان الحرارة ومهما

بردًا حسناً فلا بد من بقاء شيء من الحرارة فيهِ وحاسَّة اللمس لا تكفي دليلاً في هذه الظروف وقد يحدث ان جسمين يكونان على درجة واحدة من الحرارة حسب مدلول الترمومتر وان حاسَّة اللمس تحكم بكون احدهما ابرد من الآخر . واذا غمست يدًا واحدة في ماءٍ حارٍّ والاخرى في ماءٍ بارد في الوقت نفسه ثم غمستهما معًا في ماء على الحرارة الاعتيادية فالتي كانت في الماء البارد تشعر بحرارة والتي كانت في الماء الحار تشعر ببرودة فلا يجوز الاتكال على حاسة اللمس لاحل تمييز حرارة مادة او جسم بل يقتضي الاستعانة بالترمومتر ولا تظن ان البرد شيء غير نقصان الحرارة

(٦٨) يتضح مما تقدم قياسًا ان كل المواد اذا بردناها بالكمية تصير جوامد اي اذا نقصنا حرارتها بما يكفي ثم اذا أُحميت تعود مائعات ثم ابخرة غير انهُ بين المواد تفاوت كلي من جهة سهولة قبولها هذه التغيرات فالجليد يذوب سريعًا و يتحول ماء بحرارة قليلة واما القونيا والرصاص فيقتضي رفع حرارتها ٣٠٠° او ٤٠٠° حتى تتحول من الجمودة الى السيولة والحديد يستعصي اكثر من ذلك والبلاتين اشد من الحديد استعصاء على الاحالة بالحرارة من الجمودة الى السيولة وفي هذه القائمة درجة حرارة احالة بعض المواد مائعات

الجليد يصهر على ٠°

الفصفور يصهر	على	٤٤٠٠°
شحم الحوت	"	٤٩٠٠°
البوتاسيوم	"	٥٨٠٠°
الصوديوم	"	٩٧٠°
القصدير	"	٢٣٥٠°
الرصاص	"	٢٣٥٠°
الفضة	"	١٠٠٠°
الذهب	"	١٢٥٠°
الحديد	"	١٥٠٠°

اما اللاتين فدرجة اصهارهِ غير معروفة لعلوها والكربون اشدّ منهُ امتناعاً واشدّ الجسام لا تصهرهُ ولم يرَ احدٌ قط الفحم او الحجر يجري كما يجري من النار مائعاً مثل الحديد المصهور يجري من الكور والحاصل ان جميع المواد تتغير نوعاً بالحرارة ولو قدرنا ان ننقص الحرارة كما يكفي لاصارت جميعها جوامد ولو استطعنا ان نرفع درجة الحرارة كما يكفي لاستحالت جميعها مائعات ثم ابخرة مثل بخار الماء والماء من هذه الجهة رمز ومثال يقاس عليهِ سائر المواد واذا درسنا الماء وتقلباتهِ وتغيراتهِ بسبب الحرارة من حالة الجمودة على هيئة الجليد الى الحالة البخارية ولنا من ذلك قياس استقرائي نقيس عليهِ غيرهُ من المواد

(٦٩) حرارة الماء الخفيَّة

اذا سُحق مقدارٌ من الجليد في ايام البرد الشديد وغُمس فيهِ بلبوس الترمومتر ربما يهبط الزيبق الى ١٥° او ٣٠° تحت الصفر تم اذا أُحمي الجليد ترتفع حرارتهُ مثل سائر الاجسام ويرتفع الزيبق غير انهُ متى انتهت الى صفر ستكراد = ٣٢° ف لا يرتفع الزيبق اكثر من ذلك ولا يحط شعرة ما دام شيء من الجليد غير مذوب وان سئل ما هو فعل كل تلك الحرارة ان لم ترتفع درجة حرارة الماء وان ذهبت تقول انها تذوّب الجليد وفي اول الامر تصرف الحرارة الى رفع درجة حرارة الجليد الى صفر ستكراد ثم بعد ذلك تصرف الى تذويب الجليد ولا يذهب شيء منها الى الماء مادام اقل شيء من الجليد موجودًا وتلك الحرارة سُميت حرارة خفيَّة لانها غير مدركة بواسطة الترمومتر وذلك ان تحقق ما قيل واضع جليد مسحوق في قدر على النار واذا غمست فيهِ الترمومتر نراهُ على صفر ويبقى على ذلك حتى يذوب كل الجليد مهما قويت النار تحتهُ

(٧٠) حرارة البخار الخفيَّة

بعد احالة الجليد ماء اذا ادمت الاحماء تصعد درجة حرارتهِ مثل سائر المواد والاحماء حتى تبلغ ١٠٠° ستكراد =

٢١٢° ف اي درجة الغليان ونقف على ذلك ويتحول الماء بخارًا درجة حرارته ١٠٠° لا اكثر وكل الحرارة الزائدة تصرف الى احالة الماء بخارًا وكما رأيت ان جامًا كبيرًا من الحرارة انصرف الى احالة الجليد ماء فاخفى هكذا يصرف جامٌ كبير منها الى احالة الماء بخارًا فيخفي وسُميت خفيَّة لانها لا تظهر للترمومتر ولك ان تحقق ذلك بمس الترمومتر في الماء العالي فتراهُ يصعد الى ١٠٠° س ولا يرتفع اكثر من ذلك ولو حفنت الماء كلهُ اي لو حولتهُ كلهُ بخارًا . وقد وُجد بالامتحان ان الحرارة الخفيَّة اللازمة لاحالة وقية جليد على صفر الى ماء على صفر هي كافية لرفع حرارة ٧٩ وقية ماء درجة واحدة فتقول ان حرارة الماء المتحول الى بخار ٧٩ و يقتضي لاحالة وقية ماء على ١٠٠° الى بخار على ١٠٠° حرارة كافية لرفع درجة حرارة ٥٤٧ وقية ماء درجة واحدة اي ان حرارة البخار الخفية تعادل ٥٤٧

يقع في الدويس الجليد جامٌ من الحرارة يقتضي لاحالتهِ الى ماء حار من الوقت ايضًا وهذا من جملة مراحم الباري جل اسمهُ في خلقهِ الكون وترتيب اياهُ لانهُ لولا ذلك لتحول كل الجليد الذي على الجبال وما شابهها حالما ارتفعت الحرارة فوق الصفر بقليل وكانت تطوف على السهول وترفع الاتربة وتقلل الغيوم وترفع الاسعار وتعرض الذرى الصياع مع ما فيها من الناس والبهائم والرحمة ظاهرة في المادة اللازمة لاحالة الماء بخارًا بعد الوصول درجة الغليان

لانهُ لو احالت الماء بخارًا فجاءهُ بعد بلوغ الحرارة درجة الغليان لانحرت قوة البخار كل خلقية وكل وعاء ضابط وكانت الآلة البخارية غير ممكنة

ذُكر في الجزء الاستفتاحي (نمره ٤٠ فصاعدًا) ان البخار غاز غير منظور مثل الهواء الكروي وذلك يتضح لك اذا لاحظت بالليلة الباردة فيهِ ماء على درجة الغليان اي لا ترى بقرب الليلة شيئًا مع ان البخار خارج منها بشدة ثم على بعد نحو قيراط من الليلة ترى ضبابًا وهو من تكاثف البخار باصابة الهواء البارد اياهُ واذا لاحظت البخار البالغ من آلة بخارية ترى انهُ لا يُرى بقرب فوهة الانبوبة التي يخرج منها بل على بعد منها بعدما يتحول ضبابًا والبخار الحقيقي غير منظور كما تقدم واذا تحول ضبابًا يجتمع نقطًا اي قد عاد ماء كما كان قبل ما تحوَّل بخارًا بالحرارة

(٧١) الغليان والتبخُّر

قد بانَ لك ان الماء اذا أُعلي يتحوَّل بخارًا ولكن لا يزعمنَّ احدٌ ان النار لا بُدَّ منها لتصعيد الماء او بالاحرى ان الماء لا يتحول بخارًا الاَّ اذا بلغ درجة الغليان من الحرارة بل يتأتى ان يتحوَّل بخارًا قبل بلوغهِ درجة الغليان كما يتبين لك اذا لاحظت وعاء فيهِ ماء بلا نار اذ ترى الصباب يتصعد منهُ حالما يتقدح السخن وقبل الغليان الحرارة منصرفة الى احماء والى احالتهِ بخارًا وعند

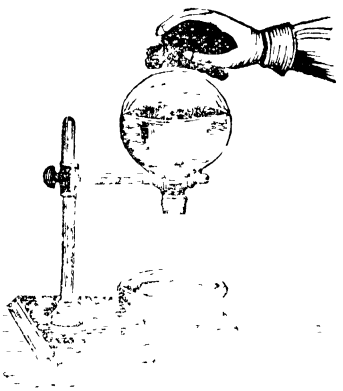
ما يبلغ درجة الغليان تصرف الحرارة كلها الى احالة الماء بخارًا ولا ترتفع حرارته فوق تلك الدرجه والبخار يملت من كل احراء الوعاء من اسفلهِ ومن حواسهِ ومن اعلاهُ ونسمع صوت صعود فقاقيع البخار وهي صاعدة من اسفل الماء لكي تملت من اعلاهُ والبخار صاعد عن الماء في كل درجة من الحرارة كما يتحقق لك اذا وضعت قليل ماء في الهواء ثم افتقدتهُ بعد مدة تجد الماء قد جف اي تحوّل بخارًا والتبخّر جارٍ على الدوام من سطح البحر والبُحيرات والانهر ومن كل مجتمع ماء على سطح الارض بل الجليد نفسهُ يتبخر واذا وزنت قطعةً من الجليد وتركتها مدة في الهواء على حرارة دون درجة دو بان الجليد ثم وزنتها ايضًا تجدها اخف وزنًا مما كانت اي تحوّل بعضها بخارًا ولو كانت على درجة من الحرارة دون الصفر

(٧٣) درجة الغليان متوقفة على ضغط الهواء الكروي

ان درجة دو بان الجليد ثابتة اي هي صفر ستكراد او ٣٢° ف اما درجة غليان الماء فهي ١٠٠° س = ٢١٢ ف اذا كان ضغط الهواء الكروي على ما هو عند شاطئ البحر واذا خف ضغط الهواء عن ذلك يعلي الماء قبل بلوغ الحرارة ١٠٠° س واذ ذاك

ترى الماء على شواهق الجبال يغلي بحرارة اقل مما يستلزم لغليانه على شط البحر لان ضغط الهواء هناك اخف واذا صعدت الى راس جبل بلانك في سويسرا اي الى علو نحو ثلاثة اميال فوق مستواه سطح البحر يغلي الماء على ٨٥° س وتلك الدرجة ليست بكافية لنضج بعض الاطعمة فيتعذر النضج لما على ذلك المثال واذا نزلت الى معدن تحت سطح الارض يكون ضغط الهواء هناك اكثر مما هو على سطحها فترتفع درجة الغليان الى فوق ١٠٠° س

العملية الثانية والاربعون . خذ دورقة واملاءها ماء واغلِ الماء حتى يطرد البخار الهواء منها بحيث لا يبقى في الدورقة غير الماء والبخار ثم سدّها سدًّا محكمًا وهي في حالة الغليان واقلبها كما في شكل ٢٦ و بعد ما تسكن الغليان صب ماء باردًا على القسم



شكل ٢٦

البارد منها فيدب الغليان ايضًا وعلة ذلك ان الحرارة هي ان الماء البارد احال البخار الكائن في مراغ الدورقة ماء وسهل من ذلك خلاء فاخذ بعض الماء يتحوّل بخارًا ليملأ الخلاء فلهذه حركة

العلياء التي معها صعط البخار قبل تكثيفهِ بالماء البارد

(٧٣) ان بعض الاجسام تتمدد وبعضها تقلص عند احالتها من الجمودة الى السيولة

الجليد اخف من الماء كما يُعلم من عومهِ على سطح الماء وذلك لان الماء يتمدد عندما يتجلد وهذا التمدد شديد القوة جدًّا حتى اذا ملأت كرة حديد ماء وجلدته تنفجر الكرة بشدة تمدد الماء عند احالتهِ جليدًا وفي الاقاليم الباردة يقع من هذا القبيل اداء بليغ على الاوعية الحاوية ماء في ايام البرد الشديد اما الفولاد والحديد الموب فيتقلص عند الجليد عند صهرهما اي عند الفولاد المصهور والحديد المصهور يتمدد اذا برد مثل الماء عند جمدهِ وقطعة فولاد اذا أُلقيت في وعاء فولاد مصهور تغوص فيهِ ثم اذا قل ان الحديد اذا أُلقي في حديد مصهور يعوم . اما الفضة والذهب والنحاس فتتمدد اذا أُصهرت وتتقلص اذا بردت وجمدت والدليل اذا صُبّت في قوالب لا تمتد الى كل حلولها وفرجاتها ومن هذا القبيل لا يصلح ان تصنع معاملة الفضة والذهب بالصب بل يقتضي ان تصاغ بكما

غير ان جميع المواد تتمدد اذا تحولت غازًا وقيراط مكعب من الماء اذا تحول غازًا يصير ١٧٠٠ قيراط مكعب كما عرفت من

الجزء الاستفتاحي

(٧٤) الحرارة والجاذبيَّة الكيمياويَّة

ذُكر في ما تقدم فعل الحرارة في تغيير حال المواد من جامد الى مائع ومن مائع الى بخار ولها فعل كلي ايضاً نتائج الالة الكيمياوية اي انها تسهلها كما ترى من ان الفحم لا يتركب مع الاكسجين على درجات الحرارة الاعتيادية ولذلك نستطيع ان نحرقه في محارسنا الى حين الاحتياج اليهِ وقد رأيت من الجزء الثاني العملية السابعة ان النحاس والكبريت لم يتحدا حتى انتهما الحرارة وعند ذلك جرى الاتحاد وتولدت حرارة كافية لهذين مساعدة المصباح

(٧٥) الامزجة المجلّدة

ذُكر في الجزء الثاني ان التركيب الكيمياوي يولد حرارة وهذا القول صحيح تامت لا يحلُّ ابدًا وربما اعترض معترض بان بعض المواد اذا مُزجت تُحدث بردًا لا حرارةً مثل مزج الثلج والملح فانهُ يُستخدم لتجليد بعض الاشربة فاين الحرارة المتولدة

فاجيب نعم انهُ يحدث من مزج الثلج والملح برد شديد ولكن ذلك لانهما يتحولان سريعًا من الجمودة الى السيولة اي يذوبان

وهذه الاحالة يرافقها اختفاء جانب من الحرارة فكانهما يمتصان الحرارة من المواد في حوارها فتبرد تلك المواد الى درجة التجليد وهذا هو الحال في سائر الامزجة المجلدة وايضاحاً لذلك امزج كمية من الجليد والملح واغمس بلبوس الترمومتر في المزيج ترى الزيبق يهبط سريعاً الى تحت الصفر وذلك يبرهن ان المزيج اردء من الجليد في حالة الذوبان لانه على صغر من الحرارة اي احالة الجليد والملح من حالة الجمودة الى حالة السيولة لبعث جانباً من حرارتهما فصار السيال الناتج دونهما حرارةً . والمزيج من اي جسمين كان اذا ذوّب احدهما الآخر يُنقص درجة الحرارة وتلك الامزجة سُميت امزجة مجلدة

ومثل ذلك يحدث اذا تحوّل مائع الى بخار سريعاً اي احالة المادة من اكثف الى الطف يُجني الحرارة اذ يقتضي جانب من الحرارة لاحالة المادة بخاراً كما عرفت من علياء الماء واذا صببت قليلاً من الايثير على يديك تشعر ببجاسة البرد لان سرعة احالة الايثير بخاراً يمص جانباً من حرارة يديك اي تلك الحرارة تحتفي في البخار ولو عكست العمل اي صغطت البخار حتى تحول مائعاً لظهرت الحرارة المختفية بواسطة سرعة احالة بعض المائعات بخاراً تخفض درجة الحرارة الى ما تحت الصفر

العملية الثالثة والاربعون . صع تحت قالبة على صحن مفرغة الهواء حامضاً كبريتيكاً ثقيلاً في وعاء وماء في وعاء آخر صحل

واخرج الهواء من القاللة سريعًا ثم سرعة تبخر الماء يتجلد اي من سرعة احالته بخارًا تحتفي حرارته حتى تهبط الى ما تحت الصفر فيتجلد الماء ويطلب من الطالب التعليل عن سبب وضع الحامض الكبريتيك مع الماء تحت القاللة وما الداعي لذلك ولمادا لا تصح العملية بدون ذلك

(٧٦) تفريق الحرارة بالنقل والحمل والاشعاع

الحرارة تطلب الموازنة اي تنقل من جسم حرارته اكثر الى جسم حرارته اقل حتى يصيرا على درجة واحدة غير ان نقل الحرارة من جسم الى آخر او من مادة الى أخرى تتم على طرق مختلفة . ادا وضعت طرف قضيب حديد في النار تنقل الحرارة بالتدريج من الطرف الحامي الى سائر القضيب حتى لا تستطيع ان تمسكه من الطرف الآخر مع انه بعيد عن النار ومرور الحرارة على هذه الكيفية من دقيقة الى أخرى من الجسم سُمي نقل الحرارة

ادا تعلمت نارًا تحت قدر ملآن ماء تحمى دقائق الماء السفلى وتتمدد بالحرارة فتخف بالنسبة الى سائر الماء فتصعد مثل ما يصعد البالون ادا عمستهُ تحت سطح الماء لانهُ اخف منهُ وتأتي دقائق أخرى موضعها فتحمى وتصعد الى ان يحمى الجميع وهذه الطريقة سُميت حمل الحرارة

ومادا نقول عن وصل حرارة الشمس الينا اذ لا يصح التعليل عن ذلك على طريقة النقل ولا على طريقة الحمل لانهُ ليس بيننا وبين الشمس مادة تنقل الحرارة ولا مادة تحملها وهي مع نور الشمس تصل الينا في نحو ثماني دقائق بعد المرور على اكثر من ٩٠ الف الف ميل وفي يوم البرد أي عند ما يكون الهواء الكروي باردًا جدًّا اذا جلست في شعاع الشمس تجدها حامية وهذه الطريقة لوصل الحرارة سُميت اشعاعًا

(٧٧) المواد الصالحة وغير الصالحة لنقل الحرارة

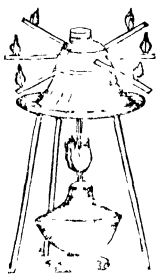
ذكرنا آنفًا انهُ اذا وُضع طرف قضيب حديد في النار يسخن كلهُ حتى لا تستطيع ان تمسكهُ من طرفهِ الآخر واذا استعوضت عن قضيب الحديد بقضيب رصاص تستطيع ان تمسكهُ بقرب النار وقطعة اللحم او قضيب من شمع يُشعل ويُمسك حد الجزء المشتعل منهُ . ونعلل عن ذلك بان الحديد صالح لنقل الحرارة والزجاج والخشب واللحم مواد غير صالحة لنقل الحرارة وهذا القول بالحقيقة تصريح بالواقع لا تعليل . والصوف والريش والشعر مواد غير صالحة لنقل الحرارة فجعلها الخالق سبحانهُ كسوة للحيوان لان الحيوان يحتاج الى حرارة اعلى من حرارة الهواء المحيط بهِ على الغالب ولذلك

كُسي موادلا تنقل عنهُ الحرارة المتولدة في جسمهِ وترى احيانًا حلاقين الآلات البخارية مكسوَّة لبدًا او خشبًا تحتهُ ستارة وذلك لتوفر الحرارة بمنع نقلها واشعاعها

وقد تصلح المواد غير الصالحة لنقل الحرارة للتحيط منها كما انها تصلح لحيطها فاذا اردت حيط قطعة جليد اوماء في لبد وقش حتى لا تُنقل اليها الحرارة من الخارج فتذوبها والماشي في الشمس القادحة ربما وقَّى جسمهُ من حرارتها بلبس عباءة بمنع نقل الحرارة الخارجيَّة الى جسمهِ

ولاحل ايضاح التفاوت بين المواد في نقل الحرارة اجرِ هذه العملية

العملية الرابعة والاربعون . خذ عدة قضبان من مواد مختلفة على طول واحد وعلاطة واحدة واركز طرفًا منها في عمود او حرس كما في شكل ٢٧ وركب على الطرف الآخر لكل واحد قطعة فحم نور واضرم تحت الحرس قنديلاً عاريًا او الكحوليًا فترى الفحم يشعل على اوقات مختلفة بقصر المدة وتطول حسب صلاحية المادة لنقل الحرارة واذا حسبا صلاحيَّة النحاس لنقل الحرارة ١٠٠ تكون صلاحيَّة غيرها من المواد كما في هذة القائمة

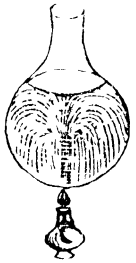


شكل ٢٧

الفضة	١٠٠٠	الحديد	١١٩
النحاس	٧٧٦	الفولاذ	١١٦
الذهب	٥٣٢	الرصاص	٨٥
النحاس الاصفر	٢٣٦	البلاتين	٨٤
الزنك	١٩٠	البلاديوم	٦٣
القصدير	١٤٥	الرموث	١٨

ألق طرف ملعقة فضة وملعقة نحاس وملعقة قصدير في ماء عالٍ فعن قليل لا تستطيع ان تمسك ملعقة الفضة من طرفها الخارج من الماء والتي من النحاس تُمسك والتي من القصدير قلما تحمى وهذه الخاصة اي صلاحية المعادن لنقل الحرارة يعلَّل بها عن فعل التيار المعدني اوفيار الاماس للسرهمفري داڤي المذكور في الجزء الثاني اي الكيميا صحيفة ٨٥

(٧٨) حمل الحرارة



شكل ٣٨

ما من احدٍ اذا قصد اغلاء قدرٍ يصرم النار فوقها بل تحتها لعل اكثر الناس يزعمون ان ذلك لازم لكون النار يصعد الى الاعلى غير ان هذا السبب ليس بكافٍ للتعليل عن لزوم اضرام النار تحت القدر كما يتضح من هذه العملية

العملية الخامسة والاربعون . خذ كوبة ماء باردة وعيّر درجة حرارتها بالثرمومتر ثم ألقِ في الماء درهمًا او درهمين من الايثير وهو لكونهِ اخف من الماء يعوم على سطحهِ ثم اشعلهُ ودعهُ يشعل عدة دقائق حتى يحترق الايثير او اطفئهِ بعد ما يشعل مدة على سطح الماء ثم حرك الماء واغمس فيهِ الثرمومتر فترى ان حرارة الماء زادت قليلاً جدًّا بالنسبة الى شدة حرارة الايثير المشتعل ولو أُشعل تحت الماء لارتفعت درجة حرارتهِ كثيرًا

العملية السادسة والاربعون خذ قنينة كروية الشكل كما في شكل ٢٨ وركبها على حامل حديد واملاها ماء واطرح في الماء مسحوق النيل او مادة أُخرى ملونة لا تذوب في الماء ثم عند اضرام قنديل تحت القنينة ترى تلك القطع الملونة تصعد وتنزل وذلك لان الدقائق السفلى من الماء عندما تحمى تخف كما ذُكر آنفًا وتتمدد وتصعد الى الاعلى وتأتي موضعها دقائق باردة وعلى هذه الكيفية تتكون تيارات صاعدة نازلة تدل عليها حركة القطع الملوّنة وكل دقيقة حامية تحمل حرارتها وتصعد وتعطي مكانها التي هي اقل حرارة منها وهكذا يسخن كل الماء في الوعاء سريعًا

في الاقاليم الباردة ترى الانهر والبحيرات تتجلد سطوحها في فصل البرد وذلك لان الدقائق السطحية تُحمص حرارتها فتثقل وتغرق وتأتي موضعها أُخرى وهذه ايضًا تثقل وتغرق

وهلمّ جرًّا حتى يبرد كل الماء الى نحو ٤° س و بعد ذلك يتمدد الماء زيادة البرد اي اذا هبطت حرارتها تحت ٤° س تتمدد كما عرفت مما ذُكر آنفًا فتعوم ولا تغرق و يتكون الجليد على سطح الماء والجليد اخف من الماء فيعوم على سطحهِ كما عرفت . ولو كان الجليد اثقل من الماء لغرق حالما تتكون منهُ قشرة ثم تتكون قشرة أُخرى فتغرق وهلمّ جرًّا حتى يتجلد كل ماء البحيرة او النهر و يتكوّن مقدار من الجليد لا تكفي كل حرارة الصيف لتذ و يبهِ

في الاقاليم الاستوائية يحمى الهواء من شدة حرارة الشمس و يصعد الى الاعلى و يأتي عوضًا عنهُ هواء بارد من الشمال والجنوب والهواء الحارّ يذهب شمالاً وجنوبًا نحو القطبين في طبقات الجوّ العليا وتأتي مجاري هوائية من الشمال والجنوب تقرب سطح الارض لتملأ الخلاء الحادث من صعود الهواء الحارّ وهكذا تتكوّن مجاري هواء اي الرياح وتلك المجاري الهائلة مدة مستطيلة من جهة واحدة في الاقاليم الاستوائية سُميت الرياح التجارية كما ستعلم في الجزء الرابع

(٧٩) إشعاع الحرارة

اذا وقفت امام النار او أدنيت يدك الى جسم حامٍ تشعر بحرارة خارجة من النار ومن الجسم الحامي والجسم الحامي يدفع

الى كل الجهات على السواء وهذه هي طريقة الاشعاع التي بها تصل الينا الحرارة من الشمس مع نورها

اذا أحميت جسمًا كقطعة حديد مثلاً تشعر في اول الامر انها تدفع شعاع حرارة الى كل جهة لانك من أيّة جهة قربت يدك اليها تشعر بالحرارة الخارجة منها غير ان تلك الشعاع مظلمة لا نور فيها ثم اذا احميت القطعة اكثر تراها تدفع حرارة ونورًا احمر ثم نورًا اصفر ثم نورًا ابيض مثل نور الشمس فلتتقدم الآن من درس الحرارة الى درس النور اي تلك الشعاع اللامعة الخارجة من الجسم المحمى الى درجة عالية

الفصل الحادي عشر
في النور

(٨) اذا أُحمي جسمٌ يدفع من حرارتهِ الى المادة المحيطة بهِ وهذه القوة او هذا النشاط تمتدّ على هيئة تموجات بسرعة عجيبة اي ١٨٦٠٠٠ ميل كل ثانية وان لم تكن حرارة الجسم عالية لا تظهر تلك التموجات للنظر بل تبقى محسوسة بها غير منظورة وهي شعاع الحرارة المظلمة او غير المنظورة كالتي تُنتَزع عن وعاء ملآن ماء عاليًا مثلاً او عن كلّة حامية دون درجة الاحمرار . ثم اذا ارتفعت درجة الحرارة تُرَى اولاً شعاع احمر ثم اذا ارتفعت الحرارة اكثر ترى شعاع اصفر ثم بنص الى ان تبلغ شعاع الشمس لمعانًا والامر ظاهر اذ ذاك ان لنا من الشعاع نوعين شعاع حرارة مظلمة لا تشعر بها العين وشعاع نور وهي التي تشعر بها حاسة البصر

(٨١) لا يظنّ احدٌ ان النور مادة خارجة من الجسم النيّر مدفوعة مثل القنبلة من المدفع على سرعة ١٨٦٠٠٠ ميل كل ثانية بل انما شعاع النور تدخل الى العين كما يدخل الصوت الى الاذن وقد تقدم ان ذلك بتموُّج الهواء اي عندما نسمع صوت مدفع مثلاً لا يُظَنّ ان دقائق الهواء تجري من المدفع الى الاذن

بل تلك تفعل بالتي بجانبها وتلك بالتي بجانبها وتنقل الحركة من واحدة الى أُخرى حتى ينتهي التموُّج الى الاذن وعلى هذا النسق المادَّة المتموّجة التي بيننا وبين الجسم البيِّن تتحرَّك متموّجة من دقيقة الى أُخرى حتى ينتهي التموُّج الى العين كما اتضح في العملية الـ ٣٥ نمره ٥٠ وهذا التموُّج اي تموُّج المادَّة البينة يقتضي لها وقت كما رأينا ان تموُّج الهواء للسمع يقتضي لهُ وقت غير ان تموُّج النور اسرع جدًّا من تموُّج الصوت اي الصوت يمرّ على نحو ١١٠٠ قدم كل ثانية والنور يمرّ على نحو ١٨٦٠٠٠ ميل كل ثانية ويقتضي للنور ثماني دقائق لكي يمرّ على المسافة بيننا وبين الشمس التي هي نحو ٩٢ الف الف ميل فلو انطفأت الشمس فجاءة لما شعرنا بانطفائها حتى بعد ثماني دقائق وعندما نرى الشمس طالعة فوق الافق تكون قد طلعت بالحقيقة ثماني دقائق

(٨٣) ان اوَّل من عين سرعة حركة تموجات النور هو رومر الفلكي الدانمركي وذلك على نفس المبدا الذي بهِ تعين سرعة الصوت اي ملاحظة لمعان مدفع ثم المدة المارة

بين ذلك واستماع صوته فلو عرفت لحظة حدوث حادثة طبيعية ثم عيّنت لحظة ظهورها للنظر لعرفت المدة اللازمة لمرور النور من موقعها الى موقعك والفلكي المذكور استخدم لذلك كسوفات اقمار المشتري لان قمر المشتري الاول يمرّ في ظل السيار كل ٤٢ س ٢٨ د ٣٦ ث ولو وصل النور من هناك الينا بالحال لرأينا تلك الحادثة في لحظة حدوثها ووجد ريومر انه اذا كانت الارض على اعظم بعدها عن المشتري تاخر الكسوف ١٦ د ٣٦ ث

لتكن ا المشتري (شكل ٢٩) و س الشمس فتكون الارض اقرب الى المشتري عند وجودها في ج وعلى اعظم بعدها عنه عندما تكون في د وكسوف قمر المشتري ف اي دخوله في ظل السيار يتاخر عندما تكون الارض في د ١٦ د ٣٦ ث عن الوقت الحقيقي اي يقتضي للنور ١٦ د ٣٦ ث لكي يمرّ على قطر فلك الارض ومن ثم حسب سرعة النور نحو ٨٦٠٠٠ كل ثانية

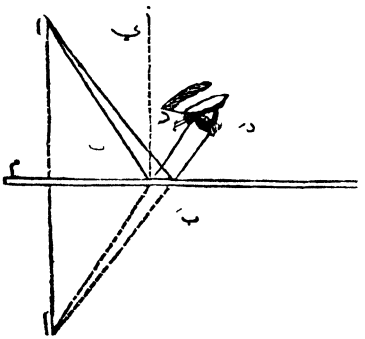
(٨٣) انعكاس النور

اذا وقعت شعاع النور على سطح مستوٍ مصقول تنعكس على قاعدة انعكاس الصوت (انظر نمره ٥٤) اي زاوية الانعكاس تعدل زاوية الوقوع

اذا وُضع جسم نيّر امام مرآة تسيطة تُرى صورة ذلك الجسم

خلف المرآة مع انهُ ليست هناك صورة حقيقةً ولكن الشعاع التي تنتهي الى العين من سطح المرآة تفعل فيها مثل ما كانت تفعل صورة حقيقيّة خلف المرآة و بناء على ذلك سُميت تلك الصورة وهمية حقيقية لانها غير موجودة حقيقةً وتفعل كانها موجودة وذلك يتضح من شكل ٤٠

لنفرض ا نقطة بيرة واقعة منها الشعاع ا ب اَ بَ على المرآة السيطة م م وهي تنعكس الى العين على جهة ب د بَ دَ اي ا ب ي = ي ب د وإذا أُخرج دُ بُ دَ بَ على استقامتها الى خلف المرآة يلتقيان في اَ اي على نفس المسافة خلف المرآة التي كانت ا عليها امامها فيظهر للناظر ان تلك الشعاع خرجت من اَ وتكون الصورة خلف المرآة على البعد والوضع اللذين كانت الحقيقة عليها امامها واذا وقفت امام مرآة ترى صورتك خلفها على بعدك امامها واذا قربت تقرب واذا بعدت تبعد غير ان يمينك هي شمال الصورة وشمالك هي يمين الصورة



شكل ٤٠

ان لم يكن سطح المرآة سيطاً مستوياً تتغير هيئة الصورة كما اذا نظرت الى صورتك في ملبوس ترمومتر تراها صغيرة مشتورة محدبة ملتوية وصورة المحل صغيرة والاقسام البعيدة منها صغيرة جداً

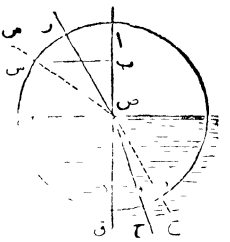
واذا اخذت مرآتين متقعرتين كما في شكل ٣٩ ووضعت حساً حامياً في محترق احداهما و يدك في محترق الاخرى تشعر بالحرارة اي الاشعة من الجسم الحامي بعد وقوعها على سطح المرآة المقعرة تقربه تنعكس على خطوط متوازية حتى تصيب المرآة الاخرى و بها تجمع الى نقطة محترقها فكأن النار مصطرمة في محترق الاولى وصورتها مكونة في محترق الاخرى غير ان هذه الصورة حقيقية الفعل

(٨٤) انكسار النور او التواء النور

العملية السابعة والاربعون . ضع في طست فارغ قطعة معاملة مثلاً او حصاة وحكم عينك واثبت واقف بحاسبه بحيث تختفي القطعة او الحصاة عن نظرك وراء جانب الطست ثم كلف احداً ان يصب ماء في الطست واثبت ثابت موضعك فقلما يمتلئ الطست ماء تظهر القطعة او الحصاة لعينك كأن قعر الطست قد ارتفع وقل عمقه وسبب ذلك انكسار الشعاع الخارج من القطعة بعد خروجه من الماء ودخوله الهواء . والشعاع الواقع

في الماء مورونًا يصير اقل ورنًا والخارج من الماء الى الهواء يزيد ورونًا

ليكن ق شكل ٤١ موقع الحصاة قبل امتلاء الطست و ر موقع العين والحصاة محجوبة عن النظر بواسطة حدار الطست ثم عند صب الماء في الطست ينكسر الشعاع ق ص عند خروجه من الماء الى الهواء الى جهة ص ر فتظهر القطعة عند ن اي على استقامة ر ص

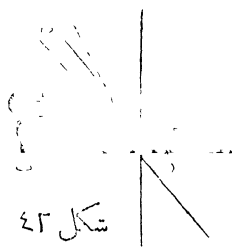


شكل ٤١

قاعدة

الاشعة المارة من مادة الى مادة اكثف تنكسر نحو العمودية والمارة من مادة اكثف الى مادة ألطف تنكسر عن العمودية

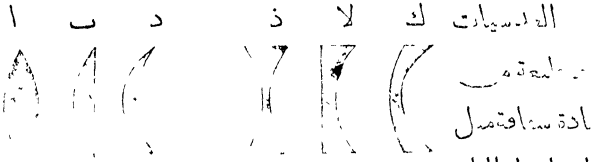
لتكن ا ب قطعة زجاج صاف وليدخلها من الهوا الشعاع س د فعند دخوله الزجاج ينكسر نحو العمودية اي الى جهة د ر ثم عند خروجه


شكل ٤٢

من الزجاج الى الهواء ايضاً ينكسر عن العمودية ويعود الى مواراة
س د . هذا اذا كان الزجاج ذا سطوح مستوية متوازية

تم لنعرض شكل الزجاج مشوراً امثال السطوح كما في شكل ٤٢
وليقع على احد سطوحه الشعاع دي فهو صاعد المرور بالاستقامة
الى ف فينكسر نحو العمودية على السطح ف
الذي وقع عليه اي الى جهة ي م وعند
خروجه من الزجاج عند م ينكسر عن
العمود على سطح م الى جهة م ر اي شكل ٤٢
اذا مر شعاع في مشور سطوحه الوجهان او على شكل اسفين ينكسر
ذلك الشعاع نحو قاعدة الاسفين عند دخوله وعند خروجه

(٨٥) العدسيات وتقابلها



شكل ٤٣

وتصنع على هيئات مختلفة حسب الغرض المطلوب منها في شكل
٤٣ الاشكال الثمانية (ا) عدسة محدبة السطحين و (ب) بسيطة
محدبة و د هلالية او محدبة مقعرة و ذ مقعرة السطحين و لا
بسيطة مقعرة و ك مختلفة الانحناء ومن هذه اب د تجمع اشعة

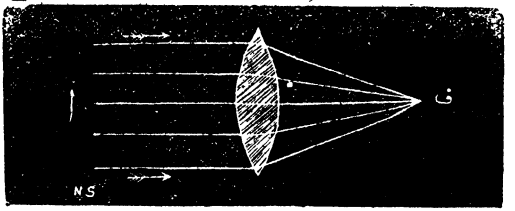
النور تتغير وما لا يقع عليهِ النور يبقى على حالهِ فتتصوَّر الصورة على القرطاس غير ان اقسام الشبح البيرة تكون مظلمة والمظلمة نيرة ولذلك سُميت هذه الصورة سلبيَّة ومن هذه السلبية تؤخذ الصورة الايجابيَّة الحقيقيَّة

(٨٦) البلورات المعظمة

العدسية المحدبة الوجهين تعظم الشبح المطور اليهِ بواسطتها كما يعلم كل من استعمل العويبات المناسبة للاشياخ غير انهُ يقتضي ان يكون الشبح قريبًا ولا تستطيع ان تعظم القمر او سيارًا من السيارات بهذه الواسطة ولا تفيد للطير الى الاشباح الارضيَّة البعيدة ويقتضي لتعظيم صورة شبح بعيد ان تستعمل عدسيتين الواحدة كبيرة تكوّن صورة الشبح البعيد كالقمر مثلاً والاخرى اصغر تعظم تلك الصورة واذا تركبت عدسيات على هذه الكيفية في انبوبة مناسبة فلك بطارة الطير الى المرئيات البعيدة اي تلسكوب وتوضع في انابيب مسودة بواطنها لاحل منع دخول كل نور اليها الاَّ من الشبح المطور اليهِ

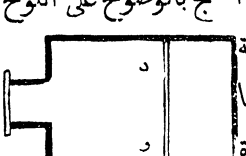
(٨٧) النور الابيض مؤلف من امتزاج اشعة مختلفة الالوان وكل لون يختلف عن غيرهِ في مقدار انكسارهِ بواسطة المنشور

النور و ذ لا ك تفرقها واذا وقع قلم اشعة على عدسية محدبة الوجهين كما في شكل ٤٥ اي كان الجسم النير مس جهة ا فعند وقوع الاشعّة على العدسية تنكسر نحو الخط العمودي وتُجمع عند



شكل ٤٥

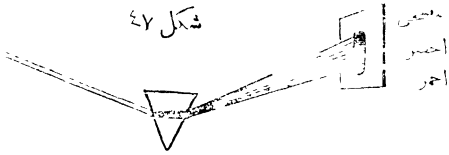
ف في نقطة واحدة واذا وضعت يدك في تلك النقطة تحترق او قطعة قرطاس تشعل واذا وضعت على جانب عدسيّة قنديلاً وعلى الجانب الآخر قطعة قرطاس مرّيت كلاًّ منهما على البعد المناسب عن العدسية ترى على القرطاس صورة القنديل مقلوبة واذا وضعت وجهك موضع القنديل يتصوّر على القرطاس مقلوبًا وهذا ما يصنعهُ المصوّر بالفوتوكرافية اي عندهُ علبة مطلية بصاغ اسود في جانب منها عدسية محدبة السطحين وفي وسطها لوح زجاج مختن (شكل ٤٦) د و واذا اراد ان يصوّر شيئًا يوجه العدسيّة نحو ذلك الشيء ويحكمها حتى تقع صورة الشيء بالوضوح على اللوح د و ثم يرفع اللوح ويضع موضعهُ قطعة قرطاس معدودة للفوتوكرافية اي عليها مواد ينفعل بها النور اذا وقع عليها والصورة واقعة على القرطاس تمامًا وكل نقطة يقع عليها



شكل ٤٦

اذا مرَّ النور الابيض في منشور مثلث السطوح يتحلّ الى سبعة الوان وهي احمر و برطقالي واصفر واخضر وازرق ونيلي و بنفسجي ومن هذه الالوان

شكل ٤٧



الاحمر ينكسر اقل من الجميع والبنفسجي اكثر من الجميع كما ترى في شكل ٤٧ وهذا الحل تراه في كل نقطة من الدا وفي الجواهر والبلورات وقوس قزح هو من حل النور بمروره في نقط المطر الساقط ولذلك لا تراهُ الاَّ مستقبلاً للشمس والمطر ساقط وهذه الحقيقة اي كون النور الابيض مركبا من اشعة ذات الوان مختلفة كشفها اولاً سر اسحاق بيوتون ونستطيع ان نحقق ذلك اذا ادخلت النور من شباك معلق في دفتهِ ثقب صغير يدخل منهُ النور وسائر المحل مظلم وليمر ذلك النور في منشور فيتكون عمود من الالوان السبعة المذكورة آنفًا وذلك العمود سُمي الطيف الشمسي او السكتروم و بناء على هذه المبادي اصطنعت الآلة المسماة السكترسكوب لاحل حل النور الخارج من اي جسم كان بيرًا ومحصه واذا نُظر الى الطيف الشمسي بهذه الآلة تُرى فيهِ خطوط سود تقطعهُ معارضة كشفها اولاً الدكتور ولستون

الانكليزي تم درسها وعيّنها المعلم فراونهوفر الالماني وسُميت خطوط فراونهوفر نسبةً اليهِ ولها معانٍ معتبرة لا نستطيع ان نلتفت اليها في هذا المختصر

(٨٨) خلاصة ما استفدناهُ مما تقدم من جبلة النور والحرارة

ان الاجسام الحامية في اول الامر تدفع اشعة مظلمة ومتى ارتفعت درجة الحرارة تصير بيرة وتشعر بها حاسة البصر وتدفع وتنعكس عن السطوح المصقولة بل ينعكس بعضها عن كل سطح وقعت عليهِ وادا مرّت في الماء او في الرجاج تنكسر وادا مرّت في مسور تنكسر نحو قاعدة المشور و يحلل النور الى سبعة الوان والعدسيات تكوّن صور المرئيات وادا نُظر الى تلك الصور بعدسية اخرى تعظمها فذاك المكرسكوب ادا صُبع للنظر الى ما هو قريب جدًّا وصغير جدًّا وتلسكوب ادا صُبع للنظر الى ما هو بعيد

(٨٩) قد تقدم ان بين النور والصوت مشابهة وان الجسم الحامي ذو نشاط والصوت يستلزم جسمًا مرنًا ومادة توصل ارتجاجات المرنج والجسم الحامي دقائقهُ في حالة الارتجاج السريع جدًّا جدًّا وكما ان ارتجاج الجسم المصوّت يحدث لعطًا يصيب آلة السمع ويُشعر بصوتٍ هكذا الجسم الحامي يحدث نورًا يصيب

آلة البصر والجسم القابل الارتجاج يُرَجُّ بواسطة الطرق واذا طرق مطرقة حرس جاب الحرس فهي قبل الطرق جسم متحرك ذو نشاط واوصل نشاطهُ الى الحرس فجعلهُ يرتجّ اي عمل شغلاً ونشاط المطرقة عند ما طرقت الحرس لم يمت بل انتقل الى الجرس

ثم لنفرض ان صربة المطرقة وقعت على قطعة رصاص على سندان الحداد عوضًا عن الحرس فلا تسمع ارتجاجًا مثل صوت الجرس بل لعطًا ميتًا فقط اي نشاط المطرقة المتحركة لم يحدث ارتجاجًا فايس ذهب .هل مات .كلاَّ . لم يتحوَّل الى ارتجاجات مثل ارتجاجات الحرس بل تحول الى حرارة والرصاص المطروق حمي وصارت كل دقائقهِ ترتج ولكن على كيفية غير كيفية ارتجاج الحرس وان تكرر الطرق بما يكفي يُصهر الرصاص بالحرارة المتولدة منهُ اي النشاط الظاهر في الجسم المتحرك يتحول الى حرارة وفي النشاط الظاهر يتحرك الجسم كلهُ من موضع الى آخر وفي الحرارة تتحرك دقائق الجسم حركة خطرانية سريعة جدًّا بدون ان يتغير موضع الجسم كلهِ وفي الآلة البخارية التي تعمل شغلا تحول شغل الف راس خيل مثلاً الناتج الشغيل هو النار اي نشاط الحرارة غير الظاهر يتحول الى نشاط ظاهر اي نشاط الحرارة تحول الماء بخارًا ونشاط البخار يحرك الآلة ومن هذه الامثلة والقياسات ترى ان النشاط الظاهر يتحول الى نشاط غير ظاهر

اي حرارة و بالعكس الحرارة اي الشاط غير الطاهر يتحول الى شاط طاهر

الفصل الثاني عشر

في المواد المكهربة

(٩٠) قد لوحظ منذ اكثر من الني سنة انهُ اذا دُلكت قطعة كهرباء بقطعة حرير تجذب الى نفسها اجساماً خفيفة فسُميت المادة الكهربائية ثم لوحظ منذ نحو ٢٠٠ سنة ان الكهريت وشمع الختم والرجاج لها هذه الخاصية نفسها مثل الكهرباء

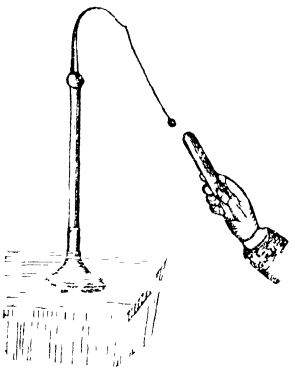
العملية التامة والاربعون . خذ قضيباً معدنياً حديدًا او اوتحاسًا اوقصديرًا او دهنًا اوقصدلهُ مقبض زجاجي او قضيب زجاج مغطور في طرفٍ منه وادلك الزجاج بقطعة حرير وليكن القضيب والحرير جافين الى التمام فبعد الدلك قليلاً ترى الزجاج يجذب الى نفسهِ قطعًا صغيرة من القرطاس او الريش او الشعر ولكن في الموضع منهُ المدلوك فقط اي هذه الخاصية لا تمتد الى كل سطح الزجاج بل يُحصر في القسم المدلوك منهُ . ثم اذا قربت القضيب المعدني الى آلة كهربائية تجدهُ قد اكتسب الخاصية المشار اليها نفسها اي يجذب الى نفسهِ مواد خفيفة ولكن خلاف الزجاج ترى

كل قسم منهُ لهُ هذه الخاصية اي مدت الى كل جزء من القصيب ولم تنحصر في قسم منهُ . اي ان الفعل الكهربائي مدَّ على كل سطح المعدن ولم يمد على كل سطح الرحاح بل انحصر في القسم المدلوك منهُ و بناء على هذه الخاصية انقسمت المواد من حيثية الكهربائية الى موصلة وغير موصلة ومن المواد الموصلة النحم والحوامض والاملاح القابلة الذوبان في الماء والماء واجساد الحيوان وافصلها المعادن . واما غير الموصلة فهما الكأ وتسوك والهواء الخافّ والحرير والرحاح والشمع والكبريت والكهرباء واللك

في كل معاملة بالمادة الكهربائية يقتضي ان يحيطها مواد غير موصلة لها لئلاَّ تفلت منا ويحسرها فيقتضي ان يكون الهواء حافًا وان يكون الجسم المكهرب موضوعًا على رحاج لكونهِ غير موصل للكهربائية

(٣٠) الكهربائية نوعان ايجابي وسلبي او زجاجي وشمعي او راتينجي

العملية التاسعة والاربعون . علق كرة من لب الاقطلى شكل ٤٨ او من النليس براس قصيب رجاج بواسطة خيط حرير ثم ادلك قصيب زجاج بقطعة حرير والمس الكرة المشار اليها



بالقصيب فهو يعطي كهربائيته للكرة وتلك الكهربائية لاسيل لها الى الانملات بسبب خيط الحرير الذي هو غير موصل كما عرفت واذا كان الهواء حافًا يحيط بالكرة مواد غير موصلة ثم بعد لحظة ترى ان القصيب لا يعود يجذب الكرة اليهِ بل يدفعها عنهُ . ثم ادلك قضيب من شمع الختم بقطعة صوف حامية جافة وادنهِ من الكرة فترى انهُ يجذبها الى نفسهِ اي ما دفعهُ الرحاح يجذبهُ الشمع ولو عكست ترتيب العملية ولمست الكرة اولاً بالشمع لدفعها بعد لحظة ثم جذبها الرحاح

شكل ٤٨

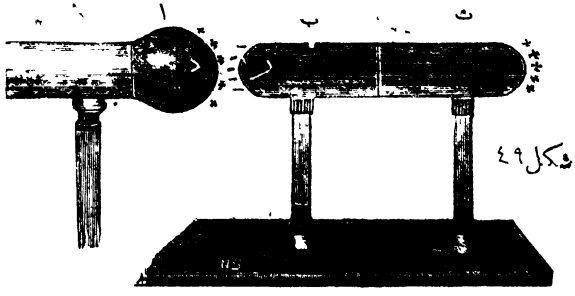
ولنا مما تقدم ان الكهربائية نوعان نوع يحصل من الرحاح المهيج بالدلك ونوع يحصل من الشمع المهيج بالدلك . وظهر من العملية السابقة ان الاجسام التي كهربائيتها من نوع واحد يدفع بعضها بعضًا وان الاجسام التي كهربائيتها مختلفة نوعًا تجذب بعضها بعضًا

(٦٣) هذان النوعان موجودان معًا في اجسام غير مهيَّجة

كل جسم حاوٍ كمية من هذين النوعين معًا وقيل انهما ممزوجان في كل جسم غير مهيَّج وان التهييج انما هو فصل احد النوعين عن الآخر واذا دلكنا قطعة شمع بالصوف يفصل بين النوعين و يبقى واحد منهما في الشمع والآخر في الصوف واذا دلكنا قطعة زجاج بالحرير تفرق بين النوعين و يبقى الواحد في الزجاج والآخر في الحرير وهكذا كلما تهيج الكهربائية بالدلك ولا يهيج النوع الواحد بدون تهييج مثلهِ من النوع الآخر اعني لا تكوّن الكهربائية بل انما تفصل بين نوعيها وقد سُمي النوع الحاصل من دلك الزجاج بالحرير ايجابيًّا ورجاجيًّا والحاصل من دلك الشمع بالصوف سلبيًّا او شمعيًّا او راتينجيًّا وذاك لاجل التمييز فقط

٩٣ تهييج الكهربائيَّة بالمجاورة او فعل المواد المهيَّجة بغير المهيَّجة

ليكن ا شكل ٤٩ كرة نحاسية مجوفة متصلة باسطوانة نحاسية



شكل ٤٩

قائمة على قضيب رحاح حتى لا يتلف تيار من كهربائية ا

وليكن ب و ت وعاءين من نحاس متصلين قائمين على رحاح ايضاً لاحل حصر كهربائيتها ولنفرض ان ا قد تكهربت من آلة كهربائية وان كهربائيتها ايجابية فاذا قربت ا الى ب وت تجذب الكهربائية السلبية في ب و ت فيحصل بين الوعيين فتكون كهربائية ب و ت سلبية من طرف وايجابية من الطرف الآخر

ثم ابعدت عن ب وابعدت عن ا فتكون قد جمعا ايجابية في ت وسلبية في ب وتبقى ا على حالها اي استعدما كهربائية ا لاحل الفصل بين نوعي كهربائية ب و ت وبقيت قوة ا على حالها وهذه الطريقة سُميت تهييج الكهربائية بالمجاورة او بالحل

(٤٠٤) الشرارة الكهربائيَّة

ثم قربت ت و ب الى ا تدريجاً فعندما يكاد احدهما يلامس الآخر ولم يبقَ بينهما الاَّ فاصل رقيق من الهواء الكروي تعلب جاذبيتها البعد الفاصل و يتحدان فجأةً و يكونان شرارة نار عند اتحادهما فتكون ا قد خسرت بعض كهربائيتها الايجابية و ب خسرت كل كهربائيتها السلبية ثم اذا ابعدنا ب و ت عن ا تبقى الايجابية في ت بل زادت كانَّ بعض كهربائية ا ذهبت الى ت اي كسبت ت ما خسرته ا

العملية الخمسون . شكل ٥٠ صورة آلة سميت الكتر وسكوب رق الذهب والغرض منها الدلالة على حضور كهربائية مهيجة . قرب اليها كرة حرة ليدن (وسوف يأتي ذكرها) بعد تهييجها بآلة كهربائية فتنجذب الكهربائيتي قطعتي رق الذهب داخل القنينة وتدفع احداهما الاخرى كما ترى في الشكل وهي ايجابية النوع

شكل ٥٠

ثم ادن اليها راس موصل رجاج متصل ايجابيًا فتبعد قطعتا الرق اكثر امتداها عن الاخرى لان الرجاج ينقل كهربائية كرة الالكتروسكوب ويا حد السلمية امتسع وتنل الايجابية رائحة العمل . ثم ادن من كرة الالكتروسكوب قضيبًا من الخشب مهيجا سلبيًا فتهبط قطعتا الرق وتلصق احداهما بالاخرى ودلالان كهربائية الشمع السلبية تبلت كهربائية كرة الآلة والسلبية الايجابية والسلبية في قطعتي رق الذهب وكانت كهربائيتها الايجابية وادنى الشمع السلبية وهبطتا

تنبيه في كل هذه العمليات يقتضي ان تكون كل التهيئات جافة والرجاج جافة جدًا ادن والآلات الكهربائية كلها جافة دائمًا واذا كان الهواء المحيط بها باردًا اكثر البخار المائي لا تصح احدى العمليات بالكهربائية

العملية الحادية والخمسون غد كرة نحاسية مجوفة محصورة

على قضيب رجاج وادنها الى آلة كهربائية مشتغلة فترى شرارة ضعيفة تنقل من الآلة الى الكرة ثم مس جانب الكرة المستقل الآلة باصبعك فترى الشرارة زادت لمعانًا وقوة . وهذا ايضاح لما قلناه آنفًا مخصوص سبب الشرارة . اي كهربائية الآلة الايجابية تجذب الى جسمها كهربائية الكرة السلبية وتطرد الايجابية الى ابعد ما يمكن اي الى الجانب من الكرة المستقل الآلة ولكون الكرة صغيرة جدًا لا تطرد الى ابعد من ذلك اذ لا سبيل لها للانتقال عن الكرة ولا يفرق بين النوعين الاَّ قليلاً ولكون الشرارة صغيرة كما مرَّ عند مسك الكرة طُردت كهربائيتها الايجابية الى جسمك ومن جسمك الى الارض فلا يحدث عن ذلك وقوة الشرارة

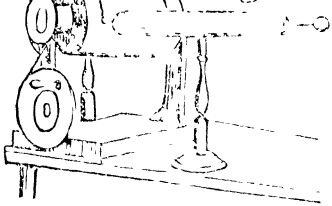
(٩٢) عمل الكرة رسول يسمى رأس بالكهربائية

اذا اديت كرة معدنية الى آلة كهربائية او طرف اصبعك ترى الشرارات الى الكرة او الى اصبعك ومن ثم الى الارض وتشعر عند مرور كل شرارة بالهزة الكهربائية تلك الشرارة شبيهة بلمعان البرق وهي بالحقيقة برق خفيف واذا صربت صاعقة احدًا فذلك مرور مقدار كبير من كهربائية الغيم به واول من اثبت ذاتية البرق والكهربائية هو بنيامين فرانكلين الفيلسوف الاميركاني والبرق يبدو في الشتاء فقط اذ يكون طول وميض البرق اميالاً وطول الشرارة قيراطًا او بعض القراريط

تم عوضاً عن اصعك او عن كرة مستديرة خذ بيدك شريطة معدنية مرأّسة ومدها نحو آلة كهربائية مشتعلة فترى انك لا تحصل على شرارة ولا واحدة منها شعلت الآلة وذلك لان الجسم المرأّس يجذب الكهربائية بسرعة حالما تهيج ولا سبيل لتجمعها فلا تكوّن شرارة وعلى هذا السماء تتركب القصبان المعدنية المرأّسة على الابنية لاجل توقيتها من بروق السماء اي من الصواعق ويقتضي ان تكون مرأّسة من اعلاها وان تعلو السماء عدة اقدام وان تكون متصلة بالارض بواسطة قصبان او شرائط معدنية حتى اذا جذبت الكهربائية من الغيم تدريجاً يكون لها سبيل للانصراف الى الارض وان لم يكن طرف قصبب الصاعقة مرأّساً يصرّ عوضاً عن المبع

(٩٣) تركيب الآلة الكهربائيّة

شكل ٥١



الآلة الكهربائية غرضها تهييج الكهربائية بالدلك وهي على هيئات شتى بين بسيطة ومشتبكة غير ان احلّ اقسامها هي اسطوانة زجاجية مثل ا شكل ٥١ او قرص وتدار بسرعة بواسطة دولاب وركبة وراء هامدلكة من الجلد الناعم محشية شعراً

مكسية ملمعاً مركباً من قصدير حرٍ واحد وربك حرٍ واحد وزيبق ستة اجزاء وهذه المدلكة محصورة بوضعها على راس قصيب من الرجاج وعلى الجانب الآخر من الاسطوانة الرجاجية اسطوانة معدنية ب دات اسنان مرأسة مثل اسنان المشط تتوجه نحو الاسطوانة الرجاجية وسميت الموصل الاول . ثم اذا أُوصل بين الارض والمدلكة بشريط معدني وأُديرت الاسطوانة بسرعة تتهيج كهربائيتها الايجابية وتتهيج السلبية في المدلكة وهي تتصرف الى الارض على الشريط المعدني المشار اليهِ وتتفرق واما الايجابية على الرجاج فتجذبها اسنان المشط الى الموصل الاول وهو محصور بوضعهِ على قصيب رجاج حتى لا تتلف منهُ الكهربائية فتتجمع عليهِ الكهربائية الايجابية واذا اديت اصبعك منهُ تمرّ منهُ اليها شرارة وتشعر بالهزة الكهربائية . اي الكهربائية الايجابية في الموصل تحل كهربائية اصبعك وتجذب السلبية الى نفسها وتطرد الايجابية فتتصرف الى الارض من رجليك ثم يتحد النوعان بشرارة . ولو وجهت نحو الموصل الاول قضيباً معدنياً مرأساً لما ظهرت شرارة للسبب المذكور آنفاً

(٤٦) جرة ليدن او قنينة ليدن

هي منسوبة الى مدرسة ليدن الكلية في هولاندا اخترعت سنة ١٧٤٥ وغرضها جمع مقدار وافر من الكهربائية وهي قنينة

سطحة برق القصدير مكسوة به ايضاً الى نحو قيراط من اعلاها وفي وسط سدادتها قضيب نحاس دو كرة كما في شكل ٥٢ والقضيب متصل بسطانة القنينة واذا قربت الكرة الى الموصل الاول من الآلة الكهربائية تنجذب الكهربائية في القنينة واذا لمست حارجها بالكرة ا من شكل ٥٢ وكرة القنينة بالكرة الاخرى ب من شكل ٥٢ تمر الكهربائية من داخلها الى خارجها وتنصرف الى الارض ان لم تكن محصورة ومقبض المطلق (شكل ٥٣) محصور

شكل ٥٢

عند ت قضيب نحاس واذا وضعت قرطاس على كرة القنينة تم اطلقتها بالمطلق تثقب الشرارة القرطاس ومحيط الثقب يأتي الى الجهتين كان المادة مرت من الداخل الى الخارج ومن الخارج الى الداخل معاً

عند ما تنعدم الكهربائية الايجابية داخل القنينة تحل كهربائية خارجها وتطرد الايجابية الى الارض وتبقى السلبية وكان النوعان يتحدان لولا الزجاج المانع ذلك الفاصل بينهما واذا تمسك عدة اشخاص يداً بيد ويد الشخص في طرف واحد من الحلقة متصلة بخارج القنينة ثم لمس الشخص الذي في الطرف الآخر كرة القنينة المعدة يشعر الجميع بالهزة الكهربائية واذا اتصلت عدة من قنينات ليدن بواسطة سلسلة

شكل ٥٣

معدنية مارة بين كراتها تصير كانها قيمة واحدة كبيرة وسُميت حينئذٍ بطارية كهربائية

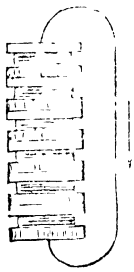
(٩٥) بشاط المواد المكهربة

الامر ظاهر من هموم نوعي الكهربائية احدهما على الآخر واحداثهما صوتا وحرارة ان لها بشاطا ولمعة الشرارة الكهربائية قد وجدها وَهينستون تدوم $\frac{1}{10}$ من الثانية وسرعة حركة الكهربائية ٢٨٨٠٠٠ ميل في الثانية اي هي اسرع من حركة النور وعند اطلاق حرية يدين يتحول ذلك البشاط الذي نُسميه كهربائية الى بشاط آخر نُسميه نورًا وحرارة

وبما ان للكهربائية بشاطا فلا بد من بشاط لتهييجها وعند ما نصرف بشاطك في ادارة الآلة الكهربائية نرى ان تهييج بشاط يقتضي لذ بشاط اي انه غير ممكن في الطبيعة ان تحصل على بشاط فعال بدون صرف بشاط فعال وعندما يتحد نوعا الكهربائية لا يضيع بشاطهما بل يتحوّل من هيئة الكهربائية الى هيئة النور والحرارة ولمعان البرق هو من قبل احتراق مواد الهواء الكروي الى درجة الاشتعال ولو استطعنا ان نحل ذلك اللمعان بواسطة السكتروسكوب لعرفنا طبيعة تلك المواد المشتعلة الكيميائية التي مرت بها الكهربائية

(٩٦) الكهربائية المتحركة والمجاري الكهربائية

قد تقدم نمره ٦٢ انك اذا اديت موصلاً مرأساً من آلة كهربائية مشتعلة يجري منها اليهِ ومنهُ الى جسدك ومن جسدك الى الارض مجرى كهربائي يدوم ما دامت الآلة مشتعلة ولما طريقة أُخرى افصل من الآلة الكهربائية لاحل الحصول على مجرى كهربائي دائم سُميت البطارية الفلتائية نسبة الى فولتا وهو فيلسوف ايطالياني .



شكل ٥٤

وصع اقراصاً من نحاس وربك وحوخ مبلول محامص على شكل عمود كما في شكل ٥٤ اي قرص نحاس ثم قرص ربك ثم حوح مبلول فيجري مجري دائم من النحاس الى الربك الى الحوخ ومن الربك في اعلى العمود بواسطة شريط موصل الى النحاس في اسفلهِ ثم عوّص عن هذا العمود بعدة كؤوس غُمس في كل واحدة منها قطعة نحاس وقطعة ربك كما في شكل ٥٥

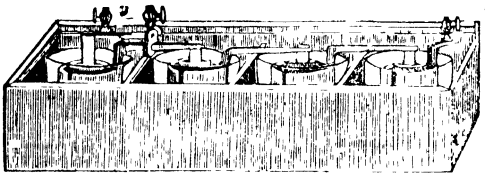
شكل ٥٥

ثم اوصل بين الكؤوس ولك من ذلك بطارية كلفانية نسبة الى كلفاني معلم التشريح في مدرسة بولونيا سنة ١٧٨٦ لاحظ تصحيح الكهربائية بواسطة معدنين قبل فولتا المشار اليهِ آنفا

(٦٧) بطارية كروف

منذ عصر فولتا الى الآن اختُرعت انواع شتى من البطاريات

الكلفانية واصحها الا ن بطارية كروف المذكور في نمره ٣٤ من الجزء الثاني صفحة ٢٢ وهي مرسومة في شكل ٥٦ وتألفت من



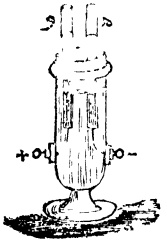
شكل ٥٦

وعاء صيني اورحاجي داخلهُ وعاء فخاري ذو مسامات و يُملأ الوعاء الخارجي حامضاً كبريتيكاً مخففاً كما ذُكر في الكيميا في المحل المشار اليهِ و يُغمس فيهِ ربك واما الوعاء الفخاري فيُملأ حامضاً بيتريكاً ثقيلاً وتُغمس فيهِ قطعة رقيقة من اللاتين عوضاً عن النحاس في بطارية فولتا وتتوصل الكؤوس بعضها ببعض

ثم بعد ما تتركب هذه البطارية وتوضع الحوامض في كؤوسها كما ذُكر يذوب الربك في الحامض الكبريتيك المخفف و يتولد عار الهيدروجين ولكنهُ لا يفلت على هيئة فقاقيع بل يتوجه الى الوعاء الذي فيهِ الحامض البيتريك وهناك يحل الحامض البيتريك و يأخذ من اكسجينهِ لنفسهِ فيتولد من تركيبهما ماء وهكذا يتحول الحامض البيتريك الى حامض بيتروس وهو يصعد على هيئة دخان اصفر برطقالي ولا يصل الهيدروجين الى اللاتين والمجرى الكهربائي الايجابي يمرّ في السيال من الربك الى اللاتين

العملية الثانية والخمسون . اوصل قطبي بطرية كروف

بالاسوتين الملآنتين ماء كما في شكل ٥٧ فينحل الماء و يظهر الاكسجين عند القطب الايجابي اي في الاسوتة المتصلة بلاتين البطارية والهيدروجين يتجمع في الاسوتة المتصلة بالقطب السلبي اي بالزنك وهذا من امثلة نشاط البطارية الكلفانية اي لها

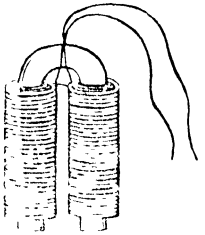


شكل ٥٧

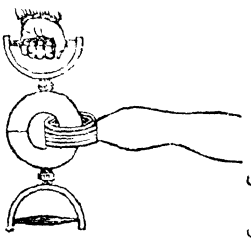
قوة على حل الماء ولها قوة على حل عدة مائعات مركبة غير الماء

(٦٨) وللمادة الكهربائية فعل آخر وهو ان تجعل قطعة حديد لين مغنيطًا

ان حجر المغنطيس الطبيعي يجذب الحديد والفولاذ الى نفسه والمادة الكهربائية تجعل قطعة حديد مغنطًا ومن ذلك يظهر تعلق كلي بين المادة المغنطيسية والكهربائية كما يظهر من هذه العملية العملية الثالثة والخمسون . لف على قطعة حديد لين شريط نحاس محصور بحرير كما في شكل ٥٨ و ٥٩ واوصل طرفي الشريط ببطارية كلفانية فترى ان الحديد صار مغنيطًا قويًا ويحمل بجاذبيته المغنيطية ثقلاً عظيماً ولكنه يخسر هذه القوة حال


شكل ٥٨

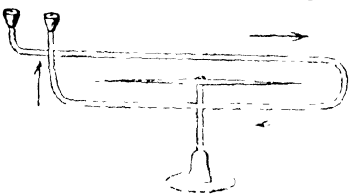
انفصالهِ عن البطارية اي هذه القوة للحديد اللين ما دامت المادة الكهربائية جارية حولهُ



شكل ٥٩

العملية الرابعة والخمسون . علق بالمعيط المشار اليهِ قطعة فولاذ او امررها المجرى الكهربائي من البطارية راسًا فتكتسب القطعة قوة مغطيسية ثابتة واذا علقتها من وسطها بخيط دقيق يدور طرف منها نحو الشمال ابدًا دائمًا اذا تُرِكت لنفسها اي صارت القطعة مثل ابرة الحك المغطيسي

العملية الخامسة والخمسون . امرر فوق ابرة مغنطيسيَّة مجرى كهربائي كما في شكل ٦٠ ترى الابرة تحول عن وضعها الاصلي حتى تصير عمودية على المجرى اي



شكل ٦٠

تتوجه شرق غرب عوضًا عن شمال جنوب واذا قطعت المجرى تعود الابرة الى حالها الاول وهذا العمل يصح وان كانت البطرية بعيدة عن الابرة او قريبة اليها

(٩٩) التليكراف الكهربائي

بناء على المبدا المشار اليهِ اي ان ابرة تتحرك بوصلها بطارية

وفصلها عنها ولو كان بينها و بين المطارية الوف من الاميال اخترع التلكراف الكهربائي لارسال الاخبار تحت البحار اليه بطارية في الحانب الواحد متصل بواسطة شريط نحاس مصور بابرة في الجانب الآخر وحركات الابرة تدل على الاحرف الابجدية حسب اتفاق سابق وتلك الاشارات تقوم مقام كتابة تلك الاحرف ولا يسعنا المقام ذكر هذا الامر بالتفصيل فلنحل الى مبدائهِ فقط

الخلاصة ان المجرى الكهربائي لهُ قوة على ان يحمي شريطًا اذا مرَّ بهِ وان يحل الماء وغيرهُ من المركبات وان يجعل قطعة حديد ليس مغنيطًا وقتيًا وان يجعل قطعة فولاذ مغنيطًا مستمرًا وان يحرف الابرة المغنطيسية على اي بعدٍ كان

قد ذكرنا في هذا المختصر بعض الامور من جهة الهيولى المتحركة اي الاجسام المرنجة والاجسام الحامية والاجسام المتكهربة وظهر مما ذُكر ان فعلاً او نشاطًا لا يضيع ولكنهُ قد ينتقل من جسم الى جسم او تتغير هيئتهُ من حركة ظاهرة الى صوت او الى حرارة او الى كهربائية و بالعكس ولكنهُ لا يفنى ولا يضيع وكما ان دقيقة من الهيولى لا تفنى بل تتغير هيئاتها هكذا النشاط تتغير هيئتهُ ولكنهُ لا يفنى . ولا يُحصل على فعلٍ الاَّ بفعلٍ ولا على قوةٍ الاَّ ببذل قوةٍ ولا على نشاطٍ الاَّ بصرف نشاط فتأمل

تم الجزء الثالث

و يتلوه الجزء الرابع