

**THE BOOK WAS
DRENCHED**

UNIVERSAL
LIBRARY

OU_191092

UNIVERSAL
LIBRARY

بيان الخطا والصواب من الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون
في تطبيق الهندسة على الفنون

خطا	صواب	صحيفه	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقيس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ٢)	١١	٢٥
وحبل	او حبل	١٦	١٩
د٥	د٥	٢٠	
ث	و ث	٢٤	١
لَا نَ	الآن	٢٨	٢١
مستقيم	مستقيم	٣٠	١٢
وقل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
م ا ب د ن	م ا ب ث د ن	٣٦	٧
و د ح	و د خ	٤١	٢
م د خ	م ر خ	٤١	٤
م ر خ	م ر خ	٤١	٦
و ر	و ر	٤٢	٣
نقطة ح	نقطة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢٢
كشكلا	كشكلا	٨١	٥
الى ب ث د	الى ر ث د	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان م ر	كان و ر	٨٨	١٦
بينهما التناسب	بينهما التناسب	٩٠	٢١

خطا	صواب	صفحة	سطر
مثلث ا ب ث	مثلث ا ب ث	٩٢	١١
هـ ب ث	هـ ب ث	٩٦	٢١
س ض ا ب	س ض ا ب	١٠٢	١
ص د	ص ز	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ن ح خ	ن ح خ م	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٢١
ج ر	خ ر	١٢٠	٢
ح ر	خ ر	١٢٠	٦
القطاع الخشب	لقطاع الخشب	١٢٨	٥
وس	وش	١٣٥	٢٢
بناء ذلك	بناء ذلك	١٣٦	٨
المجسمتين	المجسمتان	١٤٠	١٠
٣	٣	١٤١	١٣
م ن ح ح	م ن ح ح	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصغر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح ح ر ص	ح ح ر ص	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى اوالياف	المسمى بالشبيكة		
العين المشتبكة	اوالياف العين		
بالشبيكة	المشتبكة	١٦٨	٣

خطا	صواب	صحيفة	سطر
ان الخيط	ان الخيط	١٩٢	١١
و٢٥	و٢٥	١٩٦	١٣
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠	٢٢٥	٦
والخار بور	والخار بور	٢٢٨	٢
دف	دق	٢٤٣	٥
المتطرفة	المتطرفة	٢٤٧	١٠
دائرة ابثد	دائرة ابث	٢٦١	٢٤

هـ _____ ذا

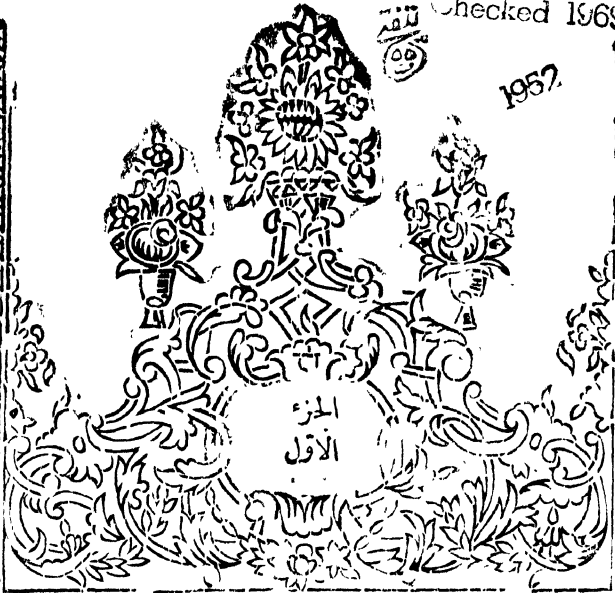
الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر

المصون * في تطبيق الهندسة

على الفنون * تعريب

عيسوى افندى

زهران



الحزب
الأول

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي امتد علمه بسائر الاشياء كل الامتداد * وتنزه عن ان تحصره
اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امتن اساس * واتقن
ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغدت الافكار تهيم في دوائر ملكوته
فلم تدرك له غاية * ولم تقف له عند حد ولا نهاية * والصلاة والسلام على من
براهين فصاحته قاطعه * ودلائل بلاغته قامعه * مر كز محيط المائر
والمفاخر * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذي خلق على احسن
الاشكال * الجوهر الفرد الذي حصل بالآيات البيّنات كل اشكال *
وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة
متين * ثم الدعاء لحضرة فخر امر آء الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

مجدّد بنیان العلوم والفنون بعصرنا * بعد ان درست آثارها بعصرنا *
 رب المناخر التي شهد بفضلها الخاص والعام * والمآثر التي تسمو على الثريا
 وتناخر الغمام * خلد الله حكومته البهية * وبلغه كل القصد والامنية *
 ولا زال باقيا عدله المنشور * الى يوم البعث والنشور * وبعد فيقول مترجوه
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الاسنہ * حائرة من كل فن احسنه *
 وكما من انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجد والاجتهاد * وبذلنا كل
 الجهد في تحصيل المراد * وعثرنا على ذلك بهمة ناظر تلك المدرسة التي سلكت
 بحسن ادارته * وفرط عنايته * منهج التقدم والنجاح * وسارت سير البدر
 في غسق الدجاء الى ظهور الصباح * حيث افرغ وسعه في التعليم * وسلك
 طريق التنبه والتنهيم * كيف لا وقد جمع بين مرتبتي المعقول والمنقول *
 وحاز فضيالي الفروع والاصول * حفرة رفعة افندي * حفلة المعيد
 المبدى * فبعد ان تحققت الآمال * وجوزيت الاعمال * وكما من زمرة
 رجال قلم الترجمة * الذي يأبى الله الا ان ينشر علمه * ترجمنا من الفرنسية
 الى العربية باصر من تغت بهداه الورق على الايك * مدير ديوان عموم
 المدارس ادهم بيك * الناصر بالحاسن العلمية والعمالية * المستوى على
 المعارف السككية والجزئية * في العلوم الرياضية وغير الرياضية * كتابا في تطبيق
 الهندسة والميكانيكا على الحرف والصنایع والفنون المستظرفة تحت رئاسة
 رب الذكاء الرائق * والفهم الفائق * من فاق الاقران * في حومة الميدان *
 وبرع في النشون الهندسية * ومهر في العلوم الرياضية * حضرة محمديومي
 افندي * وبتصحيحه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فناء عيسوي زهران افندي ترجم الجزء
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثاني ومحمد افندي الحلواني الجزء الثالث ولما
 تمها التمام * وابس طراز الختام * وسمناه بكشف رموز السر المصون * في تطبيق
 الهندسة على الفنون * فجاء بحمد الله مرتب المعاني * مهذب المباني * يشهد
 لا يام ولي النعم بانها غر في وجوه الايام * شهادة صدق لا يعترها نقض

ولا ابرام * وبالجملة فصاحب السعادة لا تنكر همته * ولا تبارى في تقويم
اود الملائك رغبته * فهو جدير بما قاله فيه * الا فدى مترجم الجزء الثاني المشار
اليه * تطريرا لاسمه من بعض ما يجب لدولته عليه * مع تلقيبه بقطب
دائرة الوجود * رب الاحسان والجلود

قد طاف بي طيف الخيال السارى * ودنا الوصال وفزت بالاطوار
طفقت بي الاحشاء من فرط الجوى * تنقاد نحو طوارح الاقمار
بشرى لقلب فاز منها بالنسا * وسعت اليه بجيشها الجرار
دعنى عذولى لا تلنى في الهوى * واترك ملامى فى الغرام ودار
أأنت من شرع الهوى برسالة * فى العذل تعذل صبوتى وتمازى
يكفنيك ما قد حل بي من هجره * فسواى فى حب الملاح عمارى
رام السلو لمن احب عواذلى * والقلب لا يثقل فى تذكار
تاهت عقول ذوى الهوى فى حسنه * وسقاهم فى الحب كاس عقار
ان لم يجد لى بالوصل فانى * باق على عهدى بلا انكار
لا انفى للغير عند صدوده * كلا ولا اصبول ذات سوار
والله ما اسلو هواه وان سلا * وصبا دلا لا منه للاخبار
جار العذول واننى جار على * حاكم الهبة بعد بعد الجار
والدمع سال ومهجتى تلفت على * من حسنه يجلود بى الاتحار
دل السقام على الغرام ولوعتى * من بعد ما قد اخفيت امرارى
ريم برى الاحشا بسيف لحاظه * كالداورى بسيفه البتار
بيت المكارم قطب دائرة العلا * عين الوجود ومركز الاخبار
ان سل فى الهيجاء عضبا صارما * باء العدا بمذلة وصغار
لله در اميرنا من فارس * فى الحرب يبرى خصمه بيوار
اضحت به مصر عروس زمانها * ومن الفخار دثرت بدثار
حوت الكمال وفاقت الامصار اذ * بهزرها افتخرت على الاقطار
سر الورى من فى الوغى قطع العدا * واكم برى من فارس جبار

افديه من بطل اعاد لمصرنا * شمس المعارف في علو نخار
 نشرت تواريح الافاضل فضله * فبذكره ينجاب كل غبار
 وله من الاشبال نجل ناجب * يخشاه كل غضنفر كرار
 الهازم الاعداء ابراهيم من * فتحت له ابواب كل حصار
 لم لا يفوق الكل وهو اخو العلا * نور الزمان وصفوة الابرار
 جات مناقبه عن الاحصاء اذ * سارت مفاخره بكل ديار
 واختص بالنصر الذي بهر العدا * فتخاره عن كل عار عارى
 دانت رقاب مخا لقيه لامره * وروى علاه شواهد الانوار
 مازال في الاقبال طول حياته * وعدوه مازال في ادبار
 حاز الفخار طريقه وتليده * وسواه في كسب المفاخر طارى
 ملاء القلوب مهابة فكأنه * عند التحام الحرب ليث ضارى
 دلت ما ثره على عز ماته * أنى سواه يكون للاخطار
 عباسهم بالجو ديسم والندا * نجر الامجد كامل المقدار
 ليث اذا عظم التزال غضنفر * اضحت دماء عداه كالانهار
 يفتثر نعر الدهر عن احسانه * ومديحه يجلو قذى الابصار
 بسعيدهم سعد الزمان واهله * والبر فاض وعم كل بحار
 اما حسين فانه يجنى من الاستعظيم روضا يانع الازهار
 شرف الزمان به ومن عبد الحليم غدا رقيقا طيب الاخبار
 اكرم بهم من فتية جازوا العلا * ايسوغ اقطع عنهم اشعارى
 وهذا اوان التعريب * بعون القريب المحجب

الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستطرفة)

(الدرس الاول)

في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وتقويم نسبه

والامتداد هو الابعاد الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق

وتكون هذه الابعاد الثلاثة في جميع الاجسام التي تحتوى عليها الطبيعة

وفي سائر الاجسام التي تعمل بواسطة الصناعة وهي موجودة كذلك في كل

مسافة فارغة او مشغولة بجسم ما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التي تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا

الجسم مما يلي من الفراغ المذكور

وبناء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض ودون عمق حيث

ان النقط الداخلة في سمك الجسم ليست جزءا من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتابعة الفاصلة لجزئى سطح جسم ما ومنه الخط

الهندسى وهو ما اشتمل على الطول دون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذى

يشغله جسم ما في وقت معلوم على جميع ابعاده هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصوراتنا عند قولبته في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذا رأينا علبة فارغة محتوية على جزء من الفراغ فانتا نعرف

ان صورة هذا الجزء الفراغى هي في الحقيقة الصورة الداخلية للعلبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا

لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح

الاجسام تكون خواص الجزء الفراغ المشغول بهذا السطح في وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العلمية لا يعتبر جسما من الاجسام

بخصوصه ولا سطحا من السطوح بخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة في ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور في الفراغ جزء الجسم وسطحه لان هذين الشكليين يكفيان في الدلالة عليه ولوان في مثل هذا بعض صعوبة الا انه يبرن العقل ويقوى الفكر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة الهندسة العلمية والعملية وبناء عليه ينبغي ان نعود التلامذة على ذلك شيئاً فشيئاً وان نبين لهم الاختلاف اللازم الموجود بين الاجسام على اعتبار المهندس العلمي والمهندس العملي ولا مانع من ان تتصور في الهندسة اجساماً متداخلة في بعضها بحيث انها تشغل كلها وبعضها جزءاً من الفراغ في آن واحد وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجملة فلا يمكن ان الاجزاء المادية لجسمين تشغل معاً مسافة واحدة ولوظهر وقوع ذلك لقهم منه ان اجزاء احد الجسمين المادية تدخل في فراغ الاخر مثال ذلك ادخال الماء في السفينة وسيأتي لنا كون هذه المحفوظات لازمة لقهم حركة الآلات وتناجها

فاذا فرض ان الجسم يتقص شيئاً فشيئاً من ابعاده الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق فانه يقرب شيئاً فشيئاً من النهاية الوهمية وهي النقطة الهندسية التي باعتبارها يقول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

وفي الفنون يطلق اسم النقطة غالباً على اجزاء السطح والجسم اللذين ليس لهما سوى الابعاد الصغيرة جداً كنقط الكتابة ونقط الخطوط النقطية في الرسوم الهندسية وغيرها بالحبر والقلم الرصاص ونقط الحسكة او في غرزة الخياط وهلم جرا

والنقطة ايضا تتصور من نهاية الاشياء المحددة كالمناقش حيث ان هذه النهاية لا يملك لها محسوس ومن الضروري تعود التلامذة على معرفة اعتبارات النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المختصة وتطبيقاتها

ولاجل سهولة علم الهندسة نتكلم اولاً على الخطوط ثم على السطوح ثم على الاجسام التي تسمى حجوما بالنظر للفراغ الذي تشغله وصلبة اذا كان لها اشكال يمكنهم البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مظلوفة في ظروف اوبين حواف حاذجة مثل النيد في القزاز والماء في مجرى الانهار والبرك والبحار

وغير ذلك

ويفرض في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى مجسمة او ان اشكالها منضبطة التغير داخله تحت قاعدة او حد عند ممارسة المهندس لها واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا في الفنون هو الخط المستقيم وهو الذى يقطعه الانسان في اقرب زمن عند اتباعه اتجاه واحد لانها اقصر بعد بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين بين نقطتين معلومتين فحينئذ لو فرض ان خطين مستقيمين اتصاليهما بين النقطتين لاتحادهما وصارا خطا واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين رسما على جسمين وانطبقا نقطتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثانى فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا ونستعمل خاصة هذا الخط المستقيم في الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط مرسوم بواسطة خط اخر معلوم الاستقامة يكنى انطباق الثانى على الاول في نقطتين وينظر هل يطابقه في جميع نقطه ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه ثانيهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة نستعمل لرسمها اجساما لها ضلع او عدة اضلاع مستقيمة كالمساطر والقلابات

ولذلك نضع المسطرة والقلابة على السطح الذى ينطبق فيه الخط المستقيم المصنوع بالمسطرة والقلابة انطباقا كاملا في جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم ترسم بقلم رصاص او منقاش او اى آلة سواء كان طرفها محمدا او قاطعا خطا عيس بالمسطرة والقلابة فهذا يصير الخط المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع القزاز يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه المنتهى بقطعة من الالماس الواح القزاز المربعة التى يريد وضعها

وينبغي للانسان اذا اراد رسم خط بين نقطتين مفروضتين ان يضع المسطرة بالنسبة على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه سمك القلم الرصاص او المنقاش الذي يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم بحيث يكون القلم الرصاص او المنقاش مما سادأما للمسطرة

وعند ابتداء التلامذة في رسم الاشكال الهندسية يلزمهم الاتباه والزمن ليرسموا خطا مستقيما مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لانه يحدث عندهم وقت الرسم بالخبر صعوبة اكثر من الطريقة الاولى حيث انهم يجعلون للخطوط التي يرسمونها عرضا صغيرا فاذا كان هذا العرض كبيرا نتج منه اتلاف الرسم وبالجمله فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على كونهم لا يعطون للخطوط التي يرسمونها الاسم كما ضروريا لتكون مشاهدة

ولنشرح الان عرض الخطوط الجارية في الفنون ونبتدأ اولاً بالكلام على الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فنقول

قد عرف المهندسون ان هذا الخط له طول فقط دون عرض وعمق وفي الواقع ان كل الخطوط المستعملة في الفنون لها عرض ومن جعلتها الخطوط التي يرسمها المهندسون

ويطلق اسم الخط في الصناعة غالباً على تجويفات او نقوش ضيقة قليلة العمق وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذي يتصوره المهندسون كخطوط الاستحكامات الخفيفة التي بها يحيط المحاصرون او المحاصرون محلا

والخط عند ارباب الكتابة والطباعة القرون اوية يطلق على السطر فهو تسلسل كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكة يساوي ارتفاع الحروف وهو صغير جداً بالنسبة لطول هذا الخط

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط او الحبل من جله آلات الهندسة العملية المستعملة في الفنون ويكون للحبل المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن ثقله مثلاً اذا كان الحبل المشدود من طرفيه موضوعاً على السطح الذي يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشئ ابيض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخي فبارتخائه يرسم على
السطح الخط المستقيم المطلوب

والنمذبة الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كما ينهنا على خواص النقطة
بان يميز الخطوط الهندسية والخطوط العملية ويرى في احوال كثيرة
ان تقدمات النمنون تقرب شيا فشيئا في عمليات الصناعة من ذلك التصور
الهندسى الذى ينبغى للتلاميذ معرفة طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى
اهم قبل الوصول الى ذلك صورة لسطح الذى يرسم بخط مستقيم وهو السطح
المستوى المسمى ايضا المستوى نقطة قول

اذا وضع في جهة ما خط مستقيم على سطح مستو وكانت نقطة الخط المستقيم
متحدتين مع المستوى لجميع نقط هذا الخط تكون متحدة ايضا مع السطح
ويستعمل المستوى في الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط
المستقيم لصناعة المستوى وسيظهر ذلك تفصيلا عند ذكر السطوح
خصوصا (راجع الدرس السادس)

واغلب الرسوم الضرورية لفنون والحرف يرسم على مستو مجهز قبل ذلك
وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفي الرسوم الجسيمة مجهزون
لها غالبا لوحة مقسعة كما ان مهندسى السفن يمدون لوحا كبيرا على قدر طول
اسفل المركب وهو المسمى بالارنيك واما النجارون وقطاع الخشب
فانهم يصنعون رسمهم على سطح مستو واما المهندسون فانهم يرسمون
اشكال انقنار على سطوح افقية من الجص ولا يتحققون صحة الرسم
الا اذا كان السطح المستوى صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع
عليه يتحده في جميع نقطه

(بيان اقيسة الطول)

قد يستعمل الخط المستقيم الذى هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثانية لقياس
المسافة القصيرة المنحصرة بين نقطتين
ويستعمل هذا الخط ايضا لقياس الابعاد الاعتيادية للاجسام وبهذه

الطريقة يقيسون أبعاد كتلة خشب أو بيت أو سفينة أو غير ذلك
ولاجل مقابلة هذه الأقيسة المتنوعة ببعضها يلزم أن نأخذ منها واحدا ونجعل
أحادي قياسها وننظر كيف يتكرر هذا الأحاد في الشيء المراد قياسه فإذا كان
يتكرر فيه ١ أو ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ مع الصحة فلا صعوبة في العمالية وليس
كذلك فيما إذا بقي من الخط المقياس جزء يكون أقل من الطول المأخوذ أحادا
فحينئذ يؤخذ هذا الأحاد ويقسم إلى أجزاء متساوية مثل ١٠ و ١٠٠
و ١٠٠٠ ثم نبحث عما يحتوي عليه الخط المستقيم المعد للقياس من
العشرات والمئين والالوف من أحاد القياس

(بيان المقياس)

المقياس خط مستقيم مثل أ ب شكل (١) موضوع عليه عدة
أحاد القياس وتقسيمات هذه الأحاد وقد تقررنا الهندسة العلمية طريقة
استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة
في أشغال الصناعة التي ينتج منها النجاح لضبط القياس (راجع الدرس
الخامس)

ومن الضروري لأرباب الفنون أن يكونوا محترسين على خط مستقيم منقسم
على حسب القياس المتبول عند كافة الناس كالأقيسة القديمة مثل القدم
والهنداسة والحديدة كالتر المتجزء على مسطرة

وقد تشتري الصناعات غالباً آلات ومقاييس غير مضبوطة التقسيم وقريبة
الخلل فمن يجنس مراعاة للوفر الذي في غير محله من المستحسن للصناعات
أن يشتروا مقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لأن
الفوائد التي تعود على أشغالهم من حسن الآلات تعوض عليهم المصروف
الذي بذلوه في ثمنها وسنكلم في كثير من المواضع على حقيقة ذلك

ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا أن نعتبر عدة خطوط مستقيمة
بالنظر لا ونأعدها فنقول

إذا فرضنا أن مستقيم أ ب س (شكل ٢٧) يدور حول نقطة أ

الثابتة ويأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه
الحركة يبعد الخط المذكو ورشيأ فشيأ من وضعه الاصلى وهو ا ب س
ويسمون بالزاوية انقراج ب ا ث او ب ا د او ب ا ه من خط
الى آخر ونقطة ا التى يمتد منها خطا ا ب و ا ث نسمى راس
الزاوية وخطا ا ب و ا ث هما ضلعا الزاوية ويسمون فى بعض
الافاق الزاوية الواقعة بين ضلعي ا ب و ا ث زاوية ا فقط
وفى الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا
الذى هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين فى ضلعيها
وحين يدور خط ا ث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ا م
المقابل لخط ا ب فاذا استمر على الدوران فانه يقرب من ا ب من
الجهة المنعكسة الى ان يعود ثانيا على ا ب بعد ان يدور دورة كاملة
ومن المعلوم ان مستقيم ا س دار فى وضع ا م نصف دورة من ا ب
وبالجملة اذا انتهى الجزء الاعلى من شكل ب ا م ه على جزئه الاسفل
فان الاول ينطبق على الثانى انطباقا كلياً
وفى الحركات العسكرية بعد اصطفاف العساكر اعنى وضعها على خط مستقيم
وتوجهها الى جهة فيحتاج فى الغالب اتجاهاها الى الجهة المقابلة للاولى فحين
يصدر النداء بعمل نصف دورة الى الجهة اليمنى ففي وقتها يدور كل واحد من
العساكر على احد كعبيه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا
يحصل خلل فى هذه الحركة يضع العسكرى القدم الاخر المعبر عنه بحرف
ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور حينئذ على كعبيه دورة كاملة
ويكمل كل واحد من هذين القدمين نصف دورة (شكل ٥) ويصير
القدم الذى كان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول
(شكل ٦) فاذا دار العسكرى ثانيا نصف دورة فانه يجد نفسه فى اتجاهاه

الاصلي وتكمل دورته حينئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي $\overline{ا\theta}$ و $\overline{د\alpha}$ كما في (شكل ٧) وجدنا احدهما وهي $\overline{ب\alpha}$ صغيرة والثانية وهي $\overline{ث\alpha}$ كبيرة ومجموعهما يساوي نصف دورة من دوران خط $\overline{ا\theta}$ من ابتداء $\overline{اب}$ الى $\overline{اد}$ واذن تكون زاوية $\overline{ب\alpha}$ هي التي تنقص من زاوية $\overline{د\alpha}$ لتكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية $\overline{د\alpha}$ هي الناقصة من زاوية $\overline{ب\alpha}$ لتحدث نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية $\overline{ب\alpha}$ هي المتممة لزاوية $\overline{د\alpha}$ وكذلك زاوية $\overline{د\alpha}$ هي المتممة لزاوية $\overline{ب\alpha}$

واذا فرضنا ان زاوية $\overline{ب\alpha}$ تزيد لكون خط $\overline{ا\theta}$ يبعد عن خط $\overline{اب}$ فان زاوية $\overline{د\alpha}$ المتممة تنقص ويأتى وقت تزداد فيه زاوية $\overline{ب\alpha}$ وتنقص فيه زاوية $\overline{د\alpha}$ الكبيرة حتى يصير الزاويتان متساويتين (شكل ٨) وكل من هاتين الزاويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة فاذن تكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعني ربع دورة ثم ان زاوية $\overline{ب\alpha}$ القائمة او $\overline{د\alpha}$ (شكل ٨) اربع الدورات هي الزاوية التي يحتاج الى احداثها او قياسها في جميع الاوقات لاجراء جولة عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالبا في الحركات العسكرية ربع الدورة الذي يسمى ربع قلبة ومتى لزم انقلاب البلوك المصطف على اتجاه $\overline{اب}$ (شكل ٨) من هذا الوضع الى وضع $\overline{ا\theta}$ العمودي فانه يدور ويتقلب حول نقطة α ويحدث دورة واقلا بانه ما حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائما الى جهة واحدة

ولا يحدث الاربع دورة لكي يصل الى الوضع الاول العمودي ويحددون جهة هذه الحركة بان يأمر وبال دوران الى الجهة اليمنى او اليسرى

واذا فرضنا حينئذ خطين آخرين مستقيمين كخطي م و ن و ول (شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدلهم اوضع ول حيث ان زاويتي

ن و ول و م و ول متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين بصيران مساويتين للزاويتين الاولىين وهما ب و ا و ث (شكل ٨) اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القائميتين

ولبيان ذلك نضع مستقيما د و ا (شكل ٨) على خط م و ن (شكل ٩) بحيث يتحدان في جميع نقطتهما كاتحاد الخطين المستقيمين وتقع نقطة ا على نقطة و فينتدبغى ان ضلع ا يقع بالصفة

والضبط على ضلع ول واذا قدرنا لخط ا (شكل ٩) وضعنا آخر وكان واقعا على يسار ول فن المعلوم ان زاويتي ث و ا و ب

و ا اكونهما متساويتين لا يمكن ان تكون زاوية م و ول الزائدة بزاوية ث و ول عن الاولى وزاوية ن و ول الناقصة عن الثانية

بنفس زاوية ث و ول متساويتين بخلاف ما اذا وقع خط ا (شكل ١٠)

على يمين ول فان زاويتي ب و ا و ث حيث انهما متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ول التي هي اصغر من زاوية

د و ا مساوية لزاوية م و ول التي هي اكبر من زاوية ب و ا فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا على يمين ول ولا على يساره

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزاويا القائمة المتألفة من جهة من مستقيمي

أ ب د ومن جهة اخرى من مستقيمي و ل و م ن المتغيرين تكون كلهما متساوية دائماً

وهذه هي القاعدة الاولى التي ينبغي عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه

المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل أ ب و أ ت (شكل ١١) الثابتتين في نقطة أ بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فاذا اردنا ان نرسم من

نقطة و (شكل ١٢) خط و ل بان يجعل بينه وبين خط م و ن

زاويتين قائمتين نضع ضلع أ ت من المسطرة على طول خط و ن بشرط

ان نقطة أ تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرمم مستقيم و ل بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فاذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة المثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجهد فلا شيء اسهل من ذلك

(امتحان صحة المسطرة المثلثية)

لاجل ضبط مسطرة ب أ ت (شكل ١١) نبتدئ بان نرسم مع

الضبط مستقيم م و ن (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع

أ ت باقرب ما يكون على طول و ن ونرسم خط و ل على طول

أ ب وبعد ذلك نقلب المسطرة المذكورة ونضعها على ب أ ت مع

وضعنا أ ت على طول و م وننظر ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو أ ب

اولا اذا وقع على خط و ل المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا

لم يقع الضلع الثاني على و ل كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية

الناجمة عنها صغيرة جدا ثانيا اذا تجاوز الضلع الثاني خط ول فهي غير مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة وسترى الطرق التي يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التي ليست مضبوطة

ثم ان نجاري الترسانة يسمون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ر (شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مركبة من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرج ان عنه بحيث يمكن بواسطتها تكوين جميع الزوايا كبيرة او صغيرة

وقديهم في انضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احدهما على الاخرى من غير ان يحصل لهما بعض احتكاك وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح الزاوية التي يصنعانها او نقلها مع السهولة ويرى على مقتضى ما ذكرناه يسهل

نقل زاوية ما كزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتدا نقطة و

(شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل و ن الجديدة

التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

ونحضر المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ر يتبعان

استقامتي ا ث و ا ب (شكل ١٤) ثم نقل تلك المسطرة

على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة

ونضع س ص على ول فحينئذ اذ ارسمنا بقلم رصاص او منقاش

وحبل خطا مستقيما مثل خط وم على امتداد ضلع ص ر تصير زاوية

م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها) *

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا ولتحقيق
 تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها
 ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وجملة من البراهين
 الهندسية فنقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطبقا كلياً في جميع
 ابعادهما كانا متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلمة ويحدث
 منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم
 الارانيك على الاقشة التي يريدون تفصيلها مع غاية الدقة بحسب محيط هذه
 الارانيك التي على هيئة الاشكال اللازم تصورها ووضعها

ومتى حدث من خط $\overline{ا\theta}$ (شكل ١٦) وخط $\overline{د ا ب}$ زاويتان
 قائمتان كزاويتي $\overline{ب ا \theta}$ و $\overline{\theta ا د}$ كان خط $\overline{ا\theta}$ عموداً على
 خط $\overline{د ا ب}$ فبناء على ذلك نزل عمود $\overline{ا\theta}$ على مستقيم $\overline{د ا ب}$
 بوضع ضلع $\overline{ص ز}$ من المسطرة المثلثية التي هي $\overline{س ص ز}$ على
 استقامة $\overline{ا ب}$ ونرسم مستقيم $\overline{ا\theta}$ على استقامة ضلع $\overline{س ص}$
 ونشرح طرفاً لرسم الخطوط العمودية فنقول

انما اذا نينا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيم $\overline{ا ب ه}$
 هو فاصل الثني اى الحدين المشتركين الاثنين فحيث ان زاويتي $\overline{ا ب ل}$
 و $\overline{ا ب \theta}$ متساويتان نضع مستقيم $\overline{ب\theta}$ على $\overline{ب د}$ فاذا تطبق
 زاوية $\overline{\theta ب ه}$ على زاوية $\overline{د ب ه}$ مع الضبط فمكون هاتان
 الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاوليين وحينئذ متى تقاطع
 خطان مستقيمان وكان من جملة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فان
 الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناء على ذلك يكون كل من جزئي
 $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ه}$ الذي هو واحد الخطوط المستقيمة عموداً على الآخر

ومن المفيد ان يبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة ب (شكل ١٨) الا
 بعمود ب ا على مستقيم د ا ث المفروض
 ولا ثبات ذلك نقرض انه يمكن مد عمودى ب ا و ب د من نقطة
ب على نفس هذا المستقيم الذى هو د ا ث ونمد ب ا بشرط ان
 يكون خط ا ر مساويا لخط ا ب ثم نصل مستقيم د ر
 ونثنى جزء د ا ث - جميعه على د ا ث بحيث ان زاويتى
ا ث و ب ا ث متساويتان فيكون خط ا ر موضوعا على ا ب
 ونقطة ر على نقطة ب ويكون خط د ر موضوعا على د ب
 واذن زاوية ا د ر تكون مساوية لزاوية ا د ب القائمة فيكون
 خط د ر على ذلك جزءا من عمود د ب فينتج من هذا انه يمكن رسم
 خطين مستقيمين مثل ا ب و د ب بين نقطتى ر
و ب وهذا مستحيل

وبجميع هذه المقدمات المذكورة فى شأن الزوايا القائمة فلنتكلم الان على الزوايا
 المائلة فنقول

اذا تركب من مستقيمي ث د و ث ب (شكل ١٩) زاويتان
 متباينتان تكون احدهما اصغر من قائمة ا ث ه والاخرى اكبر منها
 فالصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة
 فن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التى حول نقطة ث جهة
 ضلع ا ب كما ان قائمة ا ث ه و د ث ه يشغلانها فيكون حينئذ
 مجموع حادة ب ث د ومنفرجة ا ث د مساويا لزاويتين قائمتين
 وذلك انك تجد بالسهمولة ان حادة ب ث د تساوى زاوية قائمة ناقص

د ه وان منفرجة **ا د** تساوى زاوية قائمة زائد **د ه**
فأذن يكون مجموعهما مساويا زاويتين قائمتين

وانفرض الآن اننا نمد خط **د ه** الى **ف** ونقابل زاويتي

ا ب ف و **ب د ف** بالزاويتين الاوليين

فينتج لنا أولا ان زاويتي **ا د** و **ب د** الناتجتين من خط

د ه و خط **ا ب** المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون

زاوية **ب د** مساوية لزاويتين قائمتين ناقص **ا د** ثانيا ان

زاوية **ا د** وزاوية **ا ب** الحادتين من خط **ا ب**

الواقع على خط **ا ب** يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية

ا ب مساوية لزاويتين قائمتين ناقص **ا د** وينتج من ذلك

ابضاً ان كلا من زاويتي **ب د** و **ا ب** تكون مساوية

لزاويتين قائمتين ناقص **ا د** ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتي **ا د**

و **ب د** المتقابلتين في الرأس كالزاويتين الاوليين

وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون

اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا

المتقابلة في الرأس متساوية

ويمكن الالتمس المقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فتقول

اننا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة **د** (شكل ٢٠) خطاً مستقيماً مثل

د ه الى مستقيم **ا ب** وكانت زاويتا **ا د ه** و **د ه ب** غير قائمتين

فيكون خط **د ه** ليس عموداً على خط **ا ب** بل يكون مائلاً عليه وزيادة

على ذلك اذا وصلنا خط **د ه** عموداً على خط **ا ب** فان الزاوية الاخيرة

من زاويتي $\overline{أه}$ و $\overline{ب ه}$ المقابلة لنقط $\overline{د ث}$ تكون حادة
والاخرى منفرجة

فالان اذا طولنا خط $\overline{د ث}$ الى نقطة $\overline{ز}$ بشرط ان يكون خط $\overline{د ث}$
مساويا لنقط $\overline{ث}$ و رسمنا ايضا خط $\overline{ه د}$ المستقيم ثم ثبنا الجزء الاسفل
من الشكل بدويره كدويره على $\overline{أ ب}$ نقط $\overline{ث}$ و يقع على $\overline{د ث}$
ونقطة $\overline{ز}$ تقع على نقطة $\overline{د}$ وحيث ان زاويتي $\overline{ب ث د}$ و $\overline{ب ث ز}$
متساويتان فاذن $\overline{ه د}$ يساوي $\overline{د ه}$ وزيادة على ذلك يكون خط $\overline{د ه}$
المنكسر اطول من خط $\overline{د ث}$ و المستقيم المرسوم بين طرفي $\overline{د}$ و $\overline{ه}$
حينئذ يكون نصف $\overline{د ه}$ الذي هو مائل $\overline{د ه}$ اطول من نصف
 $\overline{د ث}$ وهو عود $\overline{د ث}$

فهذه هي الخاصية العامة لمستقيم $\overline{د ث}$ (شكل ٢٠) العمودي
على مستقيم آخر مستقيم $\overline{أ ب}$ وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل
مرسوم من نقطة $\overline{د}$ وهي نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذي
هو $\overline{أ ب}$ ولما كان خطا $\overline{د ث}$ و $\overline{د ه}$ يقيسان الابعاد التي بين
نقطة $\overline{د}$ ومستقيم $\overline{أ ب}$ نشأ عن ذلك انه لاجل الانتقال من نقطة
الى خط مستقيم يكون اقصر بعد هو العمود النازل من هذه النقطة على
ذلك المستقيم

وهذه هي احدى الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على
الفنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن استخراج المسافات الصغيرة والسطوح
القليلة الامتداد والججوم الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل عليك
استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب يبنى عليها اختصار عمليات

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا ونبذل كل الجهد في اظهر اسرارها
فنعول

لنفرض الآن (شكل ٢١) اتنازلنا خط $\overline{د ب}$ عمودا على $\overline{ا ش}$
فينتج من ذلك ان $\overline{ب ا}$ يساوي $\overline{ب ث}$ فنقول ان الخطين المائلين
النازلين من نقطة $\overline{د}$ الى نقطة $\overline{ا}$ ومن نقطة $\overline{د}$ الى نقطة $\overline{ث}$
يكونان متساويين وذلك اتنا اذا نسينا جزء $\overline{ب د ث}$ على جزء $\overline{ب د ا}$
واعتبرنا عمود $\overline{ب د}$ لولبنا نحن حيث ان زاويتي $\overline{ا ب د}$ و $\overline{ث ب د}$
القائمتين متساويتان فان خط $\overline{ب ث}$ يقع على خط $\overline{ب ا}$ وتقع
نقطة $\overline{ث}$ على نقطة $\overline{ا}$ فاذن يكون خط $\overline{د ث}$ مساويا لخط $\overline{د ا}$
وبناء على ذلك $\overline{كل}$ خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان
متساويين

*** (عملية تصحيح الخطوط العمودية) ***

كان الرسامون والتجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارانيك وغيرهم
يستعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي
صحيحة او لا بدون استعمال المسطرة المثلثية فكانوا يقيسون مع الضبط طول
 $\overline{ب ا}$ و $\overline{ب ث}$ المتساويين بالا ابتداء من خط $\overline{ب د}$ الذي
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد تقطعي $\overline{ا د}$
وهو طول خط $\overline{ا د}$ المائل ويضعون هذا الطول على خط $\overline{د ث}$
بالانتقال من نقطة $\overline{د}$ فان انطبق بالكلمة على نقطة $\overline{ث}$ فان خطي
 $\overline{ا د}$ و $\overline{د ث}$ المائلين يكونان متساويين ويكون $\overline{ب د}$ عمودا على
خط $\overline{ا ش}$

ومتى اريد تحقيق وضع عمودية خط $\overline{ب د}$ على خط $\overline{ا ب ث}$ فانه لا ينبغي

ان فجعل خط دا المائل قريباً كثيراً من ذلك العمود لانه لو قرب كثيراً من نقطة ب لكان الخلل المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الاشئ يسير في طول خط در المائل ويصير العمل عرضة للخلل وكذلك يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيراً عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

ا ب و ب ت و ب د متساوية

فيمثل هذه الاحتراسات التي يعمل بها هذا الغرض في كل حالة بخصوصها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسومهم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة

ولا يكتفى البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودي

وبيان ذلك ان نقول (شكل ٢٢) انه اذا كان خط ود عمودا على خط وب كان اقصر خطي د ت و د ب المائلين هو اقصرهما من العمود لانتسا اذ ارسمنا خط ث ك عمودا على د ت نتج بهذا السبب ان د ت اقصر من د ك ومن باب اولي اقصر من د ب

ومتوقف على حقيقة هذه الخاصية في ميكانيكة العمليات الجمة فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من ا ب العمودي على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بجلبى ب ا و ب ت ثم جذبنا الاول من نقطة ا واثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيئاً فشيئاً بشرط ان ينشأ عنه عدة خطوط مثل ا ب ثم ا ب و ب ت ثم ب ت الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا أردنا
 إبعاد جسم $\overline{ب}$ عن $\overline{أ}$ فالتساوي يعمل قصباً غير لين من الحديد
 أو الخشب لتحركه إلى السير من نقطة $\overline{ث}$ و $\overline{أ}$ ونضع هذه القصبان
 وضعا يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك نجعل لها طولاً كبيراً ما بين نقطتي $\overline{ب}$
 و $\overline{أ}$ وبين $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$

(الدرس الثاني) *

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة
 يكون الخطان المستقيمان متوازيين إذا لم يلاقيا عند امتدادهما من الجهتين
 مهما أمكن

فعلى ذلك يمكن أن نرسم من نقطة $\overline{أ}$ (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل
 $\overline{أ ب}$ الذي إذا امتد من طرفيه لا يلاقى خطاً آخر مستقيماً كخط $\overline{ث د}$
 فحينئذ يكون موازياً له وبالجمله لا يمكن أن نجد من نقطة $\overline{أ}$ الخط واحد
 موازياً لخط آخر

ولاجل إيجاد خط $\overline{أ ب}$ يلزم أن نرسم من نقطة $\overline{أ}$ خط $\overline{أ ث}$ عموداً
 على خط $\overline{ث د}$ ثم نرسم كذلك $\overline{أ ب}$ عموداً على $\overline{أ ث}$ فيصير
 حينئذ خط $\overline{أ ب}$ موازياً لخط $\overline{ث د}$ وذلك لأنه إذا تلاقى خطا $\overline{أ ب}$
 و $\overline{أ ث}$ في نقطة واحدة أمكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على
 خط $\overline{أ ث}$ المستقيم وهذا غير ممكن (كما في الدرس الأول) *

ولنبرهن الآن على أن كل خط مثل $\overline{أ ه}$ يقطع $\overline{ث د}$ فنقول
 مهما كانت زاوية $\overline{ب أ ه}$ صغيرة فانه يجب عليهما عند تدوير $\overline{أ ه}$
 حول نقطة $\overline{أ}$ بعده عن $\overline{أ ب}$ أن نكرر زاوية $\overline{ب أ ه}$ مراراً
 عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور $\overline{ب أ ث}$ ولكن إذا أخذنا

عدة نقط بقدر ما يمكن مثل $\overline{\text{ث} \text{ و } \text{ث} \text{ و } \text{ث} \text{ و } \text{ث}}$ الخ المتباعدة عن بعضها
بمسافة مساوية لمسافة $\overline{\text{ث} \text{ ا}}$ ثم اقنا اعمدة $\overline{\text{ث} \text{ و } \text{د} \text{ و } \text{د} \text{ و } \text{د}}$
 $\overline{\text{و } \text{ث} \text{ و } \text{ث}}$ الخ فتقسم هذه الاعمدة بعد $\overline{\text{ا} \text{ ث} \text{ ث} \text{ ث} \text{ ث}}$ الى
مسافات متوازية مسطحها كسطح $\overline{\text{ا} \text{ ب} \text{ ث} \text{ د}}$ فينتد يمكن رسم مسافات
كثيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل $\overline{\text{ب} \text{ ا} \text{ ه} \text{ و } \text{ا} \text{ ه} \text{ و } \text{ا} \text{ ه}}$
 $\overline{\text{و } \text{ا} \text{ ه}}$ الخ في زاوية $\overline{\text{ب} \text{ ا} \text{ ث}}$ القائمة فاذن تكون المسافة
المشغولة بمسافة $\overline{\text{ب} \text{ ا} \text{ ث} \text{ د}}$ الخ اصغر من المسافة المنحصرة في زاوية
 $\overline{\text{ب} \text{ ا} \text{ ه}}$ ولو بلغت هذه الزاوية في الصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط $\overline{\text{ا} \text{ ه}}$
المستقيم الممتد خط $\overline{\text{ث} \text{ د}}$ وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة $\overline{\text{ب} \text{ ا} \text{ ه}}$
التي هي جزء من $\overline{\text{ب} \text{ ا} \text{ ث} \text{ د}}$ اكبر من مسافة $\overline{\text{ب} \text{ ا} \text{ ث} \text{ د}}$ وهذا
غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمي $\overline{\text{ا} \text{ ب} \text{ و } \text{ث} \text{ د}}$
متوازيين وكان احدهما عمودا على خط آخر ثالث مثل $\overline{\text{ا} \text{ ث}}$ كان الاخر
عمودا على هذا الخط الثالث

ويستعملون في فن الرسم ورسوم التجارة هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات
فيصنعون آلة تسمى تاء لانها امر كبة من جزئي $\overline{\text{م} \text{ ن}}$ و $\overline{\text{و} \text{ ح}}$ (شكل ٣)
المتجمعين على شكل حرف التاء الفرنسي مساوية ويضعون فرع $\overline{\text{م} \text{ ن}}$ كثيف

السلك والبارز من اسفل على امتداد $\overline{\text{ا} \text{ د}}$ من لوحة $\overline{\text{ا} \text{ ب} \text{ ث} \text{ د}}$
ولما كان الفرع الاخر الذي هو $\overline{\text{و} \text{ ح}}$ عمودا على الاول نشأ عن ذلك
ان خطي $\overline{\text{ا} \text{ ب} \text{ و } \text{ه} \text{ ف}}$ المستقيمين المرسومين على امتداد فرع

وح يكونان متوازيين

واذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافا عنى بلوكات متوازية مثل

أ ب و ث د و ه ف الخ (شكل ٤) فانهم يضعون ادلة

ا و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون

كل بلوك اصطفا فاعوديا على مستقيم ا ث ه غ الخ فيتحقق حينئذ

ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد وطبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اي متوازية كالالف واللام من اسم الله عز وجل

ويستعملون في فن الموسيقى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)

ليضعوا فيها نقاطا حلقية ملوأة او فارغة بسيطة او مركبة باذيال متوازية

ثم يجمعون هذه النقاط الحلقية بحيث لا يلزم للغناء او لاجراء نعمات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاولى المتوازية وبناء على

ذلك تكون هذه الاعمدة خطوطا موازية لبعضها

ويرسمون في الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول

له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ويتكأ عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودي على هذه

المسطرة فن الواضح حينئذ ان ترسم خمسة خطوط متساوية الابعاد

ومتوازية ايضا

واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه في سائر الفنون

حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا

فعند ما يحراث الارض ويجر محرثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد خطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤنر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من المخرات
الى قطع صغيرة او كبيرة

واذا اراد النقاش رسم سطوح كاملة الاستواء فانه يرسم اول اجزاء كبيرة
الظل او صغيرة بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومتساوية
البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جزؤها يبعده عن الراصد او سطح
السماء فانه يستعمل ايضا خطوطا ظلية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها
على ابعاد متساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراصد اعنى
واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوطه الظلية على منوال واحد
في العمق والعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون نقط الفراغ
الدالة عليها قليلة الظل او قليلة البعد عن الراصد وهذه التدريجات لها قواعد
هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علميته ان يفهم على
حقيقة هذه القواعد

ويمكن الآن ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان متساويي
البعد في جميع طولهما

فترسم خطي ا ب و ث د المتوازيين (شكل ٦) وننزل ا ث
و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة كنقطة ش في
منتصف خط ا م وننزل ش ك عمودا على هذين الخطين
المتوازيين ثم نأخذ الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كلوا ب ونطبقه على الثاني فزاويتا ك ش ا
و ك ش م من جهة و ش ك ث و ش ك ن
من جهة اخرى نصير متساوية وخط ش ا ينطبق على خط ش م
و ك ث على ك ن وحيث كانت زاويتا ش ا ث

و س م ن قائمتين ومتساويتين لخط ا ث ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذن يكون عمود ا ث مساويا لعمود م ن وحينئذ يكون خط ا ث و م ن العموديان (شكل ٦) اللذان يقيدان في اوضاع مختلفة مسافة المتوازيين مساويين لبعضهما واما اقصر بعريين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عمود ا ث و م ن الواقعان على خط ا ب المستقيم متوازيين فاذن يكون مستقيما ا م و ث ن العمودان عليهما مساويين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هذا المتوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان آخران كـ س م ن و ا ث و م ن المتوازيين العموديين على المتوازيين الاولين فجزأ الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الآخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك جزأ الخطيين الآخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجراء العملية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كاملة الاستقامة والاتصاف يتحرك فيها او عليها باغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخرى على القضيب الايسر ومتى كان احدهذين القضيبين مستقيما لزم ان يكون الاخر بعيدا عنه بمسافة مساوية لبعدهما عن العجلات الموصوعة على محور واحد وبهذا يكون القضبان متوازيين حيث انهما متساويا البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك فائدة عظيمة ووفر جيداً بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط د ث يقرب من ا ب (شكل ٦) بشرط

ان يكون دائماً وداعلى ا ث فانه يكون دائماً مواز بالخط ا ب الذى يقرب منه شيئاً فشيئاً مع التساوى فى جميع اجرائه ولتحرك هذه الخطوط المتوازية والتساوى الذى تحفظه الخطوط المذكورة فى ابعادها فائدة عظيمة فى الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذ انصورتنا عجلة متجهة على حسب اتجاه ث د وامكن تقدمها او تأخرها (شكل ٦) عن ا ب مع التوازي بواسطة العجلات الصغيرة التى تمر

على قضبي ا ث و م ن المتوازيين فان خيوط القطن تمتد من خط ا م الذى هو خارجة منه بمسافة متساوية لتلتف على مغازل مصطفة

على اتجاه ث ن المتساوى البعد وعند ما تقرب ع ر ب ث ن من

ا م تنقص بالسوية مسافات نقط ث ن الموجودة على مستقيم

ا م وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوى على المغازل بدون ان تكون كلها مشدودة مع التساوى ومتى بعدت العربية من خط ا م لتعود الى

ث ن كانت الخيوط ممدودة بالتساوى كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوى

الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات

الطريقة المعدة للغزل التى ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين فتلة

او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة العربية مرة واحدة بل تصنع

زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا غزلت بدون هذه

الطريقة وبدون الوسائط الهندسية

والى الان لم تقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولنقابلها

لان بالخطوط المائلة بان نفرض (شكل ٧) رسم خطى ا ب

و ث د المائتين بالنسبة لخط ه ا ث ف فاذا كانت زاويتا

٥١٥ **أ ب و هـ د** (الثانية قال لهما متقابلتان) متساويتين فان

مستقيمي **أ ب** و **د هـ** يكونان متوازيين
ويكون عكس ذلك صحيحا عني اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل مائل
يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا حادة متساوية واربع زوايا
منفرجة متساوية ايضا

وفي الفنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لآخر يستعمل
غالباً خاصية المتوازيات

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثة مثل **س هـ ز** (شكل ٨) من
الخشب او الزجاج او المعادن وهي مسطرة الرسامين وسميت مثلثة لان
س هـ ز والذين هما ضلعاها على شكل زاوية قائمة او مسطرة
مثلثة

واذا فرضنا الآن ان المطلوب هو رسم مستقيم من نقطة **أ** مواز لخط **د هـ**
(شكل ٨) فانه ينبغي اولاً بوضع المسطرة المذكورة وهي **س هـ ز**

بحيث يتبع احد اضلاعها وهو **س هـ** اتجاه **د هـ** ثم نضع مسطرة **م**
على ضلع **س هـ** من المسطرة المثلثة ونسكي باليد او بانقال أخر مع السدة
على المسطرة المثلثية لنثبت على المستوى ونحور باليد الاخرى المسطرة
المثلثية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع **س هـ** قريباً جداً من نقطة
أ المفروضة بالنظر الى الآلة التي تستعمل لرسم مستقيم **أ ب** المطلوب
ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد **س هـ** موازياً بالضرورة لخط

د هـ حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة
وخطي **أ ب** و **د هـ** متساويتان

وبواسطة ضلع **س هـ** من المسطرة المثلثية يمكن رسم خطوط عمودية على
المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة
المتساوية الميل ولكن يلزم لذلك مساطر مثلثية جيدة الضبط وان كانت فادرة

الوجود حتى انه لا يوجد في المبدن التي تقدمت فيها الفنون الاقليل من
الصنایعية الذين يصنعون مساطر مثالية ومساطر جيدة الضبط يكتفي بها
مهرة الرسامين
وانشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آنفا على تركيب الاجسام
وحركتها فنقول

اذا كان هنالك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل ا ب ث د
وفرضنا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم ا م د ح
الخ متحركة على مستقيم ا م د ح الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة
ب او ث او د التي هي من شكل ا ب ث د ترسم
مستقيم ب ر او ث ش او د ز الموازي لخط ا ا وحيث كانت
صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة تحركه لزم ان كل نقطة من نقط
ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم ا ا فاذن
ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط ا م د ح الخ
وكثيرا ما يستعمل في الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعلومة من الهندسة
(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها)

قد تكون الدروج والتخت والدواليب والصناديق الا فرنجية متداخلة ومعانة
في تحركها (شكل ٩) بيروا ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة
متوازية كخطوط ا ا و ب ر و د ز و ث ش وعند تقدم
الدرج او تاخره اذا كانت مهمماته جيدة اعنى اذا كان توازي جميع اجزائه
ملحوظا بالدقة يكون محكما عند دخوله في بيته ولا يختل باى وجه كان
في جميع حركاته حيث ان الخطوط المتوازية التي انحصرت بين هذه
المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا
الدرج في سائر اوضاعه المختلفة

(بيان تطبيق العملية على حركة المكابيس في الطلمبات)

هذا التطبيق يفيدنا كيف يكون المبكاس الداخلى مع الاتقان
فى جسم طلبية محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متحركة فيها
مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض فى حركته وذلك اذا كان جسم
الطلبية والمبكاس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المبكاس يصعد ويهبط
بالتوالى فان كل نقطة من دائرته نصير خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبية
ولابد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالسكرية
فى داخل جسم الطلبية لاسيما عند عمل الآلات البخارية التى اذا حدث فيها
ادنى خلل وقل اختلاف فى التوازى حصل لقواها الضعف والضياغ

(بيان تطبيق العملية على لحة القماش وحياته)

لاجل لحة القماش نبدأ اولاً على التوازى بجهة من الخيوط ونجمعهما من طرف
على حاشية ونلفها من الطرف الآخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد
الخيوط المذكورة حتى تهبط الاجزاء المنفردة بجهة خطوط مستقيمة متوازية
وموضوعة على مستو واحد * ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتجيا
فى بعض الاجزاء نستعمل آلة تسمى مشطا وهى مركبة من اسنان رفيعة
مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازى ومن جهازين موافقين
لبعضهما وندخل فى كل مسافة من المسافات التى بين اسنان المشط خيطا
من السدى وهو الذى ينظم تباعد الخيوط عن بعضها فبمجموعى الخطوط
المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الاخر حين يكون
المشط مصنوعا مع الضبط نصل الى صناعة القشة كبيرة العرض والطول مع
التساوى التام فى جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهندين احسنوا صناعة الكشامير الشهيرة
حتى بلغت فى الحسن والدقة غاية السكال ومع ذلك لم يكن عندهم لاجل
تحقيق توازى الخطوط وتساويها فى البعد طرق تشبه فى الضبط والتحقيق
طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية الشيلان المقاربة لشيلاان
الافرنج فى القماش والمتحدة معها فى النسج مع ان اهل اوروبا لم تشرع فى هذه

الصناعة الامندعشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للامدة ان كمال الدرجة العليا المتحصلة في فن
من الفنون منوط بالطرق التي يستعملها الانسان لمقرب من الضبط كما تبينه
الهندسة التصورية في توازي الخطوط المستقيمة التي هي كناية عن الخطوط
الرفيعة جدا

وينتزه الانسان غالباً الفرصة في تبين هذه النتائج باى محل نستلزم فيه
تقدمات الصناعة ادخال قوة الادراك والتركيبات الهندسية
في شغل الكرخانات وقد ذكر غير مرة ان هذا هو الذى يجبر ارباب الصنائع
على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

وتستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اى شكل او جسم يكون
مساوياً بالجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلاً ان المراد عمل شكل ا ب ث د (شكل ١١) مساوياً

على وجه الصحة للشكل ا ب ث د المرسوم سابقاً فلتاخرسم خطوط

ب ر و ث و و د د مساوية لخط ا ا وموازية له ثم

نرسم خطوط ا ر و ر ث و ث د و د ا فتصير هذه الخطوط

المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط ا ب و ب ر و ر د و د ا

وموازية لها وهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذلزم ان نقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد نقشا ينطبق بالدقة على

مخوف او مخدب مهماً لادخال القطعة المجموفة فيه فنستعمل خواص الخطوط

المتوازية التي استعملناها آنفاً فاذا فرضنا مثلاً ان اردنا ان نحور في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من

الخشب مثل س ص بعد تجيرها وترقيتها بالكليّة فنقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ب و ب ر و ر ث و ث د و د ه و ه ف

المتساوية والمتوازية لباعضها ثم نرسم محيط ا ر ث د ه ف ونحرق قطعة

س ص بحسب هذا المحيط

ونسعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارنيك الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى مهندسوا السفن طريقة الخطوط المتوازية بالنقالة ويترتب على صحتها الامانة التامة التي بها تجرى عملية الاشكال المعلومة عند المهندسين على وجه الصحة

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المخوفة والمحدبة (شكل ١٣) التي ينبغي تعشيقها ببعضها فان صلابة السفينة متوقفة على احكامها وعلى المقاومة التي ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة مشاق من البحر وهذه الحركة هي احدى اسباب الاتلاف المضر جدا كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا اخر بواسطة الخطوط المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل ارنيك عام لرسم صورة الاجسام وهذا هو الغرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية فننقل على مستوى يسمى مستوى المسقط كتخته اولوح او فرخ ورق منفرد الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من نقط الجسم المطلوب رسمه خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع اتباعها للاتجاه المتوازى المنفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة

فاذا اسقطنا سائرا من نقط خط مستقيم او منحني فانه يتألف منها على مستوى المسقط مستقيم ومنحن جديدان يصيران مسقطى الخط المستقيم او المنحني الاصلى

وهذه هي الطريقة المستعملة لاختذ صورة الاجسام في الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفي فن قطع الاخشاب والاحجار وفي الرسم المعمد لعمل الآلات وهلم جرا

ولا يكفي مسقط واحد للاجسام المراد تصورها وانما ينبغي مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحي مسقط يسمى لاجراء عمليتها بفرض احد هماراسيا والاخر اقريبا وينقل اويسقط على المستوى الراسي الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية وينقل اويسقط الجسم المذكور على المستوى الافقي بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقي مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلامذة من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساقط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعمليتها في سائر الفنون التي ينبغي ان يكون فيها للتنتائج صورة جيدة الصحة اما على حسب الارانيك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التي تقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزمهم معلم حصوصي يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لمجرد رسم صورة اى جسم مفروض عدم تحركه في وقت معلوم فقط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التي يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه باى حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء نفعها فن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس بجوهري في الصورة في الفراغ ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخفاء في الوقت الذي يعقب ظهورها
 فاذا فرضنا مثلاً اننا اطلقنا رصاصة بندقة او كلة مدفع نحو هدف معلوم
 فان مركز هذه الرصاصة او الكلة يقطع خطاً غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا
 ان نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستو ما ونستعمل هذا الرسم في احوال
 كثيرة كما اذا اردنا ان نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحکامات فغلى
 حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحکامات في الفراغ الذي يشغله
 المحافظون او مروره باعلى هذا الفراغ من بعد لا يصل الى المحافظين يكون
 للطابية فائدة او عدم فائدة بالنسبة للمعاصرين (بكسر الصاد) وتكون
 خطرة او غير خطرة بالنسبة للمعاصرين (بفتحها) الذين خلف السور
 (راجع الدرس الرابع عشر)

فاذن نرسم الخط المراد قطعه بمركز الرصاصة على سطحى المسقط المئينين
 للاوضاع الاصلية ونقوش الطابية والاستحکامات لنعرف ما يرجح او ما يخشى
 من نتائج هذه الطابية

ونرسم ايضا بواسطة الخطوط جملة النقط التي يقطعها مركز القمر حول
 الارض ويقطعها ايضا حول الشمس مركز الارض وباقي النجوم السيارة
 وذات الذنب وما شابه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه
 بالكوكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفيسة التي كشفها
 عقل الانسان ومكث احقا بامن السنين حتى وصل اليها

والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة ان
 بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكفي رسم اجزاء كل آلة في وضع
 مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يتحصل ذلك
 باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا
 الرسم نقف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات
 عند تحريكها

ويعلم من ذلك ان القضية المتعلقة بالمتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها سهلة وموجزة جدا لها تطبيقات مفيدة اما الرسم الاشياء وصناعتها بالنظر الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والآلات اولدلالة على الحالة الثابتة للاجسام واحوال تحركها المتنوعة فاذا ينبغي التعود بكثرة على طريقة الرسم التي تجرى في الصناعة

ومن انفع عمليات الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فاذا فرضنا الى خط منحني كخط م ا ب ب د ن (شكل ١٤)

فانقله الى خط مستقيم اصلي الى محور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ١١ و ب و ث و د الخ ثم نرسم عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسي هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية وعددها ولو كانت قليلة الانتظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن ذلك المثال الشهير المقرر في عمارة السفن

(بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حد ذاتها تتعلق بالصورة الموافقة للقارينة الى الجزء الاسفل المنغمس في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد الهندسية المضبوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها والمعول في ذلك على قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي نصنعها يسمى تريبور اى الجهة اليمنى وهي مضاهية بالسكية للضلع الايسر المسمى بالبابور اى الجهة الشمالية ولاجل علمها نمد خطا اقويا كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها ونقيم على هذا الخط المستقيم المنقسم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

و ب ث الخ خطوطا عمودية ونضع على هذه الخطوط نقاطا تدل على خطوط الماء

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجتهم الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدلنا من مبداء الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه المنحنيات محددة كما ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على عيّن المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولها عليها باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متواز فانه يمكن دائما رسم القارينة اى الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والخلجان)

مثلا اذا كان خط م ن الماء خوذ محورا (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فانتأمد خطوطا عمودية

مثل ا ا و ب ب و ث ث من ابتداء هذا الخط الى الارض التي صورتها منتهية بالخط المنحنى المار بنقط ا و ب و ث و د وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات م م و ا ا و ب ب

و ث ث وسيأتى لك بيانهم اعند الكلام على آلات الماء ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبية القاطعة بان نمد من كل نقطة من نقط

ا و ب و ث و د الخ خطوطا انقية عمودية على م ن ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورا جديدا ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الارض ونقيس طولها ثم نصنع لكل محور جديد شكلا بواسطة خطوط الارض العمودية والمنحنى المقابل لهذه الخطوط

وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوما ضروريا في معرفة كمية الارض التي ينبغي حفرها في الاماكن المرتفعة لنقلها الى الاماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصليية الى الصورة الملايعة للطريق والخليج الذي يراد رسمه وبالجملة فان هذه الارتفاعات ينشاء عنهما مع السرعة والسهولة طريقة عمل الحسابات الضرورية في تقويم كميات الارض التي يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى حفر او نقلها وهو ما يسمى ردما

واذا اردنا تحديد عق بجيرة او نهر او ميناء او مرسى مع غاية الضبط فالتقسيم السطح الى جملتين من الخطوط الافقية المتوازية المتساوية البعد بشرط ان تكون خطوط احدهما عمودية على خطوط الاخرى فاذا تقرر ذلك نزلنا من كل نقطة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا مررنا بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فالتا نصنع الشكل الجانبي لقاع البحيرة او النهر او الميناء او المرسى وبهذه الطريقة يتحصل لطول هذه الاشياء او عرضها سائر الرسوم الجانبية اللازمة في تحديد صورة هذا القاع

وعوضا عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على صورة الارض المغمورة بالماء او غير المغمورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات المنتصبة متساوية بالنظر لشكل من هذه الخطوط المنحنية وحينئذ نصنع جملة من الخطوط المنحنية الافقية ونفرض عادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الانتصاب وبناء على ذلك يستدل على القطوع الافقية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على الارتفاعات بتوازيات متساوية البعد وهذا هو الذى يترب عليه عدة عمليات ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انها تظهر بمجرد النظر على مستوكفرخ من الورق الصورة التامة للارض في جميع اجزائها المتنوعة

وايس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى وصف الاماكن المغمورة بالماء او المروية بها بل ينفع ايضا فى التبغرافية اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل وينفع ايضا المهندس الجهادي كما ينفع مهندس القناطر
والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات
واذا اريد تشييد قنطرة قنائية واعتمادية فان ابغال هذه القنطرة ترتفع الى
ارتفاع خط التسوية الذي هو م ن (شكل ١٧) ويقسم هذا
الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث
وعلى كل نقطة من نقط التقسيم تنزل اعمدة ا ا و ب ب و ث ث
و د د الى الارض فتكون هذه الخطوط دالة على الارتفاع الذي ينبغي ان
تأخذه ابغال القناطر الاعتمادية والقنائية

ولم نتوسع زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التي يمكن علمها في شأن
رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات وسترى فائدة هذه الطريقة وسهولتها
وايجازها وسرعتها فينبغي حينئذ كثرة اتقن عليها وان ترسم مع المشقة عدة
اجسام تتعلق بالحاور والمتوازيات بشرط ان ينتشر جنس هذا الرسم
بالتدرج في جميع الكرخانات

ويمكن ان مراجعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح
المخنية وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(في بيان الدائرة)

الدائرة هي سطح مستو تكون جميع نقط دائره السمي بالمحيط على بعد واحد
من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا

وجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية
عندما تمسح الابعاد المتساوية ويطلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف
الاقطار فاذن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية

ومتى كان نصف القطر متقابلين احدهما على يمين المركز والاخر على يساره فان
الخط المستقيم المنفرد المتألف منهما يسمى قطر الدائرة

وحيث كانت θ هي مركز دائرة $\alpha\beta\delta\epsilon$ (شكل ١) كانت جميع
انصاف اقطار $\theta\alpha$ و $\theta\beta$ و $\theta\gamma$ و $\theta\delta$ و $\theta\epsilon$ متساوية
واذا اتلف من نصفي قطر $\theta\alpha$ و $\theta\delta$ خط مستقيم كخط $\alpha\delta$
فهم هذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل $\delta\alpha$ (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين
ويكفي في اثبات ذلك اثني جزء $\delta\alpha\beta$ على جزء $\delta\alpha\epsilon$ بتدوير $\delta\alpha\beta$
حول قطر $\delta\alpha$ كلولب فاذا وقعت نقطة من محيط $\delta\alpha\beta$ في داخل
محيط $\delta\alpha\epsilon$ كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقط محيط $\alpha\beta\delta\epsilon$
على بعد واحد من المركز فاذن ينطبق محيط $\delta\alpha\beta$ بالكلية على
 $\delta\alpha\epsilon$ ويكون جزاء الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر $\delta\alpha$
متساويين

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط $\epsilon\delta$ (شكل ٢) منته
من كلا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط كجزء
 $\epsilon\delta\gamma$ ويطلق اسم السهم على جزء $\epsilon\delta\gamma$ من نصف قطر $\theta\gamma$ ح
العمودى على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس
وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذى كان يستعمله القدماء حيث
يسندونه بوتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه
اسم القوس وهو معد لرمى السهام الموضوعة على منتصف الوتر في اتجاه
عمودى عليه ومن ذلك بعلم ان التطبيق واسطة في اتساع دائرة العلوم
وفي نقله لها اصارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل $\theta\gamma$ ح (شكل ٢) العمودى على وتر $\epsilon\delta$
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين

ولا ثبات ذلك عند نصفي قطر $\theta\gamma$ م و $\theta\delta$ اللذين هما خطان

مائتان متساويان بالنسبة الى عمود ش فينتج اولا $\text{م ح} = \text{د ح}$
وكذلك يكون وتر م خ و د ح مائتين متساويين واذا انشينا ش خ
على ش م خ م فان نقطة د تقع على نقطة م وقوس د ضه خ
على قوس م د خ بحيث لا يمكن ان تقع نقطة مامن نقط القوس الاول
داخل الثاني واخرجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز ش *
ثانيا ان قوسى م ر ح و د ضه خ يكونان متساويين
(اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الخاصية التي ذكرناها آنفا عمليات نافعة جدا في فن الرسم وفي اغلب
الفنون التي ينبغي ان نجعل لها اقيسة جيدة الضبط
فستعمل اولا لقسمة قوس الدائرة الذي هو م خ د (شكل ٤) الى
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونفتح على قدر الكفاية (اعني اكثر
من نصف م د) ثم نضع على م احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف
الآخر قوس الدائرة وهو ر ضه ط ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار
ونضعه على د ونرسم بالطرف الاخر منه قوسا ثانيا كقوس د ضه ع
بشرط ان نهم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة
 ضه التي يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتي م و د فاذن
تصير موضوعة على العمود الواقع على م د المار بمقتصف هذا المستقيم
وبمركز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر م د وقوس
 م خ د الى قسمين متساويين

فاذا لم يعلم وضع المركز يكفي ان نرسم من جهته قوسى ا ش و د ه
بفتح واحدة من البيكار فيكون مركز الاول م والثاني د وتصير
نقطة ه كنقطة ضه على العمود الذي يقسم وتر م د وقوسه
الذي هو م خ د الى قسمين متساويين
واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط م و د و و (شكل ٥)
امكن ان نحدد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكفي لذلك ان تنزل على حسب الطريقة التي ذكرناها اولا من منتصف
 م د خط ع ا عمودا على م د وثانيا من منتصف د و خط
 ر ع عمودا على د و ونجد من نقطة ث التي يتلاقى فيها عمودا
 ش غ و ث ر معا خطوط ث م و ث د و ث و المائلة
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط ث م و ث د و ث و ثلاثة
 انصاف اقطار للدائرة المطلوبة التي تكون نقطة ث مركزها

ومتى كان ا ب و د ه و ف غ التي هي اوتار الدائرة
 (شكل ٦) متوازية فان اقواس ا د و ب ه و د ف و ه غ
 الخ التي في هذه الاوتار تكون متساوية

ولا ثبات ذلك نجد من مركز ث نصف قطر ث م د ع عمودا
 على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك
 اذا قبلناه بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس
 ع ا يساوي قوس ع ب وقوس ع د يساوي ع ه و ع ف
 يساوي ع غ

ويترتب على ذلك ان قوس ا د يساوي ب ه و د ف يساوي
 ه غ

وقد يكون مستقيم س ع ص (شكل ٦) العمودى على نصف
 قطر ث ع من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا
 بتمامه خارج الدائرة ولا يتعد معها الا في نقطة واحدة كنقطة ع فاذن
 يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ع
 بين الدائرة ومماسها الذي هو س ع ص

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ع ص فان
 نقطة ح التي هي موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع
 على هذا العمود مما عداها من النقط الاخرى كنقطة س او ص لان

البعد الحاصل بين نقطة S او V ونقطة T مقيس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود T H فاذا ~~تكون~~ سائر نقط مستقيم S H V موضوعة خارج الدائرة ما عند النقطة H وللقنون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيمات المماس لها

ويمكن في مبدء الامر ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو T المفروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس S V ثابتا و يترتب على ذلك امر ان احدهما ان الدائرة لا تتجاوز S V ثانيهما انها تماس دائما S V في نقطة H البعيدة عن مركز T بمسافة مساوية لنصف قطر T H وبناء على ذلك اذا مس مستقيم ثابت الدائرة في نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلحق الانسان مشقة في بعده عن هذا الخط المستقيم او في دفعه عنه
(اجراء العملية في خرط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستو على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة T المجعلولة مركز الدائرة ثم بوجه آلة حادة على اتجاه تماس S V فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة H وتكون جميع اجزاء المستوى المفصولة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة T بمسافة اكبر من T H وعلى ذلك تكون جميع نقط المحيط المفصولة ايضا على هذا الوجه على بعد T H من المركز فاذا كان يكون هذا المحيط محيط الدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات او تسطيج السطوح)
نستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجار الصالحة لسن الآلات وتسطيج الاجزاء المستقيمة من سطح حادث من نتائج الصناعة بان يمسك الجسم المراد سنه او تسطيجه باليد او غيرها ويتكاه به على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضغط عند ادارته كان سطحه مماسا دائما

للأجسام المراد منها أو تسطيحها
ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل
تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الأجسام الثابتة واوقات اخرى
يدفعها عن نفسه

وعوضا عن كوننا نقرض ان الدائرة متحركة ومماس س س ثابت
نقرض عكس ذلك اعني ثبات الدائرة ونحرك مستقيم س س مع جعل
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز ث بمقدار يساوي نصف القطر
فلا يزال مماسا لمحيط الدائرة

(اجراء العملية في خراط الأجسام الثابتة)

نستعمل هذه الطريقة لقطع الأجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذه الحالة
تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستدل على الجهة التي من الآلة
بمماس س س وعلى نفس القاطع بنقطة ع
ونواف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل في التدوير)

اذا فرضنا ان مماس س س لا يزال ثابتا وادركنا الدائرة فوقه بحيث
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالي
من غير ان يتقدم او يتأخر الى جهة الامام او الخلف فانه يحصل عندنا الحركة
التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في القنون

وفي هذه الحركة لا يزال مستقيم س س مماسا للدائرة حيث انه يس دائما
محيطها في نقطة واحدة فاذا نبقى مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم س س

بمسافة مساوية لنصف قطر ث ع وفي التدوير الكامل على خط
س س المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز
لاستقامة س س واذا كان هذا الخط المستقيم افقيا كان مركز الدائرة
تابع الخط افقي ايضا

فاذا دار كل خط منحني بهذه الكيفية على الخط المستقيم الافقي فان النقطة

المركزية او غير المركزية تصعدتارة وتهبط اخرى فاذا لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو مجللة غير مستديرة انتظام ولا لطافة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لسائر عجلات العربات المعدة للنقل ارباب السياحة والاشياء

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يتحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد هاطريقة وجيزة سهلة لتحريك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم ويكفي الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا مددنا خط $س هـ$ (شكل ٦) وجعلناه موازيا لخط $س ص$ بمسافة مساوية لنصف قطر $ث ح$ اول قطر الدائرة الذي هو $ح ث$ فان $س هـ$ يمر حينئذ بنقطة $خ$ التي هي نهاية قطر $ح خ$ ويكون مماسا للدائرة كخط $س ص$ واذا اردنا حينئذ الدائرة على $س ح ص$ فانها لا تنقطع عن تماس $س هـ$ حيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة او بروزا مستقيما مع غاية الضبط على مستقيم معلوم فالتأخذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجموعول قاعدة والمسطرة والبرواز المراد تحركه فاذا لا يبقى علينا الا ان نجذب او ندفع مع مماسة الحلقات المسطرة والبرواز على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة والبرواز جزءا منها ولنبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في الفنون من اجل رسم الدائرة او عملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسه اي رسم الخطوط المستقيمة او عملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهار سر هذه التطبيقات للتلازمة

وبعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها
وذلك بان نفرض ان دائرتي **ا** و **ب** (شكل ٧) موضوعتان على
وجه بحيث يكون بعد مركزيهما وهو **اب** يساوي **او** + **بو**
الذين هما نصف قطرهما ومن البديهي ان نقطة **و** تكون على المحيطين
معاً وزيادة على ذلك لا يمكن ان نقطة اخرى كنقطة **ح** ان تكون على هذين
المحيطين معاً

وبناء على ذلك تكون الدائرتان مماسيتين لبعضهما
(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)

يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة
الثانية المفروض ثباتها او تحركها والمفروض ايضا دورانها في جهة واحدة
كالاولى او في جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن
مماسة بعضهما وبدون ان تدخل احدهما في الثانية

ويستعمل غالباً في الفنون هذه الخاصية الهندسية لتحريك دائرة بواسطة
دائرة اخرى اما بالنظر لجرد محاكاة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان
المتساوية في الغلظ الموضوع على بعد واحد وحينئذ ينبغي ان يلاحظ انه
اذا كانت احدي الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى
اليسار فانهما يتحركان بانخلاف وقد يستدل على اختلاف الحركات بالاسهم
كافي (شكل ٧)

فاذا كان هنالك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل **ا** و **ب** و **ث**
(شكل ٧) بحيث تكون الاولى مديرة للثانية والثانية للثالثة وكان
دوران الثانية مخالفاً للاولى ودوران الثالثة مخالفاً للثانية فان الثالثة والاولى
يدوران في جهة واحدة واذن يلزم ان يكون هنالك ثلاث دوائر مماسة لبعضها
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السيمور والمحيطات بالدوائر)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مسافة كبيرة فانا عوضاً عن ان نستعمل

دوائر كبيرة او نضاعف عددنا نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطاً بهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية أن يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور ممتدة بحيث يكون جزء $\overline{AM}$ و $\overline{CH}$ غير المماسين للدائرتين على مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون أن يتغير طول جزئى $\overline{AM}$ و $\overline{CH}$ المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئى $\overline{MH}$ و $\overline{CH}$ المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبدء الامر الصوق السير على المحيطات متيناً جداً بحيث يتبع السير عند ادارة الدائرة حركة واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة واحدة عند ادارة الدائرة الاولى

فاذا امتد السير بكمية الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة $\overline{CD}$ (شكل ١٠) التى اذا ثبت جزء $\overline{CH}$ القائم تجاهه بعد ذلك في وضع $\overline{CH}$ و $\overline{RH}$ بحيث يصير موترامع ماله من الامتداد ولاجل ذلك يكفي ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم $\overline{CH}$ وجزء $\overline{CH}$ المنكسر مساوياً بطول السير وكثيراً ما تستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهناك اختلاف ينبغى الالتفات اليه في نوعى السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهوان الدائرتين يدوران بواسطة السيور المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة ومياً في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون (بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه يتحصل لنا بالنظر للجزء المقطوع محيط محدب وبالنظر لما بقى من المستوى محيط مجوف فاذا ادركنا الدائرة المقطوعة

حول مركزها كانت سائر نقاط محيطها الملازمة لبعدها واحد من المركز مماسة دائماً للنقطة من المحيط المجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط المحذب عند دورانه مماساً دائماً للمحيط المجوف في جميع نقطه ولا توجد هذه الخاصية إلا في شكل الدائرة دون غيره وبالجمله فيوجد في كل شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزاء من محيط الشكل البعيد كثير الا قليلا من هذه النقطة وهذه الاجزاء التي تكون تارة خارجة من المحيط المجوف المقطوع على المستوى وتارة لاتصل اليه تتركب فيه وبينها فراغا وكلما اقتضى الحال ان نسد مسافة مستوية اجيدا وكان جزء من هذا المستوى دائراً على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب في جعل سدادات الحنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير

(اجراء العملية في العلب البخارية)

تستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة استعمالاً جيداً في تركيب الآلات البخارية وهي انما تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دأرها عن مس المحيط المجوف المستعمل عليها ونشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر العلب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة ونطبقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القسمة

وهي انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما α و β و γ (شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما α و β و γ يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر α و β و γ (شكل ١١) متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى α و β و γ ينطبقان على بعضهما ويصيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما عدة اوتار متساوية مثل α و β و γ و δ و ϵ (شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لهما تكون متساوية ايضا وبناء على ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

* (بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي) *

أولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نرسم من المركز قطر

أ ب (شكل ١٣)

ثانيا لاجل تقسيمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان نقسمها الى ستة

اجزاء ونعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد (شكل ١٥)

ثالثا لاجل قسمتها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نرسم قطرا ثانيا ك قطر

هـ د (شكل ١٣) عودا على قطر أ ب الاول

رابعا لاجل قسمتها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبدي

بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد

كافي الطريقة الثانية

خامسا لاجل قسمتها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان

نجعل نصف قطر الدائرة وتر السكك جزء

والخط العمودي الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصور به الى

قسمين متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء

متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية

الاجزاء وينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزءا

(شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوي السدس ناقص العشر

وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها توجد دائما في رسم الآلات

ومحصولات الصناعة وجب على ارباب الحرف التمرن عليها

وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لنا ان نذكر قاعدة

قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساويا ١٠٠٠٠ كان طول

كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساويا للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

النظر عن كسور الاحاد

وتر نصف المحيط ٢٠٠٠٠

وتر ثلثه ١٧٢٣٤

وتر ربعه ١٤١٤٠

وتر خسه ١١٧٤٦

وتر سدسه ١٠٠٠٠

وتر سبعة ٨٦٧٢

وتر ثمنه ٧٦٠٤

وتر تسعة ٦٨٤٠

وتر عشرة ٦١٨٠

وتر الجزء الحادى عشر ٥٥٢٤

وتر الجزء الثانى عشر ٥٥٧٦

وبهذا الجدول الصغير يسهل علينا إيجاد اقراج البيكار اللازم لقسمة الدائرة الى عدة اجزا متساوية بقدر ما يراد من ابتداء النصف الى الجزء الثانى عشر

ثم يتحصل لنا فوراً بواسطة الطريقة التى ذكرناها آتفا لاخذ نصف القوس اقراج البيكار الذى يطابق

١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اضعف
٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ

وبعد ان ينال الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بمشاهدة طويته عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء متساوية فلم نعتريها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والنقصان امكن جعل احداها وحدة المقياس والاستدلال على سائر الزوايا الاخرى بامدالة على عدد المرات التى تحتوى عليها

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضا عن جعل زاوية $\hat{A}$ (شكل ١٦) وحدة المقياس
استحسن اخذ قوس $\hat{A}$ الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة
 $\hat{A}$ المركزية

ومما يسهل علينا مشاهدته اننا اذا رسمنا عدة انصاف اقطار مثل $\hat{A}$
و $\hat{B}$ و $\hat{C}$ و $\hat{D}$ على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا
 $\hat{A}$ و $\hat{B}$ و $\hat{C}$ و $\hat{D}$ متساوية امكن وضع هذه
الزوايا على بعضها فاذا تكون اقواس $\hat{A}$ و $\hat{B}$ و $\hat{C}$ و $\hat{D}$
المنطبقة انطباقا كلياً على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لتوَلَّف منها
زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضا مرتين او ثلاثا او اربعا القوس المطابق
لاجل تحصيل القوس المظروف في الزاوية الجديدة وبناء على ذلك يكون هذا
العدد الاعلى عدد مرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس
الزوايا ويبدل ايضا على عدد مرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة
على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان نأخذ قياس الزوايا والاقواس على حسب
ما يراد وقد استحسن في ذلك استعمال الاقواس وهالك كيفية العملية

وهي ان نقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من
المحيط نستعمل قياسا للزوايا الاربعة القائمة التي تشتمل على سائر المسافات
الموجودة حول نقطة $\hat{A}$ المركزية

ثم نقسم كل ربع الى تسعين جزءا متساوية تسمى بالدرجات

فاذا كان يكون محيط الدائرة محتويا على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠
درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لا علاقة
بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠٠ الخ ومع ذلك فيترتب عليها

الدرجة الواحدة تساوى	١١١ ١١١	مترا
الدقيقة الواحدة تساوى	١٨٥٢	مترا
الثانية الواحدة تساوى	٣٠٨	امتار
الثالثة الواحدة تساوى	$\frac{1}{4}$	مترو بعض شئ

واما على المذهب الحديد فتكون الدرجة جزأ من مائة من ربع المحيط والدقيقة جزأ من مائة من الدرجة والثانية جزأ من مائة من الدقيقة وهلم جرا وعلى ذلك تكون هذه الاجزاء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى هكذا

الدرجة الواحدة تساوى	١٠٠٠٠٠	مترا
الدقيقة الواحدة تساوى	١٠٠٠	مترا
الثانية الواحدة تساوى	١٠	امتار
الثالثة الواحدة تساوى	١	دسيتر
الرابعة الواحدة تساوى	١	ملتر

(بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات)*

تقسيم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية في كثير من الفنون لاسيما في صناعة الآلات كرسم الطائرات المضرسية اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكي كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتناء باجراء هذه العمليات قلة وكثرة تختلف سهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبتها فلا بد من الضبط الهندسي لانه لا يمكن مجانبته ضعف القوة ووقوفها وانعدامها لانه حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم كون ارباب الصنائع لا يستعملون الطائرات المضرسية والاسطوانات المخوفة بدون ان يعرفوا هل هذه الاضراس والتجويفات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية مشاهدة ام لا ومعرفة ذلك هي التي تكسب صانعي الآلات قوة في طرق صناعاتهم وقد حصل للصناعة الفرنسية

في ذلك وفر عظيم من القوى المنقولة - حتى بلغت محصولاتها اقصى الدرجات
بعد ان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

***(بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا) ***

يستعمل لقياس الزوايا عدة من الآلات التي تكون فيها الدائرة منقسمة الى
درجات واجزاء درجات فمن المنقلة وهي اسمها وكثيرا استعمالا
وهي نصف دائرة من النحاس وانما محيطها مدرج فان كانت من النحاس
كان جرم م د ح ث (شكل ١٧) ظاهرا يينا وكان مركز ث
معينا بقطعة صغيرة وفيه - ايضا عتان صغيرتان وهما م و ح يبينان
نقطتين اخرين من قطر م ث ح المرسوم على المستوى المنحني اخفا محكما
بواسطة جانب م ث ح من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت
الآلة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهر من
سمكها وهذا من الفوائد العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لاخذ انحراف اي زاوية كانت كزاوية
س و ص ونقله الى وضع اخر

واذا اردت رسم مستقيم مثل س ا ص المار بنقطة ا المفروضة الذي
حدث منه ومن مستقيم ه ب د المعلوم زاوية مشتتة على عدة درجات
مثل ا ب فانما تضع المنقلة بالتوازي جهة نقطة ا بشرط ان يكون
مركز ث دائما على ه د وكذلك نقطة د الدالة على عدد درجات
زاوية ا ث ب ومتى انصل خط م ر ن الذي هو قاعدة المنقلة
الموازية لقطر م د بنقطة ا فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم
خط س ص المطلوب حيث ان لهذه القاعدة سمكا ظاهرا

***(الغرافومتر) ***

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة ومؤلفة مثلها من نصف محيط
مقسوم الى عدة درجات غير انما اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من النحاس وفيها انقراج مستقيم عمودي على مستوى الدائرة وبواسطة لانفراجين اللذين يطلق عليهما اسم العميون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر تدير الغرافومتر الى ان تصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول المركز له ايضا عينان فتدير من النقطة التي ذا نظرنا فيها بواسطة الانفراجين نجد غرضا ثانيا في هذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين مارين بمركز الغرافومتر وبغرضين محدودين كل على حدته ونجد فوق مدرجات الآلة الدرجات التي تفصل القطرين وهذا العدد هو مقدار الزاوية المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انما ليست الاربع الدائرة المدرجة وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الاسدسها وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهي التي يطلق عليها اسم الآلات الثمينة وتستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم الجغرافيا اي مساحة الارض وفي عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع الخصوصي للاجسام الارضية والكواكب عند ركوب البحر ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التي تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكررها في المخروطات بحيث ان الغلطات المتنوعة التي يمكن حصولها في العمليات المختلفة يمكن اصلاح بعضها فيقل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب اللازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلي من حيث عدم تساوي تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ليد الانسان ان تصل الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعني مع الصحة الدقيقة بل انه ينقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتها بواسطة الآلات التي تجعل الغلطات اليسيرة محسوسة ظاهرة

* (بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر) *

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والضبط وكيفية

انهم يرسمون على لوح مثلاً كثيراً من الدوائر المتحدة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يقسمون بالتوالى الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهلم جرا

وينبغي مزيد التدقيق والاهتمام في القسمة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى القواعد التي ذكرناها آنفاً

فإذا فرضنا الآن ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى اوجزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغي وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفي هذه الحالة ينبغي للمعلم ان يرسم الالة مع مشاهدة الالة المعدة للتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة الا اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعاً على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مسيو غنبي الصانع الشهير القرنساوي بواسطة الاستعمال السهل للمتمازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذي ليس متقدماً المركز مع اللوح المقسوم سابقاً مع غاية الضبط

ولنفرض ان **ا ث ب** هي القطعة التي يراد عليها رسم قوس الدائرة الذي هو **ا ب** المنقسم الى درجات موافقة بالكمية لدرجات اللوح وان

مستطيل **ش م ن ح خ** القائم الزوايا يكون موضوعاً على وجه بحيث يكون ضلعاه **الذان** هما **ش م** و **ح خ** متجهين دائماً جهة

مركز **ث** من قطعة **ا ث ب** المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بالتوازي لموضعهما الاصلي وحين يدور اللوح بكمية

ككمية ٥٠ درجة فان ضلع **و ث** يتحول الى **و ش** ا وضلع **ث ب**

يتحول الى **ث ش** وتكون زاوية **ا ث ش** مساوية ٥٠ درجة لكن في هذا التحويل لا يوجد تغير في اتجاه مستطيل **ش م ن ح خ** المتحول

الى هذه الحركة ويكون خط $ح خ$ دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس وهو $ث$ فينتج اذن صور $نا ن$ اولاد $ال خ$ يعين $ع$ على قطعة $ا ب$ عدة نقط متساوية البعد من نقطة $ث$ المركزية اعني قوس الدائرة التي مركزها $ث$ ثانيا اذا دار السطح درجة واحدة فان $دال خ$ يسير ايضا درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها
 (الدرس الرابع)

في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة

قد وجد في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير منتظمة وبسيطة ومركبة ولنفترض على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا عند ارباب الفنون فنقول

لا يمكن ان الخطين المستقيمين المتوازيين او غير المتوازيين يملآن بالكلية مسافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية ويطلق اسم المثلث المستوي على المسطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولا بد ان يميز في كل مثلث كمثلث $ا ب ث$ (شكل ١) اضلاعه الثلاثة التي هي $ا ب$ و $ب ث$ و $ث ا$ وزواياه الثلاثة ورؤسها الثلاثة التي هي $ا$ و $ب$ و $ث$

وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للفنون وهي ان مجموعها يساوي دائما زاويتين قائمتين اي ما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع $ا ب$ الى $ب ه$

ونجعل $ب د$ موازيا لخط $ا ث$ وحيث كان متوازيا $ا ث$

و $ب د$ مقطوعين بمستقيبي $ا ب ه$ و $ب ث$ نحصل معنا اولاً

ان زاوية $ث ا ب$ تكون مساوية لزاوية $د ب ه$ ثانياً ان زاوية

ا ب تكون مساوية لزاوية ث ب د فاذن يكون مجموع
 ا ب و ب التي هي زوايا مثلث ا ب ه الثلاثة مساوية
 لمجموع زوايا ا ب ث و ث ب د و د ب ه الثلاثة التي
 تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم ا ب ه بمعنى انه يساوي زاويتي
 قائمتين

ومن الان فصاعدا متى امكن معرفة زاويتي من المثلث امكن معرفة الثالثة
 وبكفي لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلاً ان مقدار احدى هاتين الزاويتي 37° والاخرى 49°
 فاذا اضعفنا 49 الى 37 كان مجموعهما 86 درجة فاذا طرحننا
 هذا المجموع من زاويتي قائمتين او من 180° كان الباقي 94 درجة
 فاذن تكون الزاوية الثالثة مساوية 94 درجة

وحيث ان مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتي قائمتين ينبغي ان
 احدى الزوايا تساوي صفراً اعني انها تكون معدومة بالكلية حتى يصير
 الزاويتان الاخرتان قائمتين فاذن لا يكون المثلث محتوي الا على
 زاوية قائمة

ومن باب اولي لا يكون في مثلث ا ب ث (شكل ١) الا زاوية
 منفرجة كزاوية ا اعني انها اكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث
 المنفرج الزاوية

ويمكن ان تكون زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة حادة (شكل ٢)
 فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا

ومثلث ا ب ث قائم الزاوية (شكل ٢٣) هو الذي يحتوي على زاوية قائمة
 مثل ب ووتر الزاوية القائمة الذي هو ا ب هو الضلع الاكبر المقابل
 لهذه الزاوية

ولنقابل الان اضلاع المثلث ببعضها فنقول

حيث ان الخط المستقيم هو اقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك انه في كل مثلث يكون الضلع الواحد اصغر من مجموع الضلعين الاخرين

والضلع الاكبر وهو $\overline{ا ب}$ من ضلعي المثلث اللذين هما $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث}$ هو المقابل للزاوية الكبرى وهي $\overline{ب}$ من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$ ثم نمد $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$ فتكون زوايا $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث}$ و $\overline{ا ث}$ متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية $\overline{ا ب}$ اكبر

من زاوية $\overline{ا ب}$ وزاوية $\overline{ا ث}$ اصغر من زاوية $\overline{ا ث}$ فاذن تكون زاوية $\overline{ا ب}$ اكبر من زاوية $\overline{ا ث}$

(شكل ٣) المثلث المتساوي الاضلاع هو ما كانت اضلاعه الثلاثة متساوية

كمثلث $\overline{ا ب ث}$

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط

كمثلث $\overline{ا ب ث}$

فاذا اعتبرنا ضلعي $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب}$ المتساويين (شكل ٤) متثلين بالنسبة لقاعدة $\overline{ا ب}$ فان عمود $\overline{ث د}$ يقع على منتصف هذه القاعدة ويقسم المثلث الى جرتين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل بسقف البناء اذن اغلب البيوت والعمارات العامة بسطح جانبها مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحاد الزوايا في سقوف النواويس والعمارات الغوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاحمال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف اى آلة الجدى (شكل ٧)

وهي مركبة من قطعتي خشب منحدتي الطول ومتصلتين من احد طرفيهما
 في نقطة θ ومنفصلتين من الطرف الاخر بعارضة AB ويمر الجبل
 المستعمل لرفع حمل D بكرة ثابتة في نقطة θ ويكون مثلث $AB\theta$
 المدلول عليه بالآلة الجدي تماثلا اي متساوي الساقين فاذن يكون العمود
 النازل من نقطة θ على قاعدة AB قاسما لتلك القاعدة الى قسمين
 متساويين
 ويحتاج غالبيا في القنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزاء وهالك كيفية
 العمل

اولا اذا عرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩)
 فالتابند ابرسم خط مستقيم كخط AB مساو لضلع ٣ في الوضع الذي
 ينبغي فيه رسم المثلث ثم نرسم من نقطة A المعتبرة مركزا بواسطة انقراج
 بيكار مساو لضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو θ ونرسم من نقطة
 B المعتبرة مركزا ايضا بواسطة انقراج بيكار يساوي ضلع ١ قوس
 الدائرة الذي هو C ثم نمد من نقطة θ التي يتقاطع فيها القوسان
 مستقيمي θA و θB فيكون $AB\theta$ هو المثلث
 المطلوب

ثانيا متى علم ضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية A (شكل ١٠)
 فالتابند ابرسم خط AB المساوي لضلع ٢ في وضع لائق ثم نرسم بالآلة
 معدة لقياس الزوايا (كلمنقلة والبيكار وغيرهما) خط At بشرط
 ان تكون زاوية BAt مساوية لزاوية A ونجعل At
 مساويا لـ A وبالجملة اذا مددنا مستقيم $B\theta$ حدث المثلث
 المطلوب

ثالثا متى علم ضلع ١ وزاويتا A و B اللتان رأسهما في نهايتي هذا
 الضلع (شكل ١١) واريد رسم المثلث فالتابند نرسم خط AB مساويا

ا ثم نرسم على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ب ث

و ب ث اللذين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و -

فاذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكافية وجب على المدروسين تكرارها في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار

وقد ذكرنا آنفا لرسم المثلث ثلاث صور اولا بفرض ثلاثة اضلاع معلومة

ثانيا بفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثا بفرض زاويتين والضلع المنحصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه المقروضات كافية في كل صورة

فاذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين متنى متنى كان هذان المثلثان متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المقروضات في مواضع مختلفة

ثانيا اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية

في المثلثين المذكورين من كاتا الجهتين كان المثلثان مقساويين

ثالثا اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من

كاتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فاذن (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا ب ث متساويين

نقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوى ا ب و ب ث يساوى

ب ث و ا ب يساوى ا ب وفي الثانية ان ا ب يساوى ا ب

و ب ث يساوى ب ث وزاوية ب تساوى زاوية ب وكان

كل من زاويتي ب و - منحصر بين ا ب و ب ث و ا ب

و ب ث وفي الثالثة ان ا ب يساوى ا ب وزاوية ا تساوى

زاوية ا وزاوية ب تساوى زاوية ب فان ذلك يستلزم ما ياتي

وهو ان ارباب الصنائع يذكرون دائما هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوى
المثلثات ويستعمل هذا التساوى بكثرة في عمليات الصناعة وفي براهين الهندسة
والميكانيكة

فاذا فقد احد الشروط الثلاثة التي بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن
تساوى هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية او ضلعان مساوي له في
المثلث الاخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة الفنون بطريقة واضحة ان نعرف
بإشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط
في العملية بل يكون وجودها دليلا على صحة تلك العملية

(بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)

هنالك اشكال مثل ا ب ث د (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما
بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤس مثل ا و ب
و ث و د

ويطلق اسم قطري الشكل على خطي ا ث و ب د المستقيمين اللذين
يصلان رؤس الزوايا المتقابلة ببعضها

والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

فشيبه منحرف ا ب ث د (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع
اثنان منها متوازيان كضلعي ا ب و ث د

وقد يكون شيبه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث
الذي هو ب ث عمودا على ضلعي ا ب و ث د المتوازيين

ويكون شيبه منحرف ا ب ث د (شكل ١٥) متماثلا اذا كان
ضلعا ا د و ب ث غير المتوازيين مائلين على حد سواء بالنسبة
للضلعين الاخرين

ويتركب السطح بالنظر لبعض العمارات المنتظمة من مثلث متساوي

السابقين كثلث م د ث (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا السطح ومن شبيهه منحرف متمائل مثل ا ب ث د في الجزء الاسفل منه وهذا ما يسمى بالفرنساوية مناسرد اخذ من اسم مناسرد البناء المخترع لهذا السطح ويكون منتصب م ه ف خط متمائل المثلث وشبيهه المنحرف المذكورين

ومتوازي الاضلاع (شكل ١٦) هو ما كانت اضلاعه الاربعة موازية لبعضها اثنين اثنين

(بيان اجراء العمليات)*

متوازي الاضلاع هو الذي يستعمل دائماً في الفنون وبكثرة في تركيب الآلات لتحصيل ما يطلق عليه اسم الحركة المتوازية وعلى حسب خواص المتوازيات التي ذكرناها في الدرس الثاني تكون زوايا متوازي الاضلاع المتقابلة اعني زاويتي ا و ث من جهة وزاويتي د و ب من جهة اخرى متساوية ويكون اثنان منها حادتين واثنان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا ضفنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة كان مجموعهما مساوياً لزاويتي قائمتين

وبناء على ذلك اذا مددنا الى ث ه (شكل ١٦) ضلع د ث وكان مستقيماً ا د و ب ث متوازيين فان زاوية ا د ث تكون مساوية لزاوية ب ث ه وزاويتي د ث ب و ب ث ه يساويان زاويتي قائمتين

وحيث اثبتنا (في الدرس الثاني) ان المتوازيين المنحصرين بين متوازيين آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازي الاضلاع المتقابلة تكون متساوية فاذا ن ا ب يساوي ث د و ا د يساوي ب ث ونقطة و التي يتلاقى فيها قطرا الشكل موجودة في منتصف كل

منهما

وبيانه ان يقال حيث ان اوث و دوب (شكل ١٦) هما
 قطرا الشكل يكون مثلثا ابو و دثو متساويين وذلك
 لانه اولا اب = دث * ثانيا زاوية ودث = زاوية
وبا * ثالثا زاوية وثر = زاوية واب على حسب
 خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وثر

واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو
 ما كان مقابلا لزاويتي ب و د الكبيرين وهو اث كما سبق
 وبياننا اذا راسمنا خطي د و ثف عمودين على ضلعي اب
 و ثر فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ه ب اصغر
 من ا فاذن يكون دب اقصر من مائل اث

ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع ابثر (شكل ١٨) الذي
 اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل ظريف بسبب انتظامه وهو كثير
 الاستعمال في فنون الزينة
 فاذا كان ضلعان من متوازي الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه
 الاربعة تكون كذلك

وبيان ذلك انه اذا كانت زاوية ا (شكل ١٩) قائمة في متوازي
 اضلاع ابثر كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك
بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتي ا و ب قائمتين
 وكذلك زاويتي د و ثر المساويتان لهما

وفي هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذي
 يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان نلاحظ ان مثلثي $\triangle ABC$ و $\triangle ACD$ القائمي الزوايا متساويان * اولا لان زاوية $\angle C$ القائمة تساوي زاوية $\angle A$ القائمة * ثانيا لان ضلع $\overline{AC}$ مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر لكل منهما * ثالثا لان ضلع $\overline{BC}$ من زاوية $\angle C$ في المثلث الاول يساوي ضلع $\overline{AB}$ من زاوية $\angle A$ في المثلث الثاني فاذن يكون ضلع $\overline{AC}$ الثالث من زاوية $\angle A$ مساويا لضلع $\overline{BD}$ الثالث من زاوية $\angle D$ وحينئذ يكون $\triangle ABC$ و $\triangle BCD$ قطري الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع $\square ABCD$ (شكل ٢٠) متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر الكيفيات الاتية التي ينبغى ان تكون راسخة في عقول الصنابعية وهالك بيانها

ففي المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة تكون متساوية ويكون قطرا شكله متساويين ايضا

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعاه الطويلان متساويين وكذلك ضلعاه القصيران ويكون قطرا شكله متساويين ايضا

وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضا ويكون قطرا شكله غير متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين ويكون قطرا شكله غير متساويين ويكون اكبرهما مقابلا للزاويتين الكبيرتين واصغرهما مقابلا للزاويتين الصغيرتين

* (بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) *

اذ انينا جزاً من هذه الاشكال على جزء آخر مساو له فالتاثير هن اولا على ان شبيه المنحرف ذا الاضلاع المائلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلاً بالنسبة لمستقيم **هـ** المار بمئة نصف قاعدتيه وثانياً على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون متماثلاً بالنسبة لكل خط مستقيم ممتد من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثاً على ان المعين (شكل ١٨) يكون متماثلاً بالنسبة لاحد قطري شكله ورابعاً على ان المربع (شكل ٢٠) يكون متماثلاً بالنسبة لقطري شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم مار بمئة نصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعه فائدة عظيمة في الفنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين

وايضاً كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل **ا ب ث د** (شكل ١٢) يمكن تقسيمه

الى مثلثين كمثلثي **ا ب ث** و **ا ب د** اللذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة في كل منهما مساوياً لزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا

الستة من هذين المثلثين مساوياً لمجموع زوايا شكل **ا ب ث د** الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذي اربعة اضلاع مساوياً لاثنتين من الزوايا مضروبتين في مثلها ما عني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل مخمس مثل **ا ب ث د هـ** (شكل ٢١) فانه يمكن

ان نخذ من رأس **ا** مستقيماً **ا ث** و **ا د** الى رأسي **ث** و **د** وبهذا ينقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساوياً

لمجموع خمس زوايا من شكل **ا ب ث د هـ**

فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل مخمس مساوياً لثلاث زوايا مضروبة في اثنتين اي لست زوايا قائمة

فاذا اتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع

٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساويا لمجموع

٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢ من الزوايا القائمة

* (بيان ما يتعاقب بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة) *

يمكن مروراى دائرة بروس مثلث $أ ب ث$ الثلاثة (شكل ٢٢)

وكيفية ذلك ان نمد من $م$ الذى هو منتصف $أ ب$ خط $م و$ عمودا على

$أ ب$ ومن $د$ الذى هو منتصف $ب ث$ خط $د و$ عمودا على

$ب ث$ فتكون نقطة $و$ التى يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد

من رؤس $أ و ب و ث$ الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز

الدائرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة

وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما

فى داخل الدائرة

ومتى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة

كزاوية $ب$ فان نقطة $و$ التى هى مركز الدائرة المارة برؤس المثلث

الثلاثة تكون فى منتصف ضلع $أ ث$ المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع

يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهذه الطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة

وهى انه فى مستطيل $أ ب ث د$ (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل

متساويين وكذلك انصافهما المشار اليها بخطوط $و أ و ب و$

$و ث و د$ التى يمكن جعلها انصاف اقطار الدائرة فاذن يمكن دائما

رسم مستطيل فى داخل اى دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن

ايضا رسم اى مربع داخل دائرة كفى (شكل ٢٦)

واذا علم مثلث $أ ب ث$ القائم الزاوية (شكل ٢٥) واريد رسم

مثلث ا د ث مساويا له رسمنا مستطيلا في الدائرة التي يكون مركزها
في منتصف ا ث فاذن يكون قطر الدائرة المارة برؤس ا و ب
و ث الثلاثة من مثلث ا ب ث القائم الزاوية وهي نقطة ب
هو ضلع ا ب الاكبر من هذا المثلث

وينج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب د
(شكل ٢٤) الذي زاويةاه المتقابلتان وهما ب و د قائمتان
مرسوما في الدائرة التي تمر برؤس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر ا ث يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمي الزوايا
مرسومين في الدائرة التي قطرها ا ث
واما الاشكال التي تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى باسماء تدل
على عدد زواياها و اضلاعها

مثلا للمخمس من الاضلاع والزوايا هـ وللمسدس و وللمسبع ز وللمثمن ح
وهلم جرا

والذي يستحق الذكر من الاشكال التي يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعني
الاشكال التي لها عدة زوايا) هي الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها
كثيرة الاستعمال مع الاهتمام في الصناعة
والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هي التي تكون جميع اضلاعها وزواياها
متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة ك نقطة و على بعد واحد من
ا و ب و ث التي هي رؤس كثير الاضلاع المنتظم وهو
ا ب ث د هـ ف نقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر
الرؤس الاخر فاذن ينتج ان وا = وب = وث = ود وهلم جرا

وبيان ذلك ان مثلثي اوب و بوث المتساويين السابقين
متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطى اب و بث
متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط وا و وب
و وث فتكون الزوايا المتماثلة مساوية $\frac{1}{2}$ ب حيث ان مجموع
الزاويتين المتوسطتين يساوى زاوية ب ويكون مثلث وثد
مساويا لمثلث وثب لان ضلع وث مشترك بينهما و ثد
يساوى بث كمساواة اضلاع كثير الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية
وثد = زاوية وثب لان احدى هاتين الزاويتين هي
نصف مجموعهما او يبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي وده و وهف
وكذلك ما شبههم مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويين
السابقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي وا و وب
و وث متساوية وعلى ذلك تكون نقطة و على بعد واحد من سائر
رؤس الشكل المنتظم فتكون حينئذ مركز الدائرة المارة بجميع هذه
الرؤس

وقد توجد هذه الدائرة متى امكن مرورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا
ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة يرسم داخلها شكل
كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكثرة ما بلغت
وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل كثير
الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يراد يكتفي لذلك ان نقسم محيطها
الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع
ونضم نقط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة
وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة
وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال كثيرة

الاضلاع وبهذا لا يوجد في ذلك صعوبة

(تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)

يستعمل مهندسو الجهادية الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة في رسم استحكاماتهم المنتظمة بشرط ان يكون عدد اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون المثلث المتساوي الاضلاع والمربع الا في الاستحكامات السفرية ويستعملون الخمس والستس والسبع في الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي عددها كثير في الاحاطة بالمدن العظيمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبايط وتلوين الاخشاب والقزاز والتزويق

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها تلاء فراغا باشكل منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة قابلة لتعايلات عديدة على حسب التركيبات غير المتناهية للخطوط المستقيمة التي يمكن رسمها على اي مستوكان

فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدد الاضلاع واحدا صارت المسئلة محددة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الاتية وهي
اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل رؤسها ستة بنقطة واحدة (شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التي تتصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)

ثالثا المسدسات التي تتصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)

ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتي فنقول ان زوايا الشكل كثير الاضلاع المنتظم الذي له من الاضلاع

٣	و	٤	و	٥	و	٦	و	٧	يكون قدرها
٦٠	و	٩٠	و	١٠٨	و	١٢٠	و	$١٢٨\frac{4}{5}$	

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ و ١٤٤ و ١٤٧ $\frac{3}{11}$ و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون ٦ × ٦ و ٦ × ٤ و ٩ × ٣ و ١٢ × ٣

= ٣٦°

واذا لم يقسم عدد اخر من اعداد الدرجات ٣٦° الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما غلظه بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

تبينه اذا ملئت المسافة التي حول نقطة ما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجة مسدس منتظم مرسوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وبناء على ذلك تكون اضلاع المسدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم الفوائد النافعة في الصناعة

ولا تسوغ لنا كثرة الاشياء التي تتعلق بها آمالنا في هذا الكتاب ان فحتم على وجه التفصيل عدة اشكال منتظمة  كثيرا او قليلا تحدث للفنون عند انضمامها الى بعضها نتائج عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلازمة ممكنة وفطانة

واذا اقتضى الحال عمل التزييق او تلوين الاخشاب او التبليط الذي يمشى عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لانه اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيلا فانها تتقدم مع السهولة وقت الانضغاط وهذا هو الذي ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلابتها

وهذا لا يستعملون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل

رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجب ان اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة

ومتى اردنا تعطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه مهم بتنظيم تلك المربعات او المستطيلات بواسطة الصفوف المستقيمة وباتصال المربعات ببعضها على صف مقابل لمنتصف مربعات الصف الثاني ونستعمل على حسب هذه القاعدة في تركيب الابنية عادة ايجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة وموضوعة في الوضوع المعين في (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون في الغالب يجعلون شكل المعين للايجار والقواب التي كانوا يشيدون بها اسوارهم وكانوا يطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء المخصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شباتا

ولاستعمال شكل المسدس في تبليط الاماكن منافع كثيرة (شكل ٢٨) وتتخذ النخل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصة هذا الشكل ان النخل تلاءم مسكنها بقدر معلوم من الشمع

وكان القدماء يشيدون ابنيهم المتينة بكتل كبيرة من الاجار المنحوتة على هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الان يوجد كثير من هذه المباني في بلاد ايطاليا وجزيرة سيليبيا وبلاد اليونان كالمباني التي يقال لها المباني الصقلوية المعينة في (شكل ٣٢)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هي ان الكتل الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل على حالتها الطبيعية بحيث لا ينقص من حجمها الاصلى عند التحت الاثني قليل جدا

وفي الرصيف الشهير الذي شيده الانكليز لوقاية ميناء مدينة بلوموتة من شدة تلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومنحدره الداخلي من الجزء الاعلى بقطع غليظة من المرمر معشقة ببعضها ومغصلة كالمباني الصقلوية وبهذا التعشق لا يمكن ان الجريد دفع كتله واحدة وانما يجعل كل كتله من هذه الكتل مقوية لصلابة الجميع

(بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة) *

اذ اتقوت الاشكال المؤلفة من خطوط مستقيمة امكن لنا ان نعرف كثرة هذا النوع الموجود في الاشكال المؤلفة من اجزاء الخط المستقيم والدائرة

واسهل الاشكال المؤلفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها كشكل الغرافومتر والمنقلة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة الملاعب عند القدماء وشكل المدرجات المعدة للجمعيات العامة وللتعليم عند المتأخرين

ويكون الخطيب او المعلم في مركز Γ (شكل ٣٣) ويكون الناظرون مصطفين على انصاف دوائر متساوية البعد ويكون مركزها نقطة Γ وقطرها $\overline{AB}$

فاذا رسمنا من نهايتي قطر $\overline{AB}$ (شكل ٣٤) خطين عمودين على القطر المذكور فانهما يصيران مماسين في نقطتي A و B لنصف دائرة $\overline{AMB}$ واذا رسمنا ايضا في اي بعد خط $\overline{HF}$ المستقيم الموازي لخط $\overline{AB}$ فالتاكمل شكلا مستعملا كثيرا في الفنون وهو شكل القباب والابواب المقوصرة وسميت بذلك لان انحناء القوصرة تام من سائر الجهات

واذا رسمنا في اعلا مستطيل $\overline{AFH}$ (شكل ٣٥) بواسطة نصف قطر $\overline{AB}$ اولا من نقطة A المعتبرة مركزا قوس $\overline{BM}$ وثانيا من نقطة B المعتبرة ايضا مركزا قوس $\overline{AM}$ فانه يتحصل لنا الشكل الذي يكون على هيئة القباب التي يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينسب شكل القباب المقوصرة الى المباني اليونانية وكذلك الى المباني المتأخرة وينسب شكل القباب الحادة الى المباني الفوطية ولكل من هذه المباني المقدمة المستعملة باشكال هندسية متنوعة اشكال بعلامات خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها جدير بالاعتبار ونعجب ارباب الفنون

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجميدة نظر الظرافة اشكالها ومعادلتها لبعضها اولشدة علوها وصلابة تراكيبها

فادارتعنا فى (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر **هـ ف** فانه يتحصل معنا محيط **أم ب ف ن هـ** الذى يكون سطحه كسطح الميادين التى اعدتها القدماء للمسابقة على الخيل ولهذا سميت ميادين **ملاعـب الخيل** وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى **ث و** اللذين هما مركزا الاجزاء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قبائبا مقوصرة مركبة من عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة اذن القفـة ويوجد فى (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز مشار اليها بنقط **و ح و خ** وسيأتى بيان ذلك فى الدرس الرابع عشر

وهنا النوع من المباني الغوطية او المورسكية يحتوى على صناعة القباب بواسطة قوسى **ب د و غ ف** الصغيرين المنحنيين بالكلية (شكل ٣٧) الموصولين بمستقيمى **د هـ و هـ ف** اللذين يتألف منهما زاوية منفردة

ويبلاد الانكاز كثير من المباني الغوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم وهى شهيرة بظرافة شكلها وشدة علوها ككنائس **هنرى الثامن** المشيدة فى مدينة **وستـستـير** وكنائس **تريـنـيته** المشيدة فى **قبريج** وكنائس قصر **وندسور**

*** (بيان رسم تفصيل العمارات) ***

قد ابتدع المـبـنـأون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين العمارات بالشكل المسمى **خرائطـة** ويستعمل قطاع الخشب والخجارون وخرائطوا الخشاب الرفيعة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوها حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قريبين من بعضهما ومنتهيين من اطرافهما بعمود واحد ويرى في (شكل ٣٨) شريط واحد كشريط $\overline{AB}$ ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوري اليوناني المسمى بالشكل $\overline{AB}$ البستوى حيث انه يوجد في مدينة بستوم هيكل محاط باعمدة ظريفة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى ما بقى من العمارات شريطا واحدا بواسطة ربع دائرة $\overline{B}$ المماس لاسفل الشريط في نقطة $\overline{B}$ ولضلع المنتصب من الحائط في نقطة $\overline{B}$ ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يعملون عادة فوق الشريط نصف دائرة بار يطلق عليه بالفرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون تارة ربع الدائرة المحذب الذي يطلق عليه اسم ربع دور مثل $\overline{AM}$ دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون تارة ربع الدائرة المجوف مثل $\overline{AM}$ (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعي الدائرة اللذين هما $\overline{AM}$ و $\overline{BN}$ (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي $\overline{O}$ و $\overline{H}$ موضوعا على منتصب واحد

ويتألف كذلك الحافر من ربعي الدائرة اللذين هما $\overline{AM}$ و $\overline{BN}$ (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي $\overline{O}$ و $\overline{H}$ موضوعين على خطاف واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يركب بها البناء انواع القوصرات

والافاريذ والقواعد والرؤس الموجودة في كل من المباني القديمة والجديدة ولا ينبغي ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لكل من اراد بمعنى انه يمكن عمله بالصدفة والاتفاق او على حسب ما تقتضيه الاهواء الفاسدة الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل العمارات واجرائها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين وتجنب الزينة في البناء وعوضا عن التوسع في هذه الزينة وفنرهما يلزم تركيبهما بجملة بجملة ليسهل على النظر الاحاطة بهما ويلزم ايضا فصل تلك الجملة عن بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جملة الخراطات الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى نظهر من كل جملة الاشكال المكتنفة بها وهذه هي القواعد الاصلية المستعملة في فن رينة المباني اعنى القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم بناءى اليونان والاطاليين ولا باستعمالها في مبانيهم حيث وجدوها مستعملة مع الاتقان في المباني الظريفة الموجودة ببلاد مصر القديمة وفي العمارات الغوطية التي حصلت في القرون الوسطى وفي المساجد والسمرايات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافيها هذه الالة العلوم والفنون التي كانت معدومة وقتئذ فيما بقي من بلاد اوربا

وهناك عملية هندسية اكثر نفعا من النقش الظاهري ومن رسم الزينة الجانبى وهى معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد توول جميع الاشكال المستعملة عند البنائين الى شكلى الخط المستقيم والدائرة وفيما ندر من الاحوال التي يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يسمون هذه الاشكال الى اجراء مستديرة كما اسلفنا ذلك في القباب المقوصرة

واذا احتاج البناءون الى تشييد عمارة في فراغ متسع جدا وجب عليهم ان ينتخبوا اشكالا منتظمة يسر الناظر كل من بساطتها واستوائها وتماثلها ويستدل بها على الفطنة والنظام اللذين بموجبهما يشيد الانسان مبانيه

وعماراته

والمختار من هذه الاشكال عموما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثانوية متحدة الصورة لازمة للتقسيم وليس فيهما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضيق المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم اخفاؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الاركان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلاسل مخفية او مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة ويرسم الاماكن المنتظمة رسما جيدا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكلية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم التركيبات

ومن معلى البناء من يعتقده انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكانت مصاريفها تبلغ ملايين من الاموال ولواراد الانسان ان يبنى على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول وهمية بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعودون تلامذتهم على زخرفة المباني المؤدية الى الاستهزاء والسخرية وعلى مصاريف كثيرة يتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالي فن ثم كان الاولى ان يعودوهم دائما على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي بيوتها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع

* (الدرس الخامس) *

* (في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والتناسبة) *

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الاخر وكان محيطاهما متحدان بالكلية في جميع امتدادهما وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عدة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لاخر وهذه مسئلة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال في الصناعة
ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من النحت او النقش او الزخرفة او غير ذلك
فانه يلزم هل قوالب وارانين تكون ابعادها مساوية بالكلية لابعاد
الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة في الطول
مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساويا لآخر وموضوعا على وجه بحيث
تكون الخطوط المتعابلة في الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد
رسمها من الطول وبقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا
الغلط عدم ضبط المساطر والبيكاترات والحبال المستعملة في قياس الابعاد
وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا او قليلا لاقلام الرصاص والريش واقلام
الجداول المستعملة عندهم وهم جرا

وقد تكون الطريقة التي يستعملها المهندس في صور كثيرة ليتحقق من
تساوي شكلين مستعملة ايضا عند الصانع في رسم شكل مساويا لآخر وان ذكر
الآن الطريقة المعدة لوضع احدهذين الشكلين على الآخر وننظر هل
احدهما يتجاوز الآخر في هذا الوضع بنقطة او لا فنقول

لنرسم شكل **ا ب ت د الخ** (شكل ١) على امتداد كما متداد **م ن ح ح**
(شكل ١ مكرر) كقطعة قماش تنشر اولوح معدني او غير ذلك ونضع

شكل **ا ب ت د** على وجه بحيث يكون موجودا على **ا ب ت د**

في **م ن ح ح** (شكل ١ مكرر) ثم نقسم **م ن ح ح**

على حسب اضلاع **ا ب ت د** و **ا ب ت د** فينتج لنا شكل **ا ب ت د الخ**

المساوي بالضرورة للشكل **ا ب ت د الخ**

وعوضا عن كوننا قسم الشكل الثاني بلا واسطة نرسم في الغالب بواسطة
قلم الرصاص او الطباشير او الحبر او غير ذلك محيط **ا ب ت د الخ** مع ملازمة

اطراف الشكل الاول ثم تقطع النظر عن الشكل الاول وترسم الشكل الثاني مع السهولة

وهذه هي الطريقة التي يصنع بها الخياطون ونحاتو الاجار والنحاسون والسكرية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

(بيان طبع الرسم اى النقل بالفحم)

اذ لم يكن الشكل الاول مقطوعا على السطح الذي يشتمل عليه فلا يمكن استعمال الطريقة التي ذكرناها آنفا فاذن اذا كان الشكل المجموع لارنيكالم يبلغ الغاية في اللطف فانه يمكن تطبيقه على م ن ح ح مع غرز سائر النقاط الشهيرة وهي ا و - و ش و د التي نصلها فيما بعد بخطوط مستقيمة ونغرز في بعض الاحيان الخطوط التامة التي ينبغي تحصيلها ثم نضرب بخزقة مملوءة من الفحم المسحوق على الارنيك الذي يغطي م ن ح ح فطبع الشكل الاول (وهذه هي كيفية طبع الرسم بالفحم) وتكون اجراء الفحم الصغيرة المارة بداخل كل ثقب دالة بكثرتها على سائر محيطات الشكل المراد تحصيله وقد وجد ارباب الصناعة طرقا اخرى لرسم صورة تامة بدون تلمع الارنيك

(بيان نقل الرسم)

لاجل عدم ثقب الرسم نضع فرخا من الورق الشفاف على الجسم المراد اخذ صورته وتتبع بقلم الرصاص او بالمنقاش او الريشة او غير ذلك المحيطات المراد تحصيلها وهذا هو الذي يطلق عليه اسم نقل الرسم

(بيان تماثل الاشكال)

يكون شكلا ا - ش د الخ و ا - ش د الخ (شكل ١ مكرر) متماثلين اذا كانت نقطتهما المتقابلتان وهي ا و ا - و - و ش و ش الخ موضوعة على متوازيات يقطع منتصفها عمود م ن واذا ثبتنا برواز م ن ح ح على م ن ح ح فن المعلوم

ان نقطة ا تنطبق على ا و ر على ر الخ بحيث انه اذا امكن
 طبع ا ر س د الخ على م ن ح خ فانه يظهر فيه شكل
ا ر س د الخ المماثل له فاذن يمكن بواسطة المتوازيات والعمود الذي
 يقطعها من منتصفها رسم شكل ا ر س د الخ مماثلا لشكل آخر مثل
ا ر س د

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالثقت والطبع والتغرافيا)

* (اي الطبع بالحجر) وغير ذلك *

الغرض الاصلى من هذه الفنون هو ان نضع على لوح او سطح من الخشب
 او المعدن او الحجر وغيره من سائر الجواهر اشكالا لا يمكن نقلها بالدقة على
 سطوح آخر وينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا
 بالنسبة لشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى
 وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على
 وضعها الاصلى راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب في نقش حروف
 الطبع بالعكس ووضعا مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية
 وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة الفرنساوية
 واما الطريقة العربية فهي بالعكس) فيتحصل حينئذ من الطبع البسيط نسخ
 غير مساوية لاشكال اللوح الا انها تماثلية

* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) *

اعلم اننا نقس ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على اللوح المستعملة
 فيما بعد لطبع الحروف والموسيقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء
 المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى
 الشمال بواسطة الطبع الثاني فاذن تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية
 على القوالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه
 القاعدة في الجهة الاصلية النقاش المجهول فالبالص حروف الطبع وبناء
 على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها في الجهة

الاصلية وفي النقش والتغرافيا يرسم ونكتب في الجهة الاصلية على الورق
او على المقوية المجهزة فتكون هذه الكتابة مقلوبة على الجور ومعدلة على
الاوراق التي ينشأ عنها التغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساويا لآخر

فلنفرض شكلا كشكل **ا ب ث د ه ف غ ا** (شكل ١) المواث
من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا مددنا من نقطة **ا** التي هي رأس
كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة
فاننا نقسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثات وحيث انه يسهل علينا رسم
مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث **ا ب ث** مساويا لمثلث

ا ب ث ومثلث **ا د ه** مساويا لمثلث **ا ب د** و **ا د ه** مساويا لمثلث **ا د ه**
وهلم جرا يقول الامر الى كوننا نرسم شكل **ا ب ث د ه ف غ ا** بتمامه

(شكل امكرر) مساويا للشكل **ا ب ث د ه ف غ ا** (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل **ا ب ث د ه ف غ ا** باستعمال بيكار واحد
لقياس طول الاضلاع ومثقلة لقياس الزوايا فترسم اول اضلع **ا ب** مساويا
لضلع **ا ب** واذا وضعنا مركزا المنقلة في نقطة **ب** ومددنا القاعدة
القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع **ا ب** استخراجنا مع العجة عدد
درجات زاوية **ا ب ث** وكسور درجتها وننقل المنقلة الى نقطة **ب**

على الشكل الجديد المبرادر رسمه ثم ننقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا
وتكون **م** هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا بينا على
الورق نقطة **م** بواسطة طرف البيكار ورسمنا مستقيم **م ب ث** مساويا

ب ث نحصل معنا ضلع ثان من الشكل الجديد فاذا قلنا المنقلة الى

نقطة **ث** نحصل لنا زاوية **ب ث د** المنقولة الى **ب ث د**
وهكذا الى ما لانهاية واذا كانت العملية مضبوطة ضبطا تاما فان الضلع
الاخير وهو **غ ا** يصل في حال رسمه الى نقطة **ا** الاولى ويكون طوله

مساويا الطول غ ١ لكن اذا كان عدد اضلاع ~~كثير~~ الاضلاع قليلا
فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكوننا قل خطاء يحصل في اى زاوية
ظاهرا في جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على
حسب الضلع المتقدم وبالجملة فالخطاء الحاصل في طول اى ضلع يجعل
الشكل كبير او صغيرا نقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي
الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه المساعدة لابين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل
القوية عرضة للخطاء في العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون
العمليات سهلة مضبوطة

ولنجث عن اعظم طريقة نرسم بها شكلا مشابها لآخر

وحاصلها اننا اذا رسمنا بالتوازي مثلثي ا ب ث و ا ش د (شكل ١
مكرر) مع مقابلتهما للمثلثين المساويين لهما فقط فانه يمكن مع غاية
الصعوبة اجتناب الخطا الجسيم ولا يخفى ان ما يقع في كل زاوية من الخطا
الذي يزداد بقدر ازدياد عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطا فاذن
يمكن ان تكون زاوية س ا غ الكلية مغيرة لزاوية ب ا ع تغيرا
حسب ما مع ان زاويتي س ا ش و ا ش د الجزئيتين المظروفتين فيها
مغايرتان قليلا لزاويتي ب ا ث و ث ا د المقابلتين لهاتين
الزاويتين

وهاهي الطرق التي تؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة
الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتي يكونان
متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اذا قسمنا بالبيكار وجدنا ا ب يساوي ا ر و ا غ
يساوي ا غ و ب غ يساوي ر غ
الطريقة الثالثة ان نعلم ان ب غ و ر غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي $أ ب غ$ و $أ ر غ$ ثم ننظر هل نقطة $أ$ على بعد واحد من $ب غ$ كنقطة $أ$ من $ر غ$ اعني هل عودا $أ ر$ و $أ ر$ النازلان من نقطة $أ$ على $ب غ$ ومن نقطة $أ$ على $ر غ$ مساويان لبعضهما لا

وعند انتهاء اثبات تساوي زاويتي $أ ب غ$ و $أ ر غ$ نرسم فيهما خطوط $أ ث$ و $أ ش$ و $أ د$ لنضع فيهما زوايا جرتية متساوية بأن نجعل طول $أ ث$ مساويا لطول $أ ش$ وطول $أ د$ مساويا لطول $أ ر$ وطول $أ ه$ مساويا لطول $أ ه$ ثم نرسم اضلاع $ر ش$ و $ش د$ و $د ه$ و $ه ف$ الخ فيتحصل معنا رسم الشكل الثاني

فثبتت اولاً رسم الجزء الاخير اما بواسطة البيكار وننظر هل $ش د$ يساوي $ش ر$ و $د ه$ يساوي $د ه$ او بواسطة الغرافومتر وننظر ايضاً هل زاوية $أ ب ث$ تساوي زاوية $أ ر ش$ وزاوية $ب ش د$ تساوي $ر ش د$ وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لنعرف منشأ الخطأ ونصححه

(بيان قاعدة المربعات)

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لاحداث شكل مساو لآخر (شكل ٢)

وذلك بان يقسموا في مبدء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نسقه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهية الى جهتين عموديتين ويضعوا ثمرة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربع لتسهل معرفتها ويعملون قسمة متساوية لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجراء القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعات

واذا ابحشنا في مبدء الامر لتتحقق من وجود شئ في طبقة $و ا ر$ و $ا ر$ رأينا

انه لا يوجد شيء في طبقة ١ و ٢ و ١ و ٢ الاراس الموجود
على خط مشار الى كل من طرفيه برقم ٤ و ٤ فتجعل على هذا الخط
انفراج البيكار مساويا لبعده هذه النقطة في ١ و ١ ونضعه على الشكل
الجديد في ١ و ١ فتري ان نقطة ب تكون في مربع ٢ و ٣
و ٦ و ٧ ونقيس بعد ب بخطوط ٢ و ٢ و ٦ و ٦
ونقل هذه الابعاد الى الشكل الجديد فيحصل معنا نقطة ج وجميع رؤس
ش و د و هـ وغيرها ونرسم ك كثيرا ضلاع ا ب ج د هـ الى ا
مساويا بالكثير اضلاع ا ب ج د هـ الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آنفا ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة
عن الخطاء الكلي * اولا في توازي او مساواة الخطوط التي تتألف منها
المربعات * ثانيا في رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته او لسمكه او غير ذلك
* ثالثا في قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه ينشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء
وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة في العملية واهتمام كلي مع
التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء او يعرفوا منشاء فيصنعوه وبهذا
التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة الكمال وبالجملة فلا تعجب
من كونه يلزم مضي عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة نامة
بحيث تكون قواعد هامة معلومة واشكالها محكمة التحديد الان نجاسها
يكون معلقا على صناعة اجزائها المتنوعة فن ثم كان بعسر على الملل التي
لم تقدم في الفنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها
من الملل المتقدمة في الفنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل يعين اداؤها
على تنقيص الاسباب الموجبة للخطاء في العملية * والقضية العلمية المعروفة
حق المعرفة والمطبقة على العملية بوجه الصحة هي التي تجعل الملل التي ليست
في مرتبة واحدة متساوية في المعارف بل وتجعلها فائقة على من يعادلها
من الملل الاخرى التي سبقها باستكمال محصولات الصناعة وهذا هو الغرض

الأصلي مما ذكرناه في هذا الشأن

(بيان الاشكال المناسبة)

لا يكفي لأرباب الصناعة ان يعرفوا مجرد عمل شكل مماثل او مساو لاخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شها تاما اشكالا اخرى غير انها تكون اكبر او اصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المناسبة والمثلثات المتشابهة

ولنفرض ان مستقيم ا ف (شكل ٣) منقسم الى اجزاء متساوية

مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقاط التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا انزلنا عمدة ا ا

و ب ب و ث ث و د د الخ على المتوازيات المذكورة نصنع عدة مثلثات مثل ا ب ا و ب ث ب و ث د ث و د ه د وهلم جرا حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لاخر اعنى ان ضلع

ا ب يساوى ب ث وضلع ث د = د ه الخ فاذا ن تكون عمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د الخ التى هى الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتى تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنمد الآن خط م د و ح ر فى اتجاه مغاير لمستقيم ا ف فنقول حينئذ ان اجزاء م د و د و و و ح و ح ر تكون مساوية لبعضها

ومن المعلوم اننا اذا انزلنا باعمدة م ا و د ه و و ح الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها تحصل معنا
ان م ١ يساوي م ٢ يساوي م ٣ الخ وزيادة على ذلك تكون
اضلاع مثلثات م ١ و م ٢ و م ٣ الخ متوازية وبناء
عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وبمقتضى ذلك
تكون اضلاع م ١ و م ٢ و م ٣ الخ المتقابلة متساوية

فعلى هذا اذا كان ماثل **ا ف** (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية

بواسطة متوازيات **ا ا** و **ب ب** و **ث ث** و **د د** وهلم جرا
فان هذه المتوازيات تقسم ايضا مستقيم م ر الذى يقطعها الى اجزاء
متساوية

وتستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على
حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط **ا ف** (شكل ٤) الى خمسة اجزاء
متساوية فانشأنا من نقطة **ا** مستقيما آخر كاستقيم **ا س** فى اى اتجاه
كان ثم نعين بانفراج البيكار تقسيمات **١** و **٢** و **٣** و **٤** و **٥**

المساوية لبعضها ونمد من نقطة **٥** ومن نقطة **ف** خط **ف ٥**

ثم نمد ايضا من نقط **١** و **٢** و **٣** و **٤** خطوط **ب ا** و **ف ٢**

و **٣ د** و **٤ هـ** موازية لخط **ف ٥** فيصير خط **ا ف** منقسما
الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة منحصرة بين
المتوازيات التى على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة فى تقسيم المقاييس المستعملة لرسم
مستويات المباني المملكية والجهادية والبحرية

ولقصة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها
هذه المقاييس او فسادها واختلالها فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة
قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التى تعتبر فيها هذه الاجزاء

كلاقيسة فاسدة ايضا وربما تكرر هذا الخطا غير مرة وتولد عنه خطأ
جسيم

ولاجل الوصول الى تقسيم المقياس قسمة صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات
١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ الخ اصغر من أ ب و ث د
و هـ الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط ا س
المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشغل علامة البيكار الامسافة
صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا ينشأ عن امتداده الاخطأهين وبالجملة فيلزم
عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر
ماراع الدقة بنقطة التقسيم الموافقة وان يكون التوازي على غاية من الصحة
فاذا توفرت هذه الشروط كلها دلت بفردها على صحة العملية

وقد تصحح بواسطة البيكار قسمة خط أ ف (شكل ٤) بحيث يعرف
هل اجزاء أ ب و ب ث و ث د متساوية على وجه
الدقة ام لا

(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس أم (شكل ٥) الى اجزاء عديدة
بحيث يمكن تعيينها على مستقيم أم الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه
الصورة نرسم متوازيات م م و ن د و و و متساوية البعد
ونرسم ايضا عمودي م ف و ان ومائل اف فتكون النسبة
بين اطوال ب - و ث د و د هـ الخ كنسبة
١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات
م الى اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين
متوازيات م م و ن د و و و الخ مثلاً اذا كان م ا يدل
على ١ متروكان هنالك عشرة خطوط موازية لخط م ا المذكور
وكانت كلها متساوية البعد فان اجزاء ب - و ث د و د هـ

و ه ه وهلم جراتكون في الحقيقة عشر المترا وعشريه او ثلاثة اعشاره
او اربعة اعشاره وهكذا وعوضا عن كونه ثقل بواسطة المقاييس المرسومة
طرفي البيكار على خط م ا تقلا ينقب الخط بسرعة ثقلها بحسب تنوع
الاعداد على ن د و و ح الخ وبذلك تبقى المقاييس زمنا
طويلا وهذا من اعظم الفوائد في الرسم

(بيان تصحيح رسم اريدك آلة او محصول صناعة)

اذا كان المطلوب تصحيح رسم آلة او محصول جاز على مقتضى المقياس فاو لشي
يجب عمله هو تصحيح المقياس المستعمل لتحصيل هذا المحصول فان كان هذا
المقياس فاسدا كان الرسم بحسب الظن غير مضبوط وان كان صحيحا تولد عن
الرسم عدة انواع من الخطأ ينبغي البحث عنها

ولنرجع الى تقسيم الخطوط المستقيمة بالخطوط المتوازية فنقول اذا فرضنا

ان خط ا ف (شكل ٣) مقطوع بمتوازيات ا م و ب د
و ف ر التي ليست على بعد واحد فان جزئى ا ب و ب ف
المحصورين بين هذه المتوازيات يكونان غير متساويين وكذلك م د
و ه ر اللذان هما جزاء مستقيم م ر المقطوع بهذه المتوازيات

لكن اذا كان ب ف اكبر من ا ب كان م ر اكبر ايضا من م د
وزيادة على ذلك يكون ه ر مشتملا على طول م د بقدر اشتغال

ب ف على طول ا ب

مثلا اذا كان ب ف يشتمل على ا ب اربع مرات فانه عند رسمه

ب ف الى اربعة اجزاء متساوية مثل ب ث و ث د و د ه

و ه ف الخ ورسم متوازيات ث د و د ح و ه خ تقسم خط ه ر

الى عدة اجزاء مثل ه و و و ح و ح خ و خ ر المساوية لخط

م د بقدر ما يوجد من اجزاء ب ث و ث د و د ه و ه ف

المساوية لخط ا ب فاذاً يكون ب ف مشتملا على ا ب

بقدر ما يشتمل $\overline{د ر}$ على $\overline{د م}$

ونبين عدد المرات التي يشتملها $\overline{ب ف}$ على $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ر}$ على

$\overline{د م}$ بهاتين الطريقتين وهما ان $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$

يساوي $\overline{د ر}$ المقسوم على $\overline{د م}$ اعني ان $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ او نسبة

$\overline{ب ف}$ الى $\overline{أ ب}$ كنسبة $\overline{د ر}$ الى $\overline{د م}$ اعني ان $\overline{ب ف}$

: $\overline{أ ب}$:: $\overline{د ر}$: $\overline{د م}$

وهذا هو الذي يطلق عليه اسم التناسب الهندسي الذي يشتمل دائماً على

نسبتين متساويتين مثل $\overline{ب ف}$ و $\frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ وحينئذ تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كميتين هي قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها هي قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب $\overline{ب ف}$: $\overline{أ ب}$:: $\overline{د ر}$: $\overline{د م}$ على اربعة

حدود يطلق على كل من حديها الاول والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين المحصورين بينهما اسم الوسطين

* (بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسي) *

خاصية التناسب الهندسي هي ان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما يساوي حاصل ضرب الوسطين في بعضهما

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ في تناسب $\overline{ب ف}$: $\overline{أ ب}$::

$\overline{د ر}$: $\overline{د م}$ ان $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}}$ و $\frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ متساويان لاننا اذا ضربنا هاتين

النسبتين معاً في $\overline{أ ب}$ و $\overline{د م}$ فان حاصل ضربيهما يكونان متساويين

ولكن $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$ والمضروب في $\overline{أ ب}$ نبقى $\overline{د م}$

هو بالاختصار عين **ب** **ف** المضروب في **م** $\div$ اى انه حاصل ضرب الطرفين في بعضهما وكذلك $\div$ **ر** المقسوم على **م** $\div$ والمضروب في **أ** **ب** ثم في **م** $\div$ هو بالاختصار عين $\div$ **ر** المضروب في **أ** **ب** اى انه حاصل ضرب الوسيطين في بعضهما فاذن يكون حاصل ضرب الطرفين في بعضهما مساويا لحاصل ضرب الوسيطين في بعضهما وتستعمل التناسبات الهندسية كثيرا في على الهندسة والحساب وفي تطبيقهما على علوم آخر كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرهما ولذا كررنا **ك** كيفية دلالة علم الحساب بواسطة الاعداد على التناسبات الهندسية فنقول

اذا فرضنا ان (شكل ٣) مرسوم بواسطة المقياس امكننا ان نستدل على كل من حدود تناسب **ب** : **ف** : **أ** : **ب** :: **ر** : **م** $\div$ بعدد المرات التي تشتمل عليها اجزاء الخط المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس

مثلا اذا كان **ب** = ٣٠ و **أ** = ٥ و **ر** = ٢٤ و **م** = ٤ فانه يتحصل معنا التناسبان المتخذان وهما

$$\begin{array}{ccccccc} \text{ب} & : & \text{ف} & : & \text{أ} & : & \text{ب} \\ 30 & : & 5 & : & 24 & : & 4 \end{array}$$

وبناء على ذلك يمكن ان يستدل على نسب الخطوط وتناسباتها بنسب الاعداد وتناسباتها بالعكس فاذا قسمنا ٣٠ على ٥ تحصل معنا خارج القسمة الذي هو مقدار النسبة الاولى وهو ٦ واذا قسمنا ٢٤ على ٤ تحصل معنا ايضا خارج القسمة الثانية وهو ٦ ومتى كانت النسبتان متساويتين وجد بينهما تناسب

واذا قسمنا ٥ على ٣٠ فان خارج القسمة يكون سدسا واذا قسمنا ٤ على ٢٤ فان خارج القسمة يكون ايضا سدسا وبناء على ذلك اذا كان

نسبتان متساويتين وعكسناهما فانهما يكونان متساويتين ايضا
فاذن ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{٣٠}{٢٤} = \frac{٥}{٤} \text{ و } \frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{١}$$

فاذا ضربنا حدى معادلة $\frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{١}$ في ٢٤ ينتج معنا $\frac{٣٠}{١}$
 $٤ \times ٢٤ =$

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان
كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على
الطرف الآخر

وبمثل ذلك يبرهن على ان كلا من الوسطين يساوى حاصل ضرب الطرفين
في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود التناسب الهندسى الاربعة فانه يمكن
معرفة الحد الرابع فوراً بواسطة القاعدة التى ذكرناها آنفا وهى قاعدة الثلاثة
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة فى حسابات الخزائن والتجارة والصناعة
ويستل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلا اذا عرفنا ثلاثة

خطوط مثل (أ) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا

ان نعرف بواسطتها خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (أ) : (ب)

:: (ث) : (د) فنبدأ بوضع (ث) = ح ر فى طرف

(أ) = وح ونرسم من نهاية و مستقيم وم فى اى اتجاه

كان ومن نقطة و نجعل طول وح = (ب) ونرسم كذلك

ح ح ثم رص موازيا ح ح فينتج حينئذ

$$\text{وح} : \text{وح} :: \text{ح ر} : \text{ح ض}$$

$$\text{او} \quad (أ) : (ب) :: (ث) : (د)$$

وإذا كان الوسطان متساويين فإن الطول أو العدد الذي يدل عليهما يسمى
وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا في تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨
يكون ٤ هو الوسط المتناسب بين طرفي ٢ و ٨
وإذا كان المعلوم في علم الهندسة طولين فإنه يسهل علينا استخراج وسطهما
المتناسب وسنبين لك ذلك عاجلا

(بيان المثلثات المتشابهة)

إذا كانت اضلاع مثلثي أ ب ث و ا ر ث (شكل ٧) المتقابلة
متوازية فإنها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذن يتحصل
معنا

أ ب : ا ر :: ب ث : ر ث :: ث ب : ث ر :: ا ث : ا ر ولاجل
البرهنة على ذلك ننقل مثلث أ ب ث من غير أن يتغير اتجاه اضلاعه
بحيث تقع نقطة ر على نقطة أ ثم ند ا ث و ب ث الى ان
يتلاقيا في نقطة م فيتحصل معنا أ ث = ث م و ث م = ث م
ر حيث انها متوازيات منحصرة بين متوازيات اخرى

وحيث ان أ ث و ث م و ث م و ر ث متوازيات ينتج
أ ب : ا ر :: ث م = ا ث : ا ث
و أ ب : ا ر :: ب ث : ث م = ب ث
وبناء على ذلك أ ب : ا ر :: ا ث : ا ث :: ب ث : ب ث

فإذا كان مثلثا أ ب ث و ا ر ث (شكل ٨) متحدى الوضع
والصورة بحيث يكون أ ب عمودا على ا ر و ب ث على
ر ث و أ ث على ا ث فان هذين المثلثين يكونان متشابهين

وبيان ذلك انما اذا درنا مثلث $\overline{ا ر ث}$ بدون تغيير شيء منه من زاوية قائمة حول نقطة $\overline{ا}$ فان $\overline{ا ث}$ يكون موضوعا على $\overline{ا ث}$ في وضع مواز لخط $\overline{ا ث}$ وكذلك يفعل في $\overline{ا ر}$ و $\overline{ر ث}$ فاذن تكون اضلاع مثلث $\overline{ا ر ث}$ موازية لاضلاع مثلث $\overline{ا ب ث}$ ويكون المثلثان متشابهين وبناء على ذلك يكون مثلثا $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ متشابهين ايضا ومتى كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية ويكون المثلثان متشابهين وبيانه انما اذا فرضنا انه ليس لمثلثي $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهي

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث}$
فانما نفرض مثلثا ثانيا كمثلث $\overline{ا ر ث}$ يكون ضلعه وهو $\overline{ا ر} = \overline{ا ر}$ وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ و $\overline{ا ث}$ على التناظر وبناء عليه يحصل معنا

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث}$
فاذن يكون $\overline{ا ث} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ث}}{\overline{ا ب}}$ و $\overline{ا ر} = \frac{\overline{ا ب} \cdot \overline{ا ث}}{\overline{ا ث}}$

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث}$
فعلى هذا اذا كان $\overline{ا ر} = \overline{ا ر}$ لزم ان يكون $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$ وان تكون $\overline{ر ث} = \overline{ر ث}$

فاذن تكون اضلاع مثلثي $\overline{ا ر ث}$ و $\overline{ا ب ث}$ الثلاثة متساوية على التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا $\overline{ا} = \overline{ا}$

$\overline{أ} = \overline{ر} = \overline{ب} \text{ و } \overline{ث} = \overline{ث} = \overline{ث}$

فحينئذ إذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فإن زواياهما المقابلة للاضلاع المناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين

ومثي كان ضلعا $\overline{أب}$ و $\overline{بث}$ من مثلث $\overline{أبث}$ مناسبين
 لضلعي $\overline{ار}$ و $\overline{اث}$ من مثلث $\overline{ارث}$ وكانت زاوية $\overline{أ} = \overline{ا}$ فان
 هذين المثلثين يكونان متشابهين لانتسا اذا وضعنا زاوية $\overline{أ}$ على $\overline{ا}$ فان
 تناسب $\overline{أب} : \overline{ار}$ كتناسب $\overline{أث} : \overline{اث}$ يقتضى ان $\overline{أث}$
 و $\overline{اث}$ يكونان متوازيين وعلى ذلك تكون الاضلاع الثلاثة متوازية

ففي (شكل ٦) اذا رسمنا من نقطة $و$ مستقيمت $و ح ر$
 و $و ح ض$ و $و ط ع$ الثلاثة القاطعة لمتوازي $ح ط خ$
 و $ر ع ض$ فنحصل معنا اولاً على التوالى بسبب تشابه مثلثي
 $و ح ط$ و $و ر ع$ أن $و ط : و ع :: ح ط : ر ع$
 وثانياً بسبب تشابه مثلثي $و خ ط$ و $و ض ع$ ان $و ط$
 $: و ع :: خ ط : ض ع$

فاذن يتحصل معنا ان $ح ط : ر ع :: ح ط : ض ع$
 اعني ان $ح ط$ و $خ ط$ و $ر ع$ و $ض ع$ التي هي اجزاء
 المتوازي بين المقطوعين بالمستقيمت الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون
 متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضاً

ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين العكسيري الاضلاع اذا كانت
 اضلاعهما المتقابلة متوازية ومتناسبة يكونان متشابهين

فاذا فرضنا مثلان شكلي $\overline{أبث}$ و $\overline{ارث}$ هدفنا

(شكل ٩) هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متناسبة ومتوازية نتج ان

$\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BS} : \overline{RT} :: \overline{M} : \overline{A}$ وتكون الزوايا

المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية اثنين اثنين متساوية فاذن زاوية

$\angle B = \angle R$ واذا مددنا خطي $\overline{AS}$ و $\overline{AR}$ كان مثلثا

$\triangle ASR$ و $\triangle ASB$ متشابهين حيث ان زاوية $\angle B$ من كل منهما

تساوي زاوية $\angle R$ المحصورة بين ضلعين متناسبين فاذن يحصل $\overline{AB}$

$\therefore \overline{AR} :: \overline{BS} : \overline{RT} :: \overline{AS} : \overline{A}$

واذا مددنا بعد ذلك $\overline{AR}$ و $\overline{AS}$ فان مثلثي $\triangle ASR$ و $\triangle ASB$

يكونان متشابهين ايضا حيث ان $\angle ASR = \angle ASB$ و $\angle ARS = \angle ABS$

$\therefore \overline{AR} : \overline{AS} :: \overline{BS} : \overline{A}$ وان زاويتي $\angle ASR$ و $\angle ASB$ متساويتان لان

اضلاعهما متوازية فاذن يكون $\overline{AR}$ موازيا لـ $\overline{AS}$

واذا اعتمادنا على البرهنة المذكورة فانتا تقسم الشكلين الكثيري الاضلاع الى

مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن عمل مثلثات مشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم

اشكال كثيرة الاضلاع مشابهة لاشكال اخرى ايا ما كان عددا اضلاعها

(بيان بكار التناسب)

بيكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات

التناسبية وللعمليات المتنوعة وهو مركب من مسطرتين متساويتين

ومدرجتين على حدسوا

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كخط $\overline{H}$

الى خط آخر معلوم كخط $\overline{F}$ فانتا تجعل على ضلع $\overline{AB}$ طول $\overline{AM}$

$= \overline{H}$ ونعين عدد التدرج المقابل لنقطة $\overline{M}$ ونجعل نقطة $\overline{N}$ التي

* (بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة) *

كل شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متحدد في عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية فبالضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التي لا تتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فيهما

ونسبة محيطى كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضها كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

وعجرا زاد اداضلاع كثيرا الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة التي يكون مرسوما فيها فاذا نفي ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكل المتشابهة اعنى كالاشكل التي تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا في دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين ومتحدد في عدد

الاضلاع مثل ا ب ج د هـ ا و ا ب ج د هـ ا

(شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فيهما هي اولا نسبة انصاف اقطار الدائرتين وثانيا نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثا نسبة محيطى كثيرى الاضلاع المذكورين ورابعا نسبة محيطى هاتين الدائرتين

واذا رسمنا في دائرة (شكل ١٣) قطر ا ب و ثم رسمنا من نقطة ما كنقطة ث من هذا القطر خط ح عمودا على هذا القطر ورسمنا مستقيى ا ح و ح ب فانتا نصنع مثلث ا ح ب القائم الزاوية وهى ح وحينئذ يكون هذا المثلث القائم الزاوية مشابها لكل من مثلثى ا ح ث و ح ب ث الجزئين اللذين تركب منهما

وبيان ذلك ان زاوية $\overline{أ الحادة}$ مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ح ب}$ و $\overline{أ ح ث}$ القائمى الزاوية والحادة الاخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية $\overline{أ}$ فاذن $\overline{تكون}$ زوايا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لنظيرتها ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية $\overline{ب الحادة}$ مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{أ ب ث}$ المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين وبمقتضى ذلك يتحصل معنا التناسبات الآتية وهى

$$\begin{array}{l} \overline{أ ب} : \overline{أ ح} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \\ \overline{أ ث} : \overline{ش ح} :: \overline{ش ح} : \overline{ش ب} \end{array}$$

فاذن يكون $\overline{أولا}$ الضلع الصغير الشمالى الذى هو $\overline{أ ح}$ من مثلث $\overline{أ ب ح}$ القائم الزاوية وسطا متناسبا بين وتر الزاوية القائمة الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ وهو الجزء الموجود على يسار عمود $\overline{ح ث}$

ثانياً يكون الضلع الصغير اليمين الذى هو $\overline{ب ح}$ وسطا متناسبا بين وتر الزاوية الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو جزء $\overline{ب ث}$ وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذکور

ثالثاً يكون عمود $\overline{ش ح}$ وسطا متناسبا بين جزءى وتر الزاوية القائمة اللذين هما $\overline{أ ث}$ و $\overline{ش ب}$

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة قطر الدائرة وكان $\overline{ش ح}$ نصف

وترعوى على هذا القطر فان $\overline{أ ح}$ و $\overline{ح ب}$ يكونان وترين آخرين
متدين من نهاية القطر

وينتج من ذلك ثلاث خواص أولا يكون وتر $\overline{أ ح}$ الموضوع على
الشمال وسطا متناسبا بين قطر $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ الموضوع
على شمال نصف الوتر العمودى على هذا القطر

ثانيا يكون وتر $\overline{ث ح}$ الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر
 $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{ب ث}$ الموضوع على يمين نصف الوتر العمودى
على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر $\overline{ث ح}$ وسطا متناسبا بين جزئى القطر الموضوعين
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص فى تقويم نتائج الآلات وحركاتها

(الدرس السادس)

(فى بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

(بمخطوط مستقيمة او مستديرة)

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بمخطوط مستقيمة او بمخطوط منحنية فانتا
فجعل وحدة المقياس الشكل البسيط الهين الرسم والقسمة وهو المربع الذى
يكون احدا اضلاعه مساويا لوحدة الطول

وينبغى ان نبين أولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه
اعنى كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر
فنقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الاكبر على ضلع المربع الاصغر يمكن ان نحدث في المربع الاكبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الاصغر وطولها الضلع الاكبر لكن تكون كل طبقة مشتملة على المربع الاصغر بقدر مرات احتوا الضلع الاكبر على الاصغر * مثلاً اذا كان الضلع الاكبر محتوياً على الضلع الاصغر عشر مرات فاننا نقسم المربع الاكبر الى عشر طبقات عرضها الضلع الاصغر وطولها هذا الضلع مكرراً عشر مرات فاذن تكون كل طبقة مساوية لسطح المربع الاصغر مكرراً عشر مرات * وعشر مرات مضروبة في مثلها هي عدد المربعات الصغيرة المظروفة في المربع الاكبر ويستدل بتلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا المربع مظروفاً في مربع آخر يكون مقداره ضلعه

$$٣٦ = ٦ \times ٦$$

$$١ = ١ \times ١$$

$$٤٩ = ٧ \times ٧$$

$$٤ = ٢ \times ٢$$

$$٦٤ = ٨ \times ٨$$

$$٩ = ٣ \times ٣$$

$$٨١ = ٩ \times ٩$$

$$١٦ = ٤ \times ٤$$

$$١٠٠ = ١٠ \times ١٠$$

$$٢٥ = ٥ \times ٥$$

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهلم جرا تسمى تربعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ لانها تدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المظروفة في مسطح المربعات التي اضلاعها ١ او ٢ او ٣ او ٤ او غير ذلك والاعداد التي هي ١ و ٢ و ٣ و ٤ الدالة على كمية آحاد الطول المظروفة في كل ضلع من المربعات تسمى جزر هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه ينبغي تقسيم هذا المربع الاخير الى تقسيمات ثانوية بمعنى ان اضلعه تقسم الى عشرة اجزاء متساوية ويصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها

يمكن جعله وحدة القياس فاذا كانت هذه الوحدة كبيرة فانها تقسم ايضا الى اجزاء من مائة مضروبة في مثلها الى عشرة آلاف جزء من الوحدة الاصلية وهلم جرا (راجع في الجلد الثاني الدرس الذي يذكر فيه الاقيسة) وبعد تحديد مسطح المربع المأخوذ منفردا ينبغي لنا ان نركب المربعات اثنين اثنين ونقول كيف يؤخذ من علم الهندسة بيان مجموعهما اوتفاضلها معني كيف يمكن عمل مربع يكون سطحه مساويا لمجموع مربعين معلومين اوتفاضلها

مثلا اذا فرضنا ان AB (شكل ١) و CD (شكل ٢) هما المربعان المعلومان فالتاسيس مثلث قائم الزاوية بحيث تكون زاويته القائمة التي هي CH (شكل ٣) محصورة بين ضلعي $CH = CD$ و $CH = AB$ واذا رسمنا مربعين آخرين بواسطة ضلعي CH و CH فنحصل معنا $CH = AB$ و $CH = CD$ فنقول حينئذ ان مربع CH هو الاكبر المرسوم على ضلع CH يساوي مجموع المربعين المعلومين

وقد بينا في الدرس الثاني اننا اذا انزلنا في مثلث قائم الزاوية كمثل CH (شكل ٣) من الزاوية القائمة بعمود CH على الضلع الاكبر فانه يتحصل معنا $CH : CH :: CH : CH$: $CH : CH :: CH : CH$ و ينتج من ذلك ان $CH : CH :: CH : CH$: $CH : CH :: CH : CH$ و ينتج منه ايضا ان $CH : CH :: CH : CH$: $CH : CH :: CH : CH$

فأذن يكون $\text{س ص} + \text{ز ص}$ أي مجموع مربعي س ص -
 و ز ص شيء مساويا $\text{س ع} + \text{ز ع}$ أي س ز
 $\times \text{س ز}$ الذي هو قياس مربع س ز هـ وحيث أن يكون المربع
 الاكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الاكبر في مثلث قائم الزاوية
 مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الصلعين الآخرين
 فاذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فالتا صانع مثلث قائم

الزاوية يكون ضلعه الاكبر س ز (شكل ٣) وهو ضلع المربع الاكبر
 ويكون احد ضلعيه الآخرين س ص وهو ضلع المربع الاخير المعلوم
 فيكون ضلع ص ز الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع
 المطلوب المساوي لتفاضل المربعين الآخرين حيث انه باضافته الى المربع
 الاصغر يكون مساويا للمربع الاكبر

مثلا اذا لاحظنا ان $٩ = ٣ \times ٣$ وان $٤ \times ٤ = ١٦$ وان
 $٥ \times ٥ = ٢٥$ وان $٩ + ١٦ = ٢٥$ رأينا ان
 ٤ و ٥ هي اضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل ارباب الصناعة

في الغالب هذه الخاصية لتنزيل مستقيم س ص (شكل ٣) عودا
 على مستقيم آخر مثل س ص فيقسمون س ص الى ثلاثة اجزاء
 ثم يأخذون من هذه الاجزاء $\text{ص ر} = ٤$ و $\text{س ز} = ٥$ ويتمون

مثلث س ص ز الذي يكون فيه ص ز هو العمود المطلوب
 ولنفس الان سطح الاشكال التي تختلف كثيرا عن شكل المربع
 فنقول

ان سطح المستطيل يساوي حاصل ضرب القاعدة في الارتفاع
 ولا يثبت ذلك تقسم م خ (شكل ٤) الى اجزاء مساوية لاضلع

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجمعول وحدة القياس فإذا
مددنا من ق ط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فإنها
تقسم المستطيل إلى طبقات طولها م ن وعرضها ك عرض المربع
وكل طبقة منها تحتوي على مسطح مربعات أ ب د ث بقدر احتواء
م ن على أ ب وبناء على ذلك إذا عبر عن خط م ن بالأعداد
وكان أ ب هو وحدة القياس فإنه يستدل على عدد مربعات
أ ب د ث الذي يحتوي عليه مستطيل م ن ح خ بقا عدة
م ن مضروبة في ارتفاع م ح

وقد يلزم في الفنون غالبا عمل مربع يكون سطحه مساويا لسطح مستطيل
م ن ح خ وكذلك فصل أطراف ضلعي م ح و م ن (شكل ٥)
ببعضها ونرسم على مجموعها المعتبر ك قطر نصف دائرة ونقيم من نقطة م
عمود م ر على قطر ح ن ونمد هذا العمود إلى محيط نصف الدائرة
فيحصل معنا (بموجب الدرس الخامس)

$$\text{خ م : م ر :: م ر : م ن} \quad \text{وينتج من ذلك أن} \quad \text{خ م} \\ \times \text{ م ن} = \text{م ر}^2$$

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م ر مساويا لمستطيل م ن ح خ
حيث أن قياس سطحهما واحد

وسطح متوازي اضلاع ل م ن ف (شكل ٦) يساوي حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

ولا يثبت ذلك ثم من تقطعي م و ن عمودي م ح و ن ح
على م ن إلى و ل ح فيكون مثلثا م ن ح ل و ن ح و
متساويين لأن م ح = ن ح (كمتوازيين محصورين بين

متوازيين آخرين) ولان الزوايا المتقابلة متساوية ايضا وحينئذ اذا قابلنا

مستطيل من ح خ بمتوازي اضلاع من ول رأينا ان هذا

المستطيل يساوى متوازي الاضلاع زيادة مثلث ل م خ ونقص

مثلث ن و ح وبناء على ذلك يكون سطح متوازي الاضلاع كسطح

المستطيل مقياسا بمجاصل ضرب قاعدته وهى من فى ارتفاعه وهو

ح ن

وقد بينا لنا ان يبيع ضرب الارقام الاتية سطح المستطيل او متوازي

الاضلاع الذى يعبر عن ضلعيه بالاعداد التى لا تتجاوز عشرة وهالك الارقام

المذكورة

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٢٠	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢
٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٢	٩	٦	٣
٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٤	٢٠	١٦	١٢	٨	٤
٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦
٧٠	٦٣	٥٦	٤٩	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٧
٨٠	٧٢	٦٤	٥٦	٤٨	٤٠	٣٢	٢٤	١٦	٨
٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩
١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠

فالسطر الثانى دال على سطح المستطيلات او على متوازيات الاضلاع

التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدها مساوية لعدد

١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ والسطر الثالث دال على سطح المستطيلات

او على متوازيات الاضلاع التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣

وقواعدها مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهلم جرا وينبغى ان

يكون

يكون عند ارباب الصناعة جدول كهذا الجدول سعلق في ورشهم ومصانعهم
ويجب عليهم حفظه في اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى
شرب

ومسطح كل مثلث مثل ا ب ث (شكل ٧) يساوى نصف حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

ويبان ذلك اتنا اذا رسمنا خط ث د موازيا لخط ا ب وخط ا د

موازيا لخط ب ث فان المثلث الجديد الذى هو ا ث د يكون

مساويا للمثلث الاول الذى هو ا ب ث الا انه يتألف من

ا ب ث د متوازى الاضلاع الذى يكون سطحه مساويا لخط ا ب

الذى هو قاعدة مثلث ا ب ث مضروبة في ارتفاعه وهو ث ه

فاذن يكون نصف هذا الحاصل مساويا لمسطح المثلث

وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات

فانه يحصل معنا فوراً مساحة مسطح كل شكل كثير الاضلاع منتظما كان

او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب

قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب

وهذه العملية هى احدى العمليات التى تجعل معرفة المثلثات مهمة جدا

في علم الهندسة خصوصا في اخذ مساحة الاراضى ولنبتداء الآن هذه العملية

في مساحة شبيهه المنحرف فنقول

سطح شبيهه المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروبا في ارتفاعه

وذلك ان شبيهه منحرف ا ب ث د (شكل ٨) الذى ارتفاعه

م ه ينقسم بخط ا ث الذى هو قطر الشكل الى مثلثي ا ب ث

و ا ث د اللذين مساحة احدهما $\frac{1}{2} ا ب \times م ه$ والثاني

$\frac{1}{4}$ د ث $\times$ م د فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف ا ب
 + ث د مضروباً في م د وهالكـ كيفية وضعها $\frac{1}{4}$
 (ا ب + ث د) م د

فاذا تحصل معنا هذا الحاصل وجدنا على الفور مربعاً مكافئاً للشبهه
 المنحرف بان تقيس ا ب + ث د (شكل ٢٨) الذي يستدل
 عليه بخط م ن المنفرد (شكل ٥) ونجعل م ح $= \frac{1}{4}$
 م د ونرسم نصف دائرة ح ر ن فيصير عمود م ر هو ضلع
 المربع المطلوب
 و سطح كثير الاضلاع المنتظم يساوى نصف محيطه مضروباً في بعد مركزه
 عن احد اضلاعه

وبياننا اننا اذا مددنا من نقطة و التي هي مركز كثير اضلاع ا ب ث د
 الخ الى الروس الاخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فاننا نقسم هذا
 الشكل الى مثلثات متساوية مثل ا و ب و ب و ث و ث و د
 وهلم جرا فاذا كان و م هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه
 المثلثات كان قياس كل مثلث منها $\frac{1}{4}$ ا ب $\times$ و م و قياس المسطح
 الكلى $\frac{1}{4}$ (ا ب + ب ث + ث د + د و) و م او
 $\frac{1}{4}$ (ا ب ث د الخ) و م

وكثير الاضلاع المنتظم يغاير الدائرة التي يكون مرسوماً في داخلها تغايراً
 اقل من ازدياد عدد اضلاعه فاذا ضاعفنا عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان
 الفرق اقل من كل كمية مفروضة فاذن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير
 الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عمود و م

مغاير ابكمية معلومة لنصف قطر $و أ$ واذن يثبت المطلوب
وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا في ربع قطرها ونصف
محيطها مضروبا في نصف قطرها

(بيان استحالة تربيع الدائرة)

يسهل علينا بواسطة الحل المبين في (شكل ٥) احداث مربع يكون
سطحه مساويا لسطح دائرة معلومة اذا امكن احداث خط مستقيم طوله
مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التي يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن
تحصيل قياس اي خط مستقيم مع الضبط فكذلك احداث مربع مكافئ
للدائرة (وهذا هو المسمى بتربيع الدائرة) وهذه المسئلة من جملة المسائل التي
يستحيل حلها مع الضبط وينبغي ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذهانهم
في الامور التي لا ينجحون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد المقدار المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى
القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ و هلم جرا والى
المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٢٨٣ و ٦٢٨٣١ و ٦٢٨٣١٣ والى السطح بعدد
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ الخ

واذا اكتفينا عن سطح الدائرة الكلى بسطح قطاع الدائرة وهو $أ ب$
(شكل ٩) الذي يكون قوسه نصف المحيط او ثلثه او ربعه الخ رأينا ان
هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او ربعه وهلم جرا وبكفي
لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر في طول قوس $أ ب$ المحصور بين
ضلعي $و أ$ و $و ب$ فاذا طرحنا من هذا الحاصل حاصل ضرب
 $\frac{1}{2} أ ب \times و م =$ لسطح مثلث $و أ ب$ فانه يتحصل معنا
مسطح قطعة الدائرة وهي $أ ب$

(بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها)

اولا نذكر مماثلة المثلثات لبعضها فنقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوى نسبة تريع خطين من الخطوط المتقابلة او المتناظرة مثلا اذا فرضنا ان مثلث **اوب** و **اود** (شكل ١١) اللذين قاعدتهما تساوى نصف ارتفاعهما فان احد مربعي

ا ب ث د و **ا ر ش د** المرسوم على قاعدتهما المتغيرة ضلعا يكون مساويا لهما في السطح فاذا نقصت الارتفاعات اوزادت بالتنا سب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كمثلثي **ا ب**

و **س ا ر** اللذين ينقص سطحهما او يزيد في نسبة واحدة عند ما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مدلولها علىهما من

مبدء الامر بمربعي القواعد اللذين هما **ا ب ث د** و **ا ر ش د** فان هذه النسب تكون على حالة واحدة في جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التي تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعي خطين متقابلين فان ثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متناظرين الى بعضها

فلذا اذا كان كثير الاضلاع اللذان هما **ا ب ث د ه ف ا** و **ا ر ش د ه ف ا** (شكل ١٢) متشابهين فان نسبة سطوحهما

تكون كنسبة مربعي **ا ب م ن** و **ا ر م ن** المرسومين على ضلعي **ا ب** و **ا ر** المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التي هي اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها وعلى اقطارها المتغيرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات سهل في الغالب وذلك لان سطح الدائرة التي نصف

قطرها يساوى الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولو على وجه التقريب اذا اردنا ضبطه ضبطا واهيا الابعاد مبهمه غير انه يمكن معرفة نسب السطوح في العادة مع السهولة التامة

ولندكر هنا خاصيتين عظيمتين في شأن سطح الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة والدوائر بدون ذكر برهنتهما لان هذه البرهنة مبنية على قواعد علمية متينة جدا نقول

احدهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية في المحيط وعدد الاضلاع اكبرها مسطحا هو كثير الاضلاع المنتظم الثانية انه عند تساوى محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها مسطحا والذي يكون عددا اضلاعه اكثر فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المخنمية مسطح اقل من مسطح الدائرة

(بيان اجراء العملية) *

لا بد من معرفة الخاصيتين المذكورتين في تنظيم عدة من الفنون فكمية الرصاص التي ينبغي استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذي المسافة المحدودة تكون قليلة جدا فاذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال عمل مجار للمياه او للغاز او غيرها ولزم لهذه المجارى ان تفتح طريقا مقدرا معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه المجارى تكون قليلة جدا اذا كانت تلك المجارى مستديرة

واذا كان المطلوب في فن المباني ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك امتداد اسوارها الخارجية فان المسافة التي يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذي يكون عددا اضلاعه كثيرا

ولنتكلم الآن على السطح غير المنتهى من المستوى الذى رسمنا عليه الاشكال
المتنوعة التى ذكرنا قياسها آنفا فنقول متى كانت نقطتان من المستقيم على
المستوى فانه يكون موجودا تماما على هذا المستوى وتستعمل هذه
الخاصية فى الفنون لرسم سطوح مستوية وقطع مسافات مستوية ايضا

* (بيان اجراء العملية فى صناعة الصينى) *

اذا اردنا كما فى فن صناعة الصينى ان نحدد قطعة من الارض ونجعلها على
صورة سطح مستوفاتنا نضع شاخصين متوازيين او بروزا مستويا مثل
م ن ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازي بواسطة مسطرة

ض ط انقائمة المستندة على شاخصى م ن و ح ح وننصل
او نحصر جميع الارض البارزة فوق المستوى المار بشاخصى م ن
و ح ح ولا يلزم ان يكون بروز م ن ح ح مركبا من
مستقيمتين متوازيتين مثل م ن و ح ح و م ح و ن ح
وانما يكفي تلاقي هذه المستقيمتين اثنتين اذا اريد امتدادها
(بيان اجراء العملية فى قطع الاوتاد)

للمناشير المعدة لقطع الاوتاد على موجب مستواقي معلوم الانخفاض تحت
الماء حركة منتظمة بشاخصى م ن و ح ح (شكل ١٣)
الذين هما على بعد واحد من المستوى الافقى الذى تقطع عليه رؤس الاوتاد
ويكون منشار ض ط خطا مستقيما معترضا مد لولا عليه بخط
ص ط الموازى له وحيث كان هذا الخط الموازى على بعد واحد من
المنشار وكان مشدودا ببرواز ض ط القائم ومستندا على
شاخصى م ن و ح ح فان المنشار يرسم مستويا مثل

م ن ح ح موازيا لبرواز م ن ح ح

ولاجل ان يمهّد النجار لوحا من الخشب ويصلحه ويساويه يستعمل آلة تسمى
الفارة ويبدأ بصب اطراف هذا اللوح اعنى انه يصيرها مستقيمة بواسطة

القارة التي خشبها مستقيم وحديد هاريزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب القارة ثم يسمح بهذه الآلة مع المرور من الجهة المنتصبة الى الاخرى لرسم جلة من الخطوط المستقيمة المتوسطة المارة بخطوط الاطراف

ثم ان نشار الطول والنجار يعينان فوق الخشبة التي يريد اصلاح جهة منها وكذلك تحتها رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار منشاره والنجار قادومه على هذين الرسمين

والى الان لم نعتبر الا مستويا واحدا وخطوطا مرسومة عليه فلنقابل بالتوالي المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلهما مطروقة فيه ونقابل ايضا عدة مستويات ببعضها فنقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على مستوي معلوم او موازيا له

فاذا فرضنا ان **أ ب** (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من نقطة **أ** على مستوى **م ن ح** فبناء على ذلك يكون ذلك الخط اقصر خط يمكن مده من نقطة **أ** المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم في المستوى فاذا ن يكون هذا الخط عمودا على مستقيمي **ب ه**

و **ب ف** المرسومين على المستوى من موقع **ب** من هذا العمود فيقال حينئذ ان مستقيمي **أ ب** هو العمود على مستوى

م ن ح

وبناء على ذلك يكون اولا العمود الممتد من اى نقطة على اى مستوي كان هو اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا يكون عمودا على سائر الخطوط المرسومة من موقعه في المستوى المذكور

وبالجملة اذا اخذنا مسطرة مثلثة لنديرها على احد ضلعي زاويتها القائمة فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا

ويستعملون هذه الخاصية الهندسية الاخيرة في تركيب الآلات المأخوذة من علم النظر لعلى الهيئة والملاحظة وغيرهما

وحيث كان **أ ب** (شكل ١٤) عمودا على مستوى **م ن ح ح**
فان كل خط مثل **أ د** او **أ ه** متمد من نقطة **أ** على احد خطوط

د ب ف المرسوم على المستوى يكون ما تلا بالنظر للخط والمستوى
وعلى ذلك يكون كل ماثل من ماثل **أ د** و **أ ه** بالنظر للسطح والخط
المستقيم اطول من عمود **أ ب** وكلما تباعد اعنه كبر طولهما
واذا فرضنا اننا مددنا من نقطة **أ** سائر الخطوط المائلة التي يمكن مددها

على مستقيم **د ب ف** المرسوم على المستوى والمائل بموقع **ب** من
العمود فان كل نقطة مثل **د** و **ف** وغيرهما من مستقيم

د ب ف ترسم دائرة في مستوى **م ن ح ح** وتصير نقط
كل دائرة على بعد واحد من نقطة **أ** التي هي من العمود المذكور

ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة المتمد
من المركز فاذن يكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك
الدائرة

وقد يكون محور العجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه
العجلة على محورها فان كلا من نقطتها يتحرك بدون أن يترك هذا المستوى
وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للأشياء المكتنفة بها وانما تأخذ نقطتها
المتنوعة مواضع بعضها

وقد بنوا على هذه القاعدة الهندسية حركة اجار الطاحون فجعلوا حجرين على
محور واحد فصارت اوجهم ما المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك
موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يكد ثابتا بخلاف الآخر فانه يكون
متحركا على هذا المحور الا ان العجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها
المستوى الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تمكث دائما على بعد
واحد من الوجه المستوى الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذه
العجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البرارور بين الحجرين من غير ان تطحن

فان الطحن حينئذ يعم سائر النقط الموجودة بين الججرين وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الآلات فاذا كان توازي العجلات غير تام وكان عمود الحجر المتحرك غير عمودي على مستوى هذه العجلات بل كان له ميل قليل عند تحركه ذات اليمين وذات الشمال فان مستويي الججرين لا يكشمان دائماً على بعد واحد في جميع هذه الصور واذا تقاربت الاجزاء تقارب باكيا من بعضها وبلغ الطحن الغاية في الشدة ترتب على ذلك مخوفة الحبوب وتلفها بخلاف ما اذا لم تتقارب الاجزاء قرباً مناسباً فانه يتعذر طحن الحب ويكون دوران العجلات خالياً عن الفائدة فمرعاة الضبط في هذا الشأن اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما نسوقه النفس في ذلك من الامور فهذا الشرط لا بد منه في نجاح العملية

(بيان عملية خروط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها انما مستعملة في الفنون لرسم الدوائر بواسطة المخرطة وهي آلة ذات نقطتين ثابتتين يعلق فيها الجسم الذي يراد خروطه فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعاً ثابتاً وادركنا الجسم فانها ترزىل اجزاء الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بنقطتيها الثابتتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم فاذا فرضنا ان حداً الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي على هذا الخط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد المذكور تكون موضوعة على مستو عمودي على المستقيم المذكور المار بطرفي المخرطة ولذا يمكن استعمال هذه المخرطة في رسم اي مستو كان وهذه هي الطريقة المستعملة في معامل الآلات التي يحتاج فيها قطع السطوح المعدنية او اطراف الاسطوانات التي ينبغي تحريكها على بعضها مع غاية الضبط على ما تقتضيه صورة المستوي

(بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان)

* (قطع السطوح المستوية) *

كان برامة المذكور يدور حول محور منتصب ثابت بحلة اقفية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لا تبرزع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوسمة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على بحلة اقفية تنقدم وتقر تحت العجلة ذات الآلات الحادة فحدود كل بحلة من الآلات المذكورة تخرط قطعة الخشب بحيث يكون اقل تلك الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعه او الخمسة من كل بحلة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة في التقدم مصالحة الجزء التالي بواسطة بحلة اخرى ذات خمسة حدود اوسمة فاذا احدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط العجلة في قطعة خشب الخرز والضيق جدا فان القارة الثابتة على العجلة والمساوية في الارتفاع للآلات الحادة البارزة اكبر منها تمر على قطعة الخشب التي ترسمها الآلات المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تهذيب قطعة الخشب واصلاحها

وكل خطين عمودين مثل أ ب و ث د (شكل ١٥) على مستوى واحد مثل م ن ح ح يكونان متوازيين

ولاجل البرهنة على ذلك نمد من ب و د اللذين هما موقعا هذين العمودين مستقيما ب د على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من

منتصف ب د وهو و عمود ه و ف

فاذا جعلنا و ه = و ف كانت نقطتا ب و د على بعد

واحد من ه و ف وزيادة على ذلك يكون ك كل من نقطتي أ

و ث من خطي أ ب و ث د العمودين على مستوى

م ن ح ح على بعد واحد ايضا من نقطتي ه و ف وبيان

ذلك اننا اذا مدنا مايلي ف د و ه د وكان هذان المائلان على بعد

واحد من عمود ود على ه و ف فانهما يكونان متساويين
وكذلك اذا كان مائلا ث و ث على بعد واحد من عمود ن
من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا بالجملة فعلى ما ذكر يكون خطا
ه و ا متساويين فلذلك ينتسب كل من عمودي ا ب
و ث الى المستوى المنفرد المحتوى على سائر النقط التي على بعد واحد
من نقطتي ه و ف الثابتين وبناء على ذلك يكون كل من خطي
ا ب و ث د العمودين على مستقيم واحد مثل ب ث موجودا
على مستوي واحد ويكونان ايضا متوازيين
ثم ان السطح الافقي هو الذي يستل عليه بالمياه الراكة بالابتداء من اي
نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم
المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر لمستوي
افقي معلوم
والشاقول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط في نقطة ثابتة
وبطرفه الاخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقرارا تاما كان له
اتجاه منتصب المكان الذي يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله
ليعرف هل الخط والمستوى الذي هو س ص (شكل ٦ مكرر)
افقي ام لا ولذا يستعمل البنائون مثلثا مثل ه ا ث و يطلقون عليه اسم آلة
التسوية وهي مركبة من ضلعي ه ا و ه ث المتساويين ومن عارضة
ع ش التي يكون منتصفاها وهو و موجودا على مستقيم
ه و ب العمودي على ا ب فاذا كان ا ب ث اقويا
فانه ينبغي حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشاقول في نقطة ه
ان يمس هذا الخيط ع و ش في نقطة و المينة بالعلامة
وتسمى المستويات المنتصبة باسم المستويات المحتوى سطحها على المنتصب

بتمامه فاذا مددنا خطا منتصباً من نقطة اى مستوكان فانه ينبغى ان يكون موضوعاً بتمامه فى ذلك المستوى حيث انه مواز للمنتصب الاول للموضوع على المستوى المذكور

والمستويان المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث انه يلزم ان يكون المنتصب الممتد من النقطة المشتركة بينهما موجوداً بتمامه على كل من المستويين ويكثر استعمال المستويات الافقية والمنتصبة والخطوط المنتصبة فى عدة من الفنون لاسيما ما يتعلق منها بالعمارات وكذلك تكون فى مساكن الفرنج الارضيات والسقوف والتحامات الحجارة تحت والطوب الاجر من اسفلها واعلاها فى الجدران العادية على اشكال مستوية افقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحوارج فهى مستويات منتصبة وكذلك الاضلاع التى تتكون من الجدران وجهات الابواب والشبابيك وغيرها فهى منتصبة الشكل لانها توجد كلها على مستويين منتصبين

ونقرض فى رسم الهندسة الوصفية وقطع الاحجار والاخشاب والمباني من حيث هى ان الرسم الاول يعمل على مستواً فاقى والثانى على مستو منتصب واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان ماراً بها يسمى بالقطع

واذا من خط مستقيم بنقطتى $\overline{ا و}$ (شكل ١٦) اللتين على بعد واحد من مستوى $\overline{م ن ح}$ فان جميع النقط الاخرى من هذا المستقيم وهو $\overline{ا ث}$ تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

وبيان ذلك اننا اذا مددنا من $\overline{ا ث}$ متوازيات $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا د}$ و $\overline{ه ف}$ عمودية على مستوى $\overline{م ن ح}$ فانه ينتج معنا عند رسم مستقيم $\overline{ف د}$ فى هذا المستوى ان $\overline{ا ب} = \overline{ه ف}$

= ث د مهما كان وضع نقطة ه

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات النازلة من نقطة أ (شكل ١٦)
العمودية على أ ب مستوفاذن يكون أ ب مقياس ابعاد سائر نقاط
هذا المستوى من مستوى م ن ح ح وحينئذ يكون المستويان
العمودان على مستقيم أ ب المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك
اذا كان خطا أ ب و ث د عمودين على احد المستويين فانهما
يكونان عمودين على المستوى الآخر ويقيسان اقصر بعد بين هذين
المستويين

واذا تلاقى مستويان مثل ن ح ح و ن ح ر ص فانهما
يتقاطعان في مستقيم ن ح

وبيان ذلك اننا اذا مددنا من نقطتين من نقط التلاقى كـ ن ح مستقيما
فانه ينبغي ان يكون هذا المستقيم بتمامه على المستويين المحتويين على هاتين
النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركا بين هذين المستويين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يكون ماثلا قليلا او كثيرا على
ن ح ر ص فانه يحصل معناه زاوية صغيرة او كبيرة مضمرة بين
مستويي ن ح ح م و ن ح ر ص وهالكيفية قياس هذه
الزاوية

وهي ان تمد (شكل ١٧) في المستوى الاول خط ث أ وفي الثاني
ث ب عمودين على مستقيم ن ح المشترك بين المستويين ويستدل
على الزاوية المكوّنة من هذين المستويين بالزاوية المتكونة من المستقيمين
المذكورين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يدور حول ن ح كلبدور
حول اى محور كان فان كلا من نقط هذا المستوى يرسم دائرة ويجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور اذا قطع كل من نقط محيط
الدائرة تمامه واذ قسمنا هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل
نقطة نرسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحينئذ يكون هذا العدد

معد القياس زاوية المستويين الدائرين حول ن ح

وقد يعمل صناعات آلات العلوم الرياضية للمجبر والملاحين ومهندسي
الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادة من مستويع آخر وتكون هذه
الآلات مصنوعة غالباً على حسب القاعة التي ذكرناها آفا ويكرن آ ب
الذي هو قوس الدائرة الممرجة (شكل ١٧) في مستويع محدد بخيوط

عضادتي ث أ و ث ب العموديتين على المستويين اللذين ينبغي
قياس ميلهما وتكون نهاية ب ثابتة على احدهذين المستويين ونقطة
أ التي يقطع القوس فيها المستوى الاخر دالة على عدد درجات ميل هذين
المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستو افقي نخط تقاطع
المستوى المائل على المستوى الافقي هو المسمى باثر المستوى المائل وبناء على
ذلك اذا رسمنا بوجه عمودي على هذا الاثر او لاخط افقياً وثانياً خطاً مستقيماً
موضوعاً على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على
زاوية المستويين

ويكون خط ث أ المائل (شكل ١٧) الذي يبناه آنفاً مائلاً اكثر
من كل خط مرسوم على المستوى المائل وهو ن ح ح م

ولاجل البرهنة على ذلك نرسم افقي س و ص موازياً لـ ن ح
من المستوى المائل و ث أ عموداً على المتوازيين فيكون ن و
قياس بعدهذين المستويين فاذا انزلنا بنقط س و ص من المستوى
المائل الموضوع على ارتفاع واحد على نقط ح و ث و ن الخ

المتساوية أيضا كان اقصر بعد اعنى خط الانحدار الاكبر هو خط و ا

العمودى على متوازي س و ص و ح ث ن

واذا تكلمنا على السطوح المنحنية رأينا ان في استعمال الخطوط الاقضية والخطوط ذات الانحدار الاكبر فائدة عظيمة في رسم صورة هذه السطوح على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتي اليمين والشمال زوايا متساوية وتكون هذه الزوايا المسووجة بخطوط مستقيمة عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستو كانت جميع المستويات الجديدة الممتدة من هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

وليكن ا ب (شكل ١٨) عمودا على مستوى م ن ح ح

و ف ع د ه هو المستوى الممتد من ا ب فاذا رسمنا على

م ن ح ح ا ث عمودا على ع د فان زاوية با ث التي يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبناء على ذلك يكون كل من المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيمي التقاطع يكونان متوازيين والافهام متلاقية في بعض الجهات فاذا نية لاقى كل من المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين منحصرين بين مستويين متوازيين يكونان متساويين ويبان ذلك اننا اذا مددنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدين المشتكين على المتوازيين الاولين فاذاً يكون المتوازيان المنحصران بين المتوازيين متساويين

وكل مستقيين مثل أبث و دهف (شكل ١٩) مقطوعين
بثلاثة مستويات متوازية مثل نح و ج ر و ض ط
يكونان مقطوعين الى اجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نمد اهف موازيا دهف وحيث ان ه
و ف و ه و ف هي نقط تلاق هذين المستقيين مع مستوي
ح ر و ض ط ينتج معنا اه = ده و هف = هف
غير ان مستقيي أبث و اهف موضوعان على مستوي واحد قاطع
لمستوي ح ر و ض ط بحسب مستقيي ب ه و ث ن
المتوازيين فاذن يتحصل معنا هذه النسبة

أب : بث :: اه : هف :: ده : هف

وقد بقي علينا ان نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل أبث المتألقة
من مستقيات وا و وب و وث الثلاثة المتلاقية في نقطة و
الدالة على ثلاثة اجزاء من مستويات أوب و بوث و ثوا
وقد تدل هذه الزاوية كما يترآى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل أوب
و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادثة من المستويات
المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا
المتألقة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادثة من الخطوط
وبالعكس

* (الدرس السابع) *

* (في بيان الجسومات المنتهية بالمستويات) *

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة وبجئنا بالتوالي عن الاشكال
التي تحدثها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة او بالدوائر ولنتكلم الآن بهذه
الطريقة على المجسمات التي يكون تحديد ها اولا بواسطة المستويات
وثانيا بواسطة السطوح المخنية المأخوذة من الدوائر فنقول
كل مجسمين صليبين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد
كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جبا من واحد

وكل مجسمين صليبين مثل م ن و د ه ف و م د و ه ف
(شكل ٢٣) يكونان متماثلين الصورة والوضع اذا امكن اتصال نقطتهما
المتقابلة بخطوط مستقيمة متوازية يكون منتصفهما على مستوى
أ ب العمودي عليهما وهذا المستوى هو تماثل مجموعهما

(بيان اجراء العملية)

فد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام
اخر واجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل
والقصور المبنية على حسب مستوا واحد

وليس الغرض من الانتظام في الغالب الا الزينة واللاطافة بالنظر لمحصلات
الصناعة المقصود منها الثبات والدوام كالبيوت والكنائس وغير ذلك
وقد يكون الانتظام المذكور لازما لعدة عظيمة من الاجسام التي تحدث عدة
حركات متساوية مع السهولة جهتي اليمين والشمال وهذا هو الحكم في كون
القدرة الالهية جمعت لاغلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستوى
واحد تمتد في حركتها المتتابعة الاعتمادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل
المهندس البحري جهتي اليمين والشمال من سفنه متماثلتين بالنسبة للمستوى
الذي يبين اتجاه السير المتوالي وقد تكون العربات ايضا متماثلة بالنسبة لهذا

المستوى على حسب قاعدة تضاهي هذا الاصل وهلم جرا (راجع المجلد الثاني من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضيب هو واحد الاجسام الصلبة غير المتناهية التي اوجهها المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضيب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يتحصل معنا القطعان المسميان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عددا لاضلاعهما مساو لعدد اوجه المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما او مائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين او مائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذي يقطع في زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التي تكون حينئذ اعمدة متممة لشروط الانتظام وهناك ايضا مناشير ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذي يقطع كذلك في زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعها

(شكل ١) ويكون للمنشور المثلثي ثلاثة اوجه وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التي تحصل في شكل المثلث تحصل ايضا في شكل المنشور المثلثي

(بيان اجراء العملية في علم النظر)

يستعمل الطبيعيون منشورا من زجاج او بلور لتحليل الضوء الذي تفصل اشعته المختلفة في حال مرورها ووجهها من المنشور لتدخل فيه ووجهها آخر لتخرج منه وحينئذ يرى بالترتيب الاتي الالوان السبعة الاصلية وهي الاحمر والبرتقاني والاصفر والاخضر والازرق والبنيلي والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

(بيان اجراء العملية في علم المباني)

يستعمل البناء منشور **ابثدوف** القائم المثلثي ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذي له وجهان وقوسرات او حائط جملون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاجار المصنفة على جوانب الطرق التي ينبغي اصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما وسهل القياس امكن في اسرع وقت تحقيق كمية الاجار التي يحتوى عليها كل تل وبهذا الداعي يكون ذلك الشكل  كثير الاستعمال في تلال الرصاص والكل المصنوعة التي في حواصل الطوبىجية

(بيان اجراء العملية في الميكانيكة)

يستعملون في صناعة الآلات منشورا مثلثيا ذاقواعد منتظمة وشاخسا ثابتا تجوز به البراويز والعربات التي يراد أن يكون سيرها كامل الاستقامة والمنشور المربعى (شكل ٢) هو الذى يحتوى على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازى الاضلاع فان المنشور يسمى متوازى السطوح ويسمى ايضا متوازى المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازى السطوح المربعى وهو شبيه بالمسطرة التي تستعمل لتسطير الورق وبالجملة فاذا كانت جميع اوجه متوازى السطوح مربعات فانه يسمى قدحاً مكعباً وهو ما يستعمل في لعب النرد

ولامناشير القائمة المربعة ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لاضلاعها ومارة بمحور تماثل كل قاعدة

فاذا كانت القاعدة مستطيلة كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للاوجه الستة المأخوذة شئى مثنى واذا كانت القاعدة شكلا معيناً كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة احدها المستوى الذى يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المار باقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفى المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للاوجه وثلاثة مارة

باقطار شكل هذه الوجة

وفي كل من هذه المناشير تمر مستويات التماس بالنقطة المعلومة التي هي مركز المنشور وتقاطع مثنى مثنى على الخطوط المجعولة اقطارا ومحاور لاء منشور المذكور * ولهذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة في علم الميكانيكة سندكرها في الجلمة الثاني من هذا الكتاب (عند ذكر الالات)

(بيان اجراء عدة عمليات مختلفة)

يستعمل النجار وقطاع الخشب والحداد وجم غفير من ارباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الوجة الاربعة وقد تكون شواحي البيوت الا فرنجية وعوارضها وسائر اشباب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت في قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لكنهم منذ عرفوا تقويم قوة الاخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة في صورة ما اذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة في صورة ما اذا كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الاعمدة المربعة والجمالات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

(بيان المناشير البلورية)

يشاهدنا بما فيها اوجده الله تعالى في التبلرات الطبيعية من الاشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومسدسية ومنجية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تتعلق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجلمة فاذا قسمنا هذه التبلورات قسم مضبوطة على حسب اوجه التمام اشكالها الاصلية فاشأنا نعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها ونبين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة في الظاهر

وانبين الان الطرق المستعملة في قطع المنشور القائم في جسم اى شكل كان فنقول

ادامدنا بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور وترا موازيا للاتجاه الذي
 ينبغي جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقي لاجل السهولة فاننا
 نضع على هذا الوتر احد ضلعي المسطرة المثلثية الموضوعة وضعا اقريبا ثم نعين
 على هذا الجسم بواسطة الساقول الذي نوجبه على امتداد الضلع الاخر من
 المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد
 تمام ذلك نقطع بالقاس او بالمنشار اوبى آلة كانت الجسم على حسب المستوى
 المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثير الاضلاع
 المتألف من القاعدة ونثقب من مبدء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع
 المذكور ثقبوا في الجسم يكون عمقها من جميع جهاته عموديا على هذه القاعدة
 وتكون هذه الثقوب اضلاعا للمنشور ثم نصلح من كل ضلع الى آخر الجسم على
 حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولجل صحة العملية يلزم
 ان تثبت من مبدء الامر ان الاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان
 على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع
 ولجل مزيد التحقيق ننظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر
 الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه وانها تكون موجودة مثنى مثنى
 في مستوا واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع
 يمكن ان يخفى عن الناظر جميع نقط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة
 فاذا لا يبقى علينا الا عمل القاعدة الثانية فلنرسم بواسطة مسطرة مثلثية
 بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من
 هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التي ابدى منها برسم
 العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند تجارى البيوت ومهندسي
 السفن

واذا قطعنا الوجه الاول من المنشور وارادنا عمل الالوجه المتلاصقة فاننا
 نستعمل المسطرة المثلثية الصحيحة او الفاسدة في مسح الزوايا المتألفة من هذه
 الالوجه وحدها ومع القواعد ونثقب من مسافة الى اخرى على الوجه الذي

يراد عمله ثقباً عميقة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة المثلثية داخلها مع الضبط والضغط الاخر واقعاً على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من ضلعي المسطرة المثلثية متجهاً اتجاهاً عمودياً على الضلع الذي يفصل الوجه المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقعاً مع الاتقان على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لا يبقى علينا الا رفع المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد

وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التي لاتدل على اختلاف ما بامتدادها ووضعها الاشكال المحدبة والمجوفة القابلة للتعشيق في بعضها مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعي الاشكال المحدبة والمجوفة عظيماً جداً

وقد يظهر لنا من صناعة المناشير شاهد على ذلك وقد بينا آنفاً الطرق التي بها يمكن عمل المنشور المجوف بواسطة البيكار والمسطرة العادية والمسطرة المثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشورة معروفة وكان ذلك المنشور متوازي المستطيلات مثلاً كاعلم الغلب المستعملة في المعامل الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الألواح مستحسنين وبعد ان تفصل هذه الألواح بالمسطرة المثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون منشور محدبة وتكون بمنزلة الواجهة للمنشور المجوف المراد عمله ويكون اثنان منها متقابلين على حسب طول العلية وعرضها واثنان على حسب طولها وارتفاعها واثنان آخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها مجوار بعضها بان نضعها اما بواسطة المسامير او بالغرار اما بالجهة التي يراد قفلها يكون اوقفل فانها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلاً فاذا كانت الألواح مفصلة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصاليها ببعضها شكل متوازي السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الواجهة تكون بالنظر لسمكها منضمة في زاوية مقدارها ٤٥ منحرفة في خطي ١١ و ١٢ وهلم جرا راجع

(شكل ٣) اومستوية كما في شكل ٤

واذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يكفي ان يكون عرض اللوح وجهها من اوجهها فائتألف اليه عدة الواح متلاصقة واذا لم يكن المطلوب شغلا محتاجا للاثقان فائتألف عوارض حيث ما اتفق ونضعها بواسطة المسامير التي تكون في العلبة من جهة واحدة كالصناديق العادية المعدة لحفظ المهامات والبضائع التي تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فاذا كان المطلوب اجر اشغل مهم فائتألف الواح الى بعضها بان تقطع اولا على ساحة احدها الذي هو **ب د ح ح** (شكل ٥) لسانا مجوفا وتقطع ثانيا على ساحة اللوح المتصل الذي هو **ب د ن م** حزام متحد الصورة لكي يدخل فيه اللسان مع غاية الضبط والاحكام وليس اللسان في الحقيقة (شكل ٥) الامنشور امحدا قائم الزوايا وليس الحزام ايضا الامنشور امجوفا قائم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما بواسطة القارة كما سنبين لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانما منشوران قائما الزوايا احدهما محدد والثاني مجوف وحيث كانا مضاهيين في ذلك للحزوز والاسنة كانا مفصلين على وجه ينضمان به الى بعضهما مع غاية الدقة والضبط فاذا اقتضى الحال ضم منشورين الى بعضهما بواسطة المسطرة المثلثية فائتألف عمل كلاهما الى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة المشار بخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله الا بالمقراض وزيادة على ذلك يلزم له هذا الاخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التي يكابدها الشغال في عمل المنشور المحدد والمجوف

وقد يظن رلنا من فن النجارة وفن قطع الاخشاب زيادة على ما ذكرناه ايضا من الاشكال الاخرى ايات بدعة موجهة تتعلق بالاشكال المنتهية بالمستويات ومنها ما هو مجوف ومنها ما هو محدد وهي متعشقة ببعضها وتعشقا

جيذا

ويحتاج قطاعوا الاخشاب في الغالب الى عمل المناشير اوربمها بواسطة قطع
خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا ينظر لها
من شكل ٧ تخشبية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي يزيدي
الارتفاع على منشور مربعي اى بيت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل
هذا البيت ينبغي القطاع الخشب ان يحل كثيرا من المسائل الهندسية السهلة
بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغي له ايضا معرفة مساحة كل
قطعة من التخشبية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع زواياها
المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التي يوصلها على حسب الصورة المستحسنة
وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغي لقطاع اخشاب البيوت معرفة سائر اصول الهندسة
التي ذكرناها آنفا ليتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف في الاحوال
العارضة التي يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا
في الغالب

وقد يتوقع علم الهندسة ايضا مهندس السفن حيث يلزمه احداث اشكال
تحتاج الى الغزارة في العلم ويكون حسنهما منوطا بصحة العملية بواسطة العلوم
الهندسية

وهناك شكل اسهل من المنشور في الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور
المذكور الا انه اصعب منه في الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا
الشكل هو الشكل الهرمي

ويتركب الهرم كما في شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠
من اوجه مستوية مثلثية تكون رأسها في نقطة واحدة ويتألف منها مع
قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوي وهذا الشكل هو قاعدة الهرم
وكذلك الرأس المشتركة بين تلك الواجهة المثلثية تكون رأس الهرم
وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه
موضوعة في مستوى التماثل

وقاعدة الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم وزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فاذا فرض ان القاعدة اقلية لزم ان تكون رأس الهرم قائمة على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوع بهذا الوجه دال على محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم الثلاثي الذي هو **و ا ب ث** (شكل ١٢) هي مثلث

ا ب ث وقاعدة هرم **ا ب ث د ه** الرباعي (شكل ١١) هي

مربع **ب ث د ه** وهم جرا

وكذلك تكون سقف القلاع والابراج سواء كانت مثلثية او مربعة اهراما قاعدتها المثلث او المربع المتألف من رفرف البرج او الدور (شكل ١٠ و ٩)

وكذلك تكون البرابي او المسلات اهراما منتظمة كالاثار العمومية وهي في العادة اهرام مربعة ولنشرع الآن في كيفية عمل مسألة من محجر تكون اقلية اعنى ملقاة على الارض ويكون مجورها اقلية ايضا وقاعدتها منتصبة قائمة فنقول

نقطع في الصخر او في حجر الصوان مستويا منتصبا ونرسم عليه مربع

ب ث د ه (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسئلة ثم نبدء بقطع

الوجه الاعلا وهو **ا ث د** ووجهي **ا ث ب** و **ا د ه** المتصلين

بعضهما و نلاحظ الالامع غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من اوجه **ا ث د**

و **ا ث ب** و **ا د ه** ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية

لزوايا المسئلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس

ا تكون على مستقيم **ا و** العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها

وهو **و** واذ جعلنا **و م** على مستوى القاعدة ثم جعلنا ان

موازيا ومساويا لخط **و م** المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى

في اتجاهين مختلفين ان مستقيم **ن م** الذي يلزم موازاته لخط **ا و** يكون

عمودا على أ ن و وم فعلى ذلك يكون محور و أ عمودا على المستقيمين
 المرسومين من نقطة و على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عموديا
 ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخط الناشئ
 عنها ينسأ فلا يبقى علينا الا عمل وجه أ ب ه الاسفل الذي يكون مستويه
 محدودا بضلعى أ ب و ه ا

فاذا اريد عمل هرم مثلث على اى صورة كانت فى كتلة من الحجر
 او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألقة من مستوى هذه
 القاعدة ومن الواجه الثلاثة الاخر فائسا نرسم ونقطع الوجه المستوى
 على حسب القواعد المقررة فى الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة
 المثلثية التى يكون ضلعاهما متجهين اتجاههما عموديا على ضلعى

القاعدة الواجه الثلاثة المستوية وهى أ ب و و ب ث و
 و أ ث و (شكل ١٢) التى يتكون منها مع القاعدة الزوايا المقررة
 وهذه الواجه الثلاثة هى اوجه شكل الهرم

وفى الغالب يكون وضع الرأس معيناً (شكل ١٢) بنقطة م التى
 يقع فيها عمود وم على القاعدة وعلى ارتفاع وم وفى هذه الصورة

نرسم القاعدة وتجعلها مستوية ثم نقيس بالشاقول ارتفاع ش

و ح ز المساويين لخط وم فاذا كانت نقطتا ح و ن

مساويتين لمستوى القاعدة فائسا نرسم ور = م ح و وح

= م ن فتكون نقطة و التى يتلاقى فيها خطا ور و وح

الاقبيان رأس الهرم ومتى كانت الرأس معلومة فائسا نصغرا ولا حجم كتلة
 الخشب والجريان لمحدث فيها حوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط

و أ و ب و و ث ثم نسطح تلك الكتلة بين هذه الخطوط
 المستقيمة

ويسهل علينا فى بعض الصور بواسطة الرسم الهندسى ان نبدأ بأخذ مساحة
 زوايا الواجه الثلاثة التى على القاعدة ثم نرسم هذه الواجه من غير ان يحصل

مشقة في وضع الرأس

ولذا يكفي ان نمد (شكل ١٣) من نقطة م التي هي موقع عود وم النازل من الرأس على القاعدة م د و م ح و م غ العمودية على خطوط أ ب و ب ث و ث أ على وجه التناظر ثم نرسم في جهة اخرى مثلثات وم د و وم ح و وم غ القائمة الزوايا فتكون زوايا ود م و وح م و وغ م زوايا الواجهة الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التي لابد منها في رسم المثلث الشروط الضرورية في تساوي المثلثين وكذلك تساوي الهرمين فيكون كل هرمين مثلثيين متساويين بقيود اربعة الاول ان تكون الواجهة الثلاثة من احدهما مساوية للواجهة الثلاثة من الآخر الثاني ان يكون الوجهان والزوايا المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث ان يكون الوجه والزوايا الثلاثة المستوية التي ينسب اليها هذا الوجه متساوية في كل منهما ايضا الرابع ان تكون الاضلاع الستة متساوية في كل منهما ايضا وهلم جرا

وللتدريب على عمل الاهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة في العمليات التخطيطية التي لا تكون فيها النقط المراد تحديدها وضعتها في مستوا واحد وعلى ذلك ننقل وضع كل نقطة رصدناها الى وضع النقط الثلاثة الاخر التي يتكون منها المثلث المجهول فاعده ونقيس بواسطة الآلات التي هي الغرافومتر ودائرة التكرار والتبديد الزاوية التي يصنعها الشعاع النظري الممتد من رأس كل مثلث مجهول قاعدة الى الشيء المرصود اما بواسطة ضلع القاعدة او بواسطة مستويها فاذا انضمت الاشعة الثلاثة النظرية الى ثلاثة اضلاع القاعدة فانه يتألف منها الهرم الذي تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات الصعبة مقصورة على الصنائع العلمية كصناعة مهندسي

الأدروغرافيا والجغرافيا وصنائع المساحين المنوطين بالعمليات الجسدية
كالعمليات التي تتعلق بحساب البلاد وجميع ما يخصها

وإذا كان أي جسم منتهيا من جميع جهاته بأوجه مستوية فإن هذه الأوجه
تكون منتهية أيضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن
المعلوم أنه يمكن تحليل هذه الأشكال كثيرة الاضلاع إلى مثلثات فعلى هذا

إذا جعلنا نقطة $و$ في داخل جسم $أ ب ث$ الخ (شكل ٢١)
كانت على حسب ما نرومه فيمكن أن نعتبرها أولا كراس عدة أهرام مضلعة
بقدر ما يوجد من الأشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة بأوجه هذا الجسم وثانيا
نعتبرها كراس عدة أهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه
الأوجه وفي هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الأهرام الجسم بتمامه
(بيان مساحة الأجسام المنتهية بأوجه مستوية)*

حيث أن المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذي هو جسم
منته من جميع جهاته بالمربعات قياسا للعجوم
وتكعيب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب
المأخوذ وحدة ولنبداً ببيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الأكبر بواسطة
المكعب الأصغر فنقول

لنفرض مثلاً أن ضلع المكعب الأكبر هو $ث$ (شكل ١٤)
يكون محتويًا عشر مرات على ضلع المكعب الأصغر وهو
 $ث$ فنقسم المكعب الأكبر إلى عشر قطوع موازية لأحد أوجهه وممتدة
في السمك ويكون هذا السمك سمكاً للمكعب الأصغر وتكون قواعد هذه
القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على أحد أوجه المكعب
الأصغر وكل قطع منها يحتوي على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة
في مثلها فإذاً يكون مجموع القطوع العشرة محتويًا على المكعبات الصغيرة
عشر مرات مضروبة في ضعفها ويشار إلى هذا الضرب بهذا الرقم ١٠
وإذاً صنعنا على هذا المنوال وعرفنا أن $٢ \times ٢ \times ٢ = ٨$ و ٣

$٢٧ = ٣ \times ٣ \times ٣$ وهم جراعلمنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت
تحتوى على ضلع المكعب الاصغر بقدر عدد من هذه الارقام وهى ١ و ٢
و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد في المكعب
الاكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و ٣٤٣ و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ولاجل الاختصار في ذلك نقول ان
٨ هي مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤
وهم جراومعناه عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذى
يكون ضلعه مساويا لاضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات
وحجم المنشور المربع يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
فلنفرض اولا المنشور المستطيل كما في (شكل ١٥) فنقسمه بالنظر
لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة
القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة لذلك ويوجد مكعبات صغيرة
في القطع بقدر مرات احتواء قاعدة ذلك القطع على قاعدة المكعب الاصغر
فعلى ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح
القاعدة المضروب في العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب
القاعدة في الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد كان
احدهما هو أ ع قائما (شكل ١٦) والاخر هو أ غ مائلا
فان حجمهما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشوري أ ب ه ف ه د
و د ش ع ش غ المثلثين متساويان لان ارتفاعهما وهو
أ ب واحد وقاعدتهما أ ه و د ش ش غ مثلثان متساويان
لان أ ه = د ش ولان الضلعين الاخرين متوازيان على التناظر
فاذا اضعنا الى متوازي السطوح وهو أ ب ث د ه ف ع س
منشور د ش ع ش غ المثلثي وطر حنا مساويه وهما

أب ه ف ه تحصل معنا منشور أ ب ث د ه ف غ ش
 المربعي المائل فاذن يكون هذا الأخير متحد الحجم مع المنشور المستطيل الذي
 تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولنبين مع السهولة ان حجم منشوري أ ب ث د ه ف غ ش
 و أ ب ث د ه ف غ ش (شكل ١٥) متحد مع حجم أي
 منشور يكون ارتفاعه واحدا وقاعدته شكلين متوازيين الاضلاع
 مسطحينهما مساويين لسطح قاعدة أ ب ث د المستطيلة
 وحجم المنشور القائم المثلثي يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعي مثل أ ب ث د ه ف غ ش
 (شكل ١٧) الى منشورين مثلثيين متساويين في الحجم وهذا التساوي
 يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائله بدون ان تتغير قاعدته
 وارتفاعه الا ان سطح قاعدة المنشورين المثلثيين الذي هو أ ب ث
 او أ د ث يكون نصف سطح أ ب ث د الذي هو قاعدة متوازي
 السطوح فاذن يكون حجم المنشور المثلثي مساويا لحاصل ضرب قاعدته
 في ارتفاعه

وحجم كل منشور كثير الاضلاع مثل أ ب ث د ه و ا ب ث د ه
 (شكل ١٨) يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
 وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة مناسير مثلثية بقدر احتوائها
 قاعدته وهي أ ب ث د على مثلثات مثل أ ب ث و أ ث د الخ
 يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلي فيكون حجمها الكلي هو مجموع
 القواعد المثلثية التي هي أ ب ث و أ ث د و أ د ه مضروبا
 في الارتفاع

(بيان تكعيب شكل الاهرام) *

وانتدء بالهرم المثلثي فنقول

حجم الهرم المثلثي هو ثلث حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اى منشور مثلثي مثل ا ب ث (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى ا ب ه المار بخط ا ب الذى هو ضلع القاعدة

ونقطة و التى هي رأس الزاوية فتحصل معنا اولا هرم ا ب ه

المثلثي الذى تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقى علينا

الهرم المربعى الذى قاعدته ا ب د ورأسه ه فنقسمه بمستوى

ا ه ف الى هرمين مثلثيين فيتحصل معنا هرم ا د ه ف المقلوب الذى

قاعدته د ه ف ورأسه ا فعلى هذا تكون قاعدة هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجمله اذا قابلنا هرم ا ب ه وهو الثالث

بهرم ا د ه ف فانه يترأى لنا انه يساويه في الحجم لانه اذا جعلنا مثلث

ا د ف = ا ب ه بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

ه واحدا فاذن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئا لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذى هو حجم المنشور مساويا لثلاث مرات لحجم هذا

الهرم

وحجم اى هرم كان (شكل ٢) يساوى ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان تقسم القاعدة الى مثلثات مثل ا ب ث و ا ب د

و ا د ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة و ويكون

قياس كل من هذه الاهرام المثلثية سطح مثلثات ا ب ث و ا ب د

الخ مضروبا في ثلث ارتفاع و س المشترك فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلى هو حاصل ضرب القاعدة الكلية في ثلث هذا الارتفاع

بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجهه مستوية على حسب المطلوب (شكل ٢١)

إذا جعلنا في هذا الجسم أى نقطة مثل $و$ رأساً للآهرام التى تكون قاعدتها أوجه الجسم المستوية فإن مسطح كل وجهه مضروباً فى ثلث بعده من رأس $و$ يكون حجم الهرم المقابل ويكون مجموع الحواصل حجم الجسم ولنسهل هذه الطريقة ينبغى المكث فى داخل الجسم ذى الأوجه المستوية وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والأفضى بناءً ذلك إلى الوقوع فى عمليات هندسية عويصة مشكلة لا تلائم سرعة عمليات الصناعة وسهولاتها وهى الطريقة أخرى تفضل الأولى فى السهولة والسرعة ولنبحث قبل أن نتصدى لذلك هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور

الناقص المثلثى مثل $أ ب ث د ه$ (شكل ٢٢) ثم نقسمه إلى ثلاثة آهرام ونجعل قاعدة الأول $أ ب ث$ وارتفاعه $ب ه$ فعلى ذلك يكون حجمه قاعدة $أ ب ث$ مضروبة فى ثلث $ب ه$ والثانى الذى قاعدته $أ ث ف$ ورأسه فى $ه$ يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه فى $ب$ وقاعدته $أ ث ف$ أو الذى قاعدته $أ ب ث$ ورأسه فى $ف$ ويكون الهرم الثالث الذى هو $أ د ف ه$ مكافئاً للهرم $أ د ف ب$ المكافئ للهرم $أ ب ث د$ فاذن يكون منشور $أ ب ث د ف$ الناقص مكافئاً فى الحجم للآهرام الثلاثة التى قاعدتها المشتركة $أ ب ث$ ورواسها المتناظرة فى $د و ه و ف$ على نهاية الأضلاع الثلاثة

فاذا كانت تلك الأضلاع عودية على القاعدة كان حجم الآهرام الثلاثة والمنشور الناقص هو سطح $أ ب ث \times \frac{1}{3} (أ د + ب ه + ث ف)$

فاذا كان المطلوب حجم منشور $من و د ه ف$ الناقص (شكل ٢٣)

المحصولين مستوي مرن و د ه ف المائلين على اضلاع المنشور
فانما لاجل ذلك نقرض ان ا ب ث يكون عموديا على هذه الاضلاع
فيتحصل معنا ما يأتي وهو

$$\text{حجم ا ب ث د ه ف} = \text{سطح ا ب ث} \times \frac{1}{3} (\text{ا د} + \text{ب ه} + \text{ث ف})$$

$$\text{وحجم ا ب ث م ر ن و} = \text{سطح ا ب ث} \times \frac{1}{3} (\text{ا م} + \text{ب ن} + \text{ث و})$$

فاذن ينتج من ذلك

$$\text{حجم م ر ن و د ه ف} = \text{سطح ا ب ث} \times \frac{1}{3} (\text{د م} + \text{ه ن} + \text{ف و})$$

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهى باوجه مستوية
بان نقسم هذا الجسم الى مناشير كاملة ومناشير ناقصة مثلثية يسهل معرفة
حجمها على الفور فيكون مجموع هذه المجموع هو نفس حجم الجسم

ويمكن ان نبرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل

ا ب ث د ه ف ع ش (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على

قاعدة ا ب ث د هو سطح هذه القاعدة مضروبا في ربع مجموع

الاضلاع الاربعة التي هي ا ه و ب ف و ش ع

و د ش

ويبان ذلك اتنا اذا قسمنا بالنوال المنشور المربعي الى منشورين مثلثيين

كمنشوري ا ب ث ه ف ع و ا د ث ه ش ع ثم الى منشوري

أبد ه ف ش و ب ث د ف ع ش تحصل معناجم

المنشورين الاولين $= \frac{1}{4}$ سطح ا ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (ا ه)

+ ب ف + ث ع + ا ه + د ش + ع ش

وحجم المنشورين الاخرين $= \frac{1}{4}$ سطح ا ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (ا ه)

+ ب ف + د ش + ب ف + ع ش

+ د ش

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معناجم المنشور المربعي مرتين

$= \frac{1}{4}$ سطح ا ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (ا ه + د ش + ب ف + د ش + ب ف + ع ش)

فاذن يكون حجم المنشور المربعي

في حد ذاته $\frac{1}{4}$ سطح ا ب ث د (ا ه + ب ف + ع ش + د ش)

+ د ش

(اجراء العملية في تكعيب قارين السفن)

قد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن تقسيم القارين الى قطوع افقية بواسطة

المستويات الافقية من خطوط الماء التي تكون على بعد واحد من بعضها

ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتصبة بواسطة مستويات اخرى تكون على

بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه

المستويات حجم القارين الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة وناقصة من

كل جانب ويتحصل الحجم الكلي لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها

المشتركة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الان كلامن هذه الاضلاع

الاربعة يستعمل في اربعة مناشير (ماعد ا اضلاع الجوانب فانها لا تستعمل

الا في منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الانصف مرة وهناك اربعة

اضلاع لا تستعمل الا في منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الجسم الكلي للقارب مساويا لسطح احد المستطيلات اعنى حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التي تكون اقصية وموضوعة معا على كل مستوي من مستويات الازدواج وعلى خط الماء ونستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة في معرفة حجم اى جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك انا اذا صمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة مثلثية اضلاعها الخطوط المتوازية التي تحدّد التماثل في كل منشور ناقص مثل

من ودهف (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذي

هو ابث تحصل معنا من الجهة الاخرى منشور م ج ودهف

الناقص بشرط ان $دم = م و$ و $هن = ه و$ و **فو** = **ف و** فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثاني فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الوجة المستوية متماثلين كان حجماهما دائما متساويين وحيث كانت هذه الخاصة صحيحة ايا ما كان عدد الوجة فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك عدة اوجه صغيرة يمكن بواسطتها اعتبار الاجسام منتهية بسطوح مخننية لا باوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اى جسم قاسما لهذا الجسم الى قسمين متساويين في الحجم

(بيان الجسمان المتشابهة)

يكون هرما **ابثد** و **ارثد** (شكل ٢٥) متشابهين

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهى **اب و ار و بث و رث**

و ش د و ش د و ا د متوازية

وذلك لان من المعلوم ان المثلثات المتألفة من اوجه الهرمين المتقابلة تكون متشابهة اذا كانت اضلاعها متوازية فاذن تكون الزوايا الثلاث المستوية التي يتكون منها رأس كل من الهرمين متساوية كل لنظيرتها وازيادة على ذلك تكون الاضلاع الثلاثة التي يتألف منها كل زاوية مجسمة متوازية اذا طبقنا هرم ا ر ش د على الهرم الاخر مع التوازي بحيث تكون

نقطة ا واقعة على ا ر و ا على ا ب و ا على ا ث

و ا د على ا د فاذن تكون مستويات ا ر و ا ب و ا د

و ا ب د و ا ش د و ا ث د منطبقة على بعضها وبناء عليه تكون زاويتا ا ر و ا ث المحسمتين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن

على ان زوايا ب ر و و ب و ث و ش و د و د و ث تكون متساوية وحينئذ متى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة

متوازية كانت جميع الشروط المعتبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا فاذا كانت اوجه الهرمين المتلصحين متناسبة بدون توازي اضلاعها فانهما يكونان متشابهين

وبيان ذلك انه اذا كانت الاضلاع الثلاثة من كل من اوجههما المتقابلة متناسبة فان هذه الواجهة تكون متشابهة وتكون الزوايا المستوية متساوية فاذن تكون الزوايا المجسمة المتألفة من الواجهة ثلاثا ثلاثا متساوية ايضا وتكون جميع شروط التناسب موفى بها

وكل مجسمين منتهيين باوجه مستوية يكونان متشابهين اذا كانت اضلاعهما المتقابلة متناسبة وكانت زواياهما المتقابلة متساوية سواء كانت مستوية او مجسمة

وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذين المجسمين الى اهرام اضلاعها متناسبة

وزواياها المتقابلة متساوية

وجماهرى **ا ب ث د ه** الخ و **ا ر ش د ه** المتشابهين
(شكل ٢٦) يكونان مناسبين لمكعبات الاضلاع المتقابلة ويبان ذلك
ان حجم كل هرم يساوى حاصل ضرب قاعدته في ثلث ارتفاعه فعلى ذلك
اذا كانت قواعد **ب ث د ه ف** و **ر ش د ه ف** الخ اشكالا
متشابهة فانها تكون مناسبة للمربع المرسوم على احد اضلاعها فيتحصل
حينئذ (شكل ٢٦) هذه النسبة وهى

سطح **ب ث د ه ف** : **ر ش د ه ف** :: **ب ث م ن**

: **ر ش م د** فاذا رسمنا حينئذ على **ب ث م ن** و **ر ش م د**
المجوعولين قاعدتين مكعبا فانه يتحصل معنا حجم المكعبين وهما

ب ث ٣ = **ب ث ٢** × **ب ث** و **ر ش ٣** = **ر ش ٢** × **ر ش**
× **ر ش** امكن نسبة **ب ث** : **ر ش** :: $\frac{1}{3}$ **ا ش** : $\frac{1}{3}$ **ا ش**

فاذن تكون نسبة **ب ث ٣** : **ر ش ٣** :: **ب ث ٢** : **ر ش ٢** × $\frac{1}{8}$ **ا ش**
: **ر ش ٢** × $\frac{1}{3}$ **ا ش**

ففي التناسب الاخير يكون الحدان الاخيران دالين على حجم الهرميتين والحدان
الاولان دالين على حجم المكعبين

ونسبة حجومات المجسمات المتشابهة المنتهية باوجه مستوية على حسب المطلوب
كنسبة مكعبات الخطوط المتقابلة

ويبان ذلك انه يمكن تقسيم تلك المجسمات الى اهرام متشابهة متحدة العدد نسبة
اضلاعها المتقابلة واحدة وهى **ر** الان الهرمين اللذين تكون نسبة
اضلاعها المتقابلة الى بعضها كنسبة **ا** الى **ر** تكون نسبة حجمهما

الى بعض ما كنسبة ا الى مكعب ر فاذا ضمنا من جهة الازهرام
الصغيرة الى بعضها وضمنا من جهة اخرى سائر الازهرام التي تزيد عنها في الحجم
بقدر $\sqrt[3]{r}$ اعني ثلاث مرات فان نسبة الججوم الى بعضها تكون
:: ا الى $\sqrt[3]{r}$

ويتبغى ان نوضح هذا الدرس للتلامذة بان نبين لهم المنشاير والازهرام المجوفة
المتساوية والمنشاهمة والمتماثلة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الالية
بان نبين لهم الاسطوانات والمخاريط والاكر المجوفة مع القطوع المحكمة
العمل

(الدرس الثامن)

(في بيان الاسطوانات)

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منح مثل $\overline{ABCD}$ الخ
(شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دائما موازيا لاتجاه معلوم فانه يتولد منه
اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل $\overline{AA}$
و $\overline{BB}$ و $\overline{CC}$ الخ يدل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد
اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات
مثل $\overline{ABCD}$ الخ التي نستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن
ايضا ان نصنع بواسطة منحنى $\overline{ABCD}$ (شكل ١ و ٢) عدة
اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم $\overline{AA}$ و $\overline{BB}$ المولدا لها من
الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترأى للمهندس ان المستقيم التام يمتد من طرفيه الى ما لانهاية له لزم
ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لانهاية حتى تكون تامة
ولكن للاسطوانة في الصناعة طول محدود دائما من طرفي اضلاعها فاذا كان
لكل اسطوانة عند الصانع نهايتان

فإذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بمسطح **ا ب ث** المستوى
سمى هذا المسطح قاعدة وإذا كانت منتهية من الطرفين بمسطحات مستوية
متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١)
او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعهما من كونها
عمودية او مائلة على مستويي القاعدتين

وفي بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير مواز
للاخر كما في (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بمسطحي

ا ب ث د و **م ن ح ح** المستويين فنفرض بناء على ذلك ان
مستوى **م ن ح ح** هو الذي نشأ عنه نقصان الاسطوانة ذات

القاعدتين المتوازيتين اللتين هما **ا ب ث د** و **ا ر ث د** ويطلق
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على كل من جرى

ا ب ث د م ن ح ح و **ا ر ث د م ن ح ح**

وإذا كانت قاعدة الاسطوانة دائرية سميت الاسطوانة مستديرة وتسمى عند
الصناعية باسم الاسطوانة فقط لانها هي المستعملة دون غيرها في اغلب
فروع الصناعة

ثم ان خط **و و** المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة
قواعد الاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر
الحادثة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستويي القاعدتين

وعلى حسب خواص المتوازيات (التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني) يكون
سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائماً مع الضبط اذا كان منشأه اما حركة

خط مستقيم أخذ على التوالي اوضاع **ا ا و ب ر و ث**

و **د د** الخ المتوازية على امتداد **ا ب ث د** (شكل ٣)

قد تكون الطريقان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية ~~ص~~ سطوح التشبيكات والتكعيبات فستعمل لرسم الاضلاع خيوطا او قضباناً من حديد او اعمدة من خشب او حبال بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون الطارات المأخوذة من مادة واحدة دالة على المنحنيات المتساوية الموازية لقاعدتي الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحنائها واحداً ثم لنحلم او نلصق بواسطة السلوك المعدنية او غيرها الاضلاع والمنحنيات في كل نقطة تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا نجعل الابراج واعدة التكعيبات والاقصه والقفق وغير ذلك على صورة شكل اسطوانى ويمكن رسم الاسطوانات المغلومة السمك بان نجمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيور مستديرة وذلك كالزنايل المستعملة في الاشغال الحربية والحرب المضرومة الى بعضها انى يكون القصد منها الزينة او المنفعة او غير ذلك

ومن القنن ما يكون الغرض الاصلى منه صناعة السطوح الاسطوانية بان نثنى السطوح المستوية المتواصلة (راجع السطوح المنفردة في الدرس العاشر)

فلذا خذ صنائع آلات الكيل والواط مصلحة وممهدة يكون سمكها رقيقاً من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتوتر والدكتور والتر وهلم جرا وكان اسم المدي بطلق على المعيار القديم الاسطوانى المستعمل في ~~ص~~ كيل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم صانع المد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها مستويا صلباً بمقعر البراميل وفى الغالب يكون الطرف الاعلام من هذه الامداد محاطاً بدار من الحديد لها قطر او قطران من الحديد ايضا وهذا هو منشأ عدم اختلال المعيار وعدم تغير صورته وهيئته

وفي الغالب يصنع النحاس والسكري بواسطة صفائح رفيعة جذا من النحاس
او الصفح الايض او نحو ذلك سطوح اسطوانية اسهل صناعة من جميع
السطوح المنحنية المطلوب عملها وذلك كانايب المداخن واما ارب وغيرهما
واذا علم كل من هذين الصانعين فطر كل انبوبة وطولها يسمن عليه عادة
معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح
النحاس والصفح وغيرهما اللازمة للصانعين المذكورين
وينبغي لسان نضيف اولا الى محيط الانبوبة عرضا يساوي التحام جزئي
كل صفحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانيا نضيف الى كل
من اطوال الانايب قدر يساوي طول تعشق طرفها
وينبغي أن تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جملة الاشغال المهمة
التي يصنعها النحاس على صورة الشكل الاسطوانى الان قاعدة هذه القدور
تكون غير مستديرة (راجع شكل ٥) ويلزم لاجل جمع صفائح النحاس
المتنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية او المبرشمة
التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينفذ منها ولا من الصفائح
الداخله فيها جزء من البخار ويتوصل الى ذلك بواسطة اربعة مخارير او خمسة
تكون على بعد واحد من بعضها وموالاتها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه
على التعاقب بواسطة آلة ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفحة التي يصنع فيها
الثقوب الداخلة فيها المسامير المبرشمة موضوعة على برواز وهذا البرواز
لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المخارير ثاقبة للصفحة على البعد
المطلوب واما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتمتد الصفحة على
طول بحيث تكون المخارير عند انخفاضها ثانيا ثاقبة للثقوب الاربعة
او الخمسة الآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصورا على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية
التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل تستعمل ايضا في جمع الصفائح
المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجى المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النازلة في البحر المخترعة عن قريب

ولننبه في شأن هذه الصناديق المتخذة من الحديد التي يكون شكلها مكعبات او منشائر مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمنشائر تكون حادة ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة ايضا

ويصنع كل من صانعي الرصاص والمزامير انابيب ذات شكل اسطواني ولاجل عمل هذه الانابيب يمكن ان تنفي كما ينفيها النحاس والسمكري وتسحب بواسطة المسحبة

(بيان صناعة الاسطوانات)

(بالمد والسحب)

لذلك هنا الطريقة المستعملة في ترسانة مدينة قطام لصناعة اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين

وليمكن ا ب ث د (شكل ٦) هي الاسطوانة المصبوبة التي يكون قطرها هو القطر الداخلي للاسطوانة المجوفة المطلوب تحصيلها فنصب اولاً حول الاسطوانة او حول قالب متحد القطر اسطوانة من الرصاص اغلظ

واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وتدخل اسطوانة ا ب ث د المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم نغمر بالانثين في المسحبة التي نضيقها في جميع المرات ويتأثر بهذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتبسط اذا كان قطرها

الداخلي هو قطر اسطوانة ا ب ث د وتجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً لها فيحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة ا ب ث د مصنوعة مع الضبط وقد تكون السلوك المعدنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويلها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد والبسط وتدخل من وسط ثقب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتصفى

هذه الثقوب المستديرة شيئاً فشيئاً لاجل جعل سمك القضيب او السلك بالتدريج في كل عزم

(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)
وهي صناعة الانابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافرنجية لاجل تسليك المياه والغاز والانابيب المستعملة لطلبات المياه والهواء والبحار وغير ذلك

(بيان صناعة الاسطوانات بالنقب)
يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك كالانابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كانباب الطلمبات وكذلك داخل المرفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها غالباً التساع الطرق الصعبة كعملية النقب (راجع السطوح الدائرية في الدرس الثاني عشر)

(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)
يمكن عمل الاسطوانة بالمنشار وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتاً ونقرب منه المنشار بالتوازي لاجتاه معلوم بشرط ان يكون تابعا لمنحن مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعدا اوهابطا في اتجاهه الاصلى من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل للجسم المطلوب نشره حركة ماثلة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دواليب النشر

(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارجية)
اذا اراد البنائون عمل سطح اسطوانى كقوسرة الباب والقبعة او عين قنطرة او غير ذلك فانهم يصنعون اولاً من الخشب سطحاً اسطوانياً مجوّفاً تجويفاً تاماً متحداً مع محيط القوسرة المطلوب صناعتها ويركبون من مسافة الى اخرى شكلاً كثيراً الاضلاع مثل **ا ب ث د ه** (شكل ٧) يكون داخل محيط القوسرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدة من الاضلاع الكبيرة

ليحدث قطع دائرية سهلة الامتلاء بواسطة القوصرة بدون احتياج الى كثير من الاخشاب ثم يملأون هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشاباً قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيتحصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطواني الذي يضع عليه البناءون اججار القبة المعروفة عندهم باسم اججار العقد

(بيان مساحة سطح الاسطوانات)

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كركب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند رسمها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كمنشور منته بعدة اوجه صغيرة ضيقة جداً

وحينئذ يكون محيط قاعدتها مضلعاً يلتبس علينا بالمضلع المستعمل قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتها) يكون مساوياً لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروباً في ارتفاعها ويكون السطح الكلي للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساوياً لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروباً في امتداد الضلع زائداً طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان تقطع سطح الطول في منشور $ا ب ث د$ الخ $ا ر ش د$ الخ (شكل ٨) على حسب ضلع $ا ا$ وندير بالتوالي كل وجه صغير مثل

$ا ب ر ث$ و $ا ر ش د$ الخ لنضعه في مستوى $ا ا ب$ فيتحصل معنا شكل مستوياً لث من متوازيات $ا ا$ و $ب ب$

و $ث ث$ الخ (شكل ٩) ومن اضلاع $ا ب$ و $ب ث$

و $ث د$ و $د ه$ الخ و $ا ر$ و $ر ث$ و $ث د$ و $د ه$ العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذي يستدعي ان يكون

أ ب ث د ه الخ و ا ر ث د ه الخ خطين مستقيمين متوازيين وعموديين على اضلاع $\overline{ا ا}$ و $\overline{ب ب}$ وهلم جرا ويطلق على المستطيل المتحصل بهذا الوجه (شكل ٩) اسم انفراد محيط المنشور فيكون سطح المنشور منفردا لان هذا الانفراد يمكن استعماله بدون بسط لاجزاء سطوح

ا ب و ب ر ث الخ او تضيقها لتبقى متجاورة وتضنع سطحها مستويا مستمرا وسند كرك في شأن سطوح الانفراد دروسا تخصها ومن جملة هذه السطوح الاسطوانة التي يمكن اعتبارها كمناسير اضلاعها لا تنحصر

ولتضنع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل

م ن ح ح و م د ح خ ثم تقس السطح الاسطوانى المنحصر بين القطعين المذكورين فيظهر حينئذ ان اجزاء اضلاع م م و ن د و ح ح و ح خ الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية منحصرة بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة كنشور له عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية الاضلاع الدالة على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\text{سطح م م د ن} = \overline{ا ب} \times \overline{م د}$$

$$\text{سطح ن د ح ح} = \overline{ب ث} \times \overline{ن د} = \overline{م م}$$

$$\text{سطح ح ح خ خ} = \overline{ث د} \times \overline{ح خ} = \overline{م م الخ}$$

فحينئذ يكون سطح م ن ح ح و م د ح خ $\overline{ا ب} = \overline{ث د}$

$\times \overline{م م}$ اعنى انه يساوى محيط قاعدة $\overline{ا ب} \overline{ث د}$ الخ مضروبا في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اريد مساحة سطح الاسطوانة الناقصة وهى $\overline{ا ب} \overline{ث د}$ الخ

و من ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغي مد السطح الاسطوانى
بتعيين كل من اضلاع ام و ب ث و ث ح الخ على حسب
طوله ونحدد على المذ (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ
و من ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورة عدة اوجه صغيرة متساوية وكان ا ب
= ب ث = ث د تحصل معنا سطح الاسطوانة الناقصة وهى
ا ب ث د الخ و من ح ح الخ = ا ب (ام
+ بن + ث ح + د ح الخ) بمعنى ان عرض احد
الاجه الصغيرة مضروب فى مجموع اضلاع هذه الاجه
(بيان مساحة حجم الاسطوانات)

اذا اعتبرت الاسطوانة كمنشور مركب من عدة اوجه صغيرة رأيت حجمها
يساوى سطح قاعدتها مضروبا فى ارتفاعها
وحيث ان قاعدة الاسطوانة القائمة المستديرة دائرة فمساحتها مساوية لحاصل
ضرب محيطها فى ربع قطرها
فاذن يكون حجم هذه الاسطوانة مساويا لمحيط القاعدة مضروبا فى نصف قطر
هذه القاعدة وفى ارتفاع الاسطوانة المذ كورة

وحيث ان المنشاور المائلة او القائمة التى قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا
واحد متساوية فى الحجم فالاسطوانات القائمة ارمائلة التى قاعدتها واحدة
وارتفاعها كذلك متساوية الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تحديد حجم
الاسطوانة الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة
المستعملة قاعدة لهذه الاسطوانة و و و محورها فيكون حجم الاسطوانة
الناقصة التى هى ا ب ث هـ فى الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا فى محور

ووبمعنى انه يكون مساويا لحجم الاسطوانة القائمة التي ارتفعها و و
وبرهان ذلك ان نقرض اسطوانة **ا ب ث ا م ش ه** التي قاعدتها العليا
موضوعة في مركزها وهو و ونقول ان حجمي **ا م ه** و **و ث م ن ف**
متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبدء الامر ان **و ه** هي مركز دائرة **ا م ش ه**
فيقسم قطر **م و** هذه الدائرة الى جزئين متساويين

فاذا ادرانا حجم **م ه** حول **م** كادارة اللولب بقدر زاويتين قائمتين فان
نصف دائرة **م ه ا** ينطبق على نصف دائرة **م ه ث** وتكون جميع اجزاء
الاضلاع مثل **ا ه** الخ منطبقة على اضلاع **ف ث** الخ وبالجمله فمستوى **م ه**
ينطبق على مستوى **م ه ف** فاذن يكون الحجمان منحصرين بين ثلاثة سطوح
تطبق على بعضها وبناء على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة

النائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي **ا ب ث ه ف** بقدر **م ه ا ث**
وتنقص عنها بقدر **م ه ف ث** فاذن يكون الاسطوانتان متساويتين
في الحجم وقياس احدهما قياس الاخرى

وكذلك يوجد في دائرة **ا و ب** (شكل ١١) قطاعات بقدر
ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من
جهة **ا ب ا** بنفس السطح الاسطوانى ومن الجهتين الاخرين بمستويي
ا ا و و ب ب و **و و** المارين بمحور الاسطوانة الذي هو و و

وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة **ا ب ث** (شكل ١٢)
ويكون محيطها والاجزاء **ا ب ث ا** الاسطوانى وثانيا مستوي
ا ب ا الموازى للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازى
الاضلاع

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)

اذا وصلت اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

الحكمة ان تبين ما يظهر من الاختلاف الموجود في اتجاه شعاعين شمسيين
نازليين على بعد واحد عظيم من بعضهم اودلك كنهايتي عمارة كبيرة متقابلتين
ولذا تبرز اشعة الضوء الخارجة من الشمس كأنها بحكمة التوازي

فاذا كان باب اوشبالك اوقبوة على هيئة قوس دائرة **ا ب ث د ه**

(شكل ١٣) مضياً بالاشعة الشمسية التي هي **ا ا و ب و ث و د و ه** فان هذه الاشعة خطوط مستقيمة موازية لبعضها

تمر بمحيط الدائرة وترسم شكل اسطوانة او منشور قاعدته **ا ب ث د ه**
وهذه الاسطوانة تفصل الجزء المضيء بالشمس من داخل الباب والشبالك
او القبوة من الجزء الموضوع في الظل

وتكون الاسطوانة بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى
الحال تحديد الاجزاء المضيئة والاجزاء الموضوع في الظل في رسم العمارة
والتصوير وجميع فنون الرسم وسنبين في الدروس الآتية الطرق المستعملة
في حل المسائل الاصلمية الخاصة بالظلال على وجه هندسي
(اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية)

اعظم استعمال خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه
الاسطوانة كونه يبين رسم الخطوط المنحنية او مساقطها على مستويات

فاذا فرضنا في الفراغ خطاً منحنياً مثل **ا ب ث د ه** الخ (شكل ١٤)
واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو **م ن ح ح ح** فانا نأخذ من كل نقطة

من هذا المنحنى خطاً عمودياً الى هذا المستوى ويكوّن من تتابع نقط
ا و ب و ث و د و ه الخ التي تكون مواقع الخطوط العمودية
على المستوى المذكور خط منحنى يدل على الرسم الهندسي او على مسقط منحنى

ا ب ث د كما قيل

وفي العادة يرسم كل منحنى على مستويين **م ن ح ح ح و ح ح ح ح ح**

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب ر و ث الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني وخطوط ١١ و ب ر و ث الخ العمودية على

المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذا يكون مسقطا ا ر ث هـ

و ا ر ث هـ كافيين في التحديد التام لنخني ا ب ث د هـ الخ الحادث

منهما كما ستري ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفنا انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس بمعنى انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التي نديرها في طريق حدث فيها الرمال عن قريب

او على خضرة او ارض محروثة حرثا جيدا نمد الاجزاء البارزة حتى

تساوي الاجزاء المنخفضة ان الداخلة ونهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستوي

(بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق التغير)

يستعمل الخباز اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

ويضعها او يدفعها بيده كي يرققها العجين حتى يصير منتهيا من اعلاه

واسفله بسطوح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الخيل)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا تم فاعلم استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ا - (شكل ١٥) هما محور الاسطوانتين المركبتين بشرط

ان يمكن قربهما او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فاذا كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطوانتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانهما يكونان دائما على بعد واحد من بعضهما واذا مررنا بعد تمام

ذلك بين الاسطواناتين بلوح معدني اوشئ آخر من المعادن قابل لتحميد
فان هذا اللوح يؤول الى السلك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطواناتين
المذكورتين

فاذا قربنا الاسطواتين من بعضهما يسيرا بعد مرور اللوح بينهما اول مرة
لنتربه ثانيا بينهما فالتأخر هذه تمهيدا مساويا ومناسبا لهذا القرب واذا تمادينا
على هذه الطريقة وتبعناها فالتأخر للوح شئاً فشيئاً ترقيقا مناسباً
للسلك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الخلق

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدث الصناعات في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين بالجوخ يضغطان مادة الورق ويجعلانها
فرخا مستطيلة على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر

(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

نضع حروف الطبع اللازمة لطبع اى فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد
ومدهونة بالخبر الذى تلمق منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر فرخ من
الورق المصقول بين هاتين الاسطواتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التى يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة
النفع لاسيما فى نشر الجرائد التى يلزم جمعها ونشر اوراقها فى مدة قليلة من
الزمن ولو بلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد

وتستعمل هذه الاسطوانات ايضا فى رسم جملة من الاشكال على الاقشة
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متخذة من النحاس الالوان المطلوب
طبعا

(بيان طبع الليتغرافية اى الطبع على الحجر)

لا تستعمل فى الملازم الليتغرافية الا اسطوانة واحدة وذلك بان يكون الفرخ
المطلوب طبعا موضوعا على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالخبر ثم تمر عليه

اسطوانة اخرى فتؤثر فيه تأثيرا متساويا في كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك تسوية الطبع وظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

اذا اريد النقش بالواح من النحاس فالتأثير بكل من اللوح المستوي وفرخ الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق الآخر

(بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة)

(في صناعة الحديد وجعله قصبانا)

بعد أن نسخن كتلة من الحديد الغشيم تسخيناً جيداً على حسب الطريقة القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد اوربا لصناعة الحديد نضعها على سندان ثم نذق عليها بمطرقة ثقيلة تنقي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة فيحدث بواسطة هذه المطرقة مناسير او قصبان من الحديد تكون صورتها تامة او ناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكليز منذ سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضاً عن شغل المطرقة الخشبي وذلك بان نفرض زوجين من الاسطوانات المضلعة بحيث يتولد عنهما انفراجات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة بالتدرج كما في (شكل ١٦) او على صورة الاشكال المستطيلة القليلة العرض مع التدرج كما في (شكل ١٧) وبعد ان نضلع الكتلة المذكورة بالمطرقة على قدر الامكان تمر بها بين الاسطوانتين وعلى انفراجات ١ و ٢ و ٣ التي تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قصبانا مربعة او مستطعة ولهذه الطريقة منفعة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتعدّه وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة في بلاد فرنسا لكي لا يسوء الحظ لم تستعمل الا في قليل من الورش الصغيرة جداً

(بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن)

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح في ندف القطن والصوف وكذلك في تحليل

التيل والكتان

وقد تكون الاسطواناتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشكوتين باضراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحيهما بحيث تدخل اسنان احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعندما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطواتين المذكورتين التين يتحركان بحركة مضادة او متحدة الا انهما يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي ويتالف منها عند بروزها من الاسطواتين طارة مستوية تسمى آلة الذدف * (بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن) *

(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك ان نؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل أ ب مع اسطوانة مخططة مثل ث د (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطواتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطواتين اخرين موازيين للاولين فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات بالنسبة لاختلاف سرعة زوجين آخرين منها فاذا امتدت الخيوط بهذه الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا هو احدى القوائد العظيمة الموجودة في آلات الغزل المستعملة الآن

وحيث كانت صناعة الاسطوانات المخططة من جملة العمليات النفيسة في الصناعة فهي مستلزمة للضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازي الموجود في التخطيط واحتلال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الا انهما يحدثان في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمرة متانة الخيوط والتساوي الملايم لرقتها

* (بيان تخطيط الاسطوانات) *

يستعمل لاجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة الى اجزاء متساوية على حسب الطرق التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث

وبعد ان بين الانسان عدد التخطيط ويقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها هذا العدد يبتدى بعمل تخطيط اولى بواسطة آلة قاطعة تتوجه على امتداد دليل مواز مع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع القهقري وبعد عمل التخطيط الاول تقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة في وضع مناسب لعمل التخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة القاطعة وهلم جرا

وفي الغالب تتركب الاسطوانات بطريقة اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة في اسطوانة مجوفة كما في حركة المكباس في الطلبات (شكل ٢٠) وحركة السدادة في الزجاج وحركة جزئ الابارة (شكل ٢١) او لعبة النشوق المستديرة (شكل ٢٢) وغير ذلك

ويستعمل في ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط كما في النظارات التي تنظر بها الالعب ونظارات الحارة التي تنبسط على حسب المطلوب كما في **أ ب** (شكل ٢٣) وتنقبض كما في **أ** فاذن يتضح لنا ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من الانابيب المستعملة لتسليكم مياه مدنهم وقد يمتد الحديد امتدادا محسوسا بالكفة عند شدة الحرارة وينقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالتحريك على طول عظيم بدون ان تتحرك اطرافها بلا مانع فانها تنكسر فتعين لاجل اجتناب هذا الضرر احد طرفي كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة **أ ب** **د** التي هي اعرض من جسم انبوبة **ث ف** (شكل ٢٤) وندخل في هذا الجزء العريض طرف الانبوبة الصغير الذي هو **م د** وهذا الادخال كناية عن كون الانبوتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هناك التحام يجمع

بينهما وبصيران مائلين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الانبساط
او الانقباض المتولدين من تغير الحرارة

(الدرس التاسع)

(في بيان السطوح المخروطة)

السطح المخروط مثل ض اب ث د ه (شكل ١) يرسم
بواسطة خط مستقيم مارداً ثمانية نقطة ض ومتكئ على اب ث د ه
فتكون مستقيمت ض ا و ض ب و ض ث الخ هي اضلاع
المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففي الصورة التي يكون فيها رأس ض ومنحنى اب ث د ه على
مستوى واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور ولذا اذا دار فرس
في الميدان فان النير الذي هو خط مستقيم ممتد من عود الميدان الى النقطة
التي يربط فيها الفرس المذكور يرسم مخروط ض اب ث د الخ
(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى اب ث د الخ
المقطوع بنقطة ربط الفرس فاذا كان النير اقنيا كان هذا المخروط مستويا
لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ب ث د التي يقطعها
الفرس فاذن تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ
انصاف اقطار لهذه الدائرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منحن ممتد من كلا
طرفيه الى ما لانهاية له وكذلك الخطوط المستقيمة التي هي اضلاعه * والمخروطان
الحادثان من جزمى كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلفه يعتبران ايضا
كسطح واحد منحن ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين
المذكورين يكنتفاه من الجهتين السابقتين

وقد اسنبنان لنا من الصناعة بعض امثلة من هذه المخاريط الكاملة اى

المزدوجة فن ذلك المنكباب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه مترسب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين في الشكل المذكور وبعد مضي مدة مجعولة واحدة للزمن ينزل الرمل بتمامه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يعسد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكباب

وفي الفنون يكون للمخاريط امتداد محدد دائما ولا يعتبر منها على الاطلاق

الاجزاء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتهيا بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط ونفرض في هذا الدر من كل مخروط يكون منتهيا بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسهل المخاريط هو

الذي تكون قاعدته وهي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة

ويكون رأسه وهو ص موضوعا على محور الدائرة المرموز اليه بخط

ض و المستقيم وهذا الخط ايضا هو محور المخروط

وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥) دائرة الا ان اضلاعه

لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من

الرأس الى مركز القاعدة عمودا على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ث مائلة

ومتساوية البعد من خط ض و العمودي على مستوى الدائرة في

المخروط المنتظم (شكل ٣) فانها تكون متساوية فاذن تكون جميع

اضلاع هذا المخروط متساوية ايضا وبتألف منها مع المحور زاوية

واحدة

ولنفرض ان هناك مخروطا حادثا من عمليات الفنون نرسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا يظهر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة الابعاد بحيث يعسر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس مغايرا للمخروط الهندسى فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جده بحيث لا يمكن رؤيته ويصير كلا شئ بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذى الالوجه الكثيرة المثلثية التى يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلط بطول الاضلاع فاذا تكون مساحات السطح والجسم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة فى المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هراما منتظما فانه يتحصل اولا ان مجموع سطح الالوجه اى السطح المنحنى من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته فى نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحنى المستدير و سطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا فى نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه فى سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستو مواز لقاعدته فاولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحه سطحه وحجمه ايضا كمساحه الهرم الناقص وحجمه

وسطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا فى طول الضلع المتخصر بين هاتين القاعدتين

وبرهان ذلك انما اذا قطعنا هراما بمستو مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الخاصية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر فى العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا فى المخروط وكذلك فى سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذا نتج لنا اولا

اتسا اذا قطعنا مخروطا بمستويا مواز للقاعدة فالتا تفصل مخروطا صغيرا مشابها
للكبير وثانيا انه اذا كان هناك مخروطان متشابهان فان سطح الجزء
المخفى منهما يكون مناسب المربع الخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك
كمربع الاضلاع مثلا وثالثا ان سطح القاعدتين يكون مناسب المربع
الخطوط المتقابلة ايضا ورابعا ان حجوم المخاريط المتشابهة تكون مناسبة
لمكعبات الخطوط المتقابلة (شكل ٧)

وانصنع مخروطا ناقصا مثل $AB\Gamma$ والمخروط $AB\Gamma$ (شكل ٧)
بان تفصل مخروطا صغيرا من مخروط كبير بمستو قاطع فيتحصل معنا ضرورة
حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نظرحه من
حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الجسمين مساويا لحاصل ضرب
القاعدة في ثلث الارتفاع فلا يكون في اجراء العملية صعوبة
واذا لم يكن المخروط قائما ولا مستديرا او كان غير قائم فقط نعدرا اخذ مساحة
سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفا

وينبغي لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحمله الى عدة مثلثات $AB\Gamma$ في
في الضبط المطلوب ثم نجعل هذه المثلثات بجوار بعضها على مستويا واحد فلذلك
جعلنا مثلثات $AB\Gamma$ و $AB\Gamma$ و $AB\Gamma$ من

(شكل ٣ و ٥) في $AB\Gamma$ و $AB\Gamma$

و $AB\Gamma$ من (شكل ٤ و ٦) فمن الجلي اذن ان السطح

المخفى من المخروط يساوى سطح $AB\Gamma$ المخ المستوى وتكون
مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس
السادس

وبعد ان بينا لك الاقيسة اللازمة لسطح المخروط وحجمه نبث عما يستعمل
من هذه المخاريط في الفنون فنقول

قد يستر المعمار والنجار العمارات المستديرة بمخاريط قائمة مستديرة (شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطوبجية مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى جهة البورمة وهي اسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال الافرنج ونسائهم على شكل مخروط تام او ناقص ويجعل اطرافها مستوية او منحنية ولذا كانت البرانيط التي جرت عادة الفرنج باخذها للزينة والرافهية تتنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام او الناقص وتتنوع الطرف ايضا راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزامير الجزء الاسفل من انابيب الاسطوانية بمخروط ناقص مثل **ابض ط** (شكل ١٣) وتكون الانابيب التي نغماتها كنغمات النغير ومجموعها يقال له حركة النغير وهو **ابض ط** (شكل ١٤) مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لاجل المتانة اعمدة بنيتها من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها بان ينقص منها دأ ثم اطول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جدا بحيث لا يمكن اخذها من حجر واحد فالتأنة صورها ونقسمها الى عدة اجزاء بواسطة جلة مستويات متوازية ثم نعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حينئذ كلامن هذه الاجزاء المسماة بالخارجات ونجعلها مخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواري سفنه على شكل الاعمدة بان ينقص منها على التدريج طول اقطارها من مبدء القاعدة الى الرأس وفي صناعة المخروط كثير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة الاسطوانة

فيمكن من مبدء الامر تأليف كثير الاضلاع المنتظم الذي هو **اب ث د ه**

(شكل ٥٣) من عدة اضلاع ويمكن عمل كل وجه من الواجه المستوية
 التي هي ض اب و ض بث و ض ث د الخ على
 حسب الطرق التي سبق ايضاحها في الدرس الخاص بالمستويات
 فاذا لم يكن هناك الا مخروط قائم مستدير ناقص مثل اب ث د الخ
 و ا ر ث عوضا عن مخروط تام فانه ينبغي ان نبني بصناعة وجهي
اب ث د الخ و ا ر ث المستويين (شكل ١٦) المتوازيين
 توازيا تاما ونرسم في هذين المستويين تقطعي و و و بان يكونا على
 مستقيم عمودي على المستويين المذكورين ثم نمد من هاتين النقطتين
 مستقيمي وا و وا المتوازيين اللذين طولهما كطول انصاف اقطار
 دائرتي اب ث د و ا ر ث المطلوب رسمهما
 وبعد تمام ذلك نقسم المحيطين الى اجزاء متساوية ونمد من نقط التقسيم التي هي
ا و ب و ث و د الخ وا و و و ث و د الخ اعمدة
 على نصف القطر لاجل تأليف مضلعين مستقيمين محاطين بدائرتين ونصنع
 الواجه المستوية على اشكال شبيه المنحرف بحيث تكون قاعدتها السفلى
 والعليا اضلاع المضلعين المذكورين وهي ا و ا و ا و ا و ا و ا
 و ا و ا و ا و ا و ا و ا و ا و ا الخ وعلى هذا المنوال
 نصنع هرما ناقصا محاطا بالمخروط فاذا نقصنا اضلاع ا و ا و ا و ا
 و ا و ا و ا و ا و ا و ا الخ بواسطة الفارة او غيرها من الآلات
 الصالحة لتمييد تلك الاضلاع واصلا حها حتى مست الواجه الجديدة
 المستوية المطلوب عملها الدائرتين فحصل معنا ايضا هرما ناقص له وجهان
 او عدة اوجدا اكثر من الاول ويكون اقرب شها بالمخروط فاذا تمامنا على
 تمييد الاضلاع واصلا حها كان شكلها دائريا يقرب من الشكل الحقيقي
 للمخروط حتى نصل في ضبط ذلك الى الدرجة الموافقة لعمليات الصناعة

ثم ان الطريقة التي ذكرناها آنفا ليست الا طريقة تقريبية فينبغي سلوك
طرق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تنخرم اصلا
وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة المخرطة وذلك بان توجه
الآلة القاطعة وهي **ح** (شكل ١٧) الى دليل **م** **ن** القائم الثابت الموازي
لضلع **أخ** فترسم تلك المخرطة في كل وضع من الآلة المذكورة دائرة محورها
الخط المستقيم الذي يمر بطرفي المخرطة المذكورة ويتكون من مجموع الدوائر
المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل **ض ابث** (شكل ١٧)
وبذلك يحدث معناد وامة **ض اث** (شكل ١٨)
ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بإدارة الخط الراسم اى المحدث حول
محور **ض و** (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دائرا زاوية واحدة
مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر)
وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يترد دائما
بالنقطة المجمعولة رأسا

* (بيان استعمال آلة التصوير) *

نستعمل هذه الآلة لنقل صورة **ابث د** الخ مع الضبط والاحكام
بان يدور قضيب قائم حول نقطة **ض** الثابتة ويسكأ باحد طرفيه على الرسم
الجانبى وهو **ابث د** المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم
الرصاص المسنن على ورقة مستطيلة يكون مستويا موازيا لمستوى الصورة
فاذن يكون المنحني وهو **ا ر ث** الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها
للرسم الجانبى وهو **ابث د** الخ

وبرهان ذلك ان نمط **و ض و** (شكل ١٩) عمودا على المستويين
الموازيين من الرسم الجانبى وصورته فيكون **و و** وهما النقطتان

الثاني يلاقى فيهما العمود المذکور مع هذين المستويين ونفرض ان القضيب
المستقيم المستعمل في رسم الصورة في وضع من اوضاع تلك الصورة مثل
اض ا ونمذ وا و فنقول ان مثلثي اض و و اض و
المستطيلين متشابهان وذلك لان زاوية اض و تساوي زاوية اض و
لانهما متقا بلتان في الرأس وزيادة على ذلك او و او متوازيان
فاذن يكون مثلثا اض و و اض و متشابهين ويتحصل معنا
هذا التناسب وهو

ض و : ض و :: ض ا : ض ا :: وا : وا ونبرهن
ايضا على ذلك فنقول ان

ص و : ص و :: ض ا : ض ا :: ض ب : ض ب -
:: ض ث : ض ث :: ض د : ض د وهلم جرا
و ض و : ض و :: وا : وا :: وب : وب -
و و : و و :: ود : ود وهلم جرا

فاذن تكون خطوط وا و دا و وب و و و و و و
الخ متوازية مثنى ومثنى على ذلك يكون ا ب ث د ه ف الخ
و ا ر ث د ه ف الخ شكلين متشابهين وتكون خطوطهما المتناظرة
موازية ومناسبة لابعاد نقطة ض ه الثابتة ومستويي الرسم الجانبي
وصورته فاذن يكون ذلك الرسم وهو ا ب ث د وصورته وهي ايضا
ا ر ث د متشابهين

وهناك سطوح مرسومة بطبيعتها على صورة سطوح مخروطة ترسم بالة
التصوير المسماة فيزيونوتراس ورسمها بهذه الصورة ناشئ عن الاشعة

الخارجة من كل نقطة من نقط الضوء فان هذه الاشعة تدخل في العين بواسطة
 الحدقة وتتقاطع في نقطة ض (شكل ٢٢) حتى تصل الى سطح
 ح المسمى الياف العين المشبكة بالشبكة وهذه الالياف هي الصورة
 التي تنطبع فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها الوان الاشياء على ما هي عليه
 وقد ينتقل هذا التأثير الحاصل في الياف العين المذكورة الى الور البصري
 فيجوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر العجيب
 بواسطة السطوح المخروطية المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة
 اشعة الضوء التي تحدثها الاجسام المضيئة في سائر الجهات بنفسها وبواسطة
 الضوء المنعكس في جميع الجهات
 ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة مصحبة وكذلك
 سائر الاجسام التي يتولد منها صورة متسعة في يوم صحو تظهر في رأى العين
 بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة المخاريط التي ذكرنا
 وضعها

(بيان الاوضة المظلمة)

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد ينسجون في صناعتهم على منوال ما تبدهه
 القدرة الالهية فن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة
 حدقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين
 على شكل عدسى يشبه حدقة العين التي هي ض (شكل ٢٢) فيجول
 الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحرركاتها الى جوانب هذه الاوضة
 كما يحولها الى الياف العين المشبكة وهي ا - ب - فاذا تلقينا هذا
 الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي رسمها ذلك الضوء
 وتحصيل الوانها وظلالها واضوائها

واذا لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة ض المنفردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح ا ر ث ه ف المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتفصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلاً اذا كان سطح او جسم مظلم موضوعاً امام كوكب مضيء فان ظل السطح او الجسم المذكور يكون محدداً بـ سطح مخروطي رأسه ذلك الكوكب المضيء
 (بيان الصورة الخيالية)

اذا اردنا ان نرسم على اى مستو كان صوراً مشابهة لرسم جانبية مفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبي الذي نريد النسخ على منواله وهو ا ر ث ه ف الخ في مستو مواز للمستوى الذي يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هنالك نور كنور الشمعة مثلاً موضوع على بعد مناسب من ذلك النور رأس المخروط الذي تكون قاعدته الرسم الجانبي المطلوب اخذ فتمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة كقاعدة ا ب ث د الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجعول حدّاً للظل الذي تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبي الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير اثبتناه ايضا لشكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التي ذكرناها في شكل ١٩ تجري ايضا في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة

(بيان الخيال الظلي)

قد استحسن في تسليمة الغلمان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مفروض رتبا جانبيا صحيحا من شكل واحد او عدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من المقوى او صور اشخاص حقيقية وينعكس به ظل الالعب التي يصنعها هؤلاء الاشخاص

على ستارة تحجب ما وراءها ويدخل الضوء بواسطتها في الاجزاء المضيئة لتكون
 مميزة في اعين الناظر عن الاجزاء الموضوعة في الظل تميزا تاما وهذه الاجزاء
 الاخيرة هي قواعد السطوح المخروطية التي رأسها السراج او غيره من
 الاجسام المنيرة خلف الستارة واضلاعها تمر بالرسم الجانبي من الاشخاص
 المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم اب (شكل ٢١) الذي ظله وهو من منعكس

على ستارة رر يبعد عن النقطة المضيئة وهي ض ويقرب من ا -
 فان الظل المنعكس بواسطة اب ليس الا ظل م وهو ناقص
 دائما وبهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حالته الاولى فانه يكفي
 في تنقيص امتداد الظل ان نقرب الجسم المرسوم من الستارة بخلاف
 ما اذا بعد عنها فان الظل المذكو رر ينمو ويمتد على التدريج وكذلك
 في صورة العكس بمعنى انه اذا جعلنا الجسم المرسوم قارنا بتا والجسم المضيء
 هو الذي يبعد او يقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزداد
 وينقص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد عن
 حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يترتب عليهم ما فائدة الالاعاب المذكورة
 وقد تقتضي خواص السطوح المخروطية ان نجعل ما يلايم هذا اللعب النظري
 من الاشياء والنسب رسوما هندسية محكمة الضبط ولنتكلم الآن على
 عمليات اهم من عمليات الخيال الظلي فنقول

(بيان قاعدة علم المنظر)

اذا وجه من نقطة ض الثابتة (شكل ٢٢) سائر الاشعة النظرية
 الممكنة على خط اب ض د المنحنى تت تكون من هذه الاشعة مخروط
ض اب ث د واذا صنعنا قطاع ا ب ث د في هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د تكون صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اى كمنظره وتنطبع صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشبكة صورة ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ا و ض ب و ض ث و ض ث وهلم جرا المستقيمة تختلط ببعضها مثنى فاذن يكون الغرض من علم المنظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف العين المشبكة عند رؤيتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها ورسمها خطأ ناعند رؤية ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهذا هو منشأ انشراح الصدر وانبساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحككة الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ر ث د تتغير صورته ولا يحدث على الياف العين المشبكة صورة مشابهة للصورة التي تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان كثيرا اوقلا يلاستى جعل نظره في وضع مخالف للنقطة النظرية وانما سميت النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطة ايشاهد المنظر ليحظى الانسان بثمره تأثيره ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن منظر الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون موازيا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا ان الشعاع النظرى الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان المنظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الياق العين المشتبكة هي نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التي ترسم في الاليف المشتبكة غير منتظمة ويترأى لنا ان المضلع ممتد من جهة ومنقبض من الجهة العمودية

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رسمه موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان المنظر يبين من جهة صورته الجسم المرسوم تبانيا عاما ويظهر من هذا التباین تنوعات لانهاية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار عمليات المنظر التي لا بد منها لكثير من الصنایعية والمعمارية ومهندسی البلدان والمزخرفین وتقاضی الجسمات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما أ ب و ث د (شكل ٢٣) موازيين من مبدء الامر لمستوى الصورة وهو م ن فلنا ان نقول ان منظرهما الموجودين على هذه الصورة وهما ا - و ش - يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي ض ا و ص - ب و ض ش و ض د فان خطوط أ ب و ا - و ث د و ش - تكون متوازية ويكون خطا أ ب و ث د متوازيين فاذن يكون خطا المنظر وهما ا - و ش - متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاقي هذه الخطوط النظرية

ولنفرض الآن ان خطوط أ ب و ث د و ه ف المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي م ن فنخذ من النقطة النظرية وهي ض الى صورة م ن مستقيمين

ض و موازيا لخطوط ا ب و ث د و ه ف المستقيمة المطلوب وضع
منظرها ثم نمد شعاعى ض ا و ض ب النظريين اللذين يقطعان
الصورتى ا و ب فاذن يكون هذان الشعاعان فى مستوي مار بنقطة ض
وبخط ا ب وكذلك بخط ض و الموازى لخط ا ب فاذن يكون
كل من نقط ا و ب و و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح
خطوطا مستقيمة فاذن يكون خط ا ب الممتد مارا بنقطة و ويبرهن
بمثل ذلك على خطوط ث د و ش ف الخ فاذن يثبت المطلوب وحينئذ
نخطوط ا ب و ث د و ه ف الخ التى هى مناظر لمتوازيات ا ب
و ث د و ه ف دائما تمر اذا امتدت على حسب الاقتضاء بنقطة
و عند ما تكون خطوط ا ب و ث د و ه ف غير موازية
لمستوى اللوح ويقال لهذه النقطة الشهيرة نقطة مجمع منظر خطوط ا ب
و ث د و ه ف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صوري يكون عليها
كثير من الخطوط المتوازية فن المقيد ان نعين نقطة المجمع من خطوط
كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكون اذن معرفة
نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

(بيان اجراء علم المنظر فى فن المعمارية)

يمكن ان نستخرج فائدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة فى عمليات علم المنظر
وذلك عند مشاهد رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط
المستقيمة التى يرسمها المعمار بجى موازية اما للمستوى المنتصب الذى يكون
تابعالا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية
على هذه الالوجه وبالجمله فيكون بعض هذه الخطوط منتصبا وبعضها
اقصيا

وحيث ان مستوى اللوح الذى يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فان جميع الخطوط التي تكون منتصبة في العمارة تكون ايضا منتصبة في المنظر ولما الخطوط الاقية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجعها المطلوب تعيينها تكون و وتعين ايضا نقطة مجع الخطوط الاقية العمودية على مستوى الوجه وهي و فاذن لا يكون معنا الانقطة واحدة تعين بخط منتصب وخط افقي وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد سهلة جدا في هذا الغرض سنبينها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هناك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نبحث من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعة وضعا لا تقام لا وهذه النقطة هي نقطة مجع الخطوط المذكورة على اللوح

واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية الجارية في الرسم وفي النقش حسبما سبق لك انفا فان النقطة الجامعة لجملة من الخطوط الاقية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة مواز بالخطوط الاقية وحينئذ تكون النقطة الجامعة للمنظر الخطوط الاقية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة للمنظر الخطوط الاقية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الاتجاهين الاقيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم و و الافقي المرفوع بقدر ارتفاع نقطة المنظر ايضا

وبشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبائك العمارة واسفلها اللذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم في رسم منظرهما وهذه هي في الحقيقة خاصية اجزاء الخط المستقيم المتنوعة سواء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم المذكور ولو بخط وهمي يكفي في تأليف خط مستمر يكون منظره خطا مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور الذي

يراد نظره

* (بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير) *

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخص على اللوح بان لا يضعها في مستوي واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخص على ارتفاعات متساوية او ناقصة على وجه منتظم بحيث انها اذا كانت واقعة مع التساوي كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدي والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا مما تنفر منه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية الخلة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تنطبع الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فبعدها في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستوا وفيما يقرب منه الشخص على الاصلي التي تستدعي ابعادها تيقظ الناظر وتتباهاه بالكلية

ويرأى للانسان بمقتضى المستوى الذي تكون فيه الصورة ان منظرها لا يبدل من ابعادها فاذالم يحددها المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخص موضوعة خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها وضعها محكما ووجه احد اق اعينها توجهها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنتظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة ويعدونها مخالفة للمنظر لاسيما في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التي ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو اصعب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا الرنيكات في المحل الذي يريدون رسمه ويكون

على حسب وضع الارنيكات وقوفهم في المحل الذي يكون فيه وضع الناظر
على حسب المحل الذي يريدون رسمه

وما ذكرناه من القواعد القليلة يكفي في صور كثيرة ليعرف بها صحة منظر الصور
التي نعرفها او عدم صحتها ويحصل في الغالب ان البنائين والمصورين
لا يدركون قواعد علم المنظر على حقيقة ما فيخطئون في العملية خطأ فاحشا فاذا
اتسعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوروبا ظهر ان الخطأ
الكبير الذي لا يتأثر منه الا القليل من ارباب المعارف في وقتنا هذا يتأثر منه
عامة الناس ويتأذون منه جميعا ولا يمكن للصناعة اجتنابه بدون تعب
شديد فيجبرون على الممارسة وبذل الجهد في تطبيقات العلوم الهندسية على علم
المنظر فيحصل حينئذ لاشغالهم صحة التناسب اللازمة للاشغال التامة
في الفنون المستظرفة كما هي لازمة في الفنون التي ليس الغرض منها الا ضبط
الاشكال

*** (بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومخصولات الصناعة) ***

اذا اريد رسم مخصولات الصناعة والآلات استعمال في ذلك غالبا علم المنظر
ومزية هذا العلم على طريقة المساقط العادية هي اظهار كثير من الاجراء التي
يخفى بعضها بعضا بواسطة طريقة المساقط مثلا قد جرت العادة في
استعمال المساقط بخطوط متوازية ان نأخذ مستوى المسقط المنتصب
موازيا للواجهة العمارية او عودا عليها في الصورة الاولى لا تظهر الاضلاع
الصغيرة من العمارية ولا تشاهد في الثانية تخفى الواجهة بنفسها بخلاف علم
المنظر ففائدته اظهار وجهي العمارية دفعة واحدة كما تراه

في (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط في رسم منظر اى صورة كانت مع الدقة والضبط
فاذا فرضنا ان هذه الصورة ونقطة النظر موجودان في المساقط الافقية
والمنتصبة وكذلك اثرا اللوح فنحصل معنا منظر اى نقطة كانت من هذه
الصورة بواسطة رسم خط مستقيم ممتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

وبواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغي للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة جرتبة مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك كنظر مربع او مكعب
واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة او شئ مصنوع او آلة بواسطة علم المنظر ففائدة ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقة بدون ان يختل منه شئ فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بترين التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدون لها طرقا سهلة في كثير من المؤلفات المعتمدة

(بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالاعاب)

ينبغي لمزخرف محل الالاعاب لاجل تحسين الالاعاب المذكورة واستجلاب الناس اليها في محل اللعب ان يستعمل اولا صورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما اقرسين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها والستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الاغشية للزينة فيرسم عليها الشجارات او اعمدة متفرقة او اجراء متصلة لكن هذه الطريقة ليست مستكملة للشروط لان الخطوط التي ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجزاء خط مستقيم تشاهد من نقطة النظر ويظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الا خط واحد لانها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا الخلل يكون لهذا المنظر المزخرف المرسوم رسما جيدا مشابهة كلية بمقتائق الاشياء في ستر المنقر جون الجالسون في الملعب على اختلاف مجالسهم سرورا تاما برؤيتهم ما يروق الخاطر ويوجب الناظر

(بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا)

يستعمل في رسم الاشياء الشهيرة الظاهرة على الكرة الارضية او على الكرة السماوية كيفية المساقط المخروطية المضاهية لعلم المنظر

ثم ان المخاريط المترجمة مثنى او ثلاث والا سطوانات المترجمة ايضا بهذه
النسبة يقل استعمالها في علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة
في كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل نقل
حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة المحاكاة في صورة ما اذا كان المحوران
غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا المخاريط المنتظمة المضرسة (شكل ٢٧) لاجل
هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حللها الى مخاريط ناقصة تكون
مضرسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرسة وفن تضريس الاعمدة يستدعي غاية
الضبط والاتقان في العمل ومما يستدل به على المهارة النادرة لوجود التي
اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون في عمارة بلاد اثينا مدة
القرون التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السودد والفخار والبراعة
في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة
سطوح مخروطية وتعام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك
تضاريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءا رأس العمود وغايتها
قاعدته

وايستحس تضريس الطائرات المخروطية مقصورة على الزينة والرفاهية
بل تكون ايضا في تضريس الاعمدة ويترتب على صحة التضريسات وضبطها
سهولة نقل الحركات وتدبيره وتنظيمه كما سيأتي ذلك عند الكلام على حركة
التعشق (راجع الجزء الاول من الميكانيكة في الجلد الثاني من هذا
الكتاب)

* (الدرس العاشر) *

في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء وغير
ذلك

كل سطح امكن انتشاره اوبسطه اوانفراده على اى مستوي دون ان يكون في هذه العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده واتقباضه وتضعيفه فانه يسمى سطحاً منتشراً

وقد اخبرنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع الاسطوانات والمخاريط وعلما انه يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح على اى مستوي دون كسر وانطواء وعلما ايضا عكس ذلك اى انه يمكن انحناء جزء من المستوي بدون انطواء وكسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة او مخروط تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجملة فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كنشور مركب من اوجه مستوية كثيرة العدد على صورة شكل متوازي الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالمركب المركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جدا ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه مركب من

اوجه صغيرة مستوية مثل ١-١- و ب-ث و ث-د الخ
منتهية بخطوط مستقيمة مثل ١-١ و ب-و و ث-ث الخ وتسمى
هذه الخطوط اضلاعاً

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحني على صورة سطح مستو فالتا نبتدى
بادارة وجه ١-١- حول ضلع ١-١- حتى يوضع في مستوي واحد مع
وجه ب-ث الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع ب-ث
حتى يكونا معاً في مستوى وجه ث-د الثالث ثم نستمر على هذه
الكيفية الى الوجه الاخير فيحصل حينئذ معنا انتشار السطح المنحني
بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الواجه التي على
صورة الزاوية تكون رأسها في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

١-١- و ب-و ث التي هي روس اوجه ١-١- و ب-ث

و ش ث د وهلم جرا تكون مختلفة الوضع

وكذلك يعتبر المهندسون ان الخروط مركب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدى هاتين الطيتين ترسم على الوجه الذى ذكرناه فى الدرس المتقدم واما الثانية فتترسم بواسطة

امتداد الاضلاع الى ا ا و ب ب و ش ث الخ خلف منحنى

ا ب ث د الخ ويقال لهذا المنحنى خط القهقرى والذى يلزم للفنون فى جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيتى السطوح المنتشرة

(بيان اجراء العملية)

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فالتأخير يحفظها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة لينية مستوية كالقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفى ونحو ذلك مما يتخذ غلافا كالأكياس وعلب الورق وغلاف الاسلحة وغطاء البضائع وجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجزاء خاتمة وهلم جرا

وهذه الغلافات مهما كان طيها او عدم طيها هى ضرورة قابلة للانتشار ويجب ان نلاحظ ان المادة التى تستعمل فى ذلك لاسيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للانتشار والانبساط تغير فى بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك بمقتضى رأى المهندسين

(بيان اجراء العملية فى صناعة البسط والجوخ)

ينبغي ان نتكلم على السطوح التى تحدث عن البسط والجوخ التى هى معدة لزيئة المساكن والهياكل العمومية فاذا اقتصرنا فى هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للهندسة على وجه الدقة والاضبط تحصل معنا طيات مستقيمة ومحيطات موزعة مجردة عن الظرافة وعن التنوع فى الاشكال وتكون اقرب شها بمحيطات البسط الانسكية

و يظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واتقنت بواسطة ذكائها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الاقشة احدهما كونها تنحني على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تنحني مع الانتظام والتساوي كي تبعد عن هذه الاشكال على التدرج حسبما تقتضيه الطرق التي يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في ترتيب الابنية والعمارات تصلح ان تجعل اصولا عمومية

ولنرجع الى ما كنا بصدده في شأن السطوح المنتشرة على وجه الاتقان فنقول سيأتي لنا ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في الفنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسي

فاذا اردنا مثل الرسم سطح منتشر (شكل ٢) مار بمنحني

ا ب ث د ه ف و ا ر ث د ه ف المنحنيين اللذين ليسا على مستوي واحد فرضنا لاجل هذا الغرض ان منحني ا ب ث د ه ف

مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه وهلم جرا ثم نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطحها من احد

طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثاني بمنحني ا ر ث د ه ف في نقطتي ا و ر القريتين منه جدا ونمد

خطوط ا ا و ب ر الى المستقيمة وبعد تمام هذا نضع المسطرة على وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوي موضوعا دافعة واحدة على

ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التي يتقابل فيها هذا الوجه للمستوي مع

الخط المنحني ثم نمد ث ونبين بهذه الطريقة د و ه و ف

الخط فيتحصل معنا حينئذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف

و ا ر ث د ه ف الذي يخالف قليلا السطح المار بمنحني

ا ب ث د ه ف و ا ر ث د ه ف (راجع الدرس الثالث عشر)

(بيان نشر الاخشاب المنحنية)

يلزم غالباً في عمارة المراكب نشر قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو **ا - ث - الخ** ومحيطها الاعلا وهو **ا ب ث الخ** مرسومين على وجهين من هذه القطعة فاذا اردنا اجراء عملية النشر بدون لعوجاج المنشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوية او المنتشرة ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهاً بحيث يمتزج بالتعاقب مع اضلاع **ا ا - ب - و - ث - الخ** (شكل ٢) فهذه الكيفية بقسم المنشار قطعة الخشب ويرسم سطحاً منتشراً

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاجزاء)

تستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاجزاء وهي عادة الاسطوانات والخاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع محيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القبوة كما نبين ذلك في الدرس الخاص بتقاطع السطوح ولذا يسمى هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي النحام هذه الاجزاء مع الدقة باجزائها الخشبية التي يحمل بعضها بعضاً ولذا تسمى بسطوح الالتحام فمن المهم ان ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلي لتصير مكافئة في وجهي حجرى العقد اللذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر و يصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع حينئذ ارنيك كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من المقوى او من الالواح الرفيعة وغيرها ويطبق الارنيك المذکور على وجه الالتحام ثم ينظر هل المسطرة تنطبق انطباقاً كلياً على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حق المعرفة ان سطوح الالتحام لا بد ان يكون لها في جميع اجزاء العمارة شكل مطابق للشكل المتقدم الا اذا مثاله ذلك بكنيسة بنهون بياريس وذلك لانك ترى بها قبة متسعة مرتفعة جداً على

اربعة صفوف من الاعمدة الظرفية ولا جل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع السهولة تقطع المخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بنحتها من منتصفها كي تنضم حوافها بدون ظهور ادنى اثر في خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتفاعها فانه بمجرد رؤيتها يترأى لها انها من اعظم ملح الفنون بخلاف ما اذا وضع عليها ثقل عظيم من جهة القبوة فان حوافي المخاريط الناقصة المماسية لبعضها وليس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالكلية وتهبط القبوة هبوطا كليا حتى يمتلىء الفراغ الذي في داخل المخاريط الناقصة فيجبر الانسان حينئذ على تشييد اكتاف عظيمة في وسط صفوف الاعمدة التي تسند عليها هذه القبوة ولا تنظمظر طرفة البناء ولوجلت التحامات المخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة الوضع ابقى البناء على حاله وبؤخذ من علم الهندسة في هذا المعنى ما يستعمل من الوسائل في الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط التام اضلاع جبر العقد المخنية وهى ا ب

و ب ث و ث د و د ا و ا ر و ر ث و ث ز و ز ا
(شكل ٣) امكن لنا ان نجد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا

منتشرا ما اراد فمرة واحدة بخطى ا ب و ا ر و سطحا آخر ما بخطى

ب ث و ر ث و سطحا ثالثا ما بخطى ث د و ث ز و سطحا

رابعا ما بخطى د ا و د ا فاذ اجرنا ذلك في اجمار العقد المتجاورة

تحققنا ان الواجهة المماسية تنطبق على بعضها انطباقا كليا ومتى علمنا اشكلى

ا ب و ا ر و ب ث و ر ث ومواضعها سهل علينا استعمال

الطريقة المذكورة (شكل ٢) في تحديد كل سطح منتشر

واذا اراد الصنائعية ستر مسطح كبير بصفائح رفيعة لينة المادة فانهم يبنون

هذه الصفائح على شكل سطوح منتشرة وكيفية العمل هكذا

وهو انهم يرسمون على المسطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوطاً منحنية

مثل **ا ب ث د ه** و **ا ر ش د ه** و **ا ر ش د ه** و **ا ر ش د ه** تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التي يستعملونها

ثم يشرعون في ثني هذه الصفائح بحيث تترجم على **ا ب ث د ه**

و **ا ر ش د ه** ثم يجميطن **ا ر ش د ه** و **ا ر ش د ه** وهلم جرا ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالالتحام او يطبقون اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القنب والقنوات)

قد غطيت القنوات الفاخرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من النحاس على موجب الطريقة السابقة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن)

قد غطي مهندسو السفن الجزء الاسفل منها المسمى بالقارين كما تقدم على

حسب الطريقة السابقة بصفائح من النحاس كما في **ا ب ث د ه**

(شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلحة ومفصلة على صورة خط مستقيم مع ان اصلاحها في الغالب انما يكون على صورة خط لا يتحد مع المحيط الاتحاد كلياً غير ان الغطاء الذي ليس مساوياً لجميع الزوايا ولا مستقيماً على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واحدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس وجعلناها على صورة محيط موافق لكمال تعديلها عند رضائنا انما ملتحمة ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستحسنة عند مهندسي السفن مستعملة مع غاية النجاح والفائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جداً بالنسبة لامتداد كل صفحة تستعمل في التبطين ولان النحاس المستعمل في هذه العملية يمتد جزؤه المتوسط قليلاً حتى يكون متجهاً في كل نقطة على حسب اتجاه انحناء القارين ويريد ذلك وضوحاً عند بيان انحناء السطوح من حيث هي

ثم ان صانع المقوى الذى يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة افرخ من الورق او من المقوى ملصوقا احدها على الاخر بواسطة الغراو مجاورا بعضها لبعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة  كثيرة التنوع في شكلها وتناسب وضعها

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التى يتكون منها المحيطات التى على شكل الزاوية من العربة واوضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستد المسافات التى تعينها تلك الاوضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الرقيق اللين الذى يثنيه على صورة سطوح منتشرة تمر بمحيطات مفروضة فيحتاج اذن الى معرفة حل المسئلة التى في شكل ٢ و ٣ ثم ان كلامنا من الخحاس وصانع المداخن والسمكري محتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه في صناعة المداخن وكثير من القدور المستعملة في المعامل مثلا ينبغي في الغالب لاجل تصلح اعلا تلك المداخن والقدور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يمر دفعة واحدة بقاعدة

ا ب ث د السفلى (شكل ٥) ايا ما كانت صورتها وبقاعدة **ا ر ث د** العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذى يلزم جعله لصفحة الحديد او للجملة من الصفائح المعدنية المستوية التى يحدث منها عند ثنيها على وجه مناسب سطح منتشر يمر دفعة واحدة بقاعدتي **ا ب ث د** و **ا ر ث د** وستتكم على هذه المسئلة في الدرس الرابع عشر الذى يعلق بالمماسات

وقد استحسن تغطية السطوح بجلب طويلة منتشرة فهى اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما في (شكل ٤)

واذا لبس العساكر دروعهم رأيت معظم القطع التى تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهى في الغالب عدة جلب منحروطة او اسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات انحناء واحد

وليس هنالك من القطع ما ينبغي ان يكون ذا المنحنيين كالخودة مثلا لا مقدار قليل حيث يستعمل في ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد وقد يظهر من عمارة السفن عملية مستحسنة في شأن السطوح المنتشرة المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضلعة فانها تكون على صورة سلسلة من **و ح ح** (شكل ٦) المركبة من قطع خشب مزدوجة وهذه المزدوجات وهي ١ و ٢ و ٣ التي ترتفع في مستويات منتصبة يكون بينها مسافات خالية (سه سه سه سه) وشكل ٨ يدل على الارتفاع اي انتصاب المزدوج المنتصف اي الذي في الوسط ولاجل تقيم القارين المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواحا معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها مصلحا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى ثم ننهيها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها تغطي سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقا تاما بحيث تكون الاضلاع على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة عظيمة دقيقة في اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاعدة الى **أ ب ث د** وارادنا ان نضع الجانب الاعلا المنحصر بين خطي **أ ب ث د** و **أ ر ث د** فالتأخذ من نقطتي **سه** و **سه** الموضوعتين وضعنا مناسبين **أ ب ث د** و **أ ر ث د** خيطا ينطبق على المزدوجات فاذا فرضنا ان المحيط المراد عمله يكون محكم العمل والوضع وان المحيط المذكور يكون موضوعا بالكلية على سطح الجانب المنطبق على اضلاع السفينة فالتأخذ من هذا الجانب اي نجعله منتصبا قائما والمحيط الذي يبين على سطح القارين الخط الاصغر الكائن بين نقطتي **سه** و **سه** يستمر دائما على ان يبين الخط الاصغر الذي يمكن رسمه بين هاتين النقطتين على السطح

المنشرا على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذي يمكن رسمه على
المستوى هو الخط المستقيم فاذن يكون سه صه خطا مستقيما
(شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ وضعه الذي يجعله اقصر خط
بين نقطتي سه و صه اى على القارين

فاذا وضعنا ذلك الخيط على القارين عيننا على طوله نقط ١ و ٢ و ٣
الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه الخيط نمر بعيدان من الخشب متجهة
اتجاهها عموديا على اتجاه الخيط المتقدم فتصل هذه العيدان من احد طرفيها
بخط ا ب ث د ه الخ ومن الطرف الآخر بمحيط ا ر ش د ه الخ
الذين ينبغي ان ينطبق بينهما الجانب الجديد انطبقا محكما

فتقيم حينئذ خيط سه صه ثم نشده على لوح ع ش كل
(شكل ٦ مكرر) بحيث تكون عيدان ١ ١ ١ و ٢ ٢ ٢
و ٣ ٣ ٣ و ٤ ٤ ٤ الخ الصغيرة عمودية على الخيط المذكور ونرسم عدة
اشكال مضلعة مثل اشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢
و ٣ و ٤ الخ التي يتكون منها خطان منحنيان مستطيلان فتدل هذه
الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والا علما من المحيط الطولى
من الجانب

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف في كل نقطة من
نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ الزاوية
التي تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا
انطباقا تاما على التحام الجانب المتصل ويجرى ذلك بواسطة اتجاه واحد ضامعي
المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اى عمود كان واتجاه الضلع الآخر
على حسب وجه التحام الجانب الموضوع قبل ذلك توجهها عموديا على ضلع هذا
الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل ببلطة
او قادوم لم يبق علينا الاقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل وان تناظر
ولاجل اجتناب الخلل عند رسم النجار بواسطة مسطرته المثلثية المتحركة
الزاوية التي تحدث في نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ عن الجانب الجديد
والجانب الملتصق بالموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلثية المتحركة
وهو ط ضه على طرف لوح ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم
خطا مستقيما على طول الضلع الآخر وهو ضه ر ومتى كانت الخطوط
كاهام موضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عيدان ١ و ٢ و ٣
و ٤ الخ التي تقابل نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ سهل على النجار
معرفة الثقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ
لاجل رسم الضلع الصغير من الجانب على حسب ما يناسب الواجهة الكبيرة
من الميل

ومما ينبغى التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القارين
شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من العمارات
المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق اللطيفة والفوائد العظيمة الظريفة
التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها
الهندسة في السطوح

(بيان الامodelجات والارانيك المنتشرة)*

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح منحنية منتبهة ببعض خطوط فالتا قسم
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريرا وناخذ
صورتها بواسطة الامodelجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحنائها الطبيعي بدون تمزق وانطواء
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس
الرجال والنساء

(بيان اجراء العملية في تفصيل اقمشة الملابس)*

الغرض من تطبيق الهندسة تطبيقا مفيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء

متنوعة من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب
تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبسكار في هذه العملية ينبغي
ان يعتقد ان مهارة الخياط ونحوه تقوم مقام ذلك في هذه العملية الهندسية
الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر ويزيد التأمل وكثرة
التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من اشكال السطوح
المنشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس وارىد جعلها مناسبة لما تقتضيه
العادة او قصد بها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية
واصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما سلفناه من المحفوظات المتعلقة بالجوخ
والبسط بالنظر الى سطوحها المنشرة القابلة للامتداد والانكماش في عدة
اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرورها ولما كان لهذه الاقشة خاصية ملائمة
للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها وتعود
الناس عليها وهي الاقشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقوله صنايعية
هذا الفن

فاذا كانت الاقشة المذكورة جامعة بين المرونة واللين والخفة امكن نشرها
وطيها طيات عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق
السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا البست وحصل لها اذنى مس
وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس والضاغط ويصير منظرها في رأى
العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما نذكر به الانسان لطائف
الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم تجمع الاقشة بين الصفات السابقة
فانها تبقى على شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقشة اللينة واضطراب
منظرها كان يوجد في الاقشة التي كان يستعملها اقدا الصنائعية انموذجا
في صناعة الجوخ الظريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا
في انواع الشاش والكشمير الموجود الان

ولاجل ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغي يلزم ان تكون سطوحه على وجه بحيث يتأق لانسان معها حركة جسمه واعضائه كيف شامع السهولة وهذا يستدعي ان يكون في الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملائما للاعضاء غيرانه لما جرت العادة بان الوقار والعظمة والمقام مما يتوقف على التأني وبطئ الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملائمة لحركاتهم حتى تظهر منافعهم وتعرف وظائفهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البابات وثياب ارباب المشورة وعبات الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من اقشنة قليلة اللون ليحدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الخفيفة التي يلبسها الراقصون في الالعب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانما تكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان الملابس التي تستعمل لمجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من الاقشنة اللينة الخفيفة التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها الخفيفة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقة

وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من انتخاب الاقشنة وتفصيل الملابس جارا على حسب ما يتعلق بعمليات الفنون المستظرفة من الاعتبار والملاحظات التي لها دخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في اللبس وسعة الملبوس وصحة اللبس فان كلا من الانتخاب والتفصيل المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية واما اذا نظرنا الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما مقادير الصور واصنافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والترتيب الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحناء السطوح المستوية اصالة واجتماعها الاشكال المتنوعة الظريفة التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستظرفة تتقدم اكيدا

وترجع الى ما كنا بصده في شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة العمليات المتقدمة بعد ان نتكلم على قواعد تقاطع السطوح
والمماسات وينبغي ان نتكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
فنقول

(بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء)

السطوح المعوجة هي الدائرة من خطوط مستقيمة متتالية لا ينشأ عنها
اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الواجه الصغيرة المعوجة تخيل سلما في شكل ٩ و ١٠
يكون ضلعا غير موضوعين على مستوا واحد ثم نضع هذا السلم على الارض
بحيث يكون اضعايه استقامة افقية وان لم يكونا في مستوا واحد منتصب
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين

مسقطه الافقي وذلك ان ضلعي أ ب و ث د (شكل ٩) يتقاطعان
في نقطة واحدة مثل هـ و و فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يمر كما في (شكل ١٠) بنقطة هـ على ث د
وبنقطة و على أ ب ولنبدأ الآن من نقطتي هـ و و بقسمه

مسندى أ ب و ث د المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ١
و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ ثم نرسم خطوط
١ ١ و ٢ ٢ و ٣ ٣ و ٤ ٤ و ٥ ٥ الخ فيحدث معنا سلم

معوج

ثم ان اجنحة طواحين الهواء من قبيل السلالم المركبة من اضلاع مستطيلة
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احدها هذه الاضلاع

وكذلك سلم الصواري (المسمى بالبوافنكو) فهو من قبيل السلالم المعوجة
غير انه ينقص عنها ضلعا واحدا

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة
جدد امشابهة للسلم الذي اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التي تبين

هذه الواجهة الصغيرة اسم الاضلاع المشتركة

(بيان اجزاء العملية في عمارة السفن)

لاجل تطبيق قارين السفن نصنع سطوحا منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما بينا ذلك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء من السفينة مخفية كاجزاء التي عند مقدمها ومؤخرها لا يمكن ان نستخرج من الالواح العريضة جدا الاجوانب قصيرة جدا اذا كان المطلوب بقاء رسمها الملايم لبعض السطوح المنتشرة على وجه الصحة والضبط واذا تأملت صورة الجانب المينة في (شكل ١٢) علمت انه يضيع في عمله كثير من الاخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه المخفى المرموز اليه بهذه الارقام وهى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ فاذا فرضنا الآن ان المحيط ا س د ه ب غ انحناء خفيفا ومنعظما (شكل ١١) تحصل معنا حينئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل في العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طي جانب متصل كما في (شكل ١١) فانه لا يلاء على وجه الضبط المحل الذى عين له على قارين السفينة فينبغى اذن بواسطة طرق ميكانيكية أن نجعل هذا الوضع بحيث يلاء المحل المذكور وبهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجا دائما

وفي اجزاء السفينة التي يكون فيها انحناء القارين جسيما لا يمكن أن نستعمل جوانب منفية بدون ان تفسد بنفس هذا الانحناء

(بيان عمل الاخشاب المخفية)

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها السفلى محيط

ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فانتناخذ مسطرة ثابتة

على صورة خط مستقيم مثل د ه ونرسم بواسطتها مستويا يبين على

مضلع السفينة نقط م و ث و ه الثلاثة التي هي من ا ب ث

ونعم من تلك النقطة المذكورة خطوط م ١ و د ٢ و ٣ و الخ المستقيمة اعمدة على د ثم ننس طولها وبعد تمام ذلك نأخذ المسطرة المثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة م ١ والضلع الثاني على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على د م د و وتجري هذه العملية ايضا في النقطتين الاخرين وهما د و ص من منحى م د و الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهه اذ اخليا الخشبة المطلوب عملها ويصنع وجهها الخارجى ايضا بعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينه وبين السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون سمك الخشبة واحدا واما الوجه الضيق الذى ينبغي وضعه على ا ب ث فان عمله يكون ايضا بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد اذن زاوية حادثة من الضلع اثنائى الموضوع بالتموالى فى م و د و و على سطح القارين ومن وجه التحام جانب ا ب ث المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبقى علينا الا نقل هذه القطع فى المحال التى تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فالتا ابتدى كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب بان نعشقها مثنى ونضعها على صورة مستويات منتصبة متوازية كما فى (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة فى آن واحد بواسطة قطع من الخشب متينة تسمى بالزنابير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين او حافتيه وتكون النخبات التى تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك فى محل الارانيك او القواب واما اجزاء السفينة التى يكون انحناءها قليلا بالنظر الى الطول فانه يكفى ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا ترتيبا مناسباً ثم نثنى هذه المناشير بحيث تتلاقى فى النقط المعينة على محيط المزدوجات المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذى فيه وجه الزنار الذى ينطبق على القارين سطعا منتشرا على شكل منطقة قائمة فان

الزئار يسهل ثنيه على هذا القارين عرضا وطولا وإذا كان الجزء الأصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزئار الذى ينبغى أن يكون متحدا معه سطحاً معوجاً لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب مزيد الاعتناء وبذل الهمة الكافية فى تطبيق الزئار مع الدقة على مضع السفينة تطبيقاً صحيحاً بشرط أن يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذى فرضه المهندس فى رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة فى الأجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الإنسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهى إذا كان أ ب ث (شكل ١٤) جزءاً من مستوى الزئار فاتساعين هذا المستوى بخيطين يمر أحدهما بالقارين على امتداد أ ب ث والآخر وهو د ه يصير خارج القارين بعيداً مناسباً ثم تقيس بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادثة من هذا المستوى و سطح القارين فى كل من نقط أ و ب و ث على المزدوجات المختلفة

وبعد أن نضع قالب منحنى أ ب ث على قطعة الخشب (شكل ١٥) التى يفصل منها الزئار نرسم أ ب ث ونقطع القطعة المذكورة بان نضع أمام كل من نقط أ و ب و ث الخرزوات داخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فتبين الزاوية المرتفعة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الخرزات بحيث يحدد سطح منتشر أو معوج ونعين فى داخل هذا السطح نقط أ و ب و ث المتساوية البعد من أ ب ث ثم نعين كذلك نقط أ و ب و ث المتعاعدة من أ ب ث بقدر عرض الزئار فيحصل بهذه الطريقة أولاً وجه أ ب ث المنطبق على المزدوجات ثم نقطع الوجه بالاعلا والأسفل بكيفية عمودية على وجه أ ب ث ونجعل لهذين الوجهين عرضاً لا يتغير من سائر الجهات ثم نقطع الوجه الرابع عمودياً على الوجه الثانى والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

وكذلك

وكذلك كيفية شغل العيسدان التي سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة اذا كان اجراؤه على منوال نموذج في المدن التي على شاطئ البحر بخلاف غيرها من المدن التي ليست كذلك فانه يمكن التساهل في ذلك عند تعسر توضيحه

وقد يستعمل في العمارات المدنية السطوح المعوجة لاجل قطع اجزاء عقد بعض القبوات والسلام

ومن المعلوم ان درج السلام ينبغي ان تكون مستوية واقفية في الجزء الذي يستقر عليه قدم الانسان الصاعد او الهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة

ا ب ث ف ه و د ه ف ع ش الخ كما في (شكل ١٦)

الذي يشاهد فيه التحامات **ب ث و ه ف و ع ش الخ** التي بواسطتها تكون كل درجة مستندة على الدرجة التي تحتها ومستندة للدرجة التي فوقها وفي السلام المتوازية الدرج تكون التحامات **ب ث**

و ه ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وتكون صورتها كالاشكال المتوازية الاضلاع

ولكن اذا كان اتجاه السلم مخنيا بحيث يطلق عليه اسم الدوران كانت مسألة الدرج من المشكلات التي يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر (شكل ١٧) ان عرض الدرج مختلف في كل نقطة من نقطه وذلك لانها تكون ضيقة جدا من جهة **و** التي هي عقدة السلم وتوسع في العرض كلما

برزت وبناء على ذلك يكون انحدار السلم المقاس بخط **ع ف ث** (شكل ١٢) الاسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذن يدنو

التحام الدرج وهو **ف** العمودى دائما على **ع ف ث** من المنتصب عندما يقرب من ظاهر السلم ويدنو من الافقى عندما يقرب من عقدة السلم

ثم ان توالى اعمدة **ه ف** على الضلع الداخل وهو **ه** يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذى فى شكل ٩ و ١٠ فاذن يكون
التحام الدرجتين المتواليتين وهو **ه ف** سطحا معوجا فاذا قطعنا جميع
الاجزاه المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا
الارسم وجه الالتحام وهو **ه ف**

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمد من نقط القسمه
التى هى ١ و ٢ و ٣ الخ المعينه على الضلع الداخلى وهو **ه**
(شكل ١٧) مستقيما ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ
اعمدة على هذا الضلع ومتصلة بالضلع الداخلى وهو **و ب** بدون
واسطة

ويتبين لنا من (شكل ١٨) ارتفاع درجة **ه ب** العمودية على
ه ه ومن ثم تكون ١ ه و ٢ ه و ٣ ه الخ دالة على ١ و ١
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا ممدنا فى (شكل ١٨) ١ ه و ٢ ه و ٣ ه الخ عمودية على
١ ه و ٢ ه و ٣ ه الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين
فى **ه ه** بالنظر للنقط المتقابلة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فيكنى اذن أن
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة زوايا ١ ه و ٢ ه و ٣ ه الى
يوجد فى كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التحام **ه ف**
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحا تاما اذا بينها المعلمون بموجب ارائيك من
الخشب اراجص

ثم ان السلام المعبرة كالسطح المتصل ولومن جهة سطحها الاسفل تكون من
قبيل السطوح الخزونية التى لها منفعة عظيمة فى الفنون (راجع الدرس
الثانى عشر)

(الدرس الحادى عشر)

*** (في بيان سطوح الدوران) ***

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية وجب أن نشرع في ذكر
سطوح الدوران فنقول إنها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في القنون
وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتحدثها الظواهر الطبيعية نصب
اعيننا على الدوام

فإذا فرضنا خطاً منحنيًا مثل أ ب ث (شكل ١) وادرناه حول محور أ ث فإن السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة أو حركة الدوران وبالعامة في كل كانت تلك الحركة تامة بأن كان مقدارها 360° درجة فإنها تسمى دورا

ثُمَّ انْ كَلَامًا مِنْ نَقْطِ بَ وَ بَ وَ بَ وَ بَ الْخِ يَرْسُمُ فِي هَذِهِ الْحَرَكَةِ دَائِرَةً
وَتَكُونُ جَمِيعُ مَسْتَوِيَّاتِ هَذِهِ الدَّوَائِرُ وَهِيَ بَ وَ بَ وَ بَ وَ بَ وَ بَ وَ بَ
الْخِ مُتَوَازِيَةٌ وَعُمُودِيَّةٌ عَلَى مَحْوَرِ أ الَّذِي عَلَيْهِ مَرَاكِزُهَا وَهِيَ
و وَ و وَ و الْخِ وَقَدْ تَقَدَّمَ لَنَا ذِكْرُ هَذِهِ الْخَوَاصِ الْمُخْتَلِفَةِ فِي الدَّرْسِ
السادس

وليس بل لازم ان يكون المنحنى ا ب ب ب ث مستويا حتى يحدث عنه
سطح دوران عند ادارته حول ا ث وذلك انه اذا مدد من جميع نقط الخط
المنحنى وهى ب ب ب ب و ب ب ب ب الخ عمود ب و ب و
و ب و ب و على محور ا ث فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان
اذا كان مدها فى مستو واحد ويحدث عن نهاياتها وهى ب ب ب ب
و ب ب ب ب الخ منحن مستو يرسم عند ادارته حول المحور سطح دوران من
جنس ذلك المنحنى

وهذا المنحنى المستوى الذى يحدث بإدارته حول محور $\overline{أ ب}$ سطح الدوران يسمى دائرة نصفها هذا السطح ومن هنا سميت دائرة $\overline{ب ب'}$ و $\overline{ب''}$ الخ التى سطوحها عمودية على المحور وموازية لبعضها دوائر متوازية ومتوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الاشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة ودوائر او منحنيات اخرى واجتماع هذه الخطوط يمكن ان نصنع عددا جناس مختلفة من سطوح الدوران يظهر منها تنوعات متميزة تمايزا ماعلى حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبين على التوالى سطوح الدوران السهلة المهمة فى الصناعة فنقول

(بيان سطوح الدوران المتولدة)

(من حركة خط مستقيم)

اذا كان خط التولد عمودا على المحور فانه يرسم عند ادارته حول المحور المذكور مستويا وقد ينسب فى الدرس السادس الطرق المتنوعة التى تحدثها هذه الخاصية فى القنون لاجل صناعة سطوح مستوية

واذا كان خط التولد المذكور موازيا للمحور $\overline{و و'}$ (شكل ٢) فانه يرسم اسطوانة مستديرة وهى التى سبق ذكرها وخصيتها وتطبيقها على الصناعة فى الدرس الثامن

واذا كان الخط المذكور مارا بنقطة من محور $\overline{و و'}$ (شكل ٣) وماثلا بالنسبة لهذا المحور فانه يرسم مخروطا مستديرا قد ذكرنا خاصته وتطبيقه على الصناعة فى الدرس التاسع

واذا لم يكن ذلك الخط موازيا للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الآخر فان الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفا لاتجاه

واذا لم يمر خط $\overline{أ ب}$ المستقيم بمحور $\overline{و و'}$ امكن ان نفرض خطا ثانيا مثل $\overline{ا-}$ موضوعا بالتماثل لمستوى $\overline{و و'}$ المار بهذا المحور وتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة **ح** الموضوع على مستوى التماثل وإذا
 ادركنا مستقيمي **أ ب** و **أ ر** بحركة متساوية حول المحور ليقربا
 أو يبعدا مع التساوي عن مستوى **و و** فإن ذلك المستوى يكون دائماً
 مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى
 المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل وخطي **أ ب** و **أ ر**
 المستقيمين فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على
 مستوى **و و** فإنه يحدث عن نقط تقاطعهما خط منحني وهو دائرة نصف
 نهار سطح الدوران المتولد من مستقيمي **أ ب** و **أ ر** ويتولد أيضاً
 من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادارتهما حول **د و** السطح
 المذكور وشكل **٤** يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا
 السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة إذا بين لهم المعلوم ذلك
 على أن يزل بداثرتين من القوى متصلتين بمحور وبخيط متساوية الميل في
 جهتين متقابلتين

(بيان المقرض)

قد صنع العلم فرى وهو من قدماء المهندسين مقراضاً عظيماً نصلتان
 مستقيمتان أحدهما ثابتة وهي **أ ب** (شكل **٤**) والآخرى وهي **أ ر**
 دائرة حول محور **و و** وهي دائماً مماسة في دورانها للدولى وتقطع ما بينهما
 من الاجسام

(بيان محلات الغزل)

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل **أ ب** و **أ ر** دائرتين
 حول محور **و و** وهذه المحلة إذا لف الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها
 وإذا اردنا أن نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملفوف على وسطها فالتقرب
 القضيبين من المحور بطريفة ميكانيكية سهلة

(بيان الكرة)

يكفى لعمل هذا السطح تدوير دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) حول قطر من اقطارها مثل $\overline{أ ب}$ وحيث ان جميع نقاط محيط دائرة نصف النهار التي هي $\overline{أم ب ن}$ متساوية البعد من مركز $\overline{و}$ فكذلك تكون على بعد واحد من هذه النقطة التي هي المركز اذا ادركنا تلك الدائرة حول محور $\overline{أ و ب}$ فاذن تكون جميع نقاط سطح الكرة على بعد واحد من مركز $\overline{و}$ الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار هي $\overline{أم ب ن}$ سواء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز $\overline{و}$ اقرب او ابعد من نقطة محيط $\overline{أم ب ن}$ فاذن تكون كل نقطة من الفراغ الموجود في مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة وقريبة منه اذا كانت في داخلها

وحيث ان تكون جميع نقاط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ما عداها من النقاط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مار بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع نقطه على بعد واحد من المركز المذكور بمقدار يساوي نصف قطر الكرة ويكون هذا المنحنى دائرة فاذا ادركنا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها حدثت اكر متحدة المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمنزلة كرة واحدة

وكل وتر مثل $\overline{م د}$ من دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) يكون اصغر من قطر $\overline{م ن}$ ويزداد صغره كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت

الدوائر حول محور $\overline{أ و ب}$ العمودي على وتر $\overline{م د}$ فان نصف وتر $\overline{م د}$ يرسم مستويا وترسم نهايته محيطا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة فاذن ينتج اولان كل قطع مثل $\overline{م د}$ حادث عن مستوى الكرة يكون دائرة وثانيا ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى والاعظمى من الكرة
وثالثا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة

*** (بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة) ***

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور المخرطة الذي هو AB الجسم
المطلوب خروطه على صورة كرة ثم نعين على AB اي بعد من هذا المحور نصف دائرة
 AP التي قطرها AB وموازله فاذا اخذنا آلة قاطعة
تبرز بقدر PM المساوي لما بين A و B من البعد ووجهها
بالتوازي على امتداد AP فان سنها الذي هو M يرسم دائرة نصف
النهار التي هي AMB فاذا وجدنا وجهها المخرطة فان هذه الدائرة
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزاحق ساقيها وهو P على طول
دائرة AP التي مركزها O عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة
دائما نحو O التي هي مركز دائرة AMB و AP فن الواضح ان
ان كلامنا PM و PM يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين
المذكورتين حين يقطع P دائرة AP وينبغي ان يكون دائما M
مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمكن سن الآلة على سطح الكرة مع
الثبات

ويمكن صناعة اربو واسطة الصب وبذلك تصنع كال المدفع التي هي اكر ممتلئة
ولاجل صناعة الجب والابوس التي هي اكر مجوفة ينبغي صناعة قالب تكون
صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما ممتلئة مثل A
والاخرى مجوفة وهي BBB وبين هاتين الكرتين نصب الجب
والابوس فيرى من ذلك ان صحة العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي
ان يكون لجزء A و BBB شكل كروي تام الثانية ينبغي

م د شه يكون مشابها للمثلث القائم الزاوية الذي هو و ع غ الحادث
عن و ع العمودى على وتر م د وعن ع العمودى على محور
او ثم على د شه وعن و ع العمودى على م شه

فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو د شه
: م د :: ع غ : ع و :: المحيط الذى نصف قطره ع غ او الذى
قطره ع ي الى المحيط الذى نصف قطره ع و او الذى قطره ا ب
وذلك اذا فرضنا ان عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر
بين و ع و و م = و ا الذى هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان
م د x محيط ع ي = د شه x محيط ا ب ولكن ع ي
= $\frac{1}{r} (2m + 2d)$ فاذن ينتج ان م د x $\frac{1}{r}$ (محيط م م)
+ محيط د د = د شه x محيط ا ب

والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذى هو م م د د
والحد الثانى هو محيط دائرة نصف النهار مضروباً في د شه الذى هو
ارتفاع المخروط الناقص

فاذن متى كان كثير الاضلاع الذى هو م د ح الخ متكوناً من عدة اضلاع
صغيرة جداً فان السطح المتولد منه يكون مساوياً لمحيط دائرة نصف
الكرة مضروباً في مجموع ارتفاعات د شه و ع شه الخ من المخاريط
الناقصة المتولدة من دوران اضلاع المضلع فاذن ينتج

اولاً ان سطح الطيلسان الكروى وهو م ا م يكون مساوياً لمحيط الدائرة
الكبرى مضروباً في سهم الطيلسان وهو ا و

ثانياً ان سطح الكرة يكون مساوياً لمحيط دائرة القطر الكبرى مضروباً في قطر
هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة ا م ب م الكبرى يساوى المحيط مضروباً
في نصف نصف القطر اى ربعه كان سطح الكرة مساوياً لسطح الدائرة
الكبرى او دائرة نصف النهار اربع مرات واذا علم انه لاجل تغطية دائرة

أ م ب م أ من جميع جهاتها (شكل ٩) يلزم مقدار ما اوسط سطح من الرسم اومن صفائح النحاس والحديد والرصاص وغير ذلك ويستنتج منه انه يلزم مقدار يساوى اربعة امثال المقدار المذكور من ادوات الرسم اومن الصفائح المعدنية لتغطية الكرة بتمامها التي دائرة نصف نهارها هي الدائرة المتقدمة وكذلك يغطى نصف الكرة التي قاعدتها الدائرة المتقدمة بمقدار على النصف من المقدار السابق

(بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها)

اذا اعتبرنا ان سطح الكرة مركب من اوجه صغيرة جدا كثيرة العدد امكن ان نعتبر ان كلامنا هذه الواجهة مستوي يكون قاعدة لهرم رأسه في مركز الكرة فيكون مجموع هذه الاهرام هو عين حجم الكرة وحيث ان حجم كل هرم يساوى سطح قاعدته مضروبا في ثلث ارتفاعه الذي هو هنا ثلث نصف القطر فان حجم الكرة التام يساوي مجموع الواجه الصغيرة التي جعلت عوضا عن سطحها مضروبا في ثلث نصف القطر وعلى ذلك يكون قياس حجم الكرة مساويا بالسطحها مضروبا في ثلث نصف قطرها او يساوي اربع مرات سطح دائرتها الكبرى مضروبا في ثلث نصف القطر

وسياتى ان حجم قطاع الكرة وهو $و م ا م و$ (شكل ٩) يكون مساويا لحاصل ضرب سطح طيلسان $م ا م$ في ثلث نصف قطر الكرة فاذا طرحنا من هذا الحاصل حجم مخروط $م و م$ فنحصل معنا حجم القطعة الكروية وهي $م ا م = \frac{1}{3} \text{ محيط } ا م ب م \times او \times او - \frac{1}{4} \text{ محيط } م م \times و و \times م و$

ثم ان الطريقة التي نستخرج بواسطتها الكرة تفيدنا في شأن هذا السطح طريقة تركيب تستعمل بكثرة في الفنون فاذا لزم تغطية قبة كروية بصفائح مستوية من المعادن او من اى مادة كانت نقسم تلك القبة بعدة مستويات متوازية الى مناطق او قطع مستديرة مثل $م م و و و و ح ح الخ$ (شكل ٩) ونفرض انها مخروطية فتكون قابلة للتناثر وها هي الطريقة

التي يرسم بواسطتها المخروط الناقص الذي هو $\overline{م م د}$ المنتشر
وهي أن $\overline{م د}$ و $\overline{م د}$ (شكل ٩) حتى يتلاقيا في نقطة $\overline{ض}$ التي
هي رأس المخروط الذي مخروط $\overline{م م د}$ جزء منه فإذا نشرنا هذا المخروط
فجميع تقط كل قاعدة مثل $\overline{م م}$ و $\overline{د د}$ التي هي على بعد واحد من
رأس $\overline{ض}$ (شكل ٩) تنتشر على حسب قوسى الدائرتين وهما $\overline{م م}$
و $\overline{ن ن}$ (شكل ٩ مكرر) اللذان مركزهما واحد وهي
نقطة $\overline{ض}$

وينتج (شكل ٩ و ٩ مكرر) ان محيط $\overline{م م} =$ قوس $\overline{م م ك م}$
ومحيط $\overline{د د} =$ قوس $\overline{ن ل ن}$ وإذا كان المطلوب معرفة مقدار
زاوية $\overline{م ض م}$ نقول ان قوس $\overline{م م ك م}$ يساوى المحيط الذى
نصف قطره $\overline{م}$ و غير ان نسبة المحيط الى المحيط الذى نصف قطره $\overline{ض م}$
:: $\overline{م د} : \overline{ض م}$ فاذن يكون المحيط الذى نصف قطره $\overline{م د}$

$$= \overline{م م ك م} = \text{المحيط الذى نصف قطره } \overline{ض م} \times \frac{\overline{م د}}{\overline{ض م}}$$

حينئذ قوس $\overline{م م ك م}$ هو كتابة عن $\overline{ض م} \times ٣٦٠^\circ$ من
المحيط الذى نصف قطره $\overline{ض م}$ وتكفى عملتنا الضرب والقسمة في تحصيل
عدد درجات زاوية $\overline{م ض م}$ وبذلك نتحصل هي نفسها ومتى عرفنا هذا

العدد فالتا نرسم مع $\overline{ض م} = \overline{ض م}$ و $\overline{ض ن} = \overline{ض د}$
الى هي انصاف اقطار قوسى $\overline{م م ك م}$ و $\overline{ن ل ن}$ (شكل ٩

مكرر) فيتحصل حينئذ منطقة $\overline{م م ن ل ن}$ التي عند
انثنائها الطبيعى الحاصل باتصال طرفى $\overline{م ن}$ و $\overline{م ن}$ يحدث المخروط

الناقص الذي هو م م م م (شكل ٩)

وقد يصنع السمكري اوصانع المقوى بواسطة صفائح من المعدن او من المقوى
مجزأة الى مناطق مستديرة ملتحمة او ملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة
للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها ويتفهمها في ذلك الطريقة
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البنائون والنجارون
وبعد أن ينسأ طريقة صناعة السطح الكروي بخاريط لازم ان ينين طريقة
صناعته باسطوانات فنقول

انفرض اننا نمر من محور الكرة الذي هو **أوب** بعدة دوائر مستوية من
دوائر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول
هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا وتصور زيادة على ذلك جملة
مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا
الكرة الى دوائر متوازية وثانيا تقطع دوائر انصاف النهار الى عدة نقاط
تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدوائر فتكون تلك النقاط رؤسا
للاشكال المضلعة المنتظمة المتشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية لجميع
الاضلاع المتوازية المتحددة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة تمر اضلاعها دفعة
واحدة بدوائر نصف النهار المتواليتين فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية
متشابهة من حيث سطحها لشقق قاوونة مضلعة وكلما كثرت اضلاع المناطق
المذكورة قرب السطح الحادث عنهما من سطح الكرة

(بيان اجراء العملية)

قد يجمع على هذا المنوال بواسطة شقق اسطوانية لاجل صناعة اكر او قطع كرة
الحريير المصغ والجلد والمقوى والحريير الخالص والورق والقز وما شبه ذلك
مما يستعمل في صناعة القباب الهوائية والمنشآت الصغيرة المثلثة بالهواء
والاكر التي يلعب بها والاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية
والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التي على هيئة نصف الكرة
المستعملة لمنع ضرر ضوء المسارج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مظللات الشمس والمطروفي وقاية العين معيناً بواسطة سلول من الحديد
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشقق الاسطوانية التي
يحدث عن مجموعها سطح تكون التماماته او محيطه دوائر انصاف نهارة
واحدة

وتكون فيه عروض $\overline{م م} = \overline{م م}$ و $\overline{ن ن} = \overline{ن ن}$ الخ
(شكل ١٠) من احدى تلك الشقق مناسبة لنصف القطر اللذين هما
 $\overline{و م}$ و $\overline{و ن}$ من الدائرتين المتوازيين وذلك لان مثلثي $\overline{و م م}$
و $\overline{و ن ن}$ متشابهان فعلى هذا اذا كان $\overline{و م}$ و $\overline{و ن}$ هما نصفا
قطري الدائرتين المتوازيين المطابقتين لخطي $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ تحصل
معناها التناسب وهو $\overline{و م} : \overline{و ن} :: \overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م}$
: $\overline{ن ن}$ فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شقة
وبذلك نعرف شكل هذه الشقق

(بيان اجراء العملية في علمي الجغرافيا والهيئة)

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين استعمالاً مفيداً
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغير الكرة
الا قليلاً

وقد مكث الناس قروناً عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع
جهااتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علماء الهيئة ان الارض مسطحة
من جهة وبارزة من جهة اخرى عمودية الا بمعرفة خواص الهندسة
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد

وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور
بهذه الكيفية

وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يترأى لهم ان السماء
تدور حوله دورانا تاما في ظرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسموا

بسطوح دوائر انصاف النهار كل ما مر منها بهذين القطبين وجعلوا دوائر
انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجعلوا
المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة
مستويات متوازية وعمودية على الارض

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من
بعضها وكانت دوائر انصاف النهار هي التي تقاس بها المسافة الفاصلة
للمتوازيات على السطح المذكور

وكل متوازي يمر سطحه بمركز الارض فهو اكبر المتوازيات ويسمى بخط
الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما نصف
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد
فرانسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخر يسمى جنوبيا
تسمية له بامم القطب المشتمل هو عليه

فاذا فرضنا ان هناك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد
فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات
وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزءا متساوية اعني الى ٣٦٠ وهي
درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المنحصرة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار
المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزءا متساوية بمستويات دوائر
انصاف نهار كرة اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠
جزءا متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم
دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزءا متساوية وهي درجات العرض وقد
يقسم بعض المتوازيات المتوسطة تقسيما ثانويا تلك الدرجات الى دقائق وثوان
ونوالت وهلم جرا

(بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية ليعتبر بها تخطيط الاماكن) *

كما ان سطح المستوى يتقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية
ليتين بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك يتقسم سطح
الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستين بهامع
الضبط والصحة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة
كوضع المدن ومجاري الانهار واتجاه سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر
وتحو ذلك

فانه متى عين في نصف الكرة ما يكون عليه وضع المكان من المتوازيات
او دوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معينا تعينا تاما وطريق ذلك
ان نعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهو ان نبتدى من
٠° و ١° و ٢° و ٣° الى ٩٠° ويكون ذلك من خط الاستواء الى
القطب الشمالى من الجهة الاولى والى القطب الجنوبى من الجهة الثانية ونعد
ايضا دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان نبتدى في العدم من ٠° و ١°
و ٢° و ٣° الى ١٨٠° من درجات الطول ويكون ذلك من دائرة نصف
النهار التى تمر برصد خانه باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات
المغرب فاذا وصل الانسان الى ١٨٠° من درجات الطول كان على دائرة
نصف نهار باريس

ومتى عرفنا بهذه الكيفية وضع اى نقطة من الكرة على احد نصفي الكرة
كفى في الوقوف على وضعها الحقيقى الذى لا يلبس بوضع آخر ان نعرف عدد
الدرجات الذى يدل على طولها والذى يدل على عرضها
وانقع عملية في الجغرافيا والهيئة والملاحة هى التى عرف بها وضع المدن
الشهيرة والجهات العظيمة من الكرة بواسطة عدد الدرجات وكنسورها
في الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجملة فهذه الطريقة تستعمل
كما رأيت في تعيين وضع اى نقطة على الكرة بواسطة عددين وهى اقرب شيها
بالطريقة التى تستعمل في تعيين وضع اى نقطة على مستوي بواسطة
عددين

وقد تستعمل احدى الطريقتين في رسم سطح الارض الكروى على خارطة
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التى هى $\bar{a}$ و $\bar{a}$
و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ الخ (شكل ٢ لوحة ٥)
ودوائر انصاف النهار المنفردة على هيئة مستقيم قوس حيث ان الخطوط
المستقيمة المتوازية التى هى $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ الخ
الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لان خط $\bar{a}$ و $\bar{a} = \bar{a}$ و $\bar{a}$
 $= \bar{a}$ و $\bar{a}$ وهكذا مع ان المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط
الاستواء

ولنفرض الان ان تقاسيم $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ الخ
تتبدل بالتناسب الى المتوازيات المقابلة لها وهى $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ و $\bar{a}$
و $\bar{a}$ و $\bar{a}$ الخ فاذا فرضنا ان المربعات صغيرة جدا امكن ان نعتبر ان كل
واحد من المربعات التى رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان
للطول والعرض من المربع الممتد بالتناسب فى الجهتين على الخارطة
المستوية

فحينئذ تكون جميع الاشكال المرسومة على الكرة فى الخارطة المختصرة منقولة
على اجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الاجزاء الصغيرة التى تتركب
منها الاجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جمل زوايا
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر انصاف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل
ما يسمى بالخارطات البحرية

(بيان اجراء العملية فى اتجاه الطرق)

(فى علم الملاحة)

اذا اراد الانسان فى سياحته ان يسلك طريقا واحدة يتولد عنها دوائر
نصف النهار زاوية واحدة فان تلك الطريق ترسم على الخارطة الكروية بواسطة
خط مستقيم ممتد من النقطة التى يعتمد منها السباح الى النقطة التى ينتهى اليها

وبهذا الخط تعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر
سواء كان سيره في بحر كروي الشكل او سطحه ذو تعرجات وانعطافات
واذا فرضنا ان الارض كروية الشكل فانما اراد الجغرافيون بذلك انهم اجمع عدم
تساوي اجزائها المختلفة التي تظهر من سطحها تغاير قليلا صورة سطح الكرة
بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة
لا يساوي جزءا من الف من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم
جرمها

وقد تكون خشونة قشر النار فجة مثلا بارزة بالنسبة لحجمها اكثر من الجبال
الشاهقة بالنسبة لحجم الارض

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط نفرض انه
من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلا نرسم سطح كرة يكون مركزه عين
مركز الارض ونعين عليه دوائر انصاف النهار والمتوازيات المقابلة لدوائر
انصاف النهار الارضية

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة
من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم نعين عدد درجات الطول والعرض اللذين
يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة
المرصودة الى سطح الكرة

وسنبين عند الكلام على معادلة السوائل كيفية قياس ارتفاعات النقاط
المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجعولة حداثا للتشبيه بواسطة الآلة
المسماة بالبارومتر ومثل هذه الاقيسة ليس مما يرغب فيه الانسان كمال
الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خيطان او طرق ليعرف بها
ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهما عند ارادته الذهاب
من محل الى آخر وتستعمل ايضا في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها
دالة على الاقطار الحارة وعلى كثير من الخواص الطبيعية

وزيادة على ما بين الاجزاء الارضية من الاختلاف الكثير الذي يتولد منه

نعريجات قليلة الامتداد او كثيرة وظاهرة قليلا او كثيرا على سطح الكرة
الظاهر ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها بعدد
عن شكل الكرة فتراها مسطحة من جهة قطبيها ومنفتحة من جهة خط
الاستواء فاذن اذا مكث الانسان على سطح الكرة وكان في القطب فانه يكون
قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان في الاقطار المتوسطة ومن باب اولي
اذا كان في خط الاستواء

ثم ان معرفة تسطح الارض مهمة جدا في الصناعة لما ان تسطحها يجعل
درجات العرض طويلة من جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستواء
وله تأثير عظيم في قوة الثقل التي تتقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة في جهة
القطب اعظم منها في جهة خط الاستواء ومن هنا البندول المنقول من القطب
الى خط الاستواء فانك ترى حركته تبطئ شيئا فشيئا واذالم يكن هناك مانع
ترى عمود الهواء الواقع على القطب اثقل من العمود الذي يقع على خط
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية
وغيرها

وسأأتى لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعة
البندول في الاماكن المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج
المستعملة في عدة فنون

(بيان الكرة السماوية)

تستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض
فنفرض اولان السماء كرة محورها ومركزها عين محور الارض ومركزها ونانيا
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة
وحيث ان معظم الكواكب وهي النجوم على بعد واحد من بعضها في الكرة
السماوية كان وضعها الاصلى لا يتغير

فاذا كان هنالك نجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المحور بمعنى انه قريب جدا من القطب كان بمفرده ثابتا اذا تحركت النجوم الاخرى فلذا يسمى بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه يرسم دائرة صغيرة جدا وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة اليها فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذكور في اليوم بتمامه وفي ساعات معلومة منه فاذا عينوا في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يرون من هذه النقط بخط منحن مستمر وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بتحركه الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبمعرفه هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم المنجمون انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستديرا وسطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في سيرها قطوعا ناقصة ويترآى ان ذوات الذنب ترسم قطوعا مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه الخطوط المنحنية (راجع الدرس الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب فبدونها لا يمكن ايجاد خاصية التجاذب العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتجعل لهم الفلك عند المتأخرين علوشان ومزيد اعتبارا كثيرا كما كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقها على الصناعات من ادنى نجاس يصنع فيعالى شكل مخروط قائم مستديرو يقطعه بالانحراف على وضع مائل اذا اراد تطبيقه على اناة مثلا الى اعلام مهندس يحسب سير الاجسام السماوية وشكل المخاريط النظرية التي قواعدها الخطوط المنحنية المقطوعة بمركز الكواكب فان الهندسة في ذلك كله واحدة وكذلك السطوح والقطوع والخطوط المنحنية المستعملة في اسهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

ونقول ان الغرض الاصلى من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التى بدون ذلك يفزع الانسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقف على ما بينها من المشابهة وعلى كيفية اجراءهم اعند جميع الناس حيث انها تستعمل فى اشغال كثيرة نباشر علميتها كل يوم بايدينا اوتسكون نصب اعيننا فلما منع ان نقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التى تطبق على العلوم والفنون والحرف

واذا رصدنا مع التأمل وامعان النظر منظر السماء فى ليلة صحو رأينا الكواكب التى تزين القبة السماوية لا تملك ثابتة بالنسبة اليها بل نراها ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتنخفض جهة المغرب حتى تختفى الى غد

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دائرية وجميع هذه الدوائر متحدة المحورو هو عين محور الارض ولذا كان يترأى انما من منظر السماء كأن القبة السماوية تلهما حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس فى قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التى هى على اعتقاد العامة ثابتة فى مركز الدنيا وبالمهندسة يظهر لنا من هذا المنظر السماوى وما يبدو فى شأنه من التخييلات

وذلك اننا بعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجمعها متوازية فاذا يكون منظر السماء واحدا سواء كان الناظر على سطح الارض او فى مركزها فاذا فرضنا ان الناظر فى المركز وان السماء تدور بحركة تامة منتظمة فى ظرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهوان الارض تدور حول محور الدنيا وفى هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترأى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان اوهابطا بالنسبة

لافتى عدة نقط مختلفة من الارض يكون دائماً على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذا نرى لسان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد مركب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قربها من مخاريطها ثابتة على بعدها الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحد الوفرضنا ان الارض ثابتة والسماء متحركة فمن ثم كانت مشاهد مناظر السماء تعرف بواسطة خاصية سهلة جداً من دوران السطوح والنقط حول محور ثابت فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعني انه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها ومتى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأى المهندسين في شأن السماء والارض

ولست الكثرة بفردها سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقية لان الحلقات التي تستعمل في الصناعة هي نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعلوم ان سائر مستويات دوائر انصاف النهار تقطع الحلقة في دوائر متساوية كما في (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور في دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان الخواص التي يلبسها الرجال والنساء في اصابعهم هي في الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل في الفنون حلقات مثل **ا ب ث** كما في (شكل ١٣)

تربعين **هـ د ش** من رزة **هـ د ش ف** المسمرة في البلاط او في حائط ليحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها جلة حبال

ويستعمل ايضا شكل الحلقة اوجز منها في تزيين العمارات

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما **ا ا** و **خ خ** (شكل ١٤)

الموجودان في رؤس الاعمدة وقواعد ربعين من السطح الحلقى المتولد من

دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة ب ب نصف سطح
حلقى مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذکور

ويستعمل المعمرجى ايضا السطح الحلقى لصناعة القبة ومن ذلك ما يشاهد
في العمارة الظرفية التي بسوق القمح بباريس من القبة الظرفية التي على
شكل نصف كرة مثل ا ب ث كما في (شكل ١٥) حولها سطح

حلقى جانباه مركبان من نصف كرتى ا د ه و ث ف غ
وقد تركب الانية المستديرة القديمة التي على هيئة (شكل ١٢) من اجزاء

اسطوانية مثل ا ب و ث د و ه ف و ع ش ومن اجزاء
حلقية ايضا مثل م ن و ح خ و ر ض و ط ع و س ه
وحين يضع الخجار الخرطة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة
من حديد فارته سطوحا حلقية

ويكون ناقوس ا ب ث د ه (شكل ١٧) المستعمل للدق
في المعامل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزاء
مخروطية ومن اجزاء حلقية

ثم ان البحارة يستعملون حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمون بها بالقشرة
ويعلقون على هذه الحلقة حبلان يكون مسكنه تجويفها الخارجى ويشد
طرفاه بحيث يتعذر خروج الحلقة منهما ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها
بدون مانع

وقد اجتمع علماء الهيئة زمن اطويلا في ظواهر زحل وخاتمه الذى يظهر مع
التدرج بجهتيان مختلفتين مثل آ و آ و ٣ الخ كما في (شكل ١١)
ولم يمكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تبجروا في المعارف الهندسية
عرفوا بغاية السهولة ان خاتم زحل الذى تتغير مناظره وهى آ و آ و ٣
ويكتف تارة كرة زحل وتارة يقطعها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والنظم
وتكفي طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور

والسطح الحلقى الذى يستعمل في الفنون بكثرة هو الطارة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من جهة محيطها على هيئة سطح حلقى متولد عن دوران قوس دائرة ويحدث ايضا عن قطع عجلات عربية مثل م و م و م (شكل ١٨) سطح دوران حلقى ويكون جزء هذه العجلات الذى فى مركزها مصمتا وهو ما يسمى بقلب العجلة وهو **أ ب ش د** ويضم سطح الدوران المذكور بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التى تصنعها القطع وتكون القطع المذكورة المترتبة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد يتصلب بها اطراف القطع التى هي مسطرة عليها

وهناك عجلات تكون سائر انصاف الاقطار بالنظر اليها فى مستوا واحد مثل ر ر ر ر وحينئذ تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار **ض ض و ض ض** الخ بالنظر اليها متجهة كاصلاخ المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها فى حد ذاتها سطح مخروط ومن هذا القبيل العجلات المخروطية

وعند ذكر الخواص الميكانيكية للعجلات نبين ما لنوعى سطوح الدوران المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الاثقال

وسطح البراميل هو احد سطوح الدوران التى اشتهرت دون غيرها بساذجية تركيبها لانها مركبة من الواح رقيقة السمك تسمى دوفو ملتصمة باضلاعها الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر **أ ب و ا - و ش د** كما فى (شكل ١٩) وبقيت على ذلك الطى حدث عنها سطح دوران متواز ياتنه هي عين الدوائر وجوانبه هي التحامات الدوفو

ولاجل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستويا مستديرا من الواح اخرى رفيعة جدا تسمى بالقاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطية ليدخل في حزم مستديري يسمى مدخلا
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسبا أن يضمها من الطرفين
بان يهد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير
ولا يتوقف هذا العمل الاعلى مجرد النظر فلذا كان ينشأ عنه عدم الانتظام
الذى يضرب بصناعة البراميل

ويجب علينا ان نهتم باستعمال طرق هندسية لتجعل للدفوف شكلا كاملا
الانتظام فلنفرض ان كل دف يتثنى بين ثلاث نقط ثابتة كنقط **ا** **و** **ب**
ث او اكثر (شكل ٢٠) وان **و** وعبرة عن محور برميل دفة **ا ب ث**
فيتحصل معنا قارة سلاحها موضوع في المستوى الجانبي بمعنى انه يمر بحور
و و ولنفرض ان هذا السلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذكور وتارة
يمكن سيره ورجوعه في مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت القارة
على وجه لائق من دف **ا ب ث** فالتا نصنع الوجه الصغير والامن اعلاه على
حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانيا بقلب هذا الدف
اي جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية
الضبط

وقد اسسوا بتمتضى هذه الطريقة فبريقة عظيمة في مدينة غلاسكوونية
ببلاد ايقونيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الا في فرنسا ايضا
فبريقة يظهر انما نجحت في هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع
عموديا على المحور ثم نحفر الحزم المسمى مدخلا بقارة مشابهة للجنكاروهى آلة
من آلات النجارة لها ضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف
بجلاف سلاح القارة الرفيع البارز فانه يكون على قضيب قائم على
بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل حفر المدخل ثم تقطع القاعات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوي نصف قطر المدخل ومتى تم ذلك نبسط الدفوف من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات في المدخل ثم يرتق البرميل بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب والحديد عوضا عن الدوائر الوتئية المستعملة لصناعة البرميل المذكور

والبراميل هي اعظم ما يتخذ من الخشب في صيانة المائعات بحيث لا يفقد منها شيء وهذا انما يكون في صورة جودة الخشب واتقان صناعة البراميل ومن جملة تنظيم وسق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاني التي تشغل عدة طبقات مثل أ ب و ث د و هـ ف كما في (شكل ٢١) وتسمى بالصف الاول والثاني والثالث من طبقات التنظيم ومن الضروري ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التي تشغلها براميل الزيت والماء والعرق وما اشبه ذلك من باطن السفينة المسمى خنا وكذلك المسافة التي تبقى لحمل المواد الاخر التي يتم بها وسق السفينة

(وما ينبغي التنبيه عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف هي م و د و ح المفروض تساويها متلاصقة فاذا تكون مراكزها الثلاثة متباعدة عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا مددنا في مثل م د ح من رأس د خطا مستقيما كخط د هـ ثم عودا على م ح وفرضنا ان م هـ = ش ح = ١ نتج ان م د = ٢ ثم انه بمقتضى خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان د هـ = ش م = ٣ - م هـ = ٤ - ١ = ٣

ويؤخذ من ذلك ان خط د هـ يساوي تقريبا ٧٣ و ١ الا ان مركزي م و ح يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر البتاني = ١ فاذا يكون مقدار ارتفاع مركز د فوق الارض ٧٣ و ٢ اذا كانت بنية د موضوعة وضعها كما على بنية ح كان ارتفاع مركز د فوق الارض مساويا لنصف القطر ثلاث مرات فاذا يتوفر من نعيش كل صف من البراميل ٢٧ جزأ من مائة من نصف القطر تقريبا

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزءاً من مائة من نصف قطر
البناتي يضيع من الانسان مسافة كبيرة وينع هذا الضرر باستعمال
صناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع فيها مياه السفن وتحفظها
حفظاً جيداً

وقد يصنع في الترسانات البرية والبحرية بواسطة الكلال ودانة الابوس والجب
وغيرها من الدانات المجموفة التي قطرها واحد وعيارها واحد كيان منتظمة
بمستويات اقية كما في (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيان في العادة
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي واوجهها ثالثة الوضع
(ولاجل معرفة عدد الكلال التي يحتوي عليها كوم يكون على شكل منشور
ناقص منتظم ككوم (شكل ٢٢) نحسب اولاً مقدار الكلال التي في احد
اوجه مثلث AB فاذا عددنا مثلاً ما في صف r من الكلال وجدناه
يبلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + r)$$

فنضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكلال التي في الصفوف الطرفية وهي
 $11 + 10 + 9 + \dots + 1$ الدالة على اضلاع المنشور الناقص المنتظم
وهو AB ث AB ث

وليكن $\square$ مثلاً عبارة عن عدد كلال صف 11 فيكون كل من صفي
 $10 + 9 + 8 + \dots + 1$ محتوي على كلال صف $r - 1$ اكثر من احتواء
صف 11 عليها فينتهي يكون $11 + 10 + 9 + \dots + 1 = 55$
 $+ 10 + 9 + 8 + \dots + 1$

فاذن يكون مقدار مجموع كلال الكوم $\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + \dots + r)$
 $\times (3 + 2 + 1 - r)$ ومعرفة هذا الحاصل سهلة
فاذا لم يكن في صف 11 الاكلة واحدة فان المنشور يصير هرماً مربعياً
عدد كلاله

$$\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + \dots + r)(3 + 2 + 1 - r)$$

او $\frac{1}{4}$ (١ + ٢ + ٣ الخ + ر) (٢ + ر + ١) واذا كان
الكوم مثلثيا فان $\overline{11} = \overline{1} + \overline{ب} = \overline{1} + \overline{ا} + \overline{ث} = \overline{ر}$ فاذن
ينتج ان $\overline{11} + \overline{ب} + \overline{ث} = \overline{ر} + \overline{ر} + \overline{ر}$
فاذن يكون عدد كل الكوم المثلثي الذي صفوف كاله $\overline{ر}$
(١ + ٢ + ٣ الخ + ر) $\times \frac{1}{4}$ (٢ + ر)

(الدرس الثاني عشر)

(في بيان السطوح الخلزونية)

ينبغي لتساقيل الشروع في بيان خواص السطوح الخلزونية وتطبيقاتها على
الفنون ان تختبر المنحنيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح
وذلك بان نرسم مستطيل $\overline{وش}$ كـ (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية
العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل $\overline{ا} - \overline{ب}$ و $\overline{ب} - \overline{ث}$
و $\overline{ث} - \overline{د}$ الخ ونمد خطوط $\overline{اا}$ و $\overline{بب}$ و $\overline{ثث}$ و $\overline{دد}$ المائلة
وهلم جرا فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها حيث انها تقطع
متوازيات اخرى مثل $\overline{اب} = \overline{ا} - \overline{ب}$ و $\overline{بث} = \overline{ب} - \overline{ث}$
و $\overline{ثد} = \overline{ث} - \overline{د}$ وغير ذلك الى اجزاء متساوية

ولنفرض الان ان المستطيل المذكور ينثنى حتى يصير على صورة شكل
اسطواني يكون احد اضلاعه $\overline{وش}$ ونعلق الاسطوانة بالكفة بحيث
ينطبق ضلع $\overline{اك}$ على $\overline{وش}$ انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة $\overline{ا}$
على نقطة $\overline{و}$ و $\overline{ر}$ على $\overline{ا}$ و $\overline{ث}$ على $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ على $\overline{ث}$ وهلم
جرا حيث كانت الاضلاع موازية لضلعي $\overline{وش}$ و $\overline{اك}$ كانت معينة
على مستطيل $\overline{وش}$ كـ $\overline{ا}$ بمخطوط $\overline{حح}$ و $\overline{رض}$ و $\overline{طع}$
الخ المستقيمة الموازية لضلعي $\overline{وش}$ و $\overline{اك}$ الان هذه الخطوط المستقيمة
المتوازية تقطع على المستطيل مائلات $\overline{اا}$ و $\overline{بب}$ و $\overline{ثث}$
و $\overline{دد}$ الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه المائلات متوازية وبالجمله
فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الزوايا المتألفة من مائلات ١١ و ب - و ث ث الخ (شكل ١)
ومن اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ لا تتغير
فحينئذ اذا انضمت مائلات ١١ و ب - الى الاسطوانة في نقط
ا و ب و ث و ث و ث و ث الخ (شكل ١) حدث عنها
منحن يتكون منه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته
وهذا المنحنى المنفرد هو الذى يطلق عليه اسم الخط البريمى او الحلزونى
الاسطوانى

واذا انثنى المستطيل بحيث يحدث عنه اسطوانة فاعدها دائرة تحصل الخط
البريمى المستعمل كثيرا فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران فى زمن واحد من نقطة ش احداهما على
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يمران فى زمن واحد بخط ح خ
اولا وبخط ر ص ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل
لنا بمقتضى خاصية الخطوط المتناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ غ :: ش ص : ص ض :: ش ع : ع هـ
وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش ث من قاعدة ش ك
بكميات خ غ و ض ض و ع ع الخ مناسبة للبعد بين ضلع
وش و اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ

وبناء على ذلك اذا ادركنا حول الاسطوانة احد اضلاعها كضلع ش و
وكان هنالك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة
بالنقطة والضلع المذكورين متناسبة فان النقطة المذكورة ترسم خطا بريما
او حلزونيا كالخط المرسوم فى (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحلزونى
خادما من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك
المحور بالنسبة للكمية التى تدورها حول المحور المذكور

وبناء على ذلك يمكن للخراط ان يرسم شكلا حلزونيًا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدورها الاسطوانة حول المحور المذكور وبناء عليه ايضا ينبغي في كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزوني ان تكون آلة الخراط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوي من جميع جهاته هو المسمى بخطوة الخط البريمي أو الحلزوني فاذا ان تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريمي أو الحلزوني المقيسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهي الخطوة الحلزونية

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع او غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا نضع شكلا ثانيا مما ثل الاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فنحدث شكلا حلزوني متجه اتجاهه ماضا لاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم في (شكل ٣)

وحلزون (شكل ٣) هو الدائر جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائر جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان الملتقيتان متساويتين كما في شكلي ٣ و ٤ وكانت خطوة البريمة ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائر جهة اليمين يكون مماثلا للحلزون الدائر جهة الشمال

* (بيان شكل البريمة الحلزوني) *

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير حول هذا المحور اي شكل مستو كمثلث (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البرمات على المجوفات والمحدبات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثلث او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على طول الخط البريمي مع ملازمته لصورة مولده في وضع واحد بالنسبة لآلة الخط البريمي ولاتجاه محور الاسطوانة

ويطلق اسم البريمة على اسطوانة **أ ب د** (شكل ٥ و ٦) التي تحتوى

على البرمة فوق سطحها المحدث ويطلق ايضا اسم بيت البرمة على الاسطوانة
المجوفة التي لها برمة حلزونية الشكل محفورة في سطحها المجوف
فاذا كان هناك اسطوانتان قطرهما واحد وكان الحلزون المتقدم مرصوما
على محيطهما ورسمنا فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احدهما
محدبة والاخرى مجوفة يحدث من ذلك برمة وبينها ويكونان متحدتين في البرمة
والخطوة فاذا نقول انه يمكن ادخال البرمة في بيتها بان نجعلها تسير وتدور
في ان واحد بدون ان تترك شيئا من الفراغ بينها وبين بيتها وبدون ان ينقص من
حجمها شيئا في سائر الجهات

واذا فرضنا اننا نبدأ بادخال طرف البرمة المحدث من البرمة في طرف البرمة
المجوفة من بيت البرمة فان اسطوانتي البرمة وبينها يكونان منتظمين بحيث
يكون محوراهما على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدى
الاسطوانتين متى كانت ثابتة فان الاخرى تدور بحيث تسير كل نقطة من برمتها
بالتوازي للمحور وبالنسبة لكمية التي تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة
المعينة بانحناء الخط السريعي المستعمل مولدا للبرمات فبذلك ترسم الصورة
الجانبية من سطح البرمات المحدث بسطح البرمة المجوفة فاذا تكون البرمة المحدث
بتامها في المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البرمة في بيتها
وقد صنعوا بطريقة هندسية مع الاهتمام بالبرمات المثلثية والمربعية ليتيسر
للتلاميذ ان يفقهوا على حقيقة مساقط (شكلي ٥ و ٦) وهذا هو اعظم
ما يتربون به في العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الحلزونيات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة
الشمال يوجد ايضا نوعان من البرمة وبينها احدهما يدور جهة اليمين والاخر
جهة الشمال ومن المعلوم انه لا يمكن ادخال البرمة الدائرة جهة اليمين في بيت
البرمة الدائرة جهة الشمال وان البرمة الدائرة جهة الشمال لا يمكن
ادخالها في بيت البرمة الدائرة جهة اليمين

وللبرمات استعمال في الفنون غير منقطع فانها تارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل لعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام
على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولننبه كما في (شكل ١) على ان خطوة $وا = اب$ الخ من البريمة
يمكن ان تكون صغيرة جدا بالنسبة لطول ش ك من محيط الاسطوانة
وعلى ان مثلث ش ك شه يحدث مقبلا ساء مر بكا من اجزاء خ خ

و ض ضه و غ غ الخ التي نسبتها لبعضها $١ : ٢ : ٣$
وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذي تقدم ذكره في الدرس الخامس (شكل ٥)

فاذا كان محيط القاعدة دالا على اجزاء ش خ و خ ض
و ض ع الخ المتساوية يلزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاطوال قليلا

بالنسبة لارتفاعات خ غ و ض ضه و ع ع وهلم جرا
(بيان اجراء العملية) *

قد اكتسبت الصناعة في الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغا عظيما بالنظر
لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسيما صحيحا بواسطة البريمة

ولنقسم قاعدة اب (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة
ونفرض ان خطوة بريمة م ن التي محورهما مواز لخط اب يكون

مقداره عشر محيط الاسطوانة المنصل عليها البريمة المذكورة وان مقدار
نصف قطر هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح ح خ المستدير

المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضا ان الخطأ الناشئ عن
تقاسيم مسطح ح خ يبلغ جزأ من الف من متر وهذا اليتأتى في العمليات

المضبوطة فيكون محيط مسطح ح خ اكبر من خطوة البريمة مائة مرة
وكل دور من ادوار ح خ لا يمكن ان يقدم شاخص ش ص

المجذوب بهذه البريمة ولا يؤخره الا بمقدار خطوة واحدة فاذن لا يكون الخطأ
الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجزاء من مائة من الخطأ

السابق في تقاسيم دائرة ح خ فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على ح خ
جزأ من الف من متر فلا يمكن ان يتجاوز الخطأ الحاصل على اب جزأ من

مائة من مليتر اعنى انه لا يجاوز طول اقل من الطول الذى يعرف بمقداره بمزيد الالتفات وامعان النظر

واذا ادركنا دائرة ح خ بحيث يكون الدليل الثابت الذى هو ز مقابلا بالتوالي للتقاسيم القريبة جدا من هذه الدائرة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فالتقسيم مستقيم أ ب الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك ما بينهما من الاختلاف فى التساوى وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات متناسبة على حسب النسب التى يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط أ ب وتقاسيم دائرة ح خ وينبغى ان نبين للتلاميذ تلك الآلات بيانا شافيا فتقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البريمات فتارة يكون قطع البرمة العمودية على الحزون المولد مثلثا متساوى الاضلاع وتارة يكون مربعا وهذا هو الذى يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات ذات البرمة المربعة (شكل ٦)

وتستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها اولاباعداها بحيث لا يحصل تغير فى توازيها ولنتصور الان بريمتين متساويتين تكون كل واحدة منهما فى طرف اسطوانتين موضوعتين وضعا منتظما بحيث اذا ادركنا البريمتين يجعلان محورى الاسطوانتين قريبين او بعيدين من بعضهما فاذا ادركنا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقربان او يبعدان من بعضهما على حد سواء لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت فى كل برمة يمكن ان تكونا كبير من خطوة البرمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠ و حينئذ لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لاجل ابعاد الاسطوانتين او تقريبيهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من الخطوة المذكورة فيعلم من ذلك تنظيم بعد الاسطوانتين مع غاية الضبط ولهذا فى كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة

ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال واجوبها مع غاية

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه مجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة الآلات النظر وعلم الهندسة امثلة جمة ناشئة من استعمال برميات التجاذب

فاذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل اواربعة بحيث يكون سطحها مستويا فاننا نجعل تحت كل واحدة من هذه الارجل برمية تجاذب نديرها مع التدرج يمينا او شمالا على حسب انخفاض الآلة اوارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا وبهذا نتفقد في المكان اللازم وقوفها فيه مع غاية الضبط وهناك برميات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المرآة في وضعها الحقيقي وبرميات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعضهم اوالفصلها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة كجذع شجرة كبيرة او صغرة او حول وتد بسيط فترسم شكلا حلزونيا وفي بعض الاحيان ينفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الياف تنثنى على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهناك عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

(بيان اجراء العمليات)

قد يستعمل في الفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام او ادخالها في بعضها

فمن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا لف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانة كالاصابع والسيقان والاذرعة فانهم يلفونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونيا ليستروا بالتدرج مسافة من العضو اعرض مما تسترته العصا التي يسهل بعد ذلك امساكها بادي رباط

وسنتكلم تفصيلا على المخاريز والمناقب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخار بور في المجلد الثاني في مجت شرح الآلات

(بيان الاعمدة الملتفة)

يتراى لنا ان بعض جذوع الشجرة التي اذا تلف حولها غصن من نبات القسوس التفافا حلزونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الا بين ادوار هذا الحلزون ويتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الاعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي اعمدة غير ساذجية وليس لها متانة الاعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول وانظر في زينة جديرة بالفنون المستطرفة هي الكليل الازهار التي تلتف التفافا حلزونيا حول اعمدة منتظمة او حول أبواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة في المواسم والرقص ولترجع الى ما كنا بصدد من العمليات المفيدة فنقول

(بيان الامبيق الملتوى)

الامبيق هوالة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها للبريمة فتح السدادات الا انها مجوفة وغير مصمتة وهي حادثة من حركة دائرية يجوب مركزها خطا بريما ويمكث مستويا عمودا عليه فاذا انصاعد السائل بالتقطير ومر في الملتوى المنغمس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتسكاف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مائع مبرد ثانيا وبهذا الوجه يتسكاف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وضاfer البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الضافئ الرضيقة المسطحة التي اذا اتحد سمكها من جميع جهاتها دلت على راقات ١١ - ب - ب - و - ب - ث ونحو ذلك (شكل ١) واذا التفت الرافات على صورة محيط الاسطوانة وخطت بجانب بعضها ضلعا بضلع فانه يحدث عنهما مع الاحكام سطح اسطوانى ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان نصنع ايضا مستويا ومخروطا وكرة بان نشد
 قليلا احد طرفي الضفيرة ونضيق قليلا الطرف المقابل له
 وكما اضافت الضفيرة وزم شد احد اضلاعها وتضييقه قرب السطح المصنوع
 من الصورة الدقيقة المطلوبة واستكمال صناعة البرانيط الطريقة المتخذة من
 الخوص ببلاد فلورنسة منحصر في التسوية بين الضفائر في الاتساع ومتانة
 الضفر وقلة عرضها ودقة الخوص وحسن منظر النسيج المنتظم
 ويستعمل كثير اصناعات الآلات الياسيات ذات الشكل الحلزوني التي سفين
 ما ينشأ عنها من الفوائد عند ذكر مرونة الاجسام ومن هذا القبيل
 ياي العربات

وهناك اشخاص يلتفت شعرها بطبيعة على شكل حلزوني ومنهم من يجعل شعره
 ضفائر ويلفقه على اسطوانة حارة صغيرة القطر او يطويه على صورة حلزون
 ويضعه في غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين ماشة من الحديد صمماة
 فتزيل حرارتها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله
 مسترسل على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط انحناء حلزوني
 يحفظ تجعيده زمنا طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو

والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسية وكذلك
 فن التصوير في صورة ما اذا اراد جمع خصله شعر على هيئة مستحسنة هو ضم
 الشعر ووجعلها على صورة اشكال حلزونية ثم جعلها ضفائر او غدا ارتخدم مع
 بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلائم ما هو مطلوب من الزينة ويلام ايضا
 هيئة الشخص الذي يزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان
 والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على
 احسن وجه وانم نظام

وهانحن شارعون في ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرناه من الامثلة
 وهو الخيوط والحبال فنقول

قد يصنع لاجل النسيج والحبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الاشجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النبائى اى القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات ويلزم قبل صناعة الخيوط ان نجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة المشط او الشبنة ونقسمها الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان فى الغلظ والطول

(بيان غزل النيل والكتان)

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه بمجرد الخيط يلف على المغزل ثم يشبك على السنارة التى فى رأس المغزل بطرف القتلة وتبرم الغزالة طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على المغزل وهو جزء تمده الغزالة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من الركة فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوى

ولما كان المغزل ابداً جميع آلات الغزل اتفادوا مقامه دولاباً بسيطة (شكل ١١) فيحركه الغزال بيده او رجله فبمجرد قتل الخيط يلتف على المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة ليجمعها منتظمة فى وضع يصلح لان يحدث عنه خيط متعدد الغلظ من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على الدولاب المذكور بواسطة اجنحة (شكل ١٢) ذات كلاليب وتكون هذه الاجنحة ثابتة على محور م د الذى يمر من خلال المغزل او الاسطوانة المتخذة من الخشب مثل وضه وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنحة بمعنى انها تستغرق زمناً اقل من الاجنحة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة مجذوبا بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدرج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك نفرض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار كاملة وقت أن تحدث الاجنحة اربعة ادوار فاذن يلزم ان الخيط يلتف دوراً كاملاً حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنحة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطارة الكبيرة لدولاب واب (شكل ١١) فينبذ تكون
نسبة قطري طارقي م د و ح غ لبعضهما كنسبة ٤ : ٥
وكل من حبل ام د ب و ا ح غ ب المشدودين على حلق
الطارتين الصغيرتين والطاراة الكبيرة يقطع مسافة واحدة على حلق اب
بخلاف ما اذا دار الحلق فان دولاب م د يدور خمسة ادوار حين يدور
ح غ اربعة وهذه هي النسبة التي يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل
ان يخترع الناس هذه الآلة التي يوجد فيها ابتدعه المتأخرون ما يفوقها
ويعلو عليها

(بيان غزل الصوف والقطن)

كيفية ذلك ان يصنع اولابواسطة الكردات طرحات متسعة متحدة في العرض
والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سلب على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل
بواسطة برمة خفيفة الى اسحبة ثم تؤخذ هذه الاسحبة وتبرم باليد او بالالة على
التدريج بجانب بعضها بحيث يلتصق بعضها على بعض كلما ادخات
في الاسطوانة المسماة سليندرا حتى تكون متساوية في البرم بمعنى اننا نبرمها
برما يكون متحد في سائر جهاتها كحجوم الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط
متساوي الغاظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط في هذه البرمة المستمرة
شكل حلزوني يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره نفس
محور السليندر الذي يرسمه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طارة كبيرة
مثل واب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له
بكرة صغيرة مثل ث د ومن طرف متواصل مثل اب ث د فيتلقى
هذا المردن الخيط كما يلقاه المغزل ويمتد الخيط المذكور على هيئة السحب
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزاة هذا السحب على بعد مناسب
من المردن وتدير يدها طارة او ب الكبيرة وهي قابضة بالآخرة على
السحب وتمتد ليعبده عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب

الى السحب تبرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه منجنية على صورة شكل
حزوني ويتوقف برم هذه الحزونات على حالتين احدها سرعة طارة أوب
السابعة والثانية البطي الذي يتد به سلب الكاردة ومتى صار جزء من السحب
خيطا غلظه وبرمه مناسبان فان الغزالة تعكس دوران الدولاب قليلا ليكن
الحزون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور في اتجاه
عمودي على محور المغزل وتدبر الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف
حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويكون عليه عدة حلزونات
فيتراى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هي عين العمليات التي تجرى
على مغزل الغزالة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عملية ميكانيكية وهي ابداع مظهر من الالات
الحديدية الصالحة للغزل وكيفيتها ان توضع الطرحات الخفيفة بمدخروجها
من الكاردات بين زوجين من الشندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث
يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثاني والثاني اقل من الثالث
وهكذا فان تمتد الطرحات بين الأزواج الثلاثة من الشندرات ثم تقبض
وتتكس وحين تمر بجملة من الشندرات مركبة كالاولى من ثلاثة أزواج
شندرية يبرم ثانيا للسلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلف على المغزل
فاذا تم ذلك نضع بجملة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على
دولاب يقوم بجميع وظائف الغزالة لما انه يسحب الخيط ويبرمه ويلفه على
المغزل ويتحصل السحب المذكور هنا من ثلاثة أزواج من الشندرات مختلفة
السرعة فن ثم يلتف الخيط على مغزل ذي جناح كالدولاب العادي وهذا
ما يسمى بالدولاب المتواصل لان الغزل يتحصل عليه بحركة واحدة
مستمرة

واما الدولاب المستقيم مبلى يونيه الذي على هيئة النول الذي تقدم ذكره
في الدرس الثاني فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الجلب بل يكون
ايضا على حسب تقريب المغازل التي يلتف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من الشاندرات فاذا تباعدت المغازل عنها كانت الخيوط مسحوبة
بجلاف ما اذا قربت فانها تلتف عليها ويحصل برمهاتى بلغت المغازل نهاية
سيرها

ولدولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بجلاف دولاب الغزل الرفيع
فان له ٢١٦ مغزلا يديرها علم الدولاب ويكون بمعينه مساعدان من
الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكتفى بثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعى
٢١٦ غزالة تغزل بالمغزل اول الدولاب ويتحصل كل خيط فى اقل مما كان
يستغرقه البرم باصابع الغزالة فهذه هى الفائدة العظيمة الناشئة عن عمليات
الهندسة فى صناعة جملة خيوط اسطوانية متحدة القطر اتحادا تاما من
الالياف النباتية التى على شكل الحزرون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاعهم على الدواليب العادية او على
دواليب الغزل التى على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون منثيا بصورة حلزون على سطح دوران
يسمى بجوز القز واول عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوز القز
المذكور وطيها على مكبة ثم يبرم بسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم عمل
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقاط التى
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصبح على
صورة شكل حلزونى ثم تجمع هذه الخيوط مثنى وثلاث ورباع مع برمهاتانبا
على عكس البرمة الاولى وبهذه البرمة الثانية ينحل جزء من الاولى وتنثنى
الخيوط على صورة شكل حلزونى بجوار بعضها ويسمى الحرير فى هذه الحالة
باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التى ذكرناها اقناسبه العملية التى ينبغى اجراؤها فى صناعة
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تستداجز كل خيط فى جهة حتى ان الخيوط المنثية

على شكل حلزوني تشتد في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البرمين المذكورين ان الخيوط بانواعها لا تنحل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن أبسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم الميكانيكية وخروجه عن الاصول الهندسية

وينصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم كل منها على حدة في جهة واحدة ثم يبرم عدة منها معا في الجهة المقابلة للاولى ليتكون منها حبال بسيطة تسمى بتوتاو بعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة او اربعة في الجهة المتعابلة للثانية اعني في نفس جهة برم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها ما يسمى بالكردونة ثم يبرم هذه الكرذونات في الجهة الثانية ثلاث او رباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم يبرم هذه الغومينات ثلاث او رباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومينات الكبيرة

وتبرم قلوب الغلايين وتصنع من الغومينات وكذلك الرواجع وحبال المنورات الجارية في السفن فانها تصنع من حبال الكرذونة

وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة في اجراء عملية قتل الخيط والحبال بواسطة آلات ودواليب وقد نتج عن الانتظام الهندسي الحاصل في حركات هذه الآلات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكفي فيها التحصيل القوة الاولى ثلث المواد التي كانت تلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف في بيان ما ترتب على تبديل العمليات التي كانت بمحض اليد وكانت ثمرتها انما تحصل بالصدفة والاتفاق بطرق علمية من الفوائد المحققة الجسيمة والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معاسل الحبال ان يبذلوا جهدهم في مطالعة كتب علمية تتعلق بهذه الطرق الجديدة التي من فوائدها تقليل المصاريف والعمل وحصول ثمرات اتم وانجح مما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع الجلد الثاني عند ذكر الآلات)

وهذا اوان الكلام على انواع السطوح المعوجة المستعملة كثيرا في العمارات

المدنية والبحرية وكذلك في تركيب الآلات ولا تعرض من ذلك الالبیان
السطوح الخلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم اوقوس ای دائرة
كانت

(بیان السطوح الخلزونية المستعملة فی السلام)

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق ایضا حها فی الدرس العاشر
السطوح التي تكون علی صورتها السلام المنعطفة الدائرة وهي السطوح
الخلزونية

فقد يكون السطح الخلزونی من السلم الذي دورته مستديرة متكونا من حركة خط
مستقيم افقی مستندا حاد طرفیه علی محور الدورة المستعمل حنية للسلم
والطرف الاخر منه مستند علی حلزون مرسوم علی حسب المحيط الداخلي
من الدورة

فاذا كان ارتفاع درج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساوی
البعد من المركز فعلى ذلك اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) هو الدائرة
الدالة علی قاعدة الاسطوانة التي هي حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من
مركز واحد كالأولى تقسم إلى اجزاء متساوية بالمسقط الافقی لدرج السلام

(بیان السطح الخلزونی لبریمة المهندس ارشیدس)

سطح السلم الخلزونی الذي علی هیئة دورة مستديرة هو عین بریمة ارشیدس
وانما سمیت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذي اخترعها وسنبین مع
مزید الاعتناء العملية التي اجريت فی شأن هذه البریمة لرفع المياه عند ذکرات
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة فی صناعة بریمات ارشیدس من الخشب وهما هی
الطرق التي استعملتها فی ذلك

وحاصلها انی قسمت اولا محیط ا ب ث (شكل ١٩) إلى عدّة اجزاء
متساوية بقدر قطع الخشب التي اردت استعمالها فی صناعة دور کامل من
الشکل الخلزونی

ثم قطعت مناشير مربعة قاعدتها و د ث وهي قطاع الدائرة الدال على احد
الاجزاء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطوانى الذى
مستطاه الافقى د ث ومددت خطا مستقيما مائلا فى اتجاه الخط البريى
الذى يرسمه السطح الخلزوى على اسطوانة ا ب ث د

وقسمت نصف القطر اللذين هما و د و و ث الى اجزاء متساوية
وهى د ز و ز د الخ و ث ش و ش الخ ثم نشرت بمنشار ثابت
دائما على بعد واحد من تقطى ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث
ان خط المنشار ينتهى الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة
مضى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور
ينتهى ايضا الى د و ز على القاعدة العليا مضى انتهى هذا الخط الى
نقطة ث و ش على القاعدة السفلى فيكون كل من خطى المنشار ضلعا
للمضلع الذى هو محيط المنحنى الخلزوى المرسوم على السطح الخلزوى المطلوب
تحصيله

وازالت على التوالى الاخشاب الزائدة بقارة رقيقة جدا سلاحها مستدير
وثابتة دائما على وضع افقى ولا تقف الاعلى من المنشار المذكور فى ث د
وعلى الخط القائم فى نقطة و لتصل الى السطح الخلزوى الاعلى من بريمة
المهندس ارشيدس

وبعد ذلك وضعت فى جميع الجهات اوجه الالتحام على وجه عمودى
فى و د و و ث مع الوجه الاعلا ثم مددت على اوجه الالتحام
وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التى تحدد
الوجه الاعلى من البريمة الى اعلاها وبذلك امكنتنى عمل الوجه الاسفل
بواسطة الطرق التى استعملتها فى عمل الوجه الاعلا

ولننبه هنا على ان المسطرة المثنية بلا قوة على محيط ا ب ث الاسطوانى
بحيث تمر بنقطتى ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الحزوني او من البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة النقر بنية التي سبق ذكرها ضبطا تاما ولا بد في ذلك من ان ننشر بالمشار كثير من الخطوط الافقية التي تنتهي من جهة عند محور و ومن اخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة المثنية

ويبقى لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عمودي مع السطح الحزوني هي في حد ذاتها مبادئ السطح الحزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانات ذات القاعدة المستديرة خطوطا برميّة تقطع الخطوط البريميّة التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الحزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو و ث د على شكله المستوي الافقي والوجه المستقيم الخارجى وهو و د على شكله المستوي القائم وهذا اذا اقتصرنا على عمل سطوح الالتحام و سطح السلم الداخلى بالطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضا عن ان نصنع سلمانة مغطا دائرا درجانه تصل الى حنية و المصمتة (شكل ١٤) نحدد درجانه في دائرة ا ر ث (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت افقية على حدود من الخشب او الحجر بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلالم المتخذة من البريمات المنيرة

ويستحسن من هذا النوع عدة سلالم مصنوعة مع غاية الضبط في الفهاوى الطريقة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلالم التي لا مسند لها في الظاهر تدش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلالم منيرة كافي شكل ١٦ ليست مستديرة الحنيات واياها كانت قاعدة ا ب ث د (سيأتى ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة افقية) من الاسطوانة التي هي حنية السلالم لرسم دائرها على محيط هذه الحنية خطا برمييا وحزونيا يتقدم جهة

محيط أ ب ث د تقدما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط
على وجه قائم ثم نمد من ك كل نقطة من هذا المنحنى خطوطا افقية كخط
ا ا ب ب و ث ش الخ وعمودية على الاسطوانة التي قا عديتها
أ ب ث د ثم نجعل ا ا مساويا ب ب ومساويا ث

وهلم جرا ونرسم ا ر ث د الذي هو خط حلزوني ايضا وهو المحيط
الداخلي للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء
من السطح الحلزوني او السلم عما في (شكل ١٤ و ١٥)

واذا اريد ان نجعل للسلم صلابة متينة فانه في الغالب عوضا عن ان نرسم السطح
الاسفل بواسطة خط مستقيم افقي مستند على محور حنية السلم وعلى شكل
حلزوني مرسوم على طول الحنية ومتمم ك علىهما معا نحدد هذا السطح
في الغالب بقوس دائرة كما في شكل ١٧ قطرها الخط الافقي المذكور
الموضوع في مستوق قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت
القطع من جميع جهاته

وفي بعض القنون يلزم ان تفصل سطوحا حلزونية الشكل بدرجة على مخروط
فالساعاتية بضيفون الى الاسطوانة او الملف الذي يحتوى على زنبلك
الساعات مخروطا مفصلا بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كما في شكل ١٨
ويلفون سلسلة رفيعة مصنوعة صناعة جيدة من احد طرفيها على
الاسطوانة بحيث تكون على خط بري من الطرف الاخر على السلم المخروطي
فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات
مختلفة نقصان قوة الزنبلك عند حله وبناء على ذلك ينتقل تأثيره بقوة لا تتغير
وسيا في ذلك مزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع الجلد الثاني
من هذا الكتاب

(الدرس الثالث عشر)

*** (في بيان تقاطع السطوح) ***

اذا تقاطع سطحان فان جملة التماساتهما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو اما خط مستقيم او منحني على حسب شكل السطحين او وضعهما ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المتناسبة في شكلها واتجاهها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلية وهي تقاطع السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تفصل الواجه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجهة المذكورة

واما اذا قطع جسم جسما آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخلا في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخل منفصلا عن الجزء البارز بخط وهذا الخط ليس الا تقاطع سطح الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون منشوري أ ب ث د و م ن ح خ و م د ع ح اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م د ع ح الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخل في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما يكفي في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتنى بمطالعة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولنتعصر في هذا الغرض على ايضاح زبد هذا العلم مبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحي المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي نقسم الورقة الى قسمين بخط أ ب الافقي (شكل ٢) فالقسم الذي يكون في اعلاه الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو أ ب بخط الارض

ولكي يصير الرسم تاما ينبغي ان تثنى الورقة ثانيا عموديا فيكون خط أ عبارة عن اتجاه الانثناء ويصير الجزء الاسفل من الورقة اقليما والجزء الاعلا قائما ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك ذهنا ويذكر ك به داهة حين يرسم على المستويين المذكورين اجساما معاومة الوضع فن ثم نرى تحت خط الارض مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على طاولة افقية نفرض ان العمارة مرفوعة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسمر على حائط فان المستوى يكون افقيا ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او نحو ذلك وينبغي ان يعاين التلامذة حقيقة المسقط الافقي والقائم للعجوم والسطوح والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض او تحته ليرسموا ذلك على مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط نمد من تلك النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى القائم والاخر عمود على المستوى الافقي ثم نعين وضع موقع هذين العمودين على مستويي المسقط واذا اردنا اختصار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة ح هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاننا نكنى بنقطة ح (شكل ٢)

عن مسقطها القائم ونقطة ح عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين وهما ق و ف الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل احدهما وهو القاف على المسقط القائم والاخر وهو الفاء على المسقط الافقي للنقط والخطوط والسطوح والحجوم المرموز اليها عند الرسم بهذين الحرفين

ولنميز من نقطة ح (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوي

عمودي على خط الارض الذي هو $\overline{AB}$ فيصير بذلك عموديا على مستوي المسقط فيكون حينئذ مشتركا على العمودين النازلين من نقطة $\overline{C}$ احدهما على مستوى المسقط القائم والاخر على مستوى المسقط الافقي فاذا رتبا مستطيلا كما في (شكل ٢ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين وهما $\overline{CH}$ و $\overline{CH}$ اللذان هما تقاطع المستوى المحتوي عليهما مع

المستوى القائم والمستوى الافقي تحصل معنا $\overline{CH} = \overline{CH}$ و $\overline{CH}$ = $\overline{CH}$ وبالمجمله فاذا ادركنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة

المشتملة على المستوى القائم فانه في هذه الحركة لا يزال $\overline{CH}$ و $\overline{CH}$ عمودين على خط تقاطع مستويي المسقط وهو $\overline{AM}$ وحينئذ لاجل ان يكون كل من نقطتي $\overline{C}$ و $\overline{C}$ (شكل ٢) مسقطا قائما ومسقطا

افقيا للنقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيم $\overline{C}$ و $\overline{C}$

عمودا على خط الارض المتقدم وهو $\overline{AB}$ ثم ان جزء $\overline{CH}$ من هذا العمود هو البعد بين نقطة $\overline{C}$ والمستوى الافقي وجزء $\overline{CH}$ هو البعد بين نقطة $\overline{C}$ والمستوى القائم

(بيان مسقطي الخط المستقيم)

اذا حدث عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل $\overline{CH}$ فان سائر الاعددة النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها مستو ثالث يقطع كلاما من المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذا كان هنالك مسقطان مثل $\overline{CH}$ و $\overline{CH}$ (شكل ٣) لنهايتي مستقيم $\overline{CH}$ فبما اتصال نقطتي $\overline{CH}$ و $\overline{CH}$ بخط مستقيم يحصل معنا مسقطا الخط المستقيم الذي هو $\overline{CH}$ وهما حادثان عن تقاطع

المستويات

ولاجل رسم مستويا بطريقتي المساقط ينبغي سألنا طريقتي اخرى
وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كلا من مستويي المسقط على حدته
في خط مستقيم ويقطعهما معا في نقطة م (شكل ٤) الموضوع على
خط الارض ويطلق اسم اثرى مستوى ح م ح على تقاطعيه وهما
ح م و م ح بمستويي المسقط

ويكون وضع المستوى محدد التحديدا تاما بوضع خطين مستقيمين يحتوي
عليهما فاذا كان يكون اثر المستوى كافيين في معرفة وضعه

ولنفرض الان ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بجرف ح

(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ح الموضوع على مستوى ح م ح
مق عرفنا المسقط الافقي وهو ح لهذه النقطة فيكون اولا مسقطا ح

و ح لنقطة ح موضوعين ضرورة على خط عمودي على خط الارض

فاذا مددناه ورسمنا من نقطة ح على مستوى ح م ح خطا افقيا
كان موازيا لاثري ح م الافقي فحينئذ يكون مسقطه وهو ح م موازيا

لمسقط ح م الان نقطة م الموضوع على خط الارض وهو ا م ب

لا تتسبب الا لنقطة م الموضوع على مستوى المسقط القائم فاذا كان يكون

خط م م العمودي على ا ب محتويا على نقطة م التي مسقطها

الافقي م وهذه النقطة موضوعة على اثر م ح فاذا تكون في نقطة

م فاذا مددنا خط م ح موازيا لخط ا م ب فانه يبين على المستوى

القائم مسقط م ح وحينئذ يكون المسقط القائم من نقطة ح موجودا

في آن واحد على م ح وعلى ح ح فاذا كان يكون في نقطة ح التي

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة $ح$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي $ح$

فإذا فرضنا ان اثار $مح$ و $مخ$ و $ض ر$ و $ض ط$ للمستويين (شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين نقول اولاً حيث ان نقطة $د$ مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنسب

للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط في نقطة $د$ على خط الارض الذي هو $أ ب$ وثانياً حيث ان نقطة $هـ$

مشتركة بين الاثرين الافقيين فانها تنسب لتقاطع المستويين المذكورين وحيث انها موضوعة على المستوى الافقي فان مسقطها القائم وهو $هـ$

يكون موضوعاً على خط الارض المذكور فتحصل حينئذ نقطتان للخط المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولاً نقطة $د$ وثانياً نقطة $هـ$ وبناء على ذلك يكون مسقطا الخط

المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيماً $د هـ$

و هذا هو خط التقاطع المطلوب

* (بيان مسقطي كثير الاضلاع) *

يكون مسقطا كثير الاضلاع $أ ب ث د هـ$ (شكل ٦) المحدود

بخطوط مستقيمة مضاعفين عدداً اضلاعهم واحد وهما $أ ب ث د هـ$

الذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط $أ أ$

و الخ القائمة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائماً خطاً مستقيماً مسقطاً مستقيماً ايضاً ينتج ان الجسم المحدود باوجهه مستوية يكون كذلك محدد باضلاع

مستقيمة وهي تقاطع الاوجه المذ كورة وتبين هذا الجسم بان نرسم على الورقة
الخطوط المستقيمة التي هي مساقط كل ضلع فتكون الرأس التي تحدد كل ضلع
موضوعة على قائم واحد في مستوي المسقط

فلذا كان هرم ضابث (شكل ٧) مرسوما على وجه افقي وقائم

بمساقط اضلاعه وكانت الرؤس المتناظرة موضوعة في نقطة ض_و ض_و

هو م ن
و ق و ب و ث على مستقيمت ض ض
و ق و ب و ث العمودية على خط الارض الذي

ثم ان الهندسة الوصفية تفيدنا بواسطة تقاطع المستويات والخطوط المستقيمة
تحديد طول الخط المستقيم المعلوم المسقطين ومسطح شكل مستو معلوم
بمسقطي محيطه والزوايا المتألفة من خطين مستقيمين مسقطاهما معلومان
والزاوية المتألفة من المستويين المعلوم اثرهما الاقبيان والقائمان واقصر بعد
بين الخطين المستقيمين المعلومين بمسقطيهما والزاوية التي تحدث عن خط مستقيم
معلوم بمسقطيه ومستو معلوم باثريه وهلم جرا وينبغي في دروس رسم الخطوط
ان نوقف التلامذة على حل تلك المسائل

وبواسطة حل المسائل المذكورة يمكن للصناعية اجراء جملة عمليات في الفنون المهمة جدا كالبناء وقطع الاحجار وفتح النجارة المدنية وعمارة السفن والالات والحرف وغيرها

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط منحنية

مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اخشاب الارضية او السقف المستوي فيحصل عنده بواسطة الفصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمربوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة باوجه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة فتمتلاصق القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع التلاصق هي تقاطع الواجه المستوية من قطع الخشب المتلحمة ثم يحدد التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفا وحيث ان اوجه قطع الخشبية كلها ليست قائمة الزوايا يلزمه ان يقيس الزوايا المتألفة من الواجه المختلفة من قطعة واحدة والواجه المتناطرة من عدة قطع متلاصقة ويبحث عن اتجاه كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فاذا سلك النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فانه يصل بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من خشبية اي عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذي يرسم مع الفطنة والدقة كل قطعة من قطع الخشبيات ويرسم مجموعها له دائرة واسعة في المعارف الهندسية وليس بلازم ان يسمى الخطوط والسطوح والجسمات بالاسماء المصطلح عليها عند المهندسين المقررة في كتبهم بل يكفي ان تكون القواعد العلمية على حالة واحدة بدون اعتبار للاصطلاحات الطارئة في شأنها فان العلم اذا تعاطاه الناس بالالغة الدارجة بينهم لا تقل بذلك منفعة ولا ينقص قدره

ويمكن ان تطبق الملاحظات التي ذكرناها في شأن معارف النجار على معارف فحات الاجار فنعول انه يلزم لفحات الاجار ان يجهز الاجار الاصليعية التي تتركب منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اى شكل كان بحيث يحصل عن تلك الاجار اذا وضعت متلاصقة او بعضها فوق بعض مع الانتظام التام والماتانة والصلاية الاشكال التي عينها المعمارى بمسئولياتها وارتفاعاتها وعند انهاء

المساقط الاقفية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون حينئذ شكل اججار الدستور محددًا اولًا بالاجه الخارجية والداخلية للجدران وثانيًا بالمستويات القاطعة التي يطلق عليها اسم مستويات الالتحام لانه بحسب هذه المستويات تلتحم الاجار المذكورة ببعضها

ويسهل رسم اججار الدستور المعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على هيئة اشكال متوازية السطوح واجهها المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة متوازية لكن اذا كان في الجدران ميل وحدث عنما زوايا غير قائمة لزم ان يكون تحت الاجار على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحتد الزوايا التي تحتد عن الواجهة المائلة مع الواجهة الاقفية وكذلك زوايا الاضلاع التي على استقامة السور تحتد مع الاضلاع التي على اتجاه السور الملاصق له وهكذا ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا من عدة اجار متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها لثلا يفضى بها ثقلها الى السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجار واجهها وابعادها وغير ذلك وتحل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم ان تعلم التلامذة المعتبرين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع ارانيك القيب والابواب والشبابيك والسلام وغير ذلك من الجصر على ابعاد متناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويمتدوا النحاس كل حجر واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان نوصي به من يمارس هذه العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنشرة والموجبة والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك النجارة النقية وغيرها كتعليمهم ارانيك قطع الاجار وهذه الطريقة يصير التعليم كثير الافادة واسرع من غيره

(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات)

(مع السطوح المنحنية)

سيأتى الكلام على هذه السطوح في مجتها وانما تكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنشورة والموجبة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول

(بيان كيفية رسم مسقطى الاسطوانة)

لاجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احدى مستويي المسقط كالاستوى الافقى مثلاً اثر الاسطوانة المذكورة اى تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبمجرد تحديد اتجاه $\overline{AB}$ و $\overline{CD}$ مسقطى

اى ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا اتجاه مساقط الاضلاع الاخر ويكتفى عادة في رسم المسقط الافقى والمسقط القائم ببيان الاضلاع المتطرفة وهى

$\overline{AB}$ و $\overline{CD}$ و $\overline{EF}$ و $\overline{GH}$
و $\overline{IJ}$ و $\overline{KL}$ و $\overline{MN}$ و $\overline{OP}$

(بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى)

اذ علم اثر المستوى ومسقطا الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوى واذا اجرئت العملية فى شأن الاضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن كل ضلع نقطة التقاطع التى تسقط على وجه افقى ومنتصب ويتألف عن مجموع هذه النقاط خط منحن افقى وخط منحن قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب

واما عمليات الفنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها فى مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوبة وجاق شكلها اسطوانى وان يكون المستوى لوحاً من صفائح الحديد تقطعه الانبوبة فنضع تلك الانبوبة فى نفس الاتجاه الذى يلزم لها ولكن نؤخرها على قدر الكفاية حتى لاتمس المستوى الذى تقطعه وبعد ذلك نأخذ مسطرة ونجعلها مقابلة للاسطوانة على حسب اتجاه اضلاع هذا السطح ثم نقدها ونؤخرها حتى يمس احد طرفيها لوح الصفيح وبالجسلة فبين لكل

من اوضاع هذه المسطرة اتصاله باللوح المذكور فيكون مجموع النقط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطعين اى الانبوبة ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً من الطرف الذى يس دائماً لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة او الانبوبة مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننقل مع التوازي لوح الصفيح او الاسطوانة فينطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيين المرسومين احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما انطباقاً كلياً ويمتزجان معا وبعد رسم هذين المنحنيين تقطع بحسب محيطهما الاسطوانة او المستوى او هما معا على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها لضبطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوضاً عن ان يكون على شكل مستو

(بيان اجراء العملية فى انشاء السفن)

يستعمل النجارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة وسطح طبقاتها مع سطح الصواري وفى ثقب بكرات الصاري

(بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانات مع الظلال)

اذا قطع السطح المحدد باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط مواز لاشعة الشمسية حدثت عن جميع المتوازيات اسطوانة تفصل خلف السطح المذكور الجزء المظلل من الجزء المضيء فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بتمامه فى هذا الظل فان الشمس تكون مخفية بالكلية ومجبوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل واريد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المنحنى المحدد بهذا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظلل من الجزء المضيء وبذلك

يُحصل معنا خط انفصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حدة الاشعة الشمسية المحجوبة بالسطح المظلم

ولنأخذ مسطرة ونجعلها موازية دائماً لاشعة الشمس ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء جزؤه فيرسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم ويصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط انفصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسمين والمصورين والنحاتين الممام تام بالاسطوانة التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساقط السطوح وتقاطعها صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخرى متنوعة الصور والاوزاع فبذلك يكتبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال ومعرفتهم لهذه العمالية تمنعهم غالبا من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى الملم بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لسائر الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقباب والقنوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمربي الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبانيتها ان يتعود على تحديد سائر الظلال مع امدقة التامة

ونفرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمقدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رسمت الاجسام بالخط دون البولية عيننا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاوجه الموضوعه في الظل وعيننا ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الواجهه المضيئة وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال المحدبة والمجوفة ولولاها لالتبس ببعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلذا كان مجرد اختبار الاضلاع المظلة والاضلاع المضئبة (شكل ١١)
يدرك ان في أ ب ث د بروازا محمدا وفي أ ر ش بروازا مجوفا
ومما لا بد منه للتلاميذة الذين يرسمون العمارات والآلات ان يتعودوا مع
الغشاط على تعيين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها
ببعضها تلبس الاشكال المحدبة بالاشكال المجوفة وبالعكس

(بيان اجراء العملية في علم المنظر)

اذا اريد رسم ظل عمارة من بعد فانه ينبغي تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة
المتوازية بمقتضى الطريقة العامة المذكورة في الدرس التاسع المتعلقة بنقط
الاجتماع فبمجرد ما يتحصل معنا منظر اى نقطة ينتج بوصول تلك النقطة على
اللوحة بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر الشعاع المار بالنقطة المفروضة
واذا كانت النقطة المذكورة مظلمة فانه ينتج منظر ظلها وقد يكون ظل الخط
المخنى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنتهى كلها بنقط الاجتماع
كاضلاع المخروط

(بيان تقاطع المخروط والمستوى)

هذه التقاطعات السماة بالقطوع المخروطية لها في صورة ما اذا كان المخروط
مستديرا او مائلا او قائما اهمية عظيمة جدا في العلوم والفنون ولها في الهندسة
مبحث مستقل مهم كبحث المثلثات ويعتبر كانه سلم يتوصل به من مبادئ
الهندسة الى مطولاتها

ولا يلحق بهذا المبحث ان تعرض لبسط الكلام على اصول اشكال القطوع
المخروطية وتطبيقاتها الاصلية واتمنا سلا في ذلك مسلك الايجاز فنقول
نعين المساقط الافقية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى كـ ما فعل ذلك
في الاسطوانة وذلك بان نعين المسقط الافقى والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل
ضلع من اضلاع المخروط فيكون المخنى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية في حال
وضعه على مستويات المساقط هو المسقط المطلوب تحصيله
ولناخذ المخروط البسيط المنتظم وهو المخروط القائم المستدير كـ ما في

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة
دوائر كلقاعدة المذكورة وقد تكلمنا في الدرس الثالث على خواص الدائرة
ومحيطها ولم يبق علينا الا القطع الناقص والقطع المكافئ والقطع الزائد
ولنتكلم عليها على هذا الترتيب فنقول

*** (بيان القطع الناقص) ***

اذا قطعنا المخروط بمستوى ح خ (شكل ١٢) المائل على المحور
وكان هذا المستوى قاطعا لساير اضلاع المخروط فان القطع المخروطي الحادث
بهذه الكيفية يكون قطعانا ناقصا وهو خط منحن متصل ببعضه من ساير جهاته
بحيث لا يرى فيه انفرجاع وهالخواص القطع الناقص الاصلية
وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة و (شكل ١٣) ومحوران
مثل أ ب و ث د يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل
ض و ط ممتد من مركز و ومنته الى محيط القطع الناقص يكون
منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع
الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الآخر بقلب هذا القطر طرفا
على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل
خط مثل م ح ن عمود على احد المحورين وهو أ ب يكون منقسما
بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل ح م و ح ن وبناء على ذلك
اذا ادركنا نصف القطع الناقص وهو أ ث ب حول أ ب الذي هو
بمنزلة المحور فان ساير نقاط محيط أ ث ب تنطبق مباشرة على نقط محيط

أ د ب

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور أ ب
فانه بامتراد خطي و د و ح ن على الدائرة الى نقطتي د و ن
يتحصل معنا هذا التناسب وهو و د : و ن :: ح ن : ح د
وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي ح ن د الموازية لمحور

عليها اقتصر نامنها هنا على خاصية نذكرها لك لاهميتها وكثرة مسدخليتها
في العمليات فنقول

لذا عينا نقطة ثابته مثل $\overline{F}$ و $\overline{F}$ (شكل ١٥) بورتين
او شخصين وربطنا فيهما خيطا طولا من مسافة $\overline{H}$ و $\overline{F}$ ثم شدنا هذا
الخيط بالترسم فيتم تارة الى جهة $\overline{F}$ وتارة الى جهة $\overline{F}$ حدث
عن ذلك خط منحني يسمى قطعانا قصا ويقال له ايضا قطع البستنجية الناقص
لانهم يرسمون القطوع الناقصة الموجودة ببساتينهم على هذه الكيفية
ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه في كل نقطة من نقطه كالنقطة
المروزالها بحرف $\overline{S}$ يحدث عن جزئ $\overline{F}$ و $\overline{F}$ المستقيمة
المركب منهم الحبل في نقطة $\overline{S}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني
او مماسه وهو $\overline{S}$ ط

(بيان اجراء العملية في علم الضوء)

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع $\overline{F}$ الذي
يمس خطا منحنيا او سطح $\overline{A}$ ب يكون له اتجاه مثل $\overline{S}$ وبعبارة
انه ينعكس على حسب $\overline{S}$ بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما
 $\overline{F}$ و $\overline{S}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح
فاذن اذا عكس القطع الناقص الضوء كما نعكسه المرآة المستوية فانه يكون لكل
شعاع مضيء مثل $\overline{F}$ خارج من نقطة $\overline{F}$ عند انعكاسه اتجاه
 $\overline{S}$ المار بنقطة $\overline{F}$

وكل نقطتين مثل $\overline{F}$ و $\overline{F}$ يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة
المضيئة الخارجة من احدى البورتين والمنعكسة بحيط القطع الناقص تمر
بالبورة الثانية

(بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت)

ينتشر الصوت ويتجه اتجاهها مستقيما كاتجاه الضوء وانتشاره ثم ينعكس
انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعتضة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عندهم ورها بالبورة الثانية وهى ف التى تصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) فظهر منها بواسطة التجربة صحة ما قرناه في هذا البحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو في البورة التى هى ف بحيث لا يسمعه القريب منه بان كان في نقطة و مثلا حدث مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه في نقطة

ف صيرة هذا الكلام واضحاً مفهوماً في البورة الثانية وهى ف ولا بأس بان نذكر هنا عملية تتعلق بخاصة الصوت وان كانت محزنة تتأثر منها النفس وحاصلها ان اناس الارأفة عندهم بنوا سجوناً لا يمكن لمن سجن بها وكبل بسلاسل الحديد في بورة ف ان يتفوه بكلمة واحدة الا وتسمع في البورة الثانية وهى ف من القبة التى على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بجهاز يمنع المسجون ان يرى السجن المتكفل بملاحظته ومراقبته

وقد تقطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطاً منحنية وهى قطوع ناقصة احدى نقطتي احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرناً وهم يمارسون فنونهم حتى ادر كوا حقيقة هذه التجربة التى بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادركنا القطع الناقص حول محور كبير مثل ا ف ب يمر بنقطتي الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران توجد فيه هذه الخاصية وهى ان كل شعاع مضى ذى صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهى ف يكون في انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية وهى ف

وكانه يمكن بواسطة الدائرة البيضاء والمستطيلة او المربعة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطتها ان ترسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائر المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان ترسم

سطوحاً مجسمة ناقصة بوضاوية مستطيلة أو مستطحة وهذه الطريقة تكني
في هذا المقام ولا حاجة فيه إلى الاطناب وبسط الكلام
وهناك طريقة أخرى في رسم القطوع الناقصة بمحركة مستمرة كان يستعملها
أرباب الصنائع غالباً وذلك أنه إذا كان $\overline{أوب}$ و $\overline{ثود}$ هما
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم $\overline{منح} = \overline{وا}$ واخذنا
عليه $\overline{حن} = \overline{وث}$ وبقيت نقطة $\overline{م}$ ماكنة دائماً على المحور
الأصغر الممتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة $\overline{ن}$ على المحور الأكبر فتقدم
هذا الخط المستقيم وتأخره في جميع أوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي $\overline{ح}$
القطع الناقص وهو $\overline{أبثد}$

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بمحركة مستمرة
وهي في الحقيقة سيكارات على هيئة قطع ناقص
وقد ينشأ في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه السيكارات لسطح مجسم
قطع ناقص أيأما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم نقطه الثلاثة المعلومة
تمكث دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتقدمها
أوتأخرها في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص وتستعمل هذه الطريقة
في أخذ صورة الأجسام وفي الأشغال التي يقتضيها بناء القبوات التي على صورة
القطوع الناقصة

* (بيان القطع المكافئ) *

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط $\overline{أب}$ و $\overline{را}$
بواسطة مستوى $\overline{خ ر}$ الموازي لأحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع
هو خط منحن كخط $\overline{م د ح}$ مغلق من جهة ومفتوح من أخرى ويمتد إلى
مالانهاية وفرعاه هما $\overline{م د}$ و $\overline{د ح}$ آخذان في الانفرج على التدرج
وليس للقطع المكافئ الذي هو $\overline{منح}$ (شكل ١٨) الرأس واحد
وهو $\overline{ن}$ ومحور واحد وهو $\overline{ن ل}$ يكون فرعاً للقطع وهما $\overline{من}$
و $\overline{ن ح}$ بالنسبة إليه متماثلين ولهذا القطع أيضاً بورة وهي $\overline{ف}$

واخذ المحور بكمية ككمية $ن غ = ن ف$ التي هي بعد المسافة
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه وخذ ايضا من نقطة $غ$ مستقيم $س ص$
 عمودا على هذا المحور فاذا مدنا الشعاع المنعكس وهو $ك$ الى
 نقطة $ش$ على $س ص$ كانت نقطة $س$ التي هي من القطع
 المكافئ على بعد واحد من البورة ومن خط $س ص$ وحينئذ
 $ف$ يساوي $ش$ فاذا اتينا بمسطرة مثلثية مثل
 $ه ش$ ومررنا بها على طول $س ص$ واتينا ايضا بجمل نربطه
 بالزاوية القائمة وهي $ش$ ونشده بحيث يكون على هيئة خط مستقيم
 بطول $ش$ واتينا بجمل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي $ف$
 وضممنا احد طرفيه في نقطة $س$ الى الجبل الاول بحيث ينتج ان
 $ف$ $س$ $ش$ وتركنا هذين الجبلين يمتدان بالنسوى
 فكلما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة $س$ في رسم القطع
 المكافئ حتى ينتهي

واذا فرضنا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فان نقطتي احتراقه يبعدان عن
 بعضهما فاذا اقتصرنا على احدى هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص
 الذي يمتد حول هذه النقطة يكون عند الرسم شبيها بالقطع المكافئ على
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار متماثلين بحيث لا يفرق بينهما

ثم ان النجوم ذوات الذنب ترسم خطوطا منحنية قريبة الشبه بالقطوع
 المكافئة تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطوع ناقصة بيساوية
 الشكل

وكما امتد القطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدى نقطتي
 الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجا وهذا فيما اذا فرضنا
 ان نقطتي الاحتراق يبعدان عن بعضهما بعدا لانهما يتلوه وبذلك يكون القطع
 الناقص في الحقيقة قطعاً مكافئاً وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق
 التي يكون بها الراصد منعكسة بالخط المنحني المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذي توجد فيه نقطة الاحتراق الثانية الا في بعد لانهاية له فاذن تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافئ منعكسة بهذا الخط مع موازاتها للمحور

ويستعمل القطع المكافئ لتلقي الضوء الخارج من نقطة الاحتراق وانه عاكس الى جملة اشعة موازية للمحور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة في سائر النقط الموجودة في الفراغ

(بيان اجراء العملية في المنارات)

اذا اوقدت نار على شواطئ بحرا وفي داخل مينات او في مصب الانهر او على المراسي الخطرة او ما جاورها فن المهم ان نرى ضوء تلك النار من بعيد وهي نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراق السطوح المتخذة من الخاص المقصض ويجعل لها شكل القطع المكافئ الذي يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران وبموجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التي يعكسها السطح الذي يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافئ العاكس جملة اشعة متوازية قاعدتها دائرة ا ب ث د المتوازية التي يتكون منها ايضا قاعدة سطح ا ب ث د م ن العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافئ نارة يكون موضوعا في وضع ثابت وفي هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة في الليل على بعد عظيم الا في وقت المرور بمحور القطع المكافئ ونارة يدور مجسم القطع المكافئ على محورها قائم فيمتد بصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وقد ادرك الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعه حينما اتفق وقد يتبين من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التي تتميز بها المنارات من جهة واحدة

(بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع م د م و م د ن (شكل ١٩) الرسوم في الخروط بمستوي قطع طبقتي ا ب و ا و وينقسم الى

جرتين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان ك كالقطع المكافئ
 الآن الفرق بينهما هو ان فرعي القطع الزائد يمتدان بسرعة اكثر من فرعي القطع
 المكافئ ومن هنا قيل ان فرعي القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع
 المكافئ في المحور والرأس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعي
 القطع المكافئ

وللقطع الزائد وهو ا ب ث و ا ر ث (شكل ٢٠) محوران
 ونقطتا احتراق وهما ف و ن كالقطع الناقص غيرانه عوضا عن
 أن يكون مجموع الاشعة الاحترافية ثابتا على حلة واحدة يكون ذلك ثابتا
 لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ن م يحدث عنهما زاوية واحدة
 مع المنحنى الا ان هذا المنحنى يمر بهذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا
 عن ان يكسبهما كالقطع الناقص * وبالجمله فهناك خطان مستقيمان مثل
ص و صه و ز و زه يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الاكبر وهو
ف و ف ويقربان من القطع الزائد كلما بعدا عن مركز و المارين به
 من غير ان يتلاقيا بفرع القطع الزائد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط
 المنحنى

* (بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية) *

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن نمر بعبدة مستويات من رأس المخروط فتقطع هذا
 المخروط فى اضلاع مستقيمة وتقطع ايضا السطوح المنحنية فى خطوط آخر يكون
 تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين نقط الخط المنحنى المطلوب

* (بيان اجراء العملية فى معرفة علم النور) *

قد سبق فى الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بواسطة اشعة منيرة سارية من
 كل من نقطها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خط يقذف الاشعة المنيرة
 المذكورة بصير قاعده للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد
 نحصل معنا منظر الخط المنير

وتتكون الالواح فى العادة سطوحا مستوية كما تقدم فى الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات او انصاف كرات

(بيان البانورامة اى المنظر العام)

قد توصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على نفس محور الاسطوانة وبهذه الواسطة امكنهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التى تنتشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهى البانورامة التى يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها شاهد جميع الاجسام التى يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانورامة عبارة عن تقاطع السطح الاسطوانى المتقدم المأخوذ لواح مع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة فى نقطة المنظر وقاعدتها جميع المخطوط الطبيعية التى يريد الصانع رسمها

ولاجل الاختصار فى عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن نقسمه الى عشرين جزءاً مثلاً ثم نرسم على افق ورق او صفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة فى العشرين جزءاً من الافق ثم نرسم بجانبه على الستارة الدالة على انتشار سطح الاسطوانة المجعولة لواح العشرين طبقة المنتصبة المتوازية ثم ننشر هذه الستارة على الحائط الاسطوانى من البيت المستدير المحتوى على البانورامة

واذا رسم هذا النوع على حقيقة دهش منه الناظر لانه فى بعض الاحيان يبدو له منه سائر التخييلات الطبيعية وهذه الطريقة فى الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها فى السطح المخوف ولا فى منظر صورة جزء من الافق

(بيان المرأة المسحورة)

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخييلات الهندسية وهى من قبيل البانورامة وصورتها ان نرسم على مستواشكالا بحيث انها عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد فى صورة اجسام منتظمة وصورة طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تصور

اولا سائر اضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر ا على المرء آ و ثانيا الاشعة المنعكسة بان نعتبر هذه الاضلاع كأنها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس بتقاطعه بالمستوى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤية هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو ناشئ عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تحول بانعكاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرويه من الانتظام والجودة

* (بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات) *

قد تكون القباب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالهياكل واقصور منقوشة في الغالب بمناظر رسمها يتحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القباب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر المناظر على بعد انها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكلية

* (بيان الظلال المخروطية) *

اذا كان هنالك نور كنور مصباح او شعة او كان عدة انوار مجمعة مارة بقب صغير و انارت على اجسام مظلمة فانها تعكس ظل هذه الاجسام بحيث يترأى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا ارى رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان نحدد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنعكس عليه الظل

وسنبين للمبتدئين في التصوير الثمرة التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة باشعة متوازية عند تحديد من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثيرا من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزاد رسمهم صحة وضبطا

وذلك لاننا اذا نسجنا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتج عن ذلك شيان
احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخرتين النقطة التي
تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمات التي هي اضلاع السطوح الاول *
ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح آخر عند البحث عن النقطة
التي تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدو آثر متوازية مرسومة على السطوح
الاول وهلم جرا ومهارة الراسم في هذه العمليات هي انتخابه سطحى المسقط
ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التولد
من كل سطح

(الدوس الرابع عشر)

(في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات والسطوح)
لا جيل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها نبدل في الغالب خط
أ ب ث د ه ف غ ش المنحنى (شكل ١) بمضلع مستقيم
الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جدا وهي أ ب و ب ث و ث د
و د ه الخ مماثلة بالكلية لعنصر الخط المنحنى المنحصر بين تلك الاضلاع
المتنوعة

واذا مددنا من نقطتي أ و ب المفروض وضعهما على المنحنى مع غاية
القرب من بعضهما خط س أ ب ص المستقيم ظهر كانه امتزج بالمنحنى
في المسافة الصغيرة التي بين نقطتي أ و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من
منحنى أ ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم
س أ ب ص مماس للمنحنى في عنصره الصغير وهو أ ب
ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحنى ليست
الاطريقة تقرينية ولنضرب لك مثالا تقريبيا ليكون عندك المماس بالمماسات
الحقيقية فنقول

لنمد في دائرة أ ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و أ ثم نمد من
نهاية أ عمود س أ ص على نصف القطر المذكور و د ب ه

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س اص ماعدا نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س اص الذي يمر بالدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس الدائرة

ولا يمكن ان تمر من عين نقطة ا ولان شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س اص فلذلك نعد من نقطة ا خطا مستقيما بخط از ثم نمد خط ون عمودا على از فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل وا فاذن يدخل خط از في الدائرة وبناء على ذلك لا يمر دائما من نقطة ا بين الدائرة ومماسها وهو س اص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذي اوله من المماس اتجاهه هو عين اتجاه المماس المذکور اما يمكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كأنها موضوعة على المماس وهذا كاف في تعيين اتجاهها الذي يقل خطا كما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و العمودي على مماس س اص عموديا ايضا على عنصر الخط المنحني الذي يكون من نقطة ا على اتجاه المماس المذکور ويطلق اسم الخط العمودي على الخط النازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط

ثم ان ارباب الفنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعمدة في تحديد اشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولذا كراولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضاعفا منتظما كضلع ا ر ث ه ف الخ (شكل ٣) فحيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع ينبج وا = ور = وش = و الخ وكذلك ا = ر = ث = ه الخ فاذن تكون مثلثات ا و ر و ر و ث و ث و ه متساوية فتكون اعمدة وا و ور و وب و و ث النازلة من نقطة و على ا = ر و ر = ث و ث = ه الخ متساوية ايضا فاذن يكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجموعة

مركزها بواسطة نصف قطر $وا = وب = وث = ود = الخ$
هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو $ا - ث - د ه الخ$
ويقال ان كل شكل مضلع مثل $ا - ث - د ه الخ$ يكون مرسومًا خارج
دائرة $ا ب ث د$ الخ فمن ثم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم
خارج الدائرة

ومن الخي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
في داخلها كضلع $ا ب ث د$ واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
في خارجها كضلع $ا - ث - د$ وان سطح الدائرة يكون اكبر من سطح كل شكل
مضلع مرسوم في خارجها

ولما اكثر المهندسون ضرب اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع سواء كانت
خارج الدائرة او داخلها واخذوا نصف القطر وحدة قياس حسبوا دائرتين
مختلفتين اقل من طول ممكن القياس معلوم بالا لآلات الهندسية وهذان
الدائرتان احدهما اكبر من محيط الدائرة والاخر اصغر منه

وقد رأوا من هذا القبيل اشكالا كثيرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اكبر من
سطح الدائرة والاخر اصغر من سطحها ومغايرة لبعضها تغايرا اقل من القياس
المعلوم قبل ذلك فاذلك تراهم يرمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي
وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقديرية جدا

ويمكن استعمال هذه الطريقة في تحديد محيط مسافة منتهية وفي تحديد سطحها
بأي نوع من الخطوط المنحنية

وهذه الطريقة الشهيرة تسمى عند المهندسين طريقة التحديد وبها يستعان
في البرهنة على كثير من التقاويم والقواعد الرياضية التي جعلناها من قبيل
الحديثات القرينية من الحقائق اليقينية فاذا اريد تفصيل سطح كلوح من
صفيح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة $ا ب ث د$
كافي (شكل ٣) نبتدئ برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة
خطوط مماسة ثم نزيل بضارة او منبردا او مقراض او أي آلة مستقيمة الخطوط

زوايا $ا و س و ث و د$ فيحدث عن ذلك شكل مضلع اضلاعه
ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فاذا استمر على ازالة
الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن
ادراك الزوايا ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه

وفي عمل الابواب والشبابيك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون $أم$
 $و ث ن$ المستقيمان (شكل ٤ و ٥) متصين وعمودين على نصف
القطر الافقي وهو $ا و = و ث$ (شكل ٤) $= ا ث$
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المسندان المستقيمان مماسين للقبوات
المذكورة في نقطتي $ا و ث$

وفي قبوة $ا ب ث د$ المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن
القبة ثلاثة اقواس دائرية وهي $ا ب و ب ث و ث د$ التي مراكزها
وهي $م و و د$ مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون نقطتا $و م$ ونقطة $ب$ التي هي ملتقى قوسى $ا ب$
 $و ب ث$ خطا مستقيما ونانيا تكون نقطتا $و د$ ونقطة $ث$
التي هي ملتقى قوسى $ب ث و ث د$ خطا مستقيما ايضا فاذا كان
خط $س ب ص$ عمودا على $و م ب$ وكان خط $ز ث ط$ عمودا
على $و د ث$ فان هذين الخطين بصيران معا خطين مماسين احدهما للقوسى
 $ا ب و ب ث$ في نقطة $ب$ ونان هما القوسى $ب ث و ث د$
في نقطة $ث$ وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحني باقواس دائرية قريبة الشبه منه بقدر الامكان
بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة
ببعضها بحيث يكون لها تماس واحد في نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك
في الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسية للسطوح)

لنصنع في سطح $ا غ ب$ الخ بالتوازي لمستوى مفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل $ا ب$ و $ث د$ و $ه ف$ فتأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من حدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة $غ$ التي تكون بمفردها على مستوى $م ن$ الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولنرسم على السطح المذكور عدة منحنيات مثل $ا غ ب$ و $ا غ -$ الخ مارة بنقطة $غ$ ونقد من هذه النقطة عدة مماسات للمنحنيات المذكورة وحيث انه يتعذر مرور خط مستقيم بين مماسين ومنحنيين لزم ان تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة $غ$ لسطح $ا غ ب$ مشتملا على جميع المستقيبات المماسية في نقطة $غ$ للمنحنيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك ان نستثنى النقط البسيطة كراس المخروط وغير ذلك لكن هذه النقط هي دائماً مستثنيات على السطوح اى لا يلتفت اليها

ولنمثل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع $ا ب$ و $ث د$ و $ه ف$ المتوازية (شكل ٨) دوائر مراكزها $و$ و $ز$ و $و$ موضوعة على خط مستقيم وهو $و و$ الخ $غ$ عمودى على مستوى سائر الدوائر ومراكز الكرة فاذا ممددنا من نهاية نقطة $غ$ لهذا المستقيم مستوى $م ن$ مواز بالمستوى القطوع وعموديا على $و غ$ فانه يصير مماسا للكرة

وبيان ذلك ان كل نقطة من هذا المستوى تكون ابعد عن المركز من نقطة $غ$ فنكون ضرورة خارج الكرة فاذن لا يمس المستوى المذكور الكرة الا في نقطة $غ$ وكل مستقيم من $غ$ و $غ$ يقطع الكرة في دائرة قطرها $غ و غ$ ومماسها في نقطة $غ$ عمودى على $غ و غ$ والاعادة التي في نقطة $غ$ على مستقيم $غ و غ$ موضوعة في المستوى العمودى على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة ع فاذن يحتوى المستوى المماس وهو م ن على جميع مماسات دوائر انصاف النهار الى قطرها ع و غ ونظير ذلك في سهولة البرهنة عليه هو ان كل دائرة صغيرة مرسومة على الكرة من نقطة ع يكون مماسها في هذه النقطة موضوعا ايضا على م ن

وكل خط مستقيم مثل خط ع و غ (شكل ٨) عودى في نقطة ع على المستوى المماس سواء كان في السطوح او الخطوط يسمى بالخط العمودى

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التى تقدم ذكرها في الدروس السابقة فنقول

(بيان المستوى المماس للاسطوانة)

لنفرض اسطوانة كاسطوانة ا ب ث ا ر ث (شكل ٩) المنتهية بقاعدتين موضوعتين في مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابلة متوازية ايضا فاذا كان ب ر ضلعافان مماسى م ب ن و م ر د للمخنيين في نقطتي ب و ر يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل خط مثل م ر د مماس للمخني ا ر ث الموازى للقاعدتين المذكورتين حيث ان نقطة ر موضوعة على ضلع ب ر ويحدث عن تسلسل مماسات م ب ن و م ر د و م ر د المتوازية التى تمر بضع ب ر الذى هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا للاسطوانة في سائر امتداد الضلع المذكور

(بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية)

قد يصنع الجباز الذى يدبر نشابته بالتوازى من العجين مستويا يكون مماسا بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للنشابة وكذلك البستانجى في عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

فيكما تمهدت الارض واستوت صارت مماسة للزحافة في امتداد الاضلاع المختلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعوها بواسطة سيور من الجلد من كل جهة (شكل ١١) فتكون هذه السيور تابعة للذات الاسفل الاسطوانى من صندوق العربة وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربة فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه امان يتقدم او يتأخر على المستوى المماس المذكور الذى لا يعتبر اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى لكونه على حدسوا من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز مفزع لكونه يحصل على حين غفلة في العربات الغير المعلقة

(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية)

انما ذكر هنا الطريقة التى ذكرناها في الدرس الذى تكلمنا فيه على الاسطوانات من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانيا فتنول نرسم القاعدة على طرفي قطعة من الخشب او الحجر راد نحتها على هيئة شكل اسطوانى ثم نرسم شكلين مضلعين مرسومين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواسطة المنشار او الفارة او اى آلة صالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية من المضلعين المذكورين فيحدث عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة مرسوم خارج الاسطوانة وذلك لان اوجهم المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة فاذا ازلنا بالمنشار او الفارة او نحو ذلك اضلاع المنشور صنع مستويات جديدة مماسة للاسطوانة فكلما كثرت هذه المماسات اخذت المناشير المطلوب علمها في مماثلة الاسطوانة ومشايتها

(بيان المستويات المماسية للمنحروط)

اذا اردنا ضلع **ض ا ب ث** على المنحروط (شكل ١٢) فان جميع الخطوط المماسية في نقط **ا و ب و ث** لقطع المتوازية وهى **ا ا و ب و ث** تكون موازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

المماسات بمستوى ح ح م ن المماس للمخروط في جميع امتداد ضلع
ص ا ب ث

(بيان اجراء العماية)

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج
القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجهه مماسة للمخروط في سائر طولها فاذا
اصلحنا على التوالي بالنسار او الفارة او نحوهما اضلاع شكل الهرم المذكور
لنعشقها بمستويات جديدة مماسة فان عدد اضلاعه يأخذ في الزيادة فينفذ
يكون رسم السطح الذي هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب
(راجع الدرس العاشر)

(بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة)

اعلم ان الخاصية الموجودة في المستوى المماس وهي كونه يمس الاسطوانة
والمخروط في جميع امتداد ضلع من اضلاعهما ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة
على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كأنها مصنوعة من عدة
اوجه صغيرة مخروطية ضيقة جدا لها مثل اوجه المخروط مستويا واحد مماس
لطول كل ضلع من اضلاعهما ويمكن مرور سطح منتشر بين منحنين مفروضين
بان نرسم خارج هذين المنحنين عدة اشكال مضلعة كالمستوى الذي يمر في آن
واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر
واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع
الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنين والاوجه المستوية المماسية للسطح
المنتشر المراد تحصيله تزداد وتكثر

(بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان)

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل ا ب ث د و ب ث ه
بجوار بعضهما (شكل ١٠) بحيث يكون محوراها متوازيين
وبعد ما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين
يتماسان في جميع امتداد ضلع ب ث وحينئذ يكون للسطحين

مماس واحد في امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن ان في كل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا قريبا اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا اللوحا معدنيا على احد اللوحين وجعلناهما يربين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدني يمهّد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين مماسين فالوجه الاعلا يكون مماسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون مماسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جلب اللوح المعدني بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصة المستويات المماسية للاسطوح الاسطوانية

(بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان)

اذا كان لاسطوانة ك اسطوانة أ ب ث د ومخروط ك مخروط أ د ه (شكل ١٣) ضلع واحد مثل أ د ولهما في د مماس واحد وهو م ر خ فان المستوى الممتد من م ر خ ومن ضلع أ د يكون في آن واحد مماسا للمخروط وللأسطوانة في سائر امتداد ضلع أ د فاذا تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران مماسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع أ د

وقد يستعمل الحدادون والسمكّرية والنحاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح النحاس والصفيع على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاه اضلاع الاسطوانة هو عين اتجاه ضلع السن المخروط من لابلابة السندان المرموز لها بحروف أ د ه ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها مقعر على صورة اسطوانية اللوح في سائر طول الخط المستقيم الذي بموجبه يمس المخروط اللوح المطلوب تقويسه فبذلك يتحققون من ان سطوح الواحد منهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجا بقدر بعدد المطرقة على ضلع الالتحام وهو أ د من رأس أ او قربه منه

* (بيان الاسطوانات المماسة والمكتنفة بسطوح اخر) *

اذا فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلى ياخذ في الامتداد وهو باق دائما على مماسة سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون مماسة للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور

* (بيان الاسطوانات التي تكتنف الكرة) *

لفرض ان هناك كرة مثل ا - ب - ج (شكل ١٤) وان هناك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو مواز لمحور ممتد من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تمس الكرة في جميع امتداد دائرة ا م ب الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة اوتأخرها بان تكون مماسة لها بلا انقطاع في دائرة موازية لدائرة ا م ب وعمودية على محور الاسطوانة

* (بيان اجراء عملية ذلك) *

للخاصية التي ذكرت آنفا مدخل عظيم في الفنون فكلما وجه الانسان كرة بالنظر لمحور مستقيم مثل س و ص فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتنفة بها وتمسها في جميع جهاتها وهذه هي القاعدة التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبنديق والطبنجات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكل والقنابر وحبّة الابوس التي يراد احكام اتجاهها فهي اكرتبع عند رميها اتجاه محور الاسطوانات

* (بيان معيار الكرة) *

لاجل ان نتحقق اولاً ان الكل ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعدة لها وثانياً انهم ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها اضطراب الرمي وتخريجه تستعمل نظارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة اضلعها صغيرة جدا فيمسك الطنجي باحدى يديه قبض

النظارة وهو **أ ب و ا** ويدبر بالآخرى الكلال على سائر جهاتها لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة ام لا وهل في الصورة الثانية يكون بينها وبين النظارة فراغ ام لا وهذا هو المسمى بكيفية معرفة عيار الكلال

(بيان اجراء العملية في الظلال)

يشاهد في الكائنات كل وقت صورة على شكل السطوح الاسطوانية المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسية لسطح واحد فاذا كان جسم محدّد بسطح منحن مضياً بالشمس وكان غير شفاف فانه يجب الضوء عما وراءه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضيء بالشمس هي ضرورة عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يحجبها فهذه الاشعة المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذن يحدث عن مجموع النقاط التي تحدّد الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطواني جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح الجسم المضيء

واذا اردنا ان نحدّد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أي جسم كان فانه ينبغي انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم تحدّد تقاطع هذا السطح الاسطواني بسطح الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جدا للمعمّرجي والرسام فاذا قدّمنا واخرنا الجسم المضيء موازيا لنفسه في اتجاهه عين بأشعة الشمس فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذن تكون جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس على الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذكورة المماسية بلا انقطاع لسطح الجسم ولا تزال الاسطوانة تحدّد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التي تحتاطد دائما بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحاً مكتملاً

فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتشف الكرة المتحركة على خط مستقيم والباقية دائماً على قطر واحد وعليه فتكون خزنة المدفع والهون سطحاً يحيط بالفراغ المقطوع بالكلمة

ويمكن ان يحفر في اى جسم سطح اسطوانى يكتشف الكرة التى نصف قطرها لا يتغير ويكون مركزها متحركاً على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب الرصاصة في جسم لين غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة تبدو براسطوانة ماحول خط مستقيم عمودى على محورها ومارته وبمحسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماساً لدايرة كدائرة نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب من بعضها امكن ان نضع عوضاً عن الاسطوانة المماسية اضلاعاً اسطوانية منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذا من مصادقات القاعدة التقرينية التى ذكرناها في الدرس الحادى عشر

وبالجملة فستعمل الطرق المذكورة اولاً في رسم سطوح على اى شكل اتفق بسطوح آخرتها من جميع الجهات ويمكن تحريكها في اتجاه مواز لاضلاع الاسطوانة وثانياً في رسم سطح ما بواسطة جملة اسطوانات تمسه في كل من اضلاعها

* (بيان اجراء العملية في فن النجارة) *

اذ لزم للنجاران تنظيم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة خطوط منحنية فانه يأخذ قارة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخراطة وخشبها مفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحركه قارته ويجعلها مماسة دائماً للمحيط الذى يتبعه الخطوط في هذه الحركة يصير السطح الاسطوانى للقارة بالتوالى مماساً للخراطة المصنوعة في سائر امتداد القطع الناتج من حديد القارة وتكون الخراطة هي السطح المكتشف للاسطوانة التى بينها خشب القارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة
فنفرض اننا نأخذ من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع
مماسات ض ا و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث اننا مخروط
قائم مستدير مماس للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة ا ب ث د
المستعملة قاعدة للمخروط فاذا ادبرنا دائرة ا ب ه الكبرى على محور
ض و الممتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن
الدائرة المذكورة الكرة وعن مماسيها وا و ض ب المخروط
المذكور

فاذا تحرك مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة
او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال
المتشابهة تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ من
مخروط ض ا ب ث د مماسة للدائرة المتقدمة فاذا يكون هذا المخروط
محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحركة مركزها على خط مستقيم ويزداد
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعده المراكز من نقطة ثابتة من نقط الخط
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحن حيثما اتفق امكن ان نرسم من كل نقطة
موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا
للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة
المجمولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم
يبين خلف الجسم حد الظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة حد
الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لزم تعيين تقاطع هذا السطح
مع المخروط المحدد للظل الحادث من الجسم المنير

(بيان الكسوف)

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه القاعدة على علم الهيئة الى تحديد شكل الكسوف
ومقداره ولنفرض ان القمر في مروره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فاذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان فاننا نرى مخروطا قائما مستديرا
محتويا على الكوكبين المذكورين ويعين في السماء حد الظل المنعكس بالقمر
وكما مكنت الارض بتأثيرها خارج هذا المخروط المظل فان الشمس لا تنكسف
بخلاف ما اذا دخل جزء منها في المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء
الشمس وتنكسف الشمس بالقمر وهذا هو المسمى بالكسوف واذا عيننا
في كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدته
وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوي على الشمس والقمر فان هذا
التقاطع بين على الارض مسافة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة
الكسوف الكلي في الحالة المذكورة وبالجملة اذا رسمنا جميع التقاطعات
المفروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي
تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلي
واما النقط الاخر فانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلة او قصيرة وبهذه
الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التي يحصل فيها كسوف الشمس
وتعين بهامع السهولة الاحوال التي يخسف فيها القمر

فاذا كان مخروط قائم مستديري ينكسف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل
القمر في المخروط المظل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل
القمر بتأثيره في المخروط كان ذلك هو الخسوف الكلي واما اذا لم يدخل في ذلك
المخروط الاجزاء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة
الاخيرة نعرف في اي زمن فرضناه شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع
الخاريط المحيطة بالشمس والارض مع سطح القمر

واذا فرضنا جسما حينما اتفق ومدنا عليه كما مر في شان الشمس اشعة نظرية
مماسية له فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حد النقط التي يمكن مشاهدتها
وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهري للجسم الذي فرضناه

وفي التصوير يرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاي جسم كان وهذا
هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذي اضلاعه مماسة للجسم المذكور

ورأسه موضوعة في مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة
بالاجسام لازمة لزوما ضروريا في تصوير الاجسام المنتهية بخطوط
مستقيمة

ومتي اضاءت كرة منيرة مثل وا - (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة
مثل واب امكن ان تصور اولا مخروطا مثل ض ا ا ب -
يكشف الكرتين معا ويرسم على كرة واب خط الانفصال الذي بين الظل
والنور ويمكن ايضا ان تصور مخروطا ثانيا مثل م د ط م ن موضوعا
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة م ن المختصرة في هذا
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرقة على الكرة المنيرة بتمامها
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ام ن ب الاجزاء
واحد من الكرة المضيئة فاذن يكون هنالك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا
الفن بالاسم المذكور فاذا ارى درسم ظل عدّة اجسام مع الدقة لزم ان نبين مع
غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك
بطرق تشبه الطرق التي ذكرناها آنفا

فلولم يكن سطح اور - و اوب متشابهين لما يمكن ان المخروط الواحد
يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحهما متشرا يمكن رسمه بان نفرض
ان اى مستوي يكتس مماسا للسطحين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع
الاضلاع الملائمة لذلك ونصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون
فيهما المستوى مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح
منتشر يكون فاصلا بين الظل والنور من الظلال واجزائها المنتشرة على
ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره
بينهما ولقد تأسفت على كون ما اودعته في هذا الكتاب المختصر من الحدود
والمبادئ يمنع من التطويل في الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة
بالسطوح المنتشرة

واذا ارى تحديد اى ثغر فانه ينبغي تحصيل خارجه بحيث لا يمكن في مسافة

مرمى المدفع ان ترمى مع الاستقامة جسما من الاجسام المعتة للرماية فوق
بسطة الحصون التي عليها المحافظون فتصور سطحاً منتشراً مماساً لسطح
الحصن ولرأس الارض التي تكتنف الثغر بقدر مرمى المدفع وينبغي ان لا يقطع
السطح المنتشر بالكلية الارض التي فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن
الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفي بهذا الشرط فان داخل الثغر
يسمى سرداباً او مضيقاً ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى
هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال المخاريط المكسفة في الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع
القباقيب يستعمل نصلة مستقيمة حادة مشدودة من احد طرفيها بنقطة
ثابتة ومن الطرف الآخر لها قبضة يقبض عليها بيده اليمنى ويحكم بيده
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صنعها ثم يقطها بالآلة المذكورة فينشأ
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقبقاب في جميع امتداد خط
منحن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح
القبقاب وهو السطح الذي يكتنف جميع المخاريط المرسومة بالآلة
المذكورة

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولاً
آلة قليلة العرض ليصنع بها قطوعاً تكاد ان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ
مقراضاً مستوياً متسعاً ويجعله في اتجاه مماس للمحيط الذي يكون للسطح
المذكور فكما يضع المقراض في محل يرسم بواسطته مخروطاً ويحدث عن مجموع
هذه المخاريط المصنوعة بنقل الآلة قليلاً قليلاً واتجاهها عدة مناطق
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهاته وتلك المناطق مظروفة
في المخاريط وناشئة عنها

وقد تكون جلب البراميل والصواري المتجمعة مخاريط مماسة لسطوح الدوران
المستعملة في الصواري والبراميل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطالة اى جهة

من الجهات وزياتها على اصلها قليلا او كثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة

ولنتكلم الآن على السطوح المكنتفة التي يمكن صناعتها بنفي بعض خطوط توصل بها السطوح المراد جعلها مكنتفة فنقول

لنفرض خطا غير قابل للامتداد يدل على محور اسطوانة او مخروط مستدير او غير ذلك من سطوح الدوران ولنفرض ايضا ان المطلوب ربط مركز اى كرة بهذا الخيط يكنتفها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غيره من سطوح الدوران ثم نشئ الخيط المذكور على حسب خط منح فلا يكون السطح المكنتف لجميع الاكر على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولا اى سطح دوران كان وانما يكون سطحا مركبا من جملة دوائر كل واحدة منها تكون مشتركة بين الاكر والسطح المكنتف

ومضى انشئ محورا لاسطوانة كان السطح المكنتف مصنوعا من جملة دوائر مساوية للدائرة الكبرى من الاكر المتساوية التي كانت في مبدء الامر محاطة بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على المنحنى الحادث عن المحور المنشئ ومركزها موضوع على هذا المحور

ثم ان اعوجاج الالميق هو من قبيل السطوح المكنتفة يتكون اولا من انشاء محور الاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوى اسطوانى وثانيا من غلاف جميع الاكر المتساوية التي مراكزها موضوعة على هذا المحور

وكذلك القبوة المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة تكون غلافا لالاكر المتساوية التي مراكزها على محيط شكل حلزوى تكون درجه مساوية لدرج السلم

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التي كل بت منها على حدة يكون ايضا البرم غلافا للمسافة المقطوعة بالدائرة التي مراكزها تابع للنقط الحلزوى المرسوم في وسط البت

ومن دود الحرير وغيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

اسطوانى ومفاصله تنكش وتنسبط على حسب ارادته وعند ثنى هذه الهوام
يتراى ان جسد هالا يبنى على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة
سطح من السطوح التى نحن بصدددها

واذا ثنى محورا الاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح
دوران وهو السطح الحلقى الذى تقدم ذكره فى الدرس الحادى عشر وذكرنا
مسقطيه وكيفية رسمه

وللسطوح المحيطة بكرة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهى انه اذا قطعت
اجزاؤها كل على حدته بسطح مستو عمودى على المنحنى الذى هو محل مراکز
الأكبر حدث عن ذلك شيئا أحدهما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا
على الغلاف والثانى ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للأكبر
المتساوية

واذا اريد تسمير مقدار من الماء فى قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة فى جميع اتجاهه
بحيث لا يعترضها اختناق ولا توقف فى اى مكان كان وينبغى حينئذ ان يكون
سطح القناة المذكورة غلافا للكرة التى نصف قطرها ثابت وينبغى ايضا ان يكون
قطع القنوات المعدة لجريان المياه على شكل منحنى او مضلع مسطوح ثابت
لا يتغير وكذلك ينبغى لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل
واحد ما عدا الاماكن التى يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

وسنذكر فى الكلام على مراکز الثقل فى الجلد الثانى (عند ذكر الآلات)
طريقة سهلة فى تحديد حجم الاجسام والابعاد المجددة بسطوح القنوات التى
ينفذها قريبا وانما نذكر هنا طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة
الاستعمال فى القنون فنقول

قد يصنع الحداد والمرصان وصانع الزجاج وصانع القرفورى والنحاس من
محصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون
اولا مناشير واسطوانات مصمتة او مجوفة ويجعلون لها نوع انعطاف وعرضهم

من ذلك ان تبقى الاجسام التي يثنونها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذي عليه القطوع المعترضة

ومن هذا القبيل الذي نحن بصدد البريميات والحلقات والاطواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وبريميات السدادات والبيات التي على شكل حلزوني والقصبات الملتفة لفامنخنيا والانابيب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا في الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالحلقات والخرجات الاسطوانية او المخروطية كجذع الاعمدة مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة في السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القطوع في الجهة المعترضة تكون غير ثابتة

وهنا الممدن يصنع فيها السمكة والنجاسون الصفايح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها انحناء مضاعفا ويقيمون قطعها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسمكة مدينة ليون في هذا المعنى امهر من سمكة مدينة باريس

ثم ان مهندسى القناطر والجسور لهم في رسم الاجزاء المنحنية من قناتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء التقاطع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عمومية من جميع الجهات على سطح القناة

وعوضا عن ان نفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها نفرض ان السطح المتحرك يتغير مقداره بدون تغير شكله والاسهل في ذلك الكرة التي تكلمنا عليها في (شكل ١٦) لان نصف قطرها يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يمسها محيطها سطح الدوران المذكور على حسب اى دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ولنفرض الان ان مراكز هذه الاكر ثابتة على محور سطح الدوران فنحن هنا

المحور على حسب خط منحن ايا ما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث في الاكر باختلاف نفس الاكر المذكورة الا انه يس ويحيطه آتما كل كرة على حسب الدائرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح

فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شديدا بسطح المخروط الممتد وكلما تني عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث عنه دأ آتما غلاف جله من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على وجه التماس بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له اثنيات وتعريجات قلده ارباب الفنون حيث جعلوا على شكله آلة المويستي التي تسمى بالسربان (شكل ١٧) والتغير (شكل ١٨) وفي الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها فاذا فرض ان الثعبان ينثني على شكل حلزوني بحيث يكون ذنبه مركزا كما في (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدف على اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة (شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جله من الات المويستي كنفي الجيوش الخفيفة فان سطحه من هذا النوع وكذلك يوق انعكاس الصوت فانه ايضا على هذا الشكل

ولاجل صناعة آلات الالحان التي نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم ان يكون سطحها المنحني ممتدا ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب اصناعتها طرق تبقي هذا التماس في جهة الطول التي بموجبها يدفع الهواء في الآلة وفي الجهة المعارضة التي يكون القطع فيها آتما متديرا

وقد تسعمل الطرق المتنوعة التي ذكرناها في عمل جله من السطوح لمعرفة صحيح الطرق المستعملة عند صناعات آلات السابقة من فاسدها وتبديلها في الغالب بطرق أخر اصعب واضبط منها

(بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك)

لا يكفي ان تقتصر في الفنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سواء بلغت الغاية اولابل ينبغي ان السطوح المصنوعة بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد سرور الناظر تكون متناسقة مصقولة بحيث يكون انتظام ذلك ورونته مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جملة من الفنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذه العمليات عذرا جراثمها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحا مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخير غلافا للمسافات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فاننا نضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للمخروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهرا البندقة ونسيرها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حينئذ المسافة المقطوعة هي المستوى المماس للمخروط وتكرر هذه العملية في سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافا لجميع المستويات المماسية فاذا يتم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تدعيمها وتأخيرها وتقليبها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يمر محوره بمركزها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية نوضع تدريجا في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فبهذه الكيفية نصقل الكرة بواسطة المخاريط التي غلافها تلك الكرة

وتصقل المرأة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويها المماس في جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هذا القبيل انواع الزجاج المستوية او الكروية المستعملة عند صنع آلات النظر في عمل آلاتهم

واذا مسح نجار السفن واصلح بقدمه جانب السفينة فانه يريل كلما ضرب بهذه الآلة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافا لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدوم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجزا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب الفنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تميز الخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب الفنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجراء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تخلو عن مدلول

ومنى التفت الصانع بالكلية الى تلك الفائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرغ لمعرفة ما ودأوم على تذكارها بحيث لا يمكنه تركها او اهمالها فعند ذلك يعتنى بالبحث عن محصولات صنعته كما يعتنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه ويلتفت اليها التفاتا كليما فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما مثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضا ما بينها من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها واغراضها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصورا على مجرد ميل النفس وتوابعها بل لا بل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكن الاخبار بوقوعها قبل ازانها

ولا يمكن الوصول في اي فن من الفنون الى غاية الكمال الا بالمداومة على ممارسة قواعد الرسم الهندسي الصحيحة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المبينة في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهين الخواص المفيدة التي لم تعرض في كتابي هذا الا لذكر روس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فوريقات الافرنج وورثهم ابقيت صنائعهم على حالتها الاصلية ولم تتسع دائرتهم ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الان

(الدرس الخامس عشر)

في بيان انحاء الخطوط والسطوح

اذ افرض اننا نسير على خط منحنا ناظرين دائما الى اتجاه الخط المماس لهذا

المنحنى بالنظر للنقطة التي يكون فيها الانسان فانه لا يكفي ان نستمر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف في كل وقت جهة الخط الداخلي من الخط الواقع عليه السير فاذن يكون انحناء هذا الخط مناسباً لمقدار الانعطاف المنقسم في كل مسافة صغيرة تم عبورها

واذا مرنا على الدائرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغي الانعطاف بمقادير متساوية فاذن يكون انحناء الدائرة على حالة واحدة في جميع اجزائها

واذا سرنا بالتوالي حول دائرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصف قطرهما r و R كان 14 ر 3×2 ر هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان 14 ر 3×2 ر هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرتيهما و سرنا دائماً حول محيطيهما فان مقدار الدور يكون 360° فاذن تكون النسبة بين انحنائى θ و ϕ للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360^\circ}{r \times 14} : \frac{360^\circ}{R \times 14} \text{ او } :: \frac{1}{r} : \frac{1}{R}$$

فلذا كان محيط الدائرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدائرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الاصغر ونصف القطر الاكبر فاذن تكون النسبة بين انحنائى الدائرتين كنسبة نصفي قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدائرة حتى يصير غير محسوس

(بيان اجراء العملية في انحناء الارض)

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دائرتها الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرة نصف قطرها ستة امتار وتكون ايضا اقل بنحو مليون من دائرة كعجلة عربية فلذا ترى انحناءها غير محسوس في المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا في البحار والسهول الواسعة

ثم ان معرفة انحناء الارض يتوصل بها لقياس ارتفاع الجبال والسواحل على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التي يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلاً ان AB هو نصف قطر الارض وان θ (شكل ٢)

هو الجبل الذي رأسه وهي د تغيب عن عين الراصد المنتقل منها الى نقطة ب
 فتي علمنا مسافة ب ث بمد نصف قطر ا ث د امكن معرفة قياس
 مسافة ث د فاذا كانت زاوية ا ب ث صغيرة جدا كـ ا قوس
ب ث مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة ب
 على ا د وينتج هذا التناسب وهو

$$\frac{ا ب}{ب ث} = \frac{ب ث}{ب د}$$

اعني ان نسبة نصف قطر الارض الى مسافة ب ث التي بين الجبل
 والنقطة التي فيها الراصد كنسبة هذه المسافة الى ارتفاع ث د من الجبل
 وبناء على ذلك يكون ث د = $\frac{ب ث}{ا ب}$

ومتى عرف البحارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع ث د
 الذي هو ارتفاع صار من صواري السفينة أو اى جزء منها عرفوا مسافة
ب ث التي بينهم وبين هذه السفينة ومثل ذلك مهم جدا في مدة الحرب
 فقد ذكرنا اننا ان نصف قطر الدائرة هو مقياس انحناء محيطها ونذكر هنا
 انه يستعمل ايضا لقياس انحناء الخطوط المنحنية فان قياسه بواسطة الخطوط
 المستقيمة من ابداع المخترعات الهندسية ما في ذلك من الايجاز في العمليات الخاصة
 بالانحناء فنقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط ا ا ا ز (شكل ٣) هو المراد معرفة
 انحنائه فالتسا ناخذ نقطة المتجاورة جدا ثلاثا ثلاثا ثم نرسم من ثلاث نقط
 متوالية مثل ا و ا و ا دائرة ا ب ث التي يكون انحناءها
 كـ انحناء خط ا ز المنحني في قوس ا ا ا الصغير ويمكن اجراء هذه
 العملية في اى نقطة كانت ولنبين بهذه الطريقة الدوائر التي يكون انحناءها
 كـ انحناء الخط المنحني في سائر نقطتها وانصاف اقطارها فنقول

كل دائرة مثل ا ب ث كان انحناءها في نقطة ا كـ انحناء خط ا ز
 تسمى دائرة مماسة تقريبا من هذا الخط المنحني ونصف قطرها هو نصف قطر

الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر $\overline{عود}$ على محيط الدائرة في نقطة $\overline{أ}$ وليس هنالك فرق بين محيطها في نقطة $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ ومحيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء $\overline{عود}$ على المنحنى وانه مقياس انحنائه

ولنفرض اننا مددنا من نقط مختلفات كـ $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ و $\overline{أ''}$ (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا عمودية على منحنى $\overline{أز}$ واخذنا طول $\overline{أ}$ كطول $\overline{أ'}$ و لنصف قطر الانحناء في نقطة $\overline{أ}$ وطولا آخر كطول $\overline{أ'}$ لنصف قطر المنحنى في نقطة $\overline{أ}$ وطولا ثالثا كطول $\overline{أ'}$ لنصف قطر الانحناء في نقطة $\overline{أ}$ وهكذا حيث ان تقط $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ على قوس الدائرة التي مركزها نقطة $\overline{و}$ ينتج ان $\overline{وأ} = \overline{وأ'}$ ولذلك ينتج ايضا ان $\overline{ووأ} = \overline{ووأ'}$ وان $\overline{ووأ} = \overline{ووأ'}$ وهم جرا

واذا ثبتنا في نقطة $\overline{أ}$ التي هي نهاية خيط غير قابل للامتداد وشدنا هذا الخيط على حسب اتجاه $\overline{أو}$ وعلى حسب المحيط المفروض بنقط $\overline{و}$ و $\overline{و'}$ والخ التي هي مركز انحناء $\overline{أز}$ ثم قربنا نقطة $\overline{أ}$ بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول $\overline{ووأ}$ وهم جرا فان جزء الخيط وهو $\overline{أو}$ يرسم قوس دائرة صغيرة مثل $\overline{أأ'}$ يكون تمامه على منحنى $\overline{أز}$ حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو $\overline{و}$ من خط $\overline{أز}$ واوله من نقطة $\overline{أ}$

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة $\overline{أ}$ صار مشدودا شد استقيما من $\overline{أ}$ الى $\overline{و}$ واذا قد مننا نقطة $\overline{أ}$ لتر من $\overline{أ}$ الى $\overline{أ'}$ فان الخيط المشدود شد استقيما من $\overline{و}$ يرسم قوس دائرة مثل $\overline{أأ'}$ يكون مركزه نقطة $\overline{و}$ فاذا مررت ايضا نقطة مثل $\overline{أ}$ من $\overline{أ}$ الى $\overline{أ'}$ فانها ترسم قوس $\overline{أأ'}$ يكون مركزه في نقطة $\overline{و}$ وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جملته نقط شديدة القرب من بعضها كنقط $\overline{و}$ و $\overline{و'}$ والخ التي هي مراكز انحناء خط $\overline{أز}$ فانه يمكن ان نرسم بالسهولة منحنى $\overline{أز}$

بواسطة خيط قابل للانشاء وليس قابلاً للامتداد وترتد هذه القاعدة صفة وضبطاً كلما قربت ابعاد المراكز وهي و و و و والخ من بعضها وتكون على اتم الوجوه اذا تعاقبت هذه النقط بدون فاصل وكانت على صورة خط منحنٍ مستمر

ثم ان الطريقة التي ذكرناها وان كانت قاعدة تقريرية الا ان رسم منحنى ا ز بها اصح وادوم اتصالاً مما اذا بد لنا هذا المنحنى بمضلع مصنوع باوتار ذلك المنحنى او بمماساته وبواسطة هذا الرسم الجديد تكون جميع اقواس الدائرة التي اقيمت محل منحنى ا ز متوافقة في الطول ولا يوجد في هذه الصورة زوايا كما في رؤس الاشكال المضاعفة ولا اضلاع مستقيمة تقوم مقام بعض الاجزاء المنحنية فمن ثم ينبغي أن نستعمل الطريقة الجديدة في تحصيل شكل المنحنيات التقريرية التي كلما كان اتصال الانحناء ضرورياً جادنا عذر رسمها مع غاية الصحة والضبط

وقد سبق لنا ان خيط ا و و و الخ يشد حين ترسم نقطة ا التي هي نهايته خط ا ز المنحنى فاذا اخترنا منحنى و ح خ ٠٠٠ س الذي تقطعه النقطة المبينة من مبدء الامر على هذا الخيط رأينا س و م يساوي الطول الكلي لجزء الخيط المنثنى من مبدء الامر على حسب و و و و و و و و ويطاق خط الانتشار على كل خط منحنٍ مثل و ح خ س الذي به ينتشر منحنٍ آخر مثل و و و و و و و و بحيث يكون طوله مساوياً بالنصف قطر الانحناء و و و و و و و و و و الى س و م من منحنى و ح خ س

ثم ان خطوط الانتشار نستعمل كثيراً في الفنون لاسيما خط انتشار الدائرة (شكل ٥) فان ارباب الميكانيكة يستعملونه في قطع اضراس الآتيم على وجه مناسب

ولنفرض ان مدق ا ب (شكل ٦ و ٧ و ٨) يكون موضوعاً في مجرى بحيث يكون في صعوده ونزوله على خط قائم محدد والمطلوب هنا بيان كيفية

رفعه وتنزله فنقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا افتيا مثل بث يس على وجه التماس مبيتة بارزة مثل د ه اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى نقطة السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس و ح خ ز من خط الانتشار المحيط و و و و للدارة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة و تصل من مبداء الامر الى الوضع الذي كانت تشغله نقطة و وفي هذه الصورة يكون مماس و ح من الدائرة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغي ان مبيتة د ه التي تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع و ح فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة و تصل لموضع و الاصلى وحينئذ ترتفع المبيتة والمدق ارتفاعا يساوى و ح وبالجملة فباستمرار العمود على الدوران تصل نقطة و للموضع الاصلى من نقطة و (شكل ٨) ويصير و ر قائما فاذا انعدم ما يحجز المبيتة انقطع دفعها للمدق عن السقوط لثقله فتقطع حركته حتى ينتهى دوران العجلة ثم ترفع المدق ثانيا

وفائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى في الميكانيكة وقد كلفنا في الدرس الثالث عشر على المنحنى المسمى بالقطع الناقص الذى له مدخلية كبيرة في العمليات وحيث ان هذا المنحنى وهو

ا ب ث (شكل ٩) متماثل المحورين فان خط انتشاره وهو د ه ف يكون ايضا متماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناء القطع الناقص يكون في نهاية محوره الاكبر واصغر انحنائه يكون في نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون ممتدا ومتواصلا ما يمكن ان نرسم الخط المنتشر وهو د ه ونرسم ايضا ا ب ث بواسطة خيط ايا ما كان او بشاقول ينثنى تارة على حسب د ه وتارة على حسب

هـ

ومن المهم ان نذكر لك انه ولورسمنا مع منتشر **د هـ ف** شكلا مضلعاى
 عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان معنى **أ ب ث** لا يرى فى سائر
 جهاته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يـ **ك** كون له شعبتان لا يوجدان فى خط
د هـ ف ويكون للمخنى الذى خط انتشاره **أ ب ث** اتصال اكبر من
 المخنى المذكور لان انصاف اقطار انحنائه تزيد وتقص على التدرج
 ولولا تعاقب انصاف اقطار معنى **أ ب ث** بدون اتصال كما فى رسم المخنى
 المسمى باذن القفة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦)

فن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بإيرادها هنا فتقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة نقط منفردة قريبة من
 بعضها جدا كالخطوط المنقطعة التى تستعمل فى الرسم وكالاتجاهات المعينة
 بصفوف اشجار مغروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة
 او المنحنية التى يتصورها الانسان مع السهولة اذا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع
 اتصال غير ان الاتصال هنا يدل عليه عدة نقط كما يرعى اليه بالارقام فى الجداول
 التى يعرف بها وضع جملة تقط خط منحنى ومثال ذلك رسم قارين السفن

ثانيا يمكن ان نرسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون اوتارا
 لهذا المخنى مثل **أ أ** و **أ أ** و **أ أ** الخ (شكل ١١) او خطوطا
 مماسة مثل **أ أ أ** الخ (شكل ١٢) وفى هذه الصورة الثانية يكون
 فى تعاقب النقط اتصال لا يوجد فى الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه فى كل

رأس مثل **أ** و **أ** و **أ** من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس

ثالثا يمكن ان نبدل الخط المنحنى بعدة اقواس دوائر كما قواس **أ أ** و **أ أ** و **أ أ**
 (شكل ٤) التى نصف قطر انحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذى
 ابدل تلك الاقواس وفى هذه الصورة يكون فى تعاقب النقط وفى اتجاهها
 اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال فى اتجاه الخط المنحنى
 وفى انحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمارية الصورة الجمانية من القباب

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور في رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذي عليه مدار نجاحها لا بد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته في تركيبها وحر كاتها فعلى نظار المعامل والكرخانات ان يختاروا بحسب اللزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار والضبط التام

ولابأس بذكر طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الاتجاه والانحناء من الخطوط التي بواسطة يتحددون ويعمرون شكل قارب السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنفردة التي يمر بها الخط المنحني ثم يضعون المسامير من جهتي النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثني المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزدوجة وبالجمله فينبغي ان يرسم بقلم الرصاص الخط المنحني المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بسائر النقط التي هي 1 و 2 و 3 الخ (شكل ١٣) ولا بد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اجرائها ليكون رسم انحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدرجى غير محسوس بحيث يرى فيه قدر الاتصال الذي يعين على اضعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القاربين وقت سير السفينة فعلى مهندسى السفن ان يطالعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصاله الراى وسرعة التمييز

ولا يلىق الا ان تستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة في رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المتخذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من رياش القيطس منها ما يكون سمكه واحدا ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحناءها لا يتغير الا بمقدار قليل ومنها ما هو مرقق شيا فسيأى فى احد طرفيه او الطرفين جميعا ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحني الذي يتقص انحناءه كذلك شيا فسيأى من طرف الى آخر ثم ثنى هذه المساطر بحيث يمر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحني المطلوب الذى يرسم بقلم

رصاص يسند على المبصرة المنتهية على شكل خط منحني ولا جل سهولة
الرسم على الورق ابدلوا ايضا ماسا يرسم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التي
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجبريات وهي محيط القارين المنتصب بقطع
رصاص مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق والقماش كقطع ح

و ح و خ الخ (شكل ١٤)

ويستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية تمر بنقط معلومة آلة يسمونها
طنجة لانها على شكلها الرموز له بهذه الاحرف وهي **ا ب ث د ه**
(شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحناء امكن ان نضعها
في اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلا مجزءا عن الزوايا يكون انحناءه
متوايلا دون ان يكون فيه خروج

والى الان لم تتكلم الا على انحناء الخطوط المرسومة في مستو واحد كالخطوط
التي تسمى بذات الانحناء المفرد ولكن هناك خطوط لا يمكن رسمها على مستو
واحد لازدواج انحنائها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات
والمنحنيات ونحو ذلك ولنتكلم عليها فنقول

اذا اراد رسم الخطوط ذات الانحناء المزدوج كذات الانحناء المفرد فلا مانع
ان نأخذ آتاما النقاط المتتالية بدون فاصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة
ثلاثا ثلثا ثم نزيد آترة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هي دائرة المنحنى
المماسية التقريبية لساير امتداد المسافة الصغيرة المحصورة بين النقاط الثلاثة واذا
اطلق السطح المماس التقريبي فالمراد به سطح الدائرة المماسية التقريبية ولا يمكن
ان تكون دائرة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحناء وذلك من مبدء
المسافة المعتبرة * وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسية التقريبية
يمكن لارباب الفنون ان يرسموا باجتماع عدة اقواس دائرة متعادلة على
وجه التماس سائر الخطوط المزدوجة الانحناء ويكون هذا الرسم على وجه
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات لطيفة جيدة في شأن انحناء الخطوط السابقة غيرها ليست

من المبادئ رأسا ولا تكثر مدخليتها في عمليات الصناعة العادية فلا وجه
لإبرادها

وأما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعنى انه متواتر جدا لا يستغنى عنه
في عمليات الصناعة

* (بيان انحناء الكرة) *

الكرة هي سطح يسهل قياس انحنائه وبيانها * وذلك بان نأخذ على الكرة نقطة ما
كنقطة أ (شكل ١٦) ونمد من نقطة و المعتبرة مركزا نصف قطر
أ و فيكون نصف القطر المذکور قياس الانحناء في نقطة أ لسائر
القطاعات الحادثة في الكرة عن مستو يشتمل على نصف قطر أ و ويكون
ايضا قياسا لانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في سائر جهات السطح وفي جميع
نقطته فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر
القطاعات الحادثة عن مستو يشتمل على نصف القطر المذکور

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف
قطر الكرة التي تكتنفها تلك الاسطوانة او تمسها بحسب محيط قاعدتها واما
بالنظر لضلعاها وهو أ ب (شكل ١٧) فلا انحناء لها اصلا بحيث
اذا شئ عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للاسطوانة بالنظر
لضلعاها يجاب بأنه غير متناه

ومن هذا القبيل المخروط القائم المستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة
قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكتنفها بخلافه من جهة ضلعه فانه
لا انحناء فيه

وبالجملة فباقي الاسطوانات والمخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع
السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الزوايا بخلاف
جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والمخاريط ان مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة
نصف قطر أ و من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحني فعلى ذلك تكون انصاف اقطار $او و$ $او و$ $او و$ الخ متجهة في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع $ا ا ا$ الخ $ب$ من السطوح المخروطية والاسطوانية

وليس السطوح المعوجة من هذا القبيل * مثلاً اذا نظرت الى السطح المعوج من السلم رأيت فيه من جهة تجويف الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى الجهة العمودية الى اعلى

ثم ان ما يوجد في حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل نراه متجهاً في الجهة العمودية على محور الطارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعاً على نفس هذا المحور بخلاف ما في الجهة الموازية للمحور فان المركز العظيم الانحناء من حلق الطارة يكون في نقطة $د$ التي على بعد واحد من نقطة $م$ و $ح$ اللتين هما طرف حلق الطارة المذكورة

فن هنا ظهر ان السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع ففي النوع الاول يكون اتجاه انحناء الخطوط التي يمكن رسمها على اى سطح كان متجهاً في جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والمجسمات الناقصة والسطوح البيضاوية وما شبه ذلك

وليس في النوع الثاني الواجهة واحدة وانحناءها ظاهر واما الجهة الاخرى فهي خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الا السطوح المنتشرة والاسطوانية والمخروطية وما شبهها

ويوجد في النوع الثالث جزؤ من الانحناء متجه في جهة والجزء الاخر في الجهة المقابلة لهما بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطاً عودياً على السطح المذكور فانه يوجد على الخط العمودي المذكور من احدى جهتي السطح جزء من مركز انحناء القطاع والجزء الاخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد في ظاهري الجسم البشري على اختلاف شكل اجزائه فمن النوع الاول اشكال اطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة والركبة والمكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع ففيها جزء لا انفخاء له في احدى جهاته فهو من

النوع الثاني

ومن المشاهد ان مفاصل الاذرع والاصابع والاباط وما اشبهها وكذلك مربوط الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الانفخاءين المتجهين في جهات متقابلة

ثم ان صانعي التماثيل وارباب الرسم يكثرهم واعتيادهم على رسم صور الاجسام البشرية وملاحظة انفخاء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فبقدر اجتهدهم في التوفيق بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف فاذا سلكوا في ذلك مسلك الضبط والجودة كانت صناعتهم بديعة تروق الناظر وتعجب الخاطر والافرت منها قلوبهم واستبسعوها

وانفخاء تلك الاجزاء المختلفة له تعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حينئذ على الرسام المتبحر في فنه أن يقف على حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه مبينا لما استمر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطأ بين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح الجسم البشري بارزا جدا ازمنحنيا انحناء شديد او محدبا تحديبا مفرطا لتكون الاشكال التشرية على غاية من البيان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر وما ذاك الا تصنع حلهم عليه التأنيق والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكار الاساتيد

ثم ان سطح سيما الانسان لا يخضع لوعن تغير لطيف منوط بالتأثرات المباشرة دائمة كانت اووقية فاما الاولى فينشأ عنها في انفخاء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زمناطويا ولا تدرك دقائقها بدوام البحث ومن يد التأمل وذلك كهيات الوجه وسماء واما التأثيرات الوقية فينشأ عنها في تقاطيع الوجه تغير بين اوغير بين فلذا كانت معرفته من اهم الامور في ممارسة

الفنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب الفراسة الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غيرها لياقة والاوصاف والاحوال من بشاشة وعبوس وغوص الفكر في الدقائق وسوء الطوية وهناك مجتأ آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لا بأس بإبراده فنقول انه زيادة على ما في الانحناء أي الجمجمة الاصليين من الانتظام يرى في محال من جاجم بعض افراد من بين آدم تثنيات وانحناءات متنوعة بينة وغير بينة وهذه الاجزاء سواء كانت قليلة الانحناء والتحدب او كثيرته تعتبر كأنها علامات خارجية يستدل بها على قوة ادراك الانسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته

وقد يسهل على من اطلع على هذا المبحث ان يكسوه ثوب الهزاء والاحتقار الا ان الفطن الباحث عن نواميس الطبيعة لا يبادر بالاغراط في الذم او المدح حيث ان هذا المبحث الجديد لا بد أن يسلك الانسان في مطالعته مسلك الجدة ولوصح ان الانسان يتصدى للبحث عن كل شيء ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المفروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكفي وجود عدة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قلة وكثرة في شكل الجاجم لتصير دراسة اختلافات المنحنيات في المباحث التي يشتغل بتحقيقها فكر العاقل

وللأجزاء المتنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة او منحنية تجعلها قابلة للتحرُّك قلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشريح الحيوانات وهو علم تضبط ان شاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة الابعاد الاصلية من اجزاء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه انحناء جزء من الهيكل المذكور لاسيما الاجزاء المتلاصقة اعني المفاصل

وكما ان هذا المبحث الذي نحن بصدده يعين على التقدم في العلم المذكور يوجد فيه نتائج عظيمة يعود نفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعلو الفنون والحرف على المتوسط منها فهي تسلك فيها على منوال الوسائط المتنوعة العجيبة التي اسندتها

الطبيعة للحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلا منتظمة غاية الانتظام لاجل مضغ المواد النباتية وجرشها حتى ان شكل اسنانها لا يترى اختلالا مع دوام استعمالها في مضغ الغذاء بخلاف شكل اجار الطواحين فانه يلحقه الاختلال في اسرع وقت فنم يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالباً وذلك بحيث الاجار وتقرها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة لاتساوى الاثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء بباريس اشتغل بصناعة آلات للجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس الخيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذي يدونه لا يكمل الجرش

فاذن تقتضى الصناعة نفسها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجتهدون في معرفة ابعاد اجزاء الحيوانات المختلفة وانحناهم او وظائفها ولننتقل الان من الكلام على هذه المحفوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث انحناء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعى اى علم الحيوانات الى الكلام على الخواص الهندسية التي بها تسهل معرفة اصول هذه الانحناءات وتوسعها فنقول

يمكن ان نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقعاً بالتوازي على سطحه (شكل ٢٠) في $ABCD$ وهذا القطع الناقص من مبداء نقطة C يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازي لمستوى M المماس للسطح المذكور في نقطة C والمجاور لمستوى MN وحيث ان C و O هي المسافة بين نقطة C والمستوى القاطع وهو MN فانه اذا مررنا من نقطة C بجملة دوائر مررها K زها موضوعة على خط C و العمودى وكذلك من محيط القطع الناقص حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعات المصنوعة في السطح بمستويات الدوائر المذكورة

ويمتاز صغره هذه الدوائر برأسي $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ من المحور الصغير من القطع
 الناقص ويمتاز أكبرها برأسي $\overline{ا}$ و $\overline{ث}$ من المحور الكبير من القطع الناقص
 المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررا سائر الدوائر الواقعة على مستوي
 واحد ما ربعمود $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ الذي في (شكل ٢٠)

فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحناؤها على اتجاه واحد يكون
 اتجاه الانحناء الاكبر وهو $\overline{ا ب}$ عموديا على اتجاه الانحناء الاصغر
 وهو $\overline{ث د}$

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الاكبر في جميع السطوح التي انحناؤها في جهة
 واحدة من كل نقطة عمودا على اتجاه الانحناء الاصغر
 وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسية
 التقريبية المارة بالمحيط المذكور وبعمود $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ تكون ايضا متماثلة
 بالنسبة لمحوري $\overline{ا ث}$ و $\overline{ب د}$ اعني بالنسبة لاتجاهي كل من الانحناء
 الاكبر والاصغر

فعلى ذلك تكون الانحناءات الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح
 وهي الانحناءات الآخذة في التناقص المستمر من الانحناء الاصغر الى الانحناء
 الاكبر موضوعة بالتأمل بالنظر لاتجاهي الانحناء الاكبر والاصغر وذلك
 بالانتقال من كل نقطة من نقط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوى الذي يقطعها قطعاً غير متناه بقرب
 المستوى المماس يحدث عنه قطاع في الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث
 ايضا عن اتجاه محوري القطع الزائد المذكور اتجاه محوري الانحناء الاكبر
 والاصغر فتكون الانحناءات الغير الاصلية موضوعة بالتأمل بالنسبة لاتجاه
 المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب

البكرة التي انحناؤها متجهان في جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على
 القرب من مستوى $\overline{م ن}$ المماس في نقطة $\overline{ح}$ للثقب المذكور
 ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطعين زائدين مبينين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محدبا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حذ مشتركة بين النوعين الآخرين
وحينئذ يثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخر بمعنى ان اتجاهاتها
سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلة تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناءات
المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناءات الاصلية

وقد اطلقنا قريبا لفظة مبينين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبين
حقيقة انحناء السطوح وتناسبها وذكنا طرق استعمالها في معرفة الخواص
اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما اتقل الانسان من اول نقطة من نقط اي سطح كان تقدم
على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط
المرسومة بهذا الوجه سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاكبر

ويقال في عكس ذلك انه كلما اتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا نانيا فتكون الخطوط
المرسومة بهذه الكيفية سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء
الاصغر

ولخطوط الانحناء خاصية نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول
انه اذا مددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث
عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منشرا

وفي اسطوانة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاعا قائمة
لانحناءاتها واما الخطوط الكبيرة الانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات
عمودية على المحور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع
من اضلاعها فاذا ن تكون خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على

شكل زاوية قائمة

وفي المخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاعه عين خطوط الانحناء الامغر تحصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان نضع طرف البيكار على رأس المخروط ثم نرسم في الطرف الاخر منه منحنيات متنوعة بقدر انقراجات البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار المخروط تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار

وفي سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النهار خطوط احد الانحنائيين وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر ومن انقتران دوائر انصاف النهار في جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة

وقد اجاد المعلم منج الشهير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية قطع الاججار حيث قال اذا اريد نحت قبوات منحنية الشكل فان تلك القبوات تقسم بالتناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل منها من حجر واحد

وبعد عمل جزء الحجر الدال على المنزل الاول ونشكله بالشكل الذي يناسب سطح القبوة تعمل الواجهة المسماة بالالتحامات التي على حدها تلتصق اججار العقد ببعضها ويجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون شكل اوجه الالتحام بسيطا تحكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعها في غاية من الصلابة لان هذا الامر الثاني يقتضى ان اوجه الالتحام تكون عمودية على منحنى القبوة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه الالتحام جبر العقد مع القبوة المذكورة فان جبر العقد المجاور لهذا الجبر يحدث عنه مع القبوة المذكورة زاوية حادة وبسبب الضغط يهدم جبر العقد المنتهى بضع منفرج جبر العقد المنتهى بضع حاد ويفتته اذا كان الضغط قويا او يفلقه ويكسره اذا كان الضغط خفيفا ولاجل السهولة والاختصار في ذلك ينبغي عمل الالتحامات مستوية او منتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من الورق والمقوى ونخوذ ذلك من الاجسام المقابلة للثني والانعطاف فر خامس توبا

له محيط مضبوط يلائم وجه الالتحام ويكتفي ثنيه على وجه لائق لينظر هل ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتحام الذي يكون عوديا على القبوة بواسطة المسطرة المثلية ام لا

وحيث ان الامر ينسب السابقين يستلزمان ايجاد سطوح منتشرة عمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزمان كذلك أن نجعل خطوط الانحناء سطح القبوة هي خطوط التمام

ففي ذلك اذا رسمنا سطوحا سطوانية (شكل ٢٤) فاننا نتخبط التماماتنا فننتخب في الاتجاه الاول الاضلاع المتوازية التي على بعد واحد من بعضها وهي خطوط الانحناء الاصغر ونتخبط في الاتجاه الثاني الخطوط المنحنية العمودية على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتحام المادئة عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او المنحنيات المذكورة هي سطوح مستوية تتقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاجار سهلا بقدر الامكان

واذا صنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كلالابواب والشبابيك الواسعة وطاقات المدفع المقبية مثل طاقات الحفر الارضية وغير ذلك فاننا نجعل خطوط التمامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صناعة قبوة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبعة مثلا فلننظر رسم على القبوة المذكورة طبقات منتظمة مركبة من دوائر عمودية ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتحامات المنتصبة لاجرار العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط المتوازية اشكال مخروطية وهي التمامات الجهة الاقضية وتكون تلك الالتحامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتحامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتحامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للمخاريط

والى هنا تم ما اورده للمؤلف من التطبيق السهل المفيد اصلا وفرعا
فلا شك انه جدير بأن يستفاد منه اهمية مبحث الانحاء السطوح وخواصها
الاصلية فى الفنون والصنائع ومدخلية فيها وكذلك الفنون المستزفة فله
فيها مدخلية عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك انه بتنوع الضوء والظلال نعرف بمجرد النظر النقط البارزة او المضيئة
وكذلك الاضلاع الميمنة والمحيطات الظاهرية التى تخص صور الاجسام
بخواصها ونستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة ممتازة ولا خط كذلك بأثار
الظل والضوء بينة كانت او غير بينة على تمييز صور الاجسام وجنسها ودرجة
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

ولست منفعة هذا المبحث مقصورة على ارباب الحرف بل نعم ايضا اهل الصنائع
على اختلافها حيث يكسبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن
حقيقة شكل الاجسام التى يعنون بها لاجتهدهم او ليجرد النزاهة

ولنبين كيفية الوقوف على انحاء السطوح بالمشاهدة فنقول
لفرض ان كرة **ا ب ث** مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ
برسم خط اتصال الظل من الضوء وهو **ل ل ل** بمقتضى القواعد
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون
الجزء المضيئ هو **ل ل ل ل ب ث** لغير (شكل ٢٧) فعلى ذلك
يظهر لنا القمر فى تشكيلاته المختلفة من اول استهلاله كفى (شكل ٢٩)
الى التربع الاول كفى (شكل ٢٨) الذى يظهر فيه نصفه منير والنصف الآخر
مظلم غير مبصر على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير
قرا كاملا وفى ذهابه يكون مكسوبا بحيث لا يرى الراسد له نورا فاذالم نعتبر
الاجزاء المنيرة وهو **ل ل ل ل ب** فلا مرجح لنسبته لالكرة دون السطح
الممتد والمفرطح فى جهة الشعاع النظرى وهاك الكيفية التى يعرف بها مقدار
هذا التفاضل

وحاصلها ان السطح المعتبر كانه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كافي (شكل ١٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضي وهذه النقطة هي التي ينعكس فيها الضوء العظيم بالسطح ولذا سميت بالنقطة المنيرة فيلزم اذن تحديد وضعها ويسهل ذلك ان امكن مد خط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فحينئذ يكون اول كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستو واحد كالعمود المذكور وثانياً يحدث عن تلاقيهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تفيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من سائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه متحد للاشعة فكلما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثر تشتت النور واخذ في التناقص وما ار السطح قليل النور

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و جملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تسمى بالخطوط المتساوية اللون فاذا رسمت يكفي ان نلقون ابعدها لوان قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فحينئذ يلون مع الضبط التسام النور المتناقص بالتدريج فوق جزء السطح المنير

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الحلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح الحلزونية والسطوح المعوجة وما شبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما والوانها التي خصصتها لها القدرة الالهية تتناقص تماقصا متواليا على وجه غير محسوس ولا ممتا الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف تشكاتها في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح

ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح

متنوعة الاترى النحاس والسكرى وصانع الكايل فانهم يعرفون مع غاية السهولة هل سطوحهم اوجزاؤها اسطوانية او مخروطية او منتشرة او نحو ذلك اولا بخلاف غيرها فهارتهم فيه دون ذلك

وكذلك خزاطو الاخشاب والمعادن وصانعو الفخار والفر فوري وغيرهم ممن يصنع دأتما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهلة بدون من هل سطوحهم اوجزء منها من سطح الدوران اولا وهل بعض اجزاها ممتدة او مفرطح بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمارية فانهم يعرفون على ما ينبغى اشكال الاسطوانات والمخاريط المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ومخاريطها ويعرفون ايضا سطوح الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بخلاف غيرها من السطوح الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبغى

فن المهم ان نعود الامة بتمامها على ان تعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح وكيفية صناعتها مطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة في تقدم الصناعة والفنون المستظرفة ونسبسط الكلام على ذلك بملاحظات ومباحث وسنشرح ذلك تفصيلا عند الكلام على الملاحظات والمباحث التي بها اتسع دأثرة الادراك الوعينا على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث في الكلام على القوى المحركة)

وينبغى للنقاشين ان يعودوا على ان يميزوا بمجرد النظر في كل جزء من السطح الذي يريدون نقشه هل انحناءه على اتجاه واحد او مختلفان وأن يميزوا ايضا اتجاه الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وأن يبينوا على السطوح استقامات الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر لتيسر لهم العلامة العامة الدالة على السطوح التي يفرضونها او ينقلون صورتها فبذلك تكون اشغالهم صحيحة مضبوطة

وينبغى كذلك للمصور الذي يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على سطوح ليس لها الابعاد ان يدق على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان

أكل سطح كي يتيسر له أن يرسم مثل تلك الصورة بواسطة قلم البورية
وبالجملة فينبغي لكل من الحسك والرسام أن يبذل جهده في مطالعة هذه
المباحث لتكون صناعته على أتم الوجوه وأكمل الأحوال

تم تعريب الجزء الأول من كتاب كشف رموز السر المصون * في تطبيق الهندسة
على الفنون * على يد معتر به الفقير إلى الله تعالى المنان * عيسى أفندي زهران *
وكانت مقابلته على أصله * وتصحيح صعبه وسهله * وأفرغ عباراته في هذا القالب *
سهل المأخذ للطالب * بمعرفة الفقير إلى مولاه القوى * محمد قطة العدوي *
بعد اطلاع صاحب العلوم الرياضية * المتبحر في الفنون الهندسية * حضرة
بيومي أفندي رئيس قلم هندسة وهو العارف بأصطلاحاته * الخبير برموزه
وأشاراته * وبأنفاس ذي الفهم الثاقب * والرأي الصائب * حضرة رفاعة
أفندي * حفظه العبد المبدى * إذ كان المرجع إليه في حل مشكلاته *
والمعول عليه في فك معضلاته * جعله الله خالص الوجهه الكريم * ونفع به النفع
العميم * ويسر على أحسن الأحوال تمامه * وكما أحسن بده يحسن ختامه *
وكان تمام طبعه * وبدو ثمرة نفعه * بدار الطباعة العامرة * الكاشنة في بولاق
مصر القاهرة * لازالت هي والمدارس المصرية * والأشغال الهندسية *
راقية مرافق الفلاح * مساعدة إلى أوج النفع والنجاح * بهمة رب المعارف
الفاخرة في جميع العلوم * والأفهام الرائقة في المنطوق والمفهوم * حضرة
ميرالوا آدهم بك مدير ديوان المدارس * لأبرحت بأنفاسه مطلع الشجوس
النفاث * ووافق ذلك الخامس والعشرين من شهر جمادى الأولى (سنة ١٢٦١هـ)

ستين ومائتين بعد الإلف * من هجرة من خلقه الله على أكل

وصف * صلى الله عليه وسلم * وشرف

وكرم وعظم

تم

