

**THE BOOK WAS  
DRENCHED**

UNIVERSAL  
LIBRARY

OU\_191137

UNIVERSAL  
LIBRARY











فهرسة الجزء الاول من كتاب كشف رموز السرة المصون \* ١٩  
 في تطبيق الهندسة على الفنون \*

|    |                                                                                                                                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ٢  | خطبة الكتاب                                                                                                                                                                      |
|    | الدرس الاول في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة<br>(ويشتمل على رسم الخطوط المستقيمة وصحتها وكذلك المستوى ونسبه<br>مع الخط المستقيم)                              |
| ٦  | بيان اقيسة الطول                                                                                                                                                                 |
| ١٠ | بيان المقياس (ويشتمل على بيان الزوايا)                                                                                                                                           |
| ١٢ | امتحان صحة المسطرة المثلثية                                                                                                                                                      |
| ١٥ | بيان تطبيق الاجسام على بعضها                                                                                                                                                     |
| ١٦ | عملية تصحيح الخطوط العمودية                                                                                                                                                      |
| ٢١ | الدرس الثاني في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية<br>والمائلة (ويشتمل على بيان كون الخطوط المتوازية على بعد واحد)<br>اجراء العملية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان |
| ٢٣ | تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن<br>(وفيه مسطرة الرسامين المستعملة في رسم المتوازيات)                                                                 |
| ٢٨ | بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها                                                                                                                                     |
| ٣٠ | بيان تطبيق العملية على حركة المكاييس في الطلبات                                                                                                                                  |
| ٣٠ | بيان تطبيق العملية على لحمة القماش وحيا كته                                                                                                                                      |
| ٣١ | بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية                                                                                                                             |
| ٣٢ | بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد<br>المساقط                                                                                                          |
| ٣٣ | بيان تطبيق طريقة المساقط على فز الميكانيكة                                                                                                                                       |
| ٣٤ | بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المحنية (وكذلك المنال الشهير<br>المقر في عمارة السفن)                                                                                           |
| ٣٦ |                                                                                                                                                                                  |

## صيفة

- ٣٧ شال ناشئ من رسم الطرق والخلجان (ويشتمل على رسم الاراضى  
بخطوط افقية)
- ٣٩ الدرس الثالث فى بيان الدائرة (ويشتمل على تعريفها وعلى المحيط  
والمركز وانصاف الاقطار والاقطار وعلى الوزر والسهم وعلى ان مماس  
الدائرة عمود على نصف قطرها)
- ٤١ اجراء العملية فى رسم الخطوط
- ٤٣ اجراء العملية فى خراط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة
- ٤٣ اجراء العملية فى عمل الاجرار المعدة لى الآلات وتسطيح السطوح
- ٤٤ اجراء العملية فى خراط الاجسام الثابتة
- ٤٤ اجراء العمل فى التدوير
- ٤٥ اجراء العملية فى الحركات المتوازية
- ٤٥ اجراء العملية فى تركيب الآلات
- ٤٦ اجراء العملية فى نقل حركة مستديرة من محور الى اخر
- ٤٦ بيان السيور المحيطة بالدوائر
- ٤٧ بيان حركة دائرة فى اخرى
- ٤٨ اجراء العملية فى اللعب البخارية
- ٤٨ تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا
- ٤٩ بيان الطرق السهلة التى يمكن استعمالها فى تقسيم الدائرة (ويشتمل  
على نسبة المحيط الى نصف القطر)
- ٥٠ بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا (ويشتمل على بيان  
الدرجات والدقائق والثواني وغيرها)
- ٥٢ اجراء العملية فى علم الجغرافيا
- ٥٣ بيان تقسيم الدائرة المستعمل فى تركيب الآلات
- ٥٤ بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا

صغيرة

٥٤

الغرافومتر المكررة

٥٥

بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر

الدرس الرابع في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها لمحصلات  
الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة (ويشتمل على بيان المثلث  
المستوى وانواع المثلثات المختلفة والمثلث المتساوي الساقين وعلى شرط

٥٧

تساوي المثلثات)

٦٢

بيان اشكال ذوات الاضلاع الاربعة

٦٣

بيان اجراء العمليات (ويشتمل على المعين والمستطيل والمربع)

بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة (ويشتمل على مجموع زوايا

٦٦

المثلث وعلى الاشكال المربعة والمخمسة والمستدسة)

بيان مائة على بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة (ويشتمل

٦٧

على الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة)

٧٠

تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبليط وتلوين الاخشاب والنراز

والتزيين (ويشتمل على الاشكال ذات الاضلاع المنتظمة التي يمكن بها

٧٠

تغطية المسافة على وجه الضبط ويتضمن ايضا التطبيق على البناء)

بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرية (ويشتمل على

التطبيق على الملاعب والمرجات والقباب المقوسرة والقباب الحادة

٧٣

والقباب المعنوعة على صورة اذن القنفة)

٧٤

بيان رسم تفصيل العمارات

الدرس الخامس في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمناسبة

٧٧

(ويشتمل على تساوي الاشكال)

٧٩

بيان طبع الرسم اى النقل بالفهم

٧٩

بيان نقل الرسم

بيان

صحيحة

٧٩

بيان تماثل الاشكال

بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالثقت والطبع والتعريف

٨٠

اي الطبع بالجبر وغير ذلك

٨٠

بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع

٨٣

بيان قاعدة المربعات

٨٥

بيان الاشكال المناسبة

٨٧

بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة

٨٨

بيان تصحيح رسم اريك آلة او محصول صناعة

٨٩

بيان الخاصية الاصلية للناسب الهندسي

٩٢

بيان المثلثات المتشابهة

٩٥

بيان بيكار التناسب

٩٧

بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة

الدرس السادس في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية

٩٩

بخطوط مستقيمة او مستديرة

١٠٧

بيان استحالة تربع الدائرة

١٠٧

بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها

١٠٩

بيان اجراء العملية

١١٠

بيان اجراء العملية في صناعة الصيني

١١٠

بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد

١١٣

بيان عملية خرط الاجسام

بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شأن قطع السطوح

١١٣

المستوية

١٢٠

الدرس السابع في بيان المجسمات المنتهية بالمستويات

١٢١

بيان اجراء العملية

صيفه

- ١٢٢ بيان اجراء العملية في علم النظر
- ١٢٢ بيان اجراء العملية في علم المباني
- ١٢٣ بيان اجراء العملية في الميكانيكة
- ١٢٤ بيان اجراء عدة عمليات مختلفة
- ١٢٤ بيان المناشير البلورية
- ١٣٢ بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية
- ١٣٤ بيان تكعيب شكل الاهرام
- بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته باوجه مستوية على
- ١٣٦ حسب المطلوب
- ١٣٨ اجراء العملية في تكعيب قاربين السفن
- ١٣٩ بيان المجسمات المتشابهة
- ١٤٢ الدرس الثامن في بيان الاسطوانات
- ١٤٤ الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
- ١٤٤ بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن
- الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية
- ١٤٥ المتوازية
- ١٤٥ بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار
- ١٤٥ اجراء العملية في التكهيبات والتشييكات وغيرها
- ١٤٨ بيان صناعة الاسطوانات بالمد والسحب
- ١٤٩ بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب
- ١٤٩ بيان صناعة الاسطوانات بالثقب
- ١٤٩ بيان صناعة الاسطوانات بالنشر
- ١٤٩ بيان صناعة الاسطوانة عند المعمار جية
- ١٥٠ بيان مساحة سطح الاسطوانات

صحيحة

- ١٥٢ بيان مساحة حجم الاسطوانات  
 ١٥٣ اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال  
 ١٥٤ اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية  
 ١٥٥ بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة  
 ١٥٥ بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق الفطير  
 ١٥٥ بيان الاسطوانات المركبة اعنى الات الجليخ  
 ١٥٦ بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق  
 ١٥٦ بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع  
 ١٥٦ بيان طبع الليثوغرافية اى الطبع على الحجر  
 ١٥٧ بيان الطبع بالنقش  
 بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة في صناعة الحديد وجعله  
 قضباناً  
 ١٥٧ بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن  
 ١٥٧ بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن والتيل ونحو ذلك  
 ١٥٨ بيان تخطيط الاسطوانات  
 ١٥٨ الدرس التاسع في بيان السطوح المخروطة  
 ١٦٠ بيان استعمال آلة التصوير  
 ١٦٦ بيان الاوضة المظلمة  
 ١٦٨ بيان الصور التخيلية  
 ١٦٩ بيان الخيال الظلي  
 ١٦٩ بيان قاعدة علم المنظر  
 ١٧٠ بيان اجراء علم المنظر في فن المعمارية  
 ١٧٣ بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير  
 ١٧٥ بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة  
 ١٧٦



- ١٧٧ بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعب
- ١٧٧ بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا
- الدرس العاشر في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة
- ١٧٨ اى مضاعفة الانحناء وغير ذلك
- ١٨٠ بيان اجراء العملية
- ١٨٠ بيان اجراء العملية في صناعة البسط والجوخ
- ١٨١ بيان نشر الاخشاب المنحنية
- ١٨٢ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاجبار
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القباب والقبوات
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن
- ١٨٨ بيان الانموذجات والارايك المنتشرة
- ١٨٨ بيان اجراء العملية في تفصيل اقشة الملبوسات
- ١٩١ بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
- ١٩٢ بيان اجراء العملية في عمارة السفن
- ١٩٢ بيان عمل الاخشاب المنحنية
- ١٩٦ الدرس الحادى عشر في بيان سطوح الدوران
- ١٩٨ بيان سطوح الدوران المتولدة من حركة خط مستقيم
- ١٩٩ بيان المقراض
- ١٩٩ بيان محلات الغزل
- ١٩٩ بيان الكرة
- ٢٠٢ بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة
- ٢٠٤ بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها
- ٢٠٦ بيان اجراء العملية
- ٢٠٧ بيان اجراء العملية في علمى الجغرافيا والهيئة

صيفه

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
|     | بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية لتيسر بها تخطيط      |
| ٢٠٨ | الاماكن                                                   |
| ٢١٠ | بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق في علم الملاحة          |
| ٢١٢ | بيان الكرة السماوية                                       |
| ٢٢١ | الدرس الثاني عشر في بيان السطوح الخلزونية                 |
| ٢٢٣ | بيان شكل البريمة الخلزوني                                 |
| ٢٢٥ | بيان اجراء العملية                                        |
| ٢٢٧ | بيان اجراء العمليات                                       |
| ٢٢٨ | بيان الاعددة الملتفة                                      |
| ٢٢٨ | بيان الامبيق المتوى                                       |
| ٢٣٠ | بيان غزل التيل والكثان                                    |
| ٢٣١ | بيان غزل الصوف والقطن                                     |
| ٢٣٥ | بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام                 |
| ٢٣٥ | بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشيدس                 |
| ٢٣٨ | الدرس الثالث عشر في بيان تقاطع السطوح                     |
| ٢٤١ | بيان مسقطي الخط المستقيم                                  |
| ٢٤٣ | بيان مسقطي كثير الاصلع                                    |
| ٢٤٦ | بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات مع السطوح المنحنية |
| ٢٤٧ | بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة                            |
| ٢٤٧ | بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى                           |
| ٢٤٨ | بيان اجراء العملية في انشاء السفن                         |
| ٢٤٨ | بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع الظلال                |
| ٢٥٠ | بيان اجراء العملية في علم المنظر                          |
| ٢٥٠ | بيان تقاطع المخروط والمستوى                               |

صحيحة

- ٢٥١ بيان القطع الناقص
- ٢٥٣ بيان اجراء العملية في علم الضوء
- ٢٥٣ بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت
- ٢٥٥ بيان القطع المكافئ
- ٢٥٧ بيان اجراء العملية في المنارات
- ٢٥٧ بيان القطع الزائد
- ٢٥٨ بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية
- ٢٥٨ بيان اجراء العملية في معرفة علم النور
- ٢٥٩ بيان البانوراما اى المنظر العام
- ٢٥٩ بيان المرأة المسحورة
- ٢٦٠ بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات
- ٢٦٠ بيان الظلال المخروطية
- الدرس الرابع عشر في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات  
والسطوح
- ٢٦١
- ٢٦٤ بيان المستويات المماسية للسطوح
- ٢٦٦ بيان المستوى المماس للاسطوانة
- ٢٦٦ بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية
- ٢٦٧ بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية
- ٢٦٧ بيان المستويات المماسية للمخروط
- ٢٦٨ بيان اجراء العملية
- ٢٦٨ بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة
- ٢٦٨ بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان
- ٢٦٩ بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان
- ٢٧٠ بيان الاسطوانات المماسية والمكثفة بسطوح آخر

صفحة

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| ٢٧٠ | بيان الاسطوانات التي تكتنف بالكرة              |
| ٢٧٠ | بيان اجراء عملية ذلك                           |
| ٢٧٠ | بيان معيار الاكر                               |
| ٢٧١ | بيان اجراء العملية في الظلال                   |
| ٢٧٢ | بيان اجراء العملية في فن التجارة               |
| ٢٧٣ | بيان الكسوف                                    |
| ٢٨١ | بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك         |
| ٢٨٢ | الدرس الخامس عشر في بيان انحناء الخطوط والسطوح |
| ٢٨٣ | بيان اجراء العملية في انحناء الارض             |
| ٢٩١ | بيان انحناء الكرة                              |





بيان الخطا والصواب من الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المحزون  
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             | ٢٥    | ٤   |
| ث              | و ث            | ٢٤    | ١   |
| ٤              | ٤              |       |     |
| لان            | 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 ح          | ٤١    | ٢   |
| م د ح          | م د ح          | ٤١    | ٤   |
| م ح            | م ح            | ٤١    | ٦   |
| د ر            | د ر            | ٤٢    | ٣   |
| نقطة ح         | نقطة ح         | ٤٢    | ٢٣  |
| ٥٥٧٦           | ٥١٧٦           | ٥٠    | ١٢  |
| موضوعين        | موضوعا         | ٧٥    | ٢٢  |
| كنشكلا         | كنشكلا         | ٨١    | ٥   |
| الى ب ث د      | الى ر ث د      | ٨١    | ٢٢  |
| ام             | ام             | ٨٧    | ١٥  |
| كان م ر        | كان د ر        | ٨٨    | ١٦  |
| بينهما التناسب | بينهما التناسب | ٩٠    | ٢١  |

| خطا             | صواب            | صحيفة | 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 د             | 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 الحشب    | لقطاع الحشب     | ١٢٨   | ٥   |
| وس              | وس              | ١٣٥   | ٢٢  |
| بناء ذلك        | بناء ذلك        | ١٣٦   | ٨   |
| المجسمتين       | المجسمتان       | ١٤٠   | ١٠  |
| ٢               | ٣               | ١٤١   | ١٣  |
| م ن ح ح         | م ن ح خ         | ١٤٣   | ٨   |
| ث               | ث               | ١٤٥   | ٨   |
| وتصغر           | وتصغر           | ١٤٨   | ٢٤  |
| ح ح ر ص         | ح ح ر ض         | ١٥٤   | ٢٣  |
| (شكل ١٧)        | (شكل ١٨)        | ١٥٨   | ٢   |
| (شكل ١٥)        | (شكل ١٩)        | ١٥٨   | ١١  |
| المسمى او الياف | المسمى بالشبيكة |       |     |
| العين المشتبكة  | او الياف العين  |       |     |
| بالشبيكة        | المشتبكة        | ١٦٨   | ٣   |



| خطا        | صواب       | صحيفة | سطر |
|------------|------------|-------|-----|
| ان الخيط   | ان الخيط   | ١٩٢   | ١١  |
| ٢٥         | ٢٥         | 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

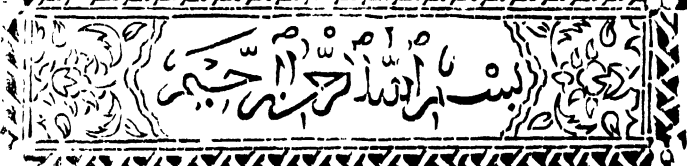
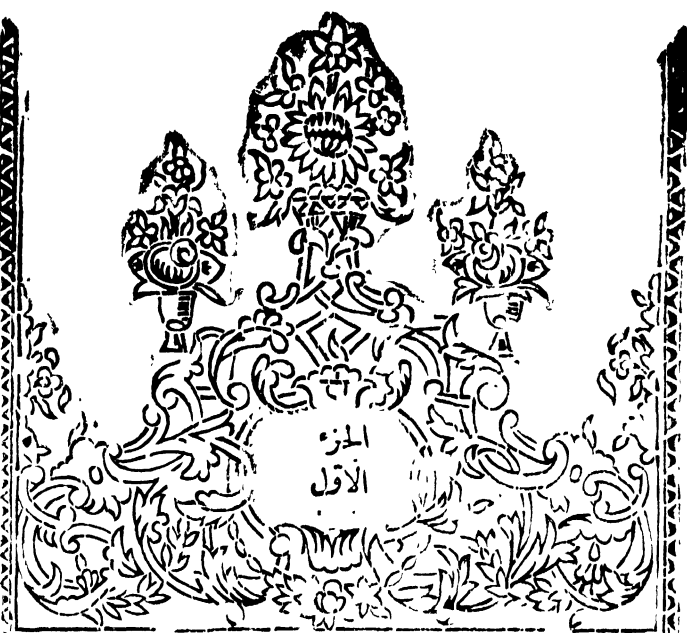
الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر

المصون \* في تطبيق الهندسة

على الفنون \* تعريب

عيسى افندي

زهران



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 حدود لانهاية \* والصلاة والسلام على من  
 براهين فصاحته قاطعه \* ودلائل بلاغته قامعه \* هر كز محيط الماثر  
 والمفاخر \* منبع علوم الاوائل والاواخر \* سيدنا محمد الذي خلق على احسن  
 الاشكال \* الجوهر الفرد الذي حل بالآيات البينات كل اشكال \*  
 وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين \* على سطح مستو على الاستقامة  
 متين \* ثم الدعاء لحضرة نغمه آه الزمان \* وصدر اهل التمدن والعمران \*

مجدد بنيان العلوم والفنون بعصرنا \* بعد ان درست آثارها بمصرنا \*  
 رب المفاخر التي شهد بفضلها الخاص والعام \* ولما ثرائها التي تسمو على الثريا  
 وتفخر الغمام \* خلد الله حكومته البهية \* وبلغه كل القصد والامنية \*  
 ولا زال باقيا عدله المنشور \* الى يوم البعث والنشور \* وبعد فيقول مترجو  
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الاسنن \* حائرة من كل فن احسنه \*  
 وكما من انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجد والاجتهاد \* وبذلنا كل  
 الجهد في تحصيل المراد \* وعمرنا على ذلك بهمة ناظر تلك المدرسة التي سلكت  
 بحسن ادارته \* وفرط عنايته \* منهج التقدم والنجاح \* وسارت سير البدر  
 في غسق الدجا الى ظهور الصباح \* حيث افرغ وسعه في التعليم \* وسلك  
 طريق التفتيم والتفهيم \* كيف لا وقد جمع بين مرتبتي المعقول والمنقول \*  
 وحاز فضايقي الفروع والاصول \* حضرة رفعة افندي \* حفظه المعبد  
 المبدي \* فبعد ان تحققت الآمال \* وجوزيت الاعمال \* وكنا من زمرة  
 رجال قلم الترجمة \* الذي يأبى الله الا ان ينشر علمه \* ترجمنا من الفرنسية  
 الى العربية باصر من تغت بدحه الورق على الابل \* مديريون عموم  
 المدارس ادهم بك \* القاض بالحقاسن العلمية والعملية \* المستوى على  
 المعارف السكينة والجزئية \* في العلوم الرياضية وغير الرياضية \* كتاب في تطبيق  
 الهندسة والميكانيكا على الحرف والصناعات والفنون المستخرجة تحت رئاسة  
 رب الذكاء الرائق \* والفهم الفائق \* من فاق الاقران \* في حومة الميدان \*  
 وبرع في الفنون الهندسية \* ومهر في العلوم الرياضية \* حضرة محمد يوي  
 افندي \* وبتصحيحه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي  
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فناء يسوى زهران افندي ترجم الجزء  
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثاني ومحمد افندي الحلواني الجزء الثالث ولما  
 تمها التمام \* ولبس طراز الختام \* وسمناه بكشف رموز السر المصون \* في تطبيق  
 الهندسة على الفنون \* فجاء بحمد الله مرتب المعاني \* مهذب المباني \* يشهد  
 لاياهم ولي النعم بانها غر في وجوه الايام \* شهادة صدق لا يعترها نقض

ولا ابرام \* وبالجمله فصاحب السعادة لا تنكر همته \* ولا تبارى في تقويم  
اود الملائك رغبته \* فهو جدير بما قاله فيه \* الا فدى مترجم الجزء الثاني المشار  
اليه \* نظريز لا سمه 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 للقلب فاز منها بالنسا \* وسعت اليه بجيشها الجرار  
دعنى عدولى لا تلتنى في الهوى \* واترك سلامى في الغرام ودار  
أأيت من شرع الهوى برسالة \* في العذل تعذل صبوتى وغمارى  
يكفيك ما قد حل بي من هجره \* فسواى فى حب الملاح ممارى  
رام السلو لمن احب عواذلى \* والقلب لا يثقل فى تذكار  
ناهت عقول ذوى الهوى فى حسنه \* وسقام فى الحب كاس عقار  
ان لم يحمدلى بالوصلال فانى \* باق على عهدى بلا انكار  
لا انفى للغير عند صدوده \* كلا ولا اصبول ذات سوار  
والله ما اسلو هواه وان سالا \* وصبا دلا لا منه للاغيار  
جار العذول وانى جار على \* حكم المحبة بعد بعد الجار  
والدمع سال ومهيجى تلفت على \* من حسنه يجلودجى الاتجار  
دل السقام على الغرام ولوعتى \* من بعد ما قد اخفيت اسرارى  
ريم برى الاحشا بسيف لحاظه \* كالداورى بسينه البتار  
بيت المكارم قطب دائرة العلا \* عين الوجود ومركز الاخير  
ان سل فى الهيجاء عضبا صارما \* باء العدا بمذلة وصغار  
لله در اميرنا من فارس \* فى الحرب يبرى خصمه ييوار  
اخذت به مصر عروس زمانها \* ومن الفخار دثرت بدثار  
حوت الكمال وفاقت الامصار اذ \* بهزرها افتخرت على الاقطار  
سرورى من فى الوغى قطع العدا \* ولكم برى من فارس جبار

افديه من بطل اعاد لمصرنا \* شمس المعارف في علو نخار  
 نشرت نواريج 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  
 جلت مناقبه عن الاحصاء اذ \* سارت مفاخره بكل ديار  
 واختص بالنصر الذي بهر العدا \* فتخاره عن كل عار عارى  
 دانت رقاب محالفيه لامره \* وروى علامه شواهد الانوار  
 مازال في الاقبال طول حياته \* وعدوه مازال في اذبار  
 حاز الفخار طريفه وتليده \* وسواه في كسب المناخر طارى  
 ملاء القلوب مهابة فكأنه \* عند التحام الحرب ليث ضارى  
 دلت ما ثره على عز ماته \* أنى سواه يكون للاخطار  
 عباسهم بالجوديسم والندا \* نخر الامجد كامل المقدار  
 ليث اذا عظم التزال غضنفر \* اضحت دماء عداه كالانهار  
 يفتترق الدهر عن احسانه \* ومديحه يجلو قذى الابصار  
 بسعيدهم سعد الزمان واهله \* والبر فاض وعم كل بحار  
 اما حسين فانه يجنى من الشـعـليم روضا با نـع الازهار  
 شرف الزمان به ومن عبد الحليـم غدا رـفـيعا طيب الاخبار  
 اكـرمـهم من فـتية حـازوا العلا \* ايسوغ اقطع عنهم اشعارى  
 وهذا اوان التعريب \* بعون القريب المجيب

## الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستظرفة)

\*(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 بقى من الفراغ المذكور

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

ان النقط الداخلة في مملك الجسم ليست جزأ من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتالية الفاصلة لجزئ 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 ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصوراتنا ما عند قولبته في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذا رأى بنا علبه فارغة محتوية على جزء من الفراغ فانه يعرف

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 جسمان من الاجسام

بخصوصه ولا سطحان 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 يمرن العقل ويقوى الفكر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة الهندسة العلمية والعملية وبناء عليه ينبغي ان نعود التلامذة على ذلك شيئاً فشيئاً وان نبين اهم الاختلاف اللازم الموجود بين الاجسام على اعتبار المهندس العلمي والمهندس العملي ولا مانع من ان نتصور في الهندسة اجساماً متداخلة في بعضها بحيث انها تشغل كلها او بعضها جزاً من الفراغ في آن واحد وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجملة فلا يمكن ان الاجزاء المادية للجسمين تشغل معاً مسافة واحدة ولوظهر وقوع ذلك لفهم منه ان اجزاء احد الجسمين المادية تدخل في فراغ الاخر مثال ذلك ادخال الماء في السفينة وسياًق لنا كون هذه المحفوظات لازمة لفهم حركة الآلات ونتائجها

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 يؤول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

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

والنقطة ايضاً تصور من نهاية الاشياء المحددة كالتقاش حيث ان هذه النهاية لا سمك لها محسوس ومن الضروري نعود التلامذة على معرفة اعتبارات النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المحضة 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 يمكن البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مظروفة في ظروف اوبين حواف حائرة مثل النيذ في القزاز والماء في مجرى الانهار والبرك والبحار



وغير ذلك

ويفرض في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى مجسمة اوان اشكالها منضبطة التغير داخل تحت قاعدة واحدة عند ممارسة المهندس لها واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا فى الفنون هو الخط المستقيم وهو الذى يقطعه الانسان فى اقرب زمن عند اتباعه اتجاهها واحدا لانه 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 اتصلا بهاتين النقطتين لا يتحدان معا 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 وتستعمل خاصة هذا الخط المستقيم فى الصناعة على حالتين

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

ولذلك نضع المسطرة والقلاية على السطح الذى ينطبق فيه الخط المستقيم المصنوع بالمسطرة والقلاية انطباقا كاملا فى جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم نرسم بقلم رصاص او منقاش او اى آلة سواء كان طرفها محددا او قاطعا خطا يس بالمسطرة والقلاية فيهذا يصير الخط المرسوم مستقيما

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

وينبغي للانسان اذا اراد رسم خط بين نقطتين مفروضتين ان يضع المسطرة  
بالنساوى على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه  
سلك القلم الرصاص والمنقاش الذى يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم  
بحيث يكون القلم الرصاص والمنقاش مما سادأما للمسطرة

وعند ابتداء التلامذة فى رسم الاشكال الهندسية يلزمهم الاتباع 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 التى يرسمونها عرضا صغيرا فاذا كان هذا العرض كبير انتج منه  
اتلاف الرسم وبالجملة فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على هكونهم لا يعطون  
للخطوط التى يرسمونها الاسكاضر وريالتكون مشاهدة

ولنشرح الان عرض الخطوط الجارية فى الفنون ونبتدأ اولا بالتكلم على  
الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فنقول

قد عرف المهندسون ان هذا الخط له طول فقط دون عرض وعمق وفى الواقع  
ان كل الخطوط المستعملة فى الفنون لها عرض ومن جعلتها الخطوط التى  
يرسمها المهندسون

ويطلق اسم الخط فى الصناعة غالباً على تجويفات او نقوش ضيقة قليلة العمق  
وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذى يتصوره المهندسون كخطوط  
الاستحكامات الخفيفة التى يهايط المحاصرون او المحاصرون محلا

والخط عند ارباب الكتابة والطباعة الفرنسية يطلق على السطر فهو تسلسل  
كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكة يساوى ارتفاع  
الحروف وهو صغير جدا بالنسبة لطول هذا الخط

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط  
او الحبل من جملة آلات الهندسة العملية المستعملة فى الفنون ويكون للعبيل  
المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن ثقله مثلا اذا كان الحبل  
المشدود من طرفيه موضوعا على السطح الذى يراد عليه رسم خط مستقيم

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

ولننبه الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كانه ينهه على خواص النقطة بان يميز الخطوط الوهمية الهندسية والخطوط العملية ويرى في احوال كثيرة ان تقدمات الفنون تقرب شئاً فشيئاً في عمليات الصناعة من ذلك التصور الهندسى الذى ينبغى للتلاميذ معرفته وطبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى لهم قبل الوصول الى ذلك صورة لسطح الذى يرسم بخط مستقيم وهو السطح المستوى المسمى ايضا المستوى نقطه قول

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

واعلم ان الرسم الضرورية لفنون والحرف يرسم على مستو مجهز قبل ذلك وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفي الرسوم الجسيمة يجهازون لها غالبا لوحة مقسعة كما كان مهندسى السفن يرون لوحا كبيرا على قدر طول اقل المركب وهو المسمى بالارنيك واما التجارون وقطاع الخشب فانهم يصنعون رسمهم على سطح حائط مستو واما المهندسون فانهم يرسمون اشياء على اوراق من السطوح افقية من الجص ولا يتحققون صحة الرسم الا اذا كان السطح المستوى صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع عليه يتقدمه 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 ابعاء كتلة خشب اوبيت اوسفينة او غير ذلك  
ولاجل مقابلة هذه الاقيسة المتنوعة ببعضها يلزم ان ياخذ منها واحدا ونجعل  
احاد قياسها وننظر كيف يتكرر هذا الاحاد في الشيء المراد قياسه فاذا كان  
يتكرر فيه ١ او ٢ او ٣ او ٤ او ٥ مع العدة فلا صعوبة في العملية وليس  
كذلك فيما اذا بقي من الخط المقياس جزء يكون اقل من الطول المأخوذ احدا  
حينئذ يؤخذ هذا الاحاد ويقسم الى اجزاء متساوية مثل ١٠ و ١٠٠  
و ١٠٠٠ ثم تبحث عما يحتوى عليه الخط المستقيم المعد للقياس من  
العشرات او المئين والالوف من احاد القياس

\*(بيان المقياس)\*

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

ومن الضروري لارباب الفنون ان يكونوا محترسين على خط مستقيم منقسم  
على حسب القياس المتبول عند كافة الناس كالاقيسة القديمة مثل القدم  
والهنداسة والجديدة كالتر المتجزء على مسطرة  
وقد تشتري الصناعة غالبا آلات وما ييسر غير مضبوطة التقسيم وقريبة  
الخلل فمن يجنس مراعاة للوفر الذي في غير محله فن المستحسن للصناعة  
ان يشتروا دائما المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لان  
القوات التي تعود على اشغالهم من حسن الآلات تعوض عليهم المصروف  
الذي بذلوه في ثمن اوسفة كلام في كثير من المواضع على حقيقة ذلك  
ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا ان نعتبر عدة خطوط مستقيمة  
بالنظر لاولها فقول

اذا فرضنا ان مستقيم **أ ب س** (شكل ٢٧) يدور حول نقطة **أ**

الثابتة و يأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه الحركة يبعد الخط المذکور ورشياً فشيأ من وضعه الاصلی وهو ا ب س ويسمون بالزاوية انقراج ب ا ث او ب ا د او ب ا ه من خط الى آخر ونقطة ا التي يمتد منها خطا ا ب و ا ث تسمى راس الزاوية وخطا ا ب و ا ث هما ضلعا الزاوية ويسمون في بعض الاوقات الزاوية الواقعة بين ضلعي ا ب و ا ث زاوية ا فقط وفي الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا الذي هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين في 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 ثانياً على ا ب بعد ان يدور دورة كاملة ومن المعلوم ان مستقيم ا س دار في وضع ا م نصف دورة من ا ب وبالجملة اذا اتى الجزء الاعلى من شكل ب ا م ه على جزئه الاسفل فان الاول ينطبق على الثاني انطباقاً كلياً

وفي الحركات العسكرية بعد اصطناف العساكر اعني وضعها على خط مستقيم ووجهها الى جهة فيحتاج في 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 في هذه الحركة يضع العسكري 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 الذي ك ان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول (شكل ٦) فاذا دار العسكري ثانياً نصف دورة فانه يجد نفسه في اتجاهاه

الاصلي وتكمل دورته حينئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي  $\overline{ا\theta}$  و  $\overline{د\alpha}$  كافي (شكل ٧)  
وجدنا احدهما وهي  $\overline{ب\alpha}$  صغيرة والثانية وهي  $\overline{د\theta}$  كبيرة ومجموعهما  
يساوي نصف دورة من دوران خط  $\overline{ا\theta}$  من ابتدا  $\overline{اب}$  الى  $\overline{اد}$   
واذن تصكون 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  
المتمة لزاوية  $\overline{د\alpha}$  وكذلك زاوية  $\overline{د\alpha}$  هي المتمة لزاوية  
 $\overline{ب\alpha}$

واذا فرضنا ان زاوية  $\overline{ب\alpha}$  تزيد لكون خط  $\overline{ا\theta}$  يبعد عن خط  
 $\overline{اب}$  فان زاوية  $\overline{د\alpha}$  المتمة 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) او ربع الدورة  
هي الزاوية التي يحتاج الى احداثها اوقياسها في جميع الاوقات لاجراء جملة  
عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالباً في الحركات العسكرية ربع الدورة الذي يسمى ربع قلبة  
ومتى لزم انقلاب البلولة المصطف على اتجاه  $\overline{اب}$  (شكل ٨) من هذا  
الوضع الى وضع  $\overline{ا\theta}$  العمودي فانه يدور ويتقلب حول نقطة  $\alpha$  ويحدث  
دورة وانقلاباً تاماً حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائماً الى جهة واحدة

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

واذا فرضنا حينئذ خطين آخرين مستقيمين كخطى م و ن و ول (شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدلهم ما وضع ول حيث ان زاويتي ن و ول و م و ول متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين يصيران مساويتين للزاويتين الاوليتين وهما ب ا و ث ا (شكل ٨) اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القائمتين

ولبيان ذلك نضع مستقيما د ا ب (شكل ٨) على خط م و ن (شكل ٩) بحيث يتحددان في جميع نقطتهما كاتحاد الخطين المستقيمين وتقع نقطة ا على نقطة و فينئذ ينبغي ان ضلع ا ث يقع بالصفة والضبط على ضلع ول واذا قدرنا لخط ا ث (شكل ٩) وضعنا آخره وكان واقعا على يسار ول فن المعلوم ان زاويتي ث ا ب

و ث ا د 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 ث (شكل ١٠)

على يمين ول فان زاويتي ب ا ث و د ا ث حيث انهما متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ول التى هى اصغر من زاوية د ا ث مساوية لزاوية م و ول التى هى اكبر من زاوية ب ا ث فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا ث على يمين ول ولا على يساره

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

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

وهذه هي القاعدة الاولى التي ينبني عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه

المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل ا ب و ا ت (شكل ١١)  
الثابتين في نقطة ا 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 فنضع ضلع ا ت من المسطرة على طول خط و ن بشرط

ان نقطة ا تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرسم 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 وبالجمله فلا شيء اسهل من ذلك

\* (امتحان صحة المسطرة المثلثية) \*

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

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

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

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

وضعنا ا ت على طول و م وننظر ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو ا 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 ثالثا 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 فجارى الترسانة يسمون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ز  
(شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مركبة  
من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرجان 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 ابتد نقطة و

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

التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

ونحرف المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ز يتبعان

استقامتي ا ب و ا ج (شكل ١٤) ثم ننقل تلك المسطرة  
على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة

ونضع س ص على ول فحينئذ ادار بمناسبق رصاص او منقاش

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

م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها) \*

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لترتيب الزوايا اول تحقيق  
تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها  
ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وبجملته من البراهين  
الهندسية فنقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطباقا كلياً في جميع  
ابعادهما كانا متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلية ويحدث  
منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم  
الارانيك على الاقنعة 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  $\overline{ث ا د}$  كان خط  $\overline{ا\theta}$  عموداً على  
خط  $\overline{د ا ب}$  فبناء على ذلك ننزل 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  $\overline{س ص}$   
وسنشرح طرفا الرسم الخطوط العمودية فنقول

اننا اذا ثبتنا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيم  $\overline{ا ب}$   
هو فاصل الثني اى الحد المشتركين الاثنين فحيث ان زاويتي  $\overline{ا ب ل}$   
و  $\overline{ا ب\theta}$  متساويتان نضع مستقيم  $\overline{ب\theta}$  على  $\overline{ب د}$  فاذن تنطبق  
زاوية  $\overline{ب\theta ه}$  على زاوية  $\overline{د ب ه}$  مع الضبط فيكون هاتان  
الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاوليين وحينئذ متى تقاطع  
خطان مستقيمان وكان من جملة الزوايا المتألفة من تقاطعهم 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 نبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة ب (شكل ١٨) الا  
 بعمود ب ا على مستقيم د ا ث المقروض  
 ولا ثبات ذلك نفرض انه يمكن مد عمودي ب ا و ب د من نقطة  
ب على نفس هذا المستقيم الذي هو د ا ث ونعد ب ا بشرط ان  
 يكون خط ا ر مساويا لخط ا ب ثم نصل مستقيم د ر  
 وننفي جزء د ا ث - جميعه على د ا ث بحيث ان زاويتي  
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 نقطتي ا  
و ب وهذا مستحيل

وجميع هذه المقدمات مذكورة في 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  
 فمن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التي حول نقطة ث جهة  
 ضلع ا ب كما ان قائمتي ا ث ه و د ث ه يشغلانها فيكون حينئذ  
 مجموع حادة ب ث د ومنفرجة ا ث د مساويا لزاويتي قائمتين  
 وذلك انك تجد بالسهمولة ان حادة ب ث د تساوي زاوية قائمة ناقص

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

وانفرض الآن اتساخ **د ه** الى **ث ف** ونقابل زاويتي

**ا ث ف** و **ب ث ف** بالزاويتين الاوليين

فينتج لنا اولا 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 ه** مساوية لزاويتين قائمتين ناقص **ا د** ثانيا ان

زاوية **ا د ه** وزاوية **ا ث ف** الحادتين من خط **ا ث**

الواقع على خط **ا ث ف** يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية

**ا ث ف** مساوية لزاويتين قائمتين ناقص **ا د** وينتج من ذلك

ايضا ان كلا من زاويتي **ب د ه** و **ا ث ف** تكون مساوية

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

و **ب ث ف** 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 الالمن المتقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فنقول

اتسا داو ص لنا من نقطة ما كنقطة **د** (شكل ٢٠) خطا مستقيما مثل

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

فيكون خط **د ه** ليس عمودا على خط **ا ب** بل يكون مائلا عليه وزيادة

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

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

فالان اذا طولنا خط  $\overline{د ث}$  الى نقطة  $\overline{د}$  بشرط ان يكون خط  $\overline{د ث}$   
مساويا لخط  $\overline{ث د}$  ورسمنا ايضا خط  $\overline{ه د}$  المستقيم ثم ثنينا الجزء الاسفل  
من الشكل بتدويره كدوير على  $\overline{ا ب}$  فخط  $\overline{ث د}$  يقع على  $\overline{د ث}$   
ونقطة  $\overline{د}$  تقع على نقطة  $\overline{د}$  وحيث ان زاويتي  $\overline{ب د ث}$  و  $\overline{ب د ه}$   
متساويتان فاذن  $\overline{ه د}$  يساوي  $\overline{ه د}$  وزيادة على ذلك يكون خط  $\overline{ه د}$   
المنكسر اطول من خط  $\overline{د ث}$  المستقيم المرسوم بين طرفي  $\overline{د}$  و  $\overline{د}$   
حينئذ يكون نصف  $\overline{د د}$  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  $\overline{ا ب}$  وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل  
مرسوم من نقطة  $\overline{د}$  وهي نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذي  
هو  $\overline{ا ب}$  ولما كان خطا  $\overline{د ث}$  و  $\overline{د ه}$  يقسمان الابعاد التي بين  
نقطة  $\overline{د}$  ومستقيم  $\overline{ا ب}$  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  
القنون

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 يفتني عليها اختصار عمليات

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

لفرض الان (شكل ٢١) اننا نزلنا خط د ب عمودا على ا ث  
فينتج من ذلك ان ب ا يساوي ب ث فنقول ان الخطين المائلين  
النازلين من نقطة د الى نقطة ا ومن نقطة د الى نقطة ث  
يكونان متساويين وذلك اننا اذا نيسا جزء ب د ث على جزء ب د ا  
واعتبرنا عمود ب ك لولبا فن حيث ان زاويتي ا ب د و ث ب د  
القائمتين متساويتان فان خط ب ث يقع على خط ب ا وتقع  
نقطة ث على نقطة ا فاذن يكون خط د ث مساويا لخط د ا  
وبناء على ذلك كل خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان  
متساويين

(عملية تصحيح الخطوط العمودية) \*

كان الرسامون والنجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارانيك وغيرهم  
يسعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي  
صحيحة او لا بدون استعمال المسطرة المثلثية فشكلوا يسيون مع الضبط طول  
ب ا و ب ث المتساويين بالا بتدأ من خط ب د الذي  
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد تقطعي ا و د  
وهو طول خط ا د المائل ويضعون هذا الطول على خط د ث  
بالانتقال من نقطة د فان انطبق بالكلية على نقطة ث فان خطي  
ا د و د ث المائلين يكونان متساويين ويكون ب د عمودا على  
خط ا ث

ومنى اريد تحقيق وضع عمودية خط ب د على خط ا ب ث فانه لا ينبغي

ان نجعل خط د ا المائل قريبا كثيرا من ذلك العمود لانه لو قرب كثيرا من نقطة ب لكان الخلل المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الاشياء يسير في طول خط د ر المائل ويصير العمل عرضة للخلل وكذلك يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيرا عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

ا ب و ب ث و ب د متساوية

فبمثل 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 يكفي 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 ث و د ب المائلين هو اقربهما من العمود لانه اذا رسمنا خط ث ك عمودا على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب اولي اقصر من د ب

وستقف 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 بجبلي ب ا و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة ا والثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيئا فشيئا بشرط ان ينشأ عنه عدة خطوط مثل ا ب ثم ا ب و ب ث ثم ب ث الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا أردنا  
 أبعاد جسم  $\overline{B}$  عن  $\overline{A}$  فأننا نستعمل قضباناً غير ليئة من الحديد  
 أو الخشب لتحركه إلى السير من نقطة  $\overline{B}$  و  $\overline{A}$  ونضع هذه القضبان  
 وضعاً يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك نجعل لها طولاً كبيراً ما بين نقطتي  $\overline{B}$   
 و  $\overline{A}$  وبين  $\overline{B}$  و  $\overline{A}$

(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  $\overline{A}$  (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل  
 $\overline{AB}$  الذي إذا امتد من طرفيه لا يلاقى خطاً آخر مستقيماً كخط  $\overline{CD}$   
 حينئذ يكون موازياً له وبالجمله لا يمكن أن نمد من نقطة  $\overline{A}$  الخط واحد  
 موازياً لخط آخر

ولاجل إيجاد خط  $\overline{AB}$  يلزم أن نرسم من نقطة  $\overline{A}$  خط  $\overline{AC}$  عموداً  
 على خط  $\overline{CD}$  ثم نرسم  $\overline{AB}$  كذلك  $\overline{AB}$  عموداً على  $\overline{AC}$  فيصير  
 حينئذ خط  $\overline{AB}$  موازياً لخط  $\overline{CD}$  وذلك لأنه إذا تلاقي خطا  $\overline{AB}$   
 و  $\overline{AC}$  في نقطة واحدة أمكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على  
 خط  $\overline{AC}$  المستقيم وهذا غير ممكن (كافي الدرس الأول) \*

ولنبرهن الآن على أن كل خط مثل  $\overline{AC}$  يقطع  $\overline{CD}$  فنقول  
 مهما كانت زاوية  $\overline{BAC}$  صغيرة فانه يجب عليهما عند تدوير  $\overline{AC}$   
 حول نقطة  $\overline{A}$  لبعده عن  $\overline{AB}$  أن نكرر زاوية  $\overline{BAC}$  مراراً  
 عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور  $\overline{BAC}$  ولكن إذا أخذنا



عدة نقط بقدر ما يمكن مثل  $\text{ث و ث و ث}$  الخ المتباعدة عن بعضها  
 بمسافة مساوية لمسافة  $\text{ث ا}$  ثم اقننا عمدة  $\text{ث و د و ث و د}$   
 $\text{و ث و د}$  الخ فتقسم هذه الاعمدة بعد  $\text{ب ا ث ث ث ث}$  الى  
 مسافات متوازية مسطحة كسطح  $\text{ا ب ث د}$  فحينئذ يمكن رسم مسافات  
 كثيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل  $\text{ب ا ه و ا ه و ا ه}$   
 $\text{و ا ه}$  الخ في زاوية  $\text{ب ا ث}$  القائمة فادن تكون المسافة  
 المشغولة بمسافة  $\text{ب ا ث د}$  الخ اصغر من المسافة المحصورة في زاوية  
 $\text{ب ا ه}$  وتوابع هذه الزاوية في الصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط  $\text{ا ه}$   
 المستقيم الممتد خط  $\text{ث د}$  وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة  $\text{ب ا ه}$   
 التي هي حرة من  $\text{ب ا ث د}$  اكبر من مسافة  $\text{ب ا ث د}$  وهذا  
 غير ممكن

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

ويستعملون في فن الرسم ورسوم التجارة هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات  
 فيصنعون آلة تسمى قاء لانها مركبة من جزئي  $\text{م ن و و ح}$  (شكل ٣)  
 المتجمعين على شكل حرف التاء الفرناوية ويضعون فرع  $\text{م ن}$  كثيف  
 السمك والبارز من اسفل على امتداد  $\text{ا د}$  من لوحة  $\text{ا ب ث د}$   
 ولما كان الفرع الآخر الذي هو  $\text{و ح}$  عمودا على الاول نشأ عن ذلك  
 ان خطي  $\text{ا ب و ه ف}$  المستقيمين المرسومين على امتداد فرع

وح يكونان متوازيين

واذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافاعنى بلوكات متوالية مثل

اب 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 فاعمو ديا على مستقيم ا ث ه غ الخ فيتحقق حينئذ

ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد و طبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اى متوازية كالالف واللام من اسم الله عز وجل

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

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

ثم يجمعون هذه النقاط الحلقية بحيث لا يلزم الغناء او الاجراء نعمات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاول 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 ويسكأ عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودى على هذه

المسطرة فن الواضح حينئذ ان نرسم 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 يحرث الارض ويجز محراثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد بخطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤثر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من الحراث  
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 جرؤ منها 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 اعماق  
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 اقليلة البعد عن الراصد وهذه التدريجات لها قواعد  
هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علميته ان يتف على  
حقيقة هذه القواعد

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

فترسم خطي ا ب و ث د المتوازيين (شكل ٦) ونزل ا ث  
و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة ك نقطة ش في

منتصف خط ا م ونزل ش ك عمودا على هذين الخطين  
المتوازيين ثم نثني الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كلواب وتطبيقه 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 ب ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذن يكون عمود ا ث مساويا لعمود م ن وحيث ان ب يكون خطا ا ب و م ن العموديان (شكل ٦) اللذان يقسمان في اوضاع مختلفة مسافة المتوار بين مساويين لبعضهما واما القصر بعين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عمودا 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 هذان المتوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان

اخران كاستقيمي ا ث و م ن المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين فجزاء الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الاخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك جزاء الخطيين الاخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجزاء العمالية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كاملة الاستقامة والاتصاق يتحرل فيها او عليها بغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخريان على القضيب الايسر ومتى كان احد هذين القضيبين مستقيما لزم ان يكون الاخر بعيدا عنه بمسافة مساوية لبعدها عن المحاور على محور واحد وبهذا يكون القضبان متوازيين حيث انهما متساويان البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك فائدة عظيمة ووفر جديدا بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

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

ان يكون دائماً عموداً على **ا ث** فانه يكون دائماً موازاً بالخط **ا ب** الذي يقرب منه شيئاً فشيئاً مع التساوى في جميع اجزائه ولتحرك هذه الخطوط المتوازية والتساوى الذي تحتفظه الخطوط المذكورة في ابعادها فائدة عظيمة في الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذا تصورنا عجلة مستحبة على حسب اتجاه **ث د** وامكن تقدمها او تأخرها (شكل ٦) عن **ا ب** مع التوازي بواسطة العجلات الصغيرة التي تمر

على قضبي **ا ث** و **م ن** المتوازيين فان خيوط القطن تتمدد من خط **ا م** الذي هي خارجة منه بمسافة متساوية لثلاث 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 **ع ر ب** من خط **ا م** لتعود الى

**ث ن** كانت الخيوط مشدودة بالتساوى كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوى الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات

الطريقة المعدة للغزل التي ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين فتلة او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة **ع ر ب** 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 ولتقابلها

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

و **ث د** المائنين بالنسبة لخط **ه ا ث ف** فاذا كانت زاويتا

**٥١٥** **أ ب و هـ ث د** (اللتان يقال لهما متقابلتان) متساويتين فان

مستقيمي **أ ب** و **ث د** يكونان متوازيين

ويكون عكس ذلك صحيحا اعني اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل ماثل 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 غالبا 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** و **س هـ ز** اللذين هما ضلعاهما على شكل زاوية قائمة او مسطرة مثلثة

واذا فرضنا الان ان المطلوب مرور مستقيم من نقطة **أ** مواز لخط **ث د** (شكل ٨) فانه ابتداء اولاً بوضع المسطرة المذكورة وهي **س هـ ز**

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

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

وبواسطة ضلع **س هـ ز** 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 نادرة

الوجود حتى انه لا يوجد في المبدن التي تقدمت فيها الننون الاقليل من  
الصنابعية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتب بها  
مهرة الرسامين

وانشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آنفا على تركيب الاجسام  
وحركتها فنقول

اذا كان هناك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل ا ب ث د  
وفرضا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم ا م د ح  
الخط 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 - ا او ث - ا او د - ا 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 المعروفة 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 - ا و د - ا و ث - ا وعند تقدم  
الدرج او تاخره اذا كانت مهماته 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 انفصرت 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 متحركا فيها  
 مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض فى حركته وذلك اذا كان جسم  
 الطلبية والمكباس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المبكاس يصعد ويهبط  
 بالتوالى فان كل نقطة من دائرته تصير خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبية  
 ولابد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكيفية  
 فى داخل جسم الطلبية لاسيما عند عمل الآلات البخارية التى اذا حدث فيها  
 ادنى خلل وقل اختلاف فى التوازى حصل لقواها الضعف والضياع

(بيان تطبيق العملية على لحمة القماش وحياتها)

لاجل لحمة القماش نبدأ اولاً على التوازى بجهة من الخيوط ونجمعهما من طرف  
 على حاشية ونلصقها من الطرف الآخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد  
 الخيوط المذكورة حتى تهبط الاجزاء المنفردة بجهة خطوط مستقيمة متوازية  
 وموضوعة على مستوا واحد \* ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتخيا  
 فى بعض الاجزاء نستعمل آلة تسمى مشطا وهى مركبة من اسنان رفيعة  
 مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازى ومن جهتين 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 اقشة 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 لشيلان  
 الافرنج فى القماش والمتحدة معها فى النسج مع ان اهل اوربالم اشرع فى هذه



الصناعة الامنذ عشرين سنة

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

وينتهز الانسان غالبا الفرصة في تدوين هذه النتائج باى محمل تستلزم 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

ونستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اى شكل اوجسم يكون  
مساويا لجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلا ان المراد عمل شكل ا ر ش د (شكل ١١) مساويا  
على وجه الصحة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقا فالتأثر من خطوط  
ب ر و ث ش و د ر مساوية لخط ا ا وموازية له ثم  
نرسم خطوط ا ر و ر ش و ش 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)

اذ لزم ان نقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد نقشا ينطبق بالدقة على  
مجوف او محدب مما لا يدخل القطعة المحوطة فيه فستعمل خواص الخطوط  
المتوازية التي استعملناها آنفا فاذا فرضنا مثلا ان اردنا ان نحور في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من  
الخشب مثل س ص بعد تجييرها وترقيعها بالكلمة فنقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ر و ر ث و ث د و د ه و ه ف  
المتساوية والمتوازية لبعضها ثم نرسم محيط ا ر ش د ه ف ونجبر قطعة

س ص بحسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارايك  
الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى  
مهندسو السفن طريقة الخطوط المتوازية بالنقالة ويترب على صحتها الامانة  
التامة التي بها تجرى عمالية الاشكال المعلومة عند المهندسين على وجه  
الصحة

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المجوفة او المحدبة  
(شكل ١٣) التي ينبغي تعشقها ببعضها فان صلابة السفينة متوقعة 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 ارايك عام لرسم صورة  
الاجسام وهذا هو الغرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية  
فننقل على مستوي يسمى مستوى المسقط كخطة اولوح او فرخ ورق منفرد  
الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من نقط الجسم المطلوب رسمه  
خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم يمتد الى الانفاق ولا يخفى ان كل نقطة من  
نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع  
اتباعها للاتجاه المتوازي المتفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على  
مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة

فاذا اسقطنا سائر نقط خط مستقيم او منحني فانه يتألف منه اعلى مستوى  
المسقط مستقيم ومنحن جديدان يصيران مسقطي الخط المستقيم او المنحني  
الاصلي

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

ولا يكفي مسقط واحد للاجسام المراد تصويرها وانما ينبغي مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحي مسقط ليسهل اجراء عملياتها بفرض احدهما راسيا والاخر افقيا ويقل او يسقط على المستوى الراسي الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية وينقل او يسقط 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 وعلاقتها في سائر الفنون التي ينبغي ان يكون فيها للنتائج صورة جيدة الصفحة اما على حسب الاراء انك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويتحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التي تتقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزم لهم معلم خصوصي 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 نفعا للفن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط مالميس بتحقيق الصورة في الفراغ ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخفاء في الوقت الذي يعقب ظهورها  
 فاذا فرضنا مثلثا اطلقنا رصاصة بندقية او كلة مدفع نحو هدف معلوم  
 فان مركز هذه الرصاصة او الكلة يقطع خطا غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا  
 ان نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستوما ونستعمل هذا الرسم في احوال  
 كثيرة كما اذا اردنا ان نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحكامات فعلى  
 حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحكامات 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 سطحي المسقط المبيذين  
 للاوضاع الاصلية ونقوش الطابية والاستحكامات لنعرف ما يربح او ما يخشى  
 من نتائج هذه الطابية

ونرسم ايضا بواسطة الخطوط جملة النقاط التي يقطعها مركز القمر حول  
 الارض ويقطعها ايضا حول الشمس مركز الارض وباقي النجوم السيارة  
 وذات الذنب وما اشبه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه  
 بالكواكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفيسة التي كشفها  
 عقل الانسان ومكتشف احقا با من السنين حتى وصل اليها

والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة ان  
 بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكتفي 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 نتف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات  
 عند تحريكها

ويعلم من ذلك ان القضية المتعلقة بالمتوازيات والخطوط العمودية التي ينظم

انها مهمة 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 فاذن ينبغي التعود بكثرة على طريقة الرسم التي تجري في الصناعة

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

فاذا فرضنا اى خط منح كخط م ا ب ب د ن (شكل ١٤) فاننا نقله الى خط مستقيم اصلى اى الى محور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب - و ث و د د الخ  
ثم نرسم عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية  
(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

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

### (بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة فى حداثاتها تعلق بالصورة الموافقة للقارينة اى الجزء الاسفل المنغمس فى الماء فينبغى ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد الهندسية المضبوطة فى رسم قارينة السفن وتركيبها والمعول فى ذلك على قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي تصنعها يسمى تريبوراً اى الجهة اليمنى وهى مضاهية بالكلية للضلع الايسر المسمى بالبابور اى الجهة الشامية ولاجل علمها تم خطا قريبا كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها ونقسم على هذا الخط المستقيم المنقسم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

**و ب ث** الخ خطوطا عمودية ونضع على هذه الخطوط نقطة تدل على خطوط الماء.

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجة من الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدلنا من مبداه الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السنية وتكون هذه المنحنيات محددة كما ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على عین المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولها عليها باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متوازي 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** المأخوذ محورا (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فالتأخذ 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** وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات **م م** و **ا ا** و **ب ب**

**و ب ث** وسيأتى لك بيانها عند الكلام على آلات الماء

ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبية القاطعة بان نمد من كل نقطة من نقط

**ا ب و ب ث و د** الخ خطوطا افقية 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 الاصلية الى الصورة الملايعة للطريق او الخليج الذى يراد رسمه وبالجملة  
فان هذه الارتفاعات ينشاء عنها مع السرعة والسهولة طريقة عمى الحسابات  
الضرورية فى تقويم كميات الارض التى يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى  
حفر او نقلها وهو ما يسمى ردما

واذا اردنا ان نجد عى بحيرة او نهر او مينا او مرسى مع غاية الضبط فالتا تقسم  
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 فاننا  
نصنع الشكل الجانبى لقاع البحيرة او النهر او المينا او المرسى وبهذه الطريقة  
يتحصل اطول هذه الاشياء او عرضها سائر الرسوم الجانبية اللازمة فى 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 لكل 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 يترتب عليه عدة عمليات  
ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انها تظهر بمجرد النظر على مستوك فرخ  
من الورق الصورة التامة للارض فى 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 الجهادى كما ينفع مهندس القناطر  
والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات  
واذا اريد تشييد قنطرة قنائية او اعتيادية فان ابغال هذه القنطرة ترتفع الى  
ارتفاع خط النسوية الذى 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 الذى ينبغي ان  
تأخذه ابغال القناطر الاعتيادية والقنائية

ولم تتوسع زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التى يمكن عملها فى شأن  
رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات وسترى فائدة هذه الطريقة وسهولتها  
وايجازها وسرعتها فينبغى حينئذ كثرة الترن عليها وان ترسم مع المشقة عدة  
اجسام تتعلق بالحاور والمتوازيات بشرط ان يتشعر جنس هذا الرسم  
بالتدريج فى جميع الكرخانات

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

### (الدرس الثالث)

#### (فى بيان الدائرة)

الدائرة هى سطح مستو تكون جميع نقط دائره المسمى بالحيط 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 فاذا ن 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  $\theta$  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 انالف من نصفي قطر  $\theta\alpha$  و  $\theta\delta$  خط مستقيم كخط  $\alpha\delta$   
فمذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل  $\alpha\delta$  (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين  
ويكفي في اثبات ذلك اثني جزء  $\alpha\beta$  على جزء  $\delta\alpha$  بتدوير  $\alpha\beta$   
حول قطر  $\alpha\delta$  كالوب فاذا وقعت نقطة من محيط  $\alpha\beta$  في داخل  
محيط  $\delta\alpha$  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  $\alpha\beta$  بالكلية على  
 $\delta\alpha$  ويكون جزا الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر  $\alpha\delta$   
متساويين

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط  $\alpha\gamma$  (شكل ٢) منبته  
من كذا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط كجزء  
 $\alpha\gamma$  ويطلق اسم السهم على جزء  $\gamma\delta$  من نصف قطر  $\theta\gamma$  ع  
العمودى على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس  
وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذى كان يستعمله القدماء حيث  
يشدونونه وتر 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 يعلم ان التطبيق واسطة في اتساع دائرة العالموم  
وفي نقله لها اسما صار فيهما من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل  $\theta\gamma$  ع (شكل ٢) العمودى على وتر  $\alpha\gamma$   
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين  
ولا ثبات ذلك عند نصفي قطر  $\theta\gamma$  و  $\theta\delta$  اللذين هما خطان

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

يتألف من الخاصية التى ذكرناها آنفا عمليات نافعة جدا في فن الرسم وفي اغلب  
الفنون التى ينبغي ان نجعل لها القيسة جيدة الضبط  
فتستعمل اولا لقسمة قوس الدائرة الذى هو  $\text{م غ د}$  (شكل ٤) الى  
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونفتح على قدر الكفاية (اعنى اكثر  
من نصف  $\text{م د}$ ) ثم نضع على  $\text{م}$  احد طرفى البيكار ونرسم بالطرف  
الآخر قوس الدائرة وهو  $\text{ر ضه ط}$  ثم نأخذ الطرف الثانى من البيكار  
ونضعه على  $\text{د}$  ونرسم بالطرف الآخر منه قوسا ثانيا كقوس  $\text{و ح ضه ع}$   
بشرط ان نهتم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة  
 $\text{ضه}$  التى يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتى  $\text{م}$  و  $\text{د}$  فاذن  
نصير موضوعة على العمود الواقع على  $\text{م د}$  المار بمنصف هذا المستقيم  
وبمركز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذى يقسم وتر  $\text{م د}$  وقوس  
 $\text{م غ د}$  الى قسمين متساويين

فاذا لم يعلم وضع المركز يكفي ان نرسم من جهته قوسى  $\text{ا ش و د ه}$   
بفتحة واحدة من البيكار فيكون مركز الاول  $\text{م}$  والثانى  $\text{د}$  ونصير  
نقطة  $\text{ر}$  كنقطة  $\text{ضه}$  على العمود الذى يقسم وتر  $\text{م د}$  وقوسه  
الذى هو  $\text{م غ د}$  الى قسمين متساويين

واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط  $\text{م و د و و}$  (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 ٥ خط غ ا عمودا على م ٥ وثانيا من منتصف ٥ و خط  
 و ر عمودا على ٥ و ونمد من نقطة ث التي يتلاقى فيها عمودا  
 ث غ و ث ر معا خطوط ث م و ث ٥ و ث و المائلة  
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط ث م و ث ٥ و ث 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 نمد من مركز ث نصف قطر ث م ٥ ح عمودا  
 على سائر الاوتار فقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك  
 اذا قابلناه بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس  
 ح ا يساوى قوس ح ب وقوس ح د يساوى ح ه و ح ف  
 يساوى ح غ

وبترتب على ذلك ان قوس ا د يساوى ب ه و د ف يساوى  
 ه غ

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

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ح 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  $T$  مقبوس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود  $T$   $C$  فاذا ~~تكون~~ سائر نقط مستقيم  $S$   $C$   $V$  موضوعة خارج الدائرة ماعدا نقطة  $C$  وللفنون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيمات المماسية لها

ويمكن في مبدء الامر ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو  $T$  المفروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس  $S$   $V$  ثابتا ويترتب على ذلك امر ان احدهما ان الدائرة لا تتجاوز  $S$   $V$  ثانيهما انها تماس دائما  $S$   $V$  في نقطة  $C$  البعيدة عن مركز  $T$  بمسافة مساوية لنصف قطر  $T$   $C$  وبناء على ذلك اذا تماس 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 مستوع على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة  $T$  المجعلولة مركز الدائرة ثم يوجد آلة حادة على اتجاه تماس  $S$   $V$  فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة  $C$  وتكون جميع اجزاء المستوى المفصولة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة  $T$  بمسافة اكبر من  $T$   $C$  وعلى ذلك تكون جميع نقط المحيط المفصولة ايضا على هذا الوجه على بعد  $T$   $C$  من المركز فاذا يكون هذا المحيط محيط الدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات ونسطيح السطوح)  
نستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجار الصالحة لسن الآلات ونسطيح الاجزاء المستقيمة من سطح حادث من نتائج الصناعة بان يعمل الجسم المراد سنه او نسطيحه باليد او غيرها ويتكاهبه على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضبط عند ادارته ~~كان~~ كان سطحه مماسا دائما

للاجسام المراد منها وتسطيحها

ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الاجسام الثابتة واوقات اخرى يدفعها عن نفسه

وعوضا عن كوننا نفرض ان الدائرة متحركة ومماس  $س س$  ثابت نفرض 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 الاجسام الثابتة)

تستعمل هذه الطريقة لقطع الاجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذا الحالة تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستدل على الجهة اليمنى من الآلة بمماس  $س س$  وعلى نفس القاطع بنقطة  $ح$  ونؤلف 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 يتحصل عندنا الحركة التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في الفنون

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

بمسافة مساوية لنصف قطر  $ث ح$  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 تابعا لخط افقي ايضا

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

المركزية او غير المركزية تصعد نارة وتهبط اخرى فاذن لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا اطافة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لساير عجلات العربات المعدة لنقل ارباب السياحة والاشياء

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يتحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد هاطريقة وجيزة سمها 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  $ح$  اول قطر الدائرة الذي هو  $ح ث$  غ فان  $س هـ$  يمر حينئذ بنقطة  $غ$  التي هي نهاية قطر  $ح غ$  ويكون مماسا للدائرة كخط  $س ص$  واذا ادركنا 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 فالتناخذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجموعول قاعدة والمسطرة او البرواز المراد تحركه فاذن لا يبقى علينا الا ان نجذب او ندفع مع مماسة الحلقات المسطرة او البرواز على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة او البرواز 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 اظهر سر هذه التطبيقات للتلازمة

وبعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها  
وذلك بان نفرض ان دائرتي **أ** و **ب** (شكل ٧) موضوعتان على  
وجه بحيث يكون بعد مركزيهما وهو **أب** يساوي **أو** + **بو**  
الذين هما نصف قطرهما ومن البديهي ان نقطة **و** تكون على المحيطين  
معاً وزيادة على ذلك لا يمكن لنقطة 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  
تماسة 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 الغلط الموضوع على بعد واحد وحينئذ ينبغي ان يلاحظ انه  
اذا كانت احدى الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى  
اليسار فانهما يتحركان بالخلاف وقد يستدل على اختلاف الحركات بالاسهم  
كافي (شكل ٧)

فاذا كان هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل **أ** 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 هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها  
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السيور المحيطة بالدوائر)

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

دوائر كبيرة او نضاعف عددها نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطاً بهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية ان 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 ان يتغير طول جزئى  $\overline{AM}$  و  $\overline{CH}$  المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئى  $\overline{AM}$  و  $\overline{CH}$  المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبداء الامر لصوق 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 بكثرة الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة كدائرة  $\overline{D}$  (شكل ١٠) التى اذا ثبت جزء  $\overline{CH}$  القائم تجعله بعد ذلك في وضع  $\overline{CH}$  و  $\overline{RH}$  بحيث يصير موترامع ماله من الامتداد اولاً لجل ذلك يكفى ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم  $\overline{CH}$  وجزء  $\overline{CH}$  المنكسر مساوياً لطول السير وكثيراً ما تستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهنا الاختلاف 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 وبيأتى في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون  
(بيان حركة دائرة فى اخرى)

اذا قطعنا دائرة فى سطح مستو فانه يحصل 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 بمماسية دائماً لنقطة من المحيط المجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط المحذب عند دورانه مماساً دائماً للمحيط المجوف في جميع نقطه

ولا توجد هذه الخاصية الا 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 لا تصل اليه تتركيبه وبينها فراغا

وكما اقتضى الحال ان نسمي مسافة مستوية اجميدا وكان جزء من هذا المستوى دائريا على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب في جعل سادات الحنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير  
(اجراء العملية في اللعب البخارية)

نستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة استعمالا جيدا في تركيب الآلات البخارية وهي انها تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دأرها عن مس المحيط المجوف المستعمل عليها ومنشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر اللعب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القسمة

وهي انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما  $\text{أ م ب}$  و  $\text{د ن ه}$  (شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما  $\text{أ ب}$  و  $\text{د ه}$  يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر  $\text{أ ب}$  و  $\text{د ه}$  (شكل ١١) متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى  $\text{أ م ب}$  و  $\text{د ن ه}$  ينطبقان على بعضهما ويصيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما عدة اوتار متساوية مثل  $\text{أ ب}$  و  $\text{ب ث}$  و  $\text{ث د}$  و  $\text{د ه}$  (شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لماتمكون متساوية ايضا وبناء على ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

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

اولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نمد 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 نمد قطرا ثانيا كقطر  
**٥ د** (شكل ١٣) عمودا على قطر **أ ب** الاول

رابعا لاجل قسمتها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبتدئ  
 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  
 ومحصلات 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 ١٤١٤٥

وتر خمسه ١١٧٤٦

وتر سدسه ١٠٠٠٠

وتر سبعة ٨٦٧٢

وتر ثمانية ٧٦٥٤

وتر تسعة ٦٨٤٠

وتر عشرة ٦١٨٠

وتر الجزء الحادى عشر ٥٥٢٤

وتر الجزء الثانى عشر ٥٥٧٦

وهذا الجدول الصغير يسهل علينا إيجاد انقراج 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 آنفاً لاخذ نصف القوس انقراج 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 بينا الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بمجئنا مدة طويلة عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء متساوية فلم نعتز بها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

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

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضاً عن جعل زاوية  $\text{أ ب ث}$  (شكل ١٦) وحدة المقياس  
استحسن اخذ قوس  $\text{أ ب}$  الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة  
ث المركزية

ومما يسهل علينا مشاهدته انما اذا رسمنا عدة انصاف اقطار مثل  $\text{أ ب}$   
و  $\text{أ ث}$  و  $\text{ب ث}$  و  $\text{أ د}$  و  $\text{ب د}$  و  $\text{ث د}$  على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا  
 $\text{أ ب ب}$  و  $\text{ب ب د}$  و  $\text{د ب د}$  متساوية امكن وضع هذه  
الزوايا على بعضها فاذن تكون اقواس  $\text{أ ب}$  و  $\text{ب د}$  و  $\text{د د}$   
المنطبقة انطباقاً كلياً على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لنؤلف منها  
زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضاً مرتين او ثلاثاً او اربعة 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 ويدل ايضاً على عدد مرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة  
على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان نأخذ قياس الزوايا او الاقواس 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 تستعمل قياساً للزوايا الاربعة القائمة التي تشتمل على سائر المسافات  
الموجودة حول نقطة ث المركزية

ثم نقسم كل ربع الى تسعين جزءاً متساوية تسمى بالدرجات  
فاذن يكون محيط الدائرة محتوي على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠  
درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لاعلاقة  
بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠٠ الخ ومع ذلك فيترتب عليها



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

واما على المذهب الجديد فتكون الدرجة حراً من مائة من ربع المحيط والدقيقة حراً من مائة من الدرجة والثانية حراً من مائة من الدقيقة ودلم جرا وعلى ذلك تكرن هذه الاجراء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى هكذا

|                       |        |       |
|-----------------------|--------|-------|
| الدرجة الواحدة تساوى  | ١٠٠٠٠٠ | متر   |
| الدقيقة الواحدة تساوى | ١٠٠٠٠  | متر   |
| الثانية الواحدة تساوى | ١٠٠    | امتار |
| الثالثة الواحدة تساوى | ١      | دسمتر |
| 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 المضرسة اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكي كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتناء باجراء هذه العمليات قلّة وكثرة تختلف سهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبتها فلا بد من الضبط الهندسي لانه لا يمكن بجانبه ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الا به حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم كون ارباب الصنائع لا يستعملون الطائرات المضرسة 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 فمنها المنقلة وهي اسمها واكثرها استعمالا  
وهي نصف دائرة من النحاس والعاج محيطها مدرج فان كانت من النحاس  
كان جرم  $\text{م ح ث}$  (شكل ١٧) ظاهرا يينا وكان مركز  $\text{ث}$   
معينا بقطعة صغيرة وفيها ايضا عتقان صغيرتان وهما  $\text{م و ح}$  يبينان  
نقطتين اخريين من قطر  $\text{م ث ح}$  المرسوم على المستوى المنحني اخفا محكما  
بواسطة جانب  $\text{م ث ح}$  من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت  
الآلة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهم من  
سمكها وهذا من النوائد العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لاخذ انفرج اي زاوية كانت كزاوية  
 $\text{س و ص}$  ونقله الى وضع اخر

واذا ارد رسم مستقيم مثل  $\text{س ا ص}$  المار بنقطة  $\text{ا}$  المفروضة الذي  
حدث منه ومن مستقيم  $\text{ه ب د}$  المعلوم زاوية مشتتة على عدة درجات  
مثل  $\text{ا ب}$  فاننا نضع المنقلة بالتوازي جهة نقطة  $\text{ا}$  بشرط ان يكون  
مركز  $\text{ث}$  دائما على  $\text{ه د}$  وكذلك نقطة  $\text{د}$  الدالة على عدد درجات  
زاوية  $\text{ا ث ب}$  ومتى اتصل خط  $\text{مر ن}$  الذي هو قاعدة المنقلة  
الموازية لقطر  $\text{م ح}$  بنقطة  $\text{ا}$  فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم  
خط  $\text{س ص}$  المطلوب حيث ان لهذه القاعدة سمكها ظاهرا

\* (الغرافومتر) \*

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة ومؤلفة مثلها من نصف محيط  
مقسوم الى عدة درجات غير انها 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 لافراجين الذين يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر ندير الغرافومتر الى ان نصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول المركز له ايضا عينان فندير من النقطة التي نذا نظرنا فيها بواسطة الانزراجير نجد غرضا ثانيا فيه نذا 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 انها ليست الاربع الدائرة المدرجة وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست اذ سدسها وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهي التي يطلق عليها اسم الآلات الثمينة ونستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم الجغرافيا اى 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 يكرر فيها المحفوظات بحيث ان الغلطات المتنوعة التي يمكن حصولها في العمليات المختلفة يمكن اصلاح بعضها فية قل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب اللازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلي من حيث عدم تساوى تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ابد الانسان ان فصل الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعنى مع الدقة الدقيقة بل انه ينقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتهم 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 بالتوالي الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهلم جرا

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

فاذا 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 لتقسيم)

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 الفرنسي بواسطة الاستعمال السهل للموازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذي ليس متحد المركز مع اللوح المقسوم سابقاً مع غاية الضبط

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

مستطيل **ش م ن ح خ** الزايات يكون موضوعاً على وجه بحيث يكون ضلعاهما **ش م** و **ح خ** متجهين دائماً جها

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

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

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

لى هذه الحركة ويكون خط  $ح خ$  دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس وهو  $ث$  فينتج اذن صورتان اولاد  $ال خ$  يعين 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 ولانقتصر 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 بمستقيمي  $ا ب ه$  و  $ب ث$  فنحصل معنا اولاً ان زاوية  $ث ا ب$  تكون مساوية لزاوية  $د ب ه$  ثانياً ان زاوية

أ ب تكون مساوية لزاوية ث ب د فاذن يكون مجموع  
 ا و ث و ب التي هي زوايا مثلث أ ب ث 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 زاويتين  
 قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى امكن معرفة زاويتين من المثلث امكن معرفة الثالثة  
 ويكفي لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلاً ان مقدار احدى هاتين الزاويتين  $\frac{5}{37}$  والاخرى  $\frac{5}{49}$   
 فاذا اضفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فاذا طرحنا  
 هذا المجموع من زاويتين قائمتين او من  $\frac{5}{180}$  كان الباقي ٩٤ درجة  
 فاذن تكون الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث ان مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين ينبغي ان  
 احدى الزوايا تساوي صفراً اعني انها تكون معدومة بالكلمة حتى يصير  
 الزاويتان الاخران 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 الآن 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  $\overline{ا\theta}$  من ضلعي المثلث اللذين هما  $\overline{ا\beta}$  و  $\overline{ا\theta}$  هو المقابل للزاوية الكبرى وهي  $\beta$  من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ  $\overline{ا\beta} = \overline{ا\theta}$  و  $\overline{ا\theta} = \overline{ا\theta}$  ثم نمد  $\overline{ا\beta}$

و  $\overline{ا\theta}$  فتكون زوايا  $\overline{ا\beta}$  و  $\overline{ا\theta}$  و  $\overline{ا\theta}$

و  $\overline{ا\theta}$  متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية  $\overline{ا\beta}$   $\overline{ا\theta}$  اكبر

من زاوية  $\overline{ا\beta}$  و زاوية  $\overline{ا\theta}$  اصغر من زاوية  $\overline{ا\theta}$

فاذن تكون زاوية  $\overline{ا\theta}$  اكبر من زاوية  $\overline{ا\theta}$

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

كمثلث  $\overline{ا\theta}$

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

كمثلث  $\overline{ا\theta}$

فاذا اعتبرنا ضلعي  $\overline{ا\theta}$  و  $\overline{ا\theta}$  المتساويين (شكل ٤) مائلين

بالنسبة لقاعدة  $\overline{ا\beta}$  فان عمود  $\overline{ا\theta}$  يقع على منتصف هذه القاعدة

ويقسم المثلث الى جزئين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام

المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل بسقف البناء اغلب البيوت والعمارات العامة

بسطح جانبه مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية

في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحاد الزوايا

في سقوف النواقيس والعمارات الغوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاحمال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف اي آلة الجدي (شكل ٧)

وهي مركبة من قطعتي خشب متحدتي الطول ومتصلتين من احد طرفيهما  
 في نقطة  $\theta$  ومنفصلتين من الطرف الاخر بعارضة  $اب$  ويمر المحبل  
 المستعمل لرفع حمل  $د$  بيكرة ثابتة في نقطة  $\theta$  ويكون مثلث  $ا ب \theta$   
 المدلول عليه بالآلة الجردى متمائلا اي متساوي الساقين فاذن يكون العمود  
 النازل من نقطة  $\theta$  على قاعدة  $اب$  قاسما تلك القاعدة الى قسمين  
 متساويين

ويحتاج غالبا في الفنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزاء وهاته كيفية  
 العمل

اولا اذا عرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩)  
 فالتابدا برسم خط مستقيم كخط  $اب$  مساو لاضلع ٣ في الوضع الذي  
 ينبغي فيه رسم المثلث ثم رسم من نقطة  $ا$  المعتبرة مركزا بواسطة انقراج  
 بيكار مساو لاضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو  $م \theta$  ورسم من نقطة  
 $ب$  المعتبرة مركزا ايضا بواسطة انقراج بيكار يساوي ضلع ١ قوس  
 الدائرة الذي هو  $ح \theta$  ثم غمد من نقطة  $\theta$  التي ينقطع فيها القوسان  
 مستقيمي  $\theta ا$  و  $\theta ب$  فيكون  $ا ب \theta$  هو المثلث  
 المطلوب

ثانيا متى علم ضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية  $ا$  (شكل ١٠)  
 فالتابدا برسم خط  $اب$  المساوي لاضلع ٢ في وضع لائق ثم رسم بالآلة  
 معدة لقياس الزوايا (كالمثقلة والبيكار وغيرهما) خط  $ا \theta$  بشرط  
 ان تكون زاوية  $ب ا \theta$  مساوية لزاوية  $ا$  ونجعل  $ا \theta$   
 مساويا  $ا$  وبالجملة اذا مسددنا مستقيم  $ب \theta$  حدث المثلث  
 المطلوب

ثالثا متى علم ضلع  $ا$  وزاويتا  $ا$  و  $ب$  اللتان رأسهما في نهايتي هذا  
 الضلع (شكل ١١) واريد رسم المثلث فالتابدا برسم خط  $اب$  مساويا

ا ثم رسم على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ب

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

فأذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكلية وجب على المدرسين تكرارها في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار

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

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

فأذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين مثنى مثنى كان هذان المثلثان متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المفروضات في مواضع مختلفة

ثانيا اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية

في المثلثين المذكورين من كلتا الجهتين كان المثلثان متساويين

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

كلتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

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

نقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا د و ب ث يساوي

د ث و ا ث يساوي ا ث وفي الثانية ان ا ب يساوي ا د

و ب ث يساوي د ث وزاوية ب تساوي زاوية د وكان

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

و د ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا د وزاوية ا تساوي

زاوية ا وزاوية ب تساوي زاوية د فان ذلك يستلزم ما باقى

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

فاذا قد احاد الشروط الثلاثة التي بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن تساوى هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية اوضلعا لمتساويين له في المثلث الآخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة الفنون بطريقة واضحة ان نعرف باشارات 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 د (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤوس مثل ا و ب و ث و د

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

والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

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

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

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

ويتركب السطح بالنظر اربعة العمارات المنتظمة من مثلث متساوي

السابقين كمثلث م د ث (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا  
السطح ومن شبيهه منحرف متماثل مثل ا ب ث د في الجزء الاسفل منه  
وهذا ما يسمى بالفرنساوية مناسرد اخذ من اسم مناسرد البناء  
المنحرف لهذا السطح ويكون منتصب م ه ف خط تماثل المثلث وشبيه  
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 اثنتان منها حادتين  
واثنتان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا أضفنا 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  
وب ا \* ثالثا زاوية و ث د = زاوية و ا ب على حسب  
خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = و ث

واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و ب د (شكل ١٧) هو  
ما كان مقابلا لزاويتي ب و د الكبريين وهو اث كما سبق

وبيانه اثنا اذا رسمنا خطي د ه و ث ف عمودين على ضلعي اب  
و ث د فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ه ب اصغر  
من ا ف فاذن يكون د ب اقصر من مائل اث

ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع ا ب ث د (شكل ١٨) الذي  
اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل لطيف 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 ا ب ث د كان ضلع ا د عمودا على ضلع اب وكذلك  
ب ث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتي ا و ب قائمتين  
وكذلك زاويتي د و ث المساويتان لهما

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

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان نلاحظ ان مثلثي  $\triangle DAB$  و  $\triangle DAC$  القائم الزوايا متساويان \* اولا لان زاوية  $\angle D$  القائمة تساوي زاوية  $\angle A$  القائمة \* ثانيا لان ضلع  $\overline{AD}$  مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر لكل منهما \* ثالثا لان ضلع  $\overline{DB}$  من زاوية  $\angle D$  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 للضلع  $\overline{BC}$  الثالث من زاوية  $\angle B$  وحينئذ يكون  $\triangle ABC$  و  $\triangle BCD$  قطري الشكل

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

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

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

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعاها الطويلان متساويين وكذلك ضلعاها القصيران ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

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

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين

ويكون قطرها شكله غير متساويين ويكون اكبرهما مقابلا للزاويتين الكبيرتين واصغرهما مقابلا للزاويتين الصغيرتين

(بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) \*

اذا ثبتنا جراً من هذه الاشكال على جزء آخر مساو له فالتناظر هن اولاً على ان شبيهه المخرف ذا الاضلاع المماثلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلاً بالنسبة لمستقيم **هـ** المار بمتصف 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 بمتصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعه فائدة عظيمة في التهنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين وايضا كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل **ا ب ث د** (شكل ١٢) يمكن تقسيمه الى مثلثين كمثلثي **ا ب ث** و **ا ث 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 مثلثهما اعني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل خماس مثل **ا ب ث د هـ** (شكل ٢١) فانه يمكن ان نغده من رأس **ا** مستقيماً **ا ث** و **ا د** الى رأسي **ث** و **د** وبهذا يتقسم 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 خماس مساوياً لثلاث زوايا مضروبة في اثنين اي الست زوايا قائمة

فإذا تتبعنا 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 يتعاق بالدايرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة) \*

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

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

$ا ب$  ومن  $ه$  الذى هو منتصف  $ب ث$  خط  $ه و$  عمودا على

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

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

الدايرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة

وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدايرة يسمى مثلثا مرسوما

في داخل الدايرة

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

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

الثلاثة تكون في منتصف ضلع  $ا ث$  المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع

يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهذه الطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة

وهى انه في مستطيل  $ا ب ث د$  (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل

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

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

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

ايضا رسم اى مربع داخل دائرة كفاي (شكل ٢٦)

واذا علم مثلث  $ا ب ث$  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

وينتج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب د  
(شكل ٢٤) الذي زاويتاه 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 ٥ وللمسدس ٦ وللمسبع ٧ وللمثمن ٨  
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 ب التي هي رؤس كثير الاضلاع المنتظم وهو  
ا ب ث د ه ف نقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر  
الرؤس الاخر فاذن ينتج ان ا = و ب = و ث = و د وهلم جرا

وبيان ذلك ان مثلثي  $أوب$  و  $بوث$  المتساوي الساقين  
متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطى  $أب$  و  $بث$   
متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط  $وأ$  و  $وب$   
و  $وث$  فتكون الزوايا المتماثلة مساوية  $\frac{1}{4}$   $ب$  حيث ان مجموع  
الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية  $ب$  ويكون مثلث  $وثد$   
مساويا لثالث  $وثب$  لان ضلع  $وث$  مشترك بينهما و  $ثد$   
يساوي  $بث$  كساواة اضلاع كثير الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية  
 $وثد =$  زاوية  $وثب$  لان احدي هاتين الزاويتين هي  
نصف مجموعهما ويبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي  $وده$  و  $وهف$   
وكذلك ما اشبههم مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويي  
الساقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي  $وأ$  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 رسم 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 يكفي لذلك ان نقسم محيطها  
الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع  
ونقسم نقاط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة  
وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة  
وابعاد هذه النقاط 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 عددا اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون المثلث المتساوي الاضلاع والمربع الا في الاستحكامات السفرية ويستعملون الخمس والمسدس والمسيب في الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي عددها كثير في الاحاطة بالمدن العظيمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التلميط وتلوين الاخشاب والقزاز والتزوين

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها تلاءم فراغا بأشكال منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة قابلة للتعليمات عديدة على حسب التركيبات غير المنتهية للخطوط المستقيمة التي يمكن رسمها على اي مسبوكان

فان اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عددا اضلاع واحدا صارت المسئلة محددة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الآتية وهي

اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل رؤسها بثمانية 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 روايا 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 |            |

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ و ١٤٤ و ١٤٧ و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون  $60^\circ \times 6$  و  $90^\circ \times 4$  و  $120^\circ \times 3$

$= 360^\circ$

واذا لم يقسم عدد اخر من اعداد الدرجات  $360^\circ$  الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما غلامه بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

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

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

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

وهذا لا يستعملون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل



رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجتنب اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة  
ومتى اردنا تعطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه يهتم 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 اجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة  
وموضوعة في الوضع المعين في (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون في الغالب يجعلون شكل المعين للاجبار والقوالب التي كانوا  
يشيدون بها اسوارهم وكانوا يطلعون على نوع هذا الشغل اسم البناء  
المرصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شهبانا

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

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

وفائدة البناء بهذه الطريقة هي ان الكتلة الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل  
على حالتها الطبيعية بحيث لا يتقص من حجمها الاصلى عند النحت الاثنى  
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 ومفصلة كالمباني الصقلوية وبهذا التعشق  
لا يمكن ان البحر يدفع كتلة واحدة وانما يجعل كل كتلة من هذه الكتلة مقوية  
لصلابة الجميع

(بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة) \*

اذ اتبعت 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  $\Gamma$  (شكل ٣٣) ويكون الناظرون مصطفين على انصاف دوائر متساوية البعد ويكون مركزها نقطة  $\Gamma$  وقطرها  $AB$

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

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

وينتسب شكل القباب المقوصرة الى المباني اليونانية وكذلك الى المباني المتأخرة وينتسب 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 الذوق

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

فاذا رسمنا في (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر **هـ ف** فانه يتحصل  
معنا محيط **ا م ب ف ن هـ** الذى يكون سطحه كسطح الميادين الى  
اعدها القدماء للمسابقة على الخيل ولهذا سميت ميادين **ملاعب الخيل**  
وكانت الحدود التى تدور حواها الخيالة موصوعة في مركزى **ث و ش**  
الذين هما مركزا الاجراء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قبابا مقوصرة مركبة من  
عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة  
ادن القففة ويوجد في (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز  
مشار اليها بنقط **و ح و ح و ح** وسأنى بيان ذلك في 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 منفرجة

ويبلاد الانكاز كثير من المباني الغوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم  
وهى شهيرة بظرافة شكلها وشدة علوها ككنائس **هنرى الثامن** المشيدة  
في مدينة **وستنستير** وكنائس **تريبيت** المشيدة في **قبرج** وكنائس **قصر**  
**وندسور**

\* (بيان رسم تفصيل العمارات) \*

قد ابتدع البنائون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين  
العمارات بالشكل المسمى **خراطة** ويستعمل قطاع الخشب والنجارون  
وخرائطر الاخشاب 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 كـ شريط **أ ب** ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوراني اليوناني المسمى بالشكل البستومي 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 **ب ث** المماس لاسفل الشريط في نقطة **ب** ولضلع المنتصب من الحائطين في نقطة **ث** ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يعملون عادة فوق الشريط نصف دائرة بارباط على عليه بالفرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون تارة ربع الدائرة المحذب الذي يطلق عليه اسم ربع دور مثل **أ م ب** دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون تارة ربع الدائرة المجوف مثل **أ م ب** (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعي الدائرة اللذين هما **أ م ب** و **ب ن د** (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بجرفي **و** و **ح** موضوعا على منتصب واحد

ويتألف كذلك الحافر من ربعي الدائرة اللذين هما **أ م ب** و **ب ن د** (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بجرفي **و** و **ح** موضوعين على خطافق واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يركب بها البنائون انواع القومصرات

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 واجزاؤها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين  
وتجنب الرينة في البناء وعوضا عن النوسع في هذه الزينة ونفوسها يلزم  
تركيبها بجملة بسيطة ليسهل على النظر الاطاعة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجمل عن  
بعضها بمسافات كبيرة مسنوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جملة الخطوط  
الرفيعة بالخطوط الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى  
نظهر من كل جملة الاشكال المختلفة بها وهذه هي القواعد الاصلية  
المستعملة في فن رينة المباني اعني القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم  
بناي اليونان والاطاليين ولا باستعمالها في مبانيهم حيث وجدوها  
مستعملة مع الاتقان في المباني الطريفة الموجودة ببلاد مصر القديمة  
وفي العمارات العوطية التي حصلت في القرون الوسطى وفي المساجد  
والسرايات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافيته بهذه  
الايالة العلوم والفنون التي كانت معدومة وقتئذ في باقي من بلاد

اوربا

وهذا العملية هندسية اكثر نفعاً من النقش الظاهري ومن رسم الزينة الجانبية  
وهي معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد توول جميع الاشكال المستعملة  
عند البنائين الى شكلي الخط المستقيم والدائرة وفيما ندر من الاحوال التي  
يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يسهون هذه الاشكال الى اجزاء  
مستديرة كما اسلفنا ذلك في القباب المقوسرة

واذا احتاج البنائون الى تشييد عمارة في فراع متسع جدا وجب عليهم ان  
يتخيروا اشكالا منتظمة يسر الناظر كل من بساطتها واستوائها وتماثلها  
ويستدل بها على الفطنة والنظام اللذين بهما يشيد الانسان مبانيه

وعماراته

والخيار من هذه الاشكال عموما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثابوية متحدة الصورة لازمة للتقسيم وليس فيه ما 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 الارقان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلام مخفية او مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهرها

ويجب 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 بالكيفية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم اتركيبات

ومن معلى البناء من يعتقده انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكانت مصاريفها تبلغ ملايين من الاموال ولو اراد الانسان ان يبنى على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول وهمة 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 دائماً على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي يبنونها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع  
\*(الدرم الخامس)\*

\*(في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمناسبة)\*

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

لاخرو هذه مسألة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال في الصناعة  
ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من النحت والنقش او الزخرفة او غير ذلك  
فانه يلزم عمل قوالب وارانيك تكون ابعادها مساوية بالكلية لابعاد  
الاجسام المراد عملها

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

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد  
رسمها من الطول وقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا  
الغلط عدم ضبط المساطر والبيكرات والحبال المستعملة في قياس الابعاد  
وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا او قليلا لاقلام الرصاص والريش واقلام  
الخد اول 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 وانذكر  
الآن الطريقة المعتدة لوضع احدهذين الشكلين على الآخر وننظر هل  
احدهما يتجاوز الآخر في هذا الوضع بنقطة او لا فنقول

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

شكل **ا ب ث د** على وجه بحيث يكون موجودا على **ا ب ث د**  
في **م ن ح خ** (شكل ١ مكرر) ثم نقسم **م ن ح خ**  
على حسب اضلاع **ا ب ث د** و **ا ب ث د** فينتج لنا شكل **ا ب ث د الخ**  
المساوي بالضرورة للشكل **ا ب ث د الخ**

وعوضا عن كوننا نقسم الشكل الثاني بلا واسطة نرسم في الغالب بواسطة  
قلم الرصاص او الطباشير او الحبر او غير ذلك محيط **ا ب ث 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 والسمكرية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

\*(بيان طبع الرسم اى النقل بالفحم)\*

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

\*(بيان تماثل الاشكال)\*

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



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

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالثقت والطبع والتغرافيا)  
 \* (اي الطبع بالجبر) وغير ذلك \*

الغرض الاصلى من هذه الفنون هو ان تضع على لوح اوسط من الخشب  
 او المعدن او الجبر او غيره من سائر الجواهر اشكال لا يمكن نقلها بالدقة على  
 سطوح أخرى وينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا  
 بالنسبة للشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى  
 وبالعكس فاذا نلزم 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 ووضعها 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 متماثلة

\* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) \*

اعلم اننا نقس ونركب ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على الألواح المستعملة  
 فيما بعد طبع الحروف والموسقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء  
 المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى  
 الشمال بواسطة الطبع الثاني فاذا تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية  
 على القالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه  
 القاعدة في الجهة الاصلية المنقاش المجعول قالب بالصعب حروف الطبع وبناء  
 على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها في الجهة

الاصلية وفي نقش والتغرافيا يرسم ونكتب في الجهة الاصلية على الورق  
او على المقوية المجهزة فتكون هذه الكتابة مقلوبة على الحجر ومعدلة على  
الاوراق التي ينشأ عنها اللتغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساويا لآخر

فلنفرض شكلا كشكل **ا ب ث د ه ف غ ا** (شكل ١) المؤلف  
من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا اردنا من نقطة **ا** التي هي رأس  
كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة  
فاننا نقسم كثيرا 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 ب د** مساويا لمثلث **ا ب د** واده مساويا لمثلث **ا د ه**  
وهلم جرا يؤول الامر الى كوننا نرسم شكل **ا ب ث د ه ف غ** بتمامه  
(شكل المكرر) مساويا للشكل **ا ب ث د ه ف غ** (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل **ا ب ث د ه ف غ ا** باستعمال بيكار واحد  
لقياس طول الاضلاع ومنقلة لقياس الزوايا فيرسم الاضلاع **ا ب** مساويا  
لضلع **ا ب** واذا وضعنا مركز المنقلة في نقطة **ب** ورددنا القاعدة  
القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع **ا ب** استخرجنا مع العضة عدد  
درجات زاوية **ا ب ث** وكسور درجاتها ونقل المنقلة الى نقطة **د**  
على الشكل الجديد المراد رسمه ثم نقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا  
وتكون **م** هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا ينساع على  
الورق نقطة **م** بواسطة طرف البيكار ورسمنا مستقيما **م ث** مساويا  
**ب ث** نحصل معنا ضلعان من الشكل الجديد فاذا انقلنا 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 ويكون اقل خطأ يحصل في اى زاوية طاهر في جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على حسب الضلع المتقدم وبالجملة فالخطأ الحاصل في طول اى ضلع يجعل الشكل كبيرا او صغيرا بنقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي الى الخارج والداخل

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

ولنجث عن اعظم طريقة نرسم بها شكلا مشابها لآخر

وحاصلها اننا اذا رسمنا بالتوازي مثلثى ا ب ث و ا ش د (شكل ١ مكرر) مع مقابلتهما للمثلثين المساويين اهمما فقط فانه يمكن مع غاية الصعوبة اجتناب الخطأ الجسيم ولا ينبغي ان مائة في كل زاوية من الخطأ الذي يزداد بقدرة ازدياد عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطأ فاذن يمكن ان تكون زاوية س ا غ الكلية مغيرة لزاوية ب ا غ تغيرا حسيا مع ان زاويتي س ا ث و ا ش د الجزئيتين المظروفتين فيها مغايرتان قليلا لزاويتي ب ا ث و ث ا د المقابلتين لهاتين الزاويتين

وهاهى الطرق التى نؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتين يكونان متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اذا قسمنا بالبيكار وجدنا ا ب يساوى ا - و ا غ يساوى ا غ و ب غ يساوى ب - غ  
الطريقة الثالثة ان نمد ضلعي ب غ و - غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي  $أ ب غ$  و  $أ ر غ$  ثم تنظر هل نقطة  $أ$  على بعد واحد من  $ب غ$  كنقطة  $أ$  من  $ر غ$  اعني هل عمودا  $أ ر$  و  $أ ب$  النازلان من نقطة  $أ$  على  $ب غ$  ومن نقطة  $أ$  على  $ر غ$  مساويان لبعضهما مالا

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

فثبت اولاً رسم الجزء الاخير اما بواسطة اليكاروت تنظر هل  $ث د$  يساوي  $ش د$  و  $د هـ$  يساوي  $د هـ$  او بواسطة الغرافومتر وتنظر ايضاً هل زاوية  $أ ب ث$  تساوي زاوية  $أ ر ث$  وزاوية  $ب ث د$  تساوي  $ر ش د$  وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لتعرف منشأ الخطأ ونصححه

### \* (بيان قاعدة المربعات) \*

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

وذالك بان يقسموا في مبدء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نسقه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهة الى جهتين عموديتين ويضعوا نمرة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربعة لتسهيل معرفتها ويعملون قسمة مشابهة لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجرا القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعات

واذا ابحشنا في مبدء الامر لنتحقق من وجود شيء في طبقة  $و ا$  و  $ا ب$  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 آ فترى 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 فيتحصل معنا نقطة ج وجميع رؤس  
ش و د و هـ وغيرها ونرسم كثيرا ضلاع ا ب ش د هـ الى ا  
مساويا لكثيرا ضلاع ا ب ش د هـ الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آفان ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة  
عن الخطاء الكلى \* 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 العمالية واختتام كلى مع  
التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء او يعرفوا منشاءه فيجمعوه وبهذا  
التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة السكال وبالجملة فلا تنجب  
من كونه يلزم مدعى عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة تامة  
بحيث تكون قواعد هامة معلومة واشكالها محكمة التحديد الا ان نجاحها  
يكون معانقا على صناعة اجرائها المتنوعة فن ثم كان يعسر 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 العمالية \* 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 بامتثال محصولات الصناعة وهذا هو الغرض

الاصلي مما ذكرناه في هذا الشأن

\*(بيان الاشكال المتناسبة)\*

لا يكفي لارباب الصناعة ان يعرفوا مجرد عمل شكل مماثل او مساو لا آخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شيئا تاما اشكالا اخرى غير انها تكون اكبرا واصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المتناسبة والمثلثات المتشابهة

وانفرض 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 نقط 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 ويبان ذلك اننا اذا نزلنا اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ على المتوازيات المذكورة فنصنع 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 لا آخر اعني ان ضلع ا ب يساوي ب ث وضلع ب ث = ث د الخ فاذا نزلنا اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ التي هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنعد الآن خط م د و ع ر في اتجاه مغاير لمستقيم ا ف فنقول حينئذ ان اجزاء م د و د و و و ع و ع ر تكون مساوية لبعضها

ومن المعلوم اننا اذا نزلنا باعمدة م ا و د ب و ع ج الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها تحصل معنا  
ان م ١ يساوى ٥ ٢ يساوى ٣ الخ وزيادة على ذلك تكون  
اضلاع مثلثات م ١ ٥ ٢ و ٢ ٥ ٣ الخ متوازية وبناء  
عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وبمقتضى ذلك  
تكون اضلاع م ١ ٥ ٢ و ٢ ٥ ٣ الخ المتقابلة متساوية

فعلى هذا اذا كان مثل **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 فالتساوي من نقطة **ا** مستقيما آخر مستقيم **ا س** فى اى اتجاه  
كان ثم نعين بانفراج البيكار تقسيمات ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥  
المساوية لبعضها وانعد من نقطة ٥ ومن نقطة **ف** خط **ف هـ**  
ثم نعد ايضا من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ خطوط **ب ا** و **ف ا**  
و ٣ ٥ و ٤ ٥ موازية لخط **ف هـ** فيصير خط **ا ف** منقسما  
الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة محصورة بين  
المتوازيات التى على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة فى تقسيم المقاييس المستعملة لرسم  
مستويات المباني الملائكية والجهادية والبحرية  
ولقسمة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها  
هذه المقاييس اوفسادها 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 مسمحة صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات  
١ ١ و ٢ و ٢ و ٣ الخ اصغر من ا ب و ث د  
و ك ه الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط ا س  
المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشعل 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  
مارامع الدقة نقطة التقسيم الموافقة وان يكون التوازي على غاية من الصحة  
فاذا توفرت هذه الشروط كلها دلت عن دها على صحة العملية

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

\*(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)\*

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس ا م (شكل ٥) الى اجزاء عديدة  
بحيث يمكن تعيينها على مستقيم ا م الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه  
الصورة نرسم متوازيات م م و ن ن و و و متساوية البعد  
ونرسم ايضا عمودي م ف و ن ف و مائل ا ف فتكون النسبة  
بين اطوال ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ كنسبة  
١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات  
م ا الى اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين  
متوازيات م م و ن ن 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 ب و ث ث و د د



و هـ هـ وهلم جرا تكون في الحقيقة عشر المستر او عشريه او ثلاثة اعشاره  
او اربعة اعشاره وهكذا وعوضا عن كوننا نقبل بواسطة المقاييس المرسومة  
طرفي البيكار على خط م ث نقلا ينقب الخط بسرعة تنقلهما بحسب تنوع  
الاعداد على ن و و ح الخ وبذلك تبقى المقاييس زمنا  
طويلا وهذا من اعظم الفوائد في الرسم

\* (بيان تصحيح رسم ارنيك آلة او محصول صناعة) \*

إذا كان المطلوب تصحيح رسم الآلة ومحصل جاري على مقتضى المقياس فأول شيء يجب عمله هو تصحيح المقياس المستعمل لتحصيل هذا المحصل فإن كان هذا المقياس فاسداً كان الرسم بحسب الظن غير مضبوط وإن كان صحيحاً تولد عن الرسم عدة أنواع من الخطأ ينبغي البحث عنها

ولنرجع الى تقسيم الخطوط المستقيمة بالخطوط المتوازية فنقول اذا فرضنا

ان خط اف (شکل ۳) مقطوع بمتوازیات ام و ب

ف ر التي ليست على بعد واحد فان جرى ا ب و ب  
المحصورين بين هذه المتوازيات يكونان غير متساويين وكذلك م  
و اللذان هما ج ر مستقيم م ر المقطوع بهذه المتوازيات

لكن اذا كان **ف** اكبر من **ا** كان **م** ر اكبر ايضا من **م** و  
وزادة على ذلك يكون **و** مشتتلا على طول **م** و بقدر اشتغال

رف علی طول اب

منلا اذا كان **ف** بضمه على **ا** اربع مرات فانه عند قسمة

رف الى اربعة اجزاء متساوية مثل ث ث ث ث د د د د

هـ ف الخ و رسم متوازيات ث و د ع هـ خ تقسم خط و د

الى عدة اجزاء مثل د و و و ع و ح و غ و خ المساوية لخط

م د بقدر ما يوجد من اجراء ب ث و د و ده و ه

المساوية لخط  $AB$  فاذن يكون  $B$  ف مشترلا على  $AB$

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

ونين 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  $\overline{د ر}$  وحيث 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 الاور والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين المحصورين بينهما اسم الوسيطين

\* (بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسي) \*

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

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

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

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

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

هو بالاختصار عين **ب** **ف** المضروب في **م** ٥ اى انه حاصل ضرب  
الطرفين في بعضهما وكذلك **د** **ر** المقسوم على **م** ٥ والمضروب في  
**أ** **ب** ثم في **م** ٥ هو بالاختصار عين **د** **ر** المضروب في **أ** **ب**  
اى انه حاصل ضرب الوسطين في بعضهما فاذاً يكون حاصل ضرب الطرفين  
في بعضهما مساوياً لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما  
وتستعمل التناسبات الهندسية كثيراً في علمي الهندسة والحساب  
وفي تطبيقهما على علوم آخر كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرهما  
ولذلك كلك 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** :: **د** **ر** : **م** ٥  
بعدد المرات التي تشتمل عليها الجزء الخط المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس

مثلاً اذا كان **ب** **ف** = ٣٠ و **أ** **ب** = ٥ و **د** **ر** =  
٢٤ و **م** ٥ = ٤ فانه يحصل معنا التناسبان المتحدان وهما  
**ب** **ف** : **أ** **ب** :: **د** **ر** : **م** ٥  
٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤

وبناء على ذلك يمكن ان يستدل على نسب الخطوط وتناسباتها بنسب الاعداد  
وتناسباتها وبالعكس 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 سدساً واذا قسمنا ٤  
على ٢٤ فان خارج القسمة يكون ايضا سدساً وبناء على ذلك اذا كان

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

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

فاد ضربنا احدى معادلة  $\frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{٥}$  في ٢٤ ينتج معنا  $\frac{٣٠}{٥}$   
 $٤ \times ٢٤ =$

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 يساوي حاصل ضرب الطرفين  
في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود تناسب الهندسي الاربعة فانه يمكن  
معرفة الحد الرابع فوراً بواسطة القاعدة التي ذكرناها آنفا وهي قاعدة الثلاثة  
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة في حسابات الخزائن والتجارة والصناعة  
ويشتمل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلاً 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 في طرف

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

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

ح ح ثم رص موازيا ح ح فينتج حينئذ

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

$$\text{او } (أ) : (ب) :: (ث) : (د)$$



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

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

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ب}$  فاذن يكون  $\overline{ا ش} = \frac{\overline{ا ر} \times \overline{ا ش}}{\overline{ا ب}}$  و  $\overline{ا ر} = \frac{\overline{ا ش} \times \overline{ا ب}}{\overline{ا ش}}$

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

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

أ = ر = ب = و = ث = ث

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

ومنى كان ضلعا  $أ ب$  و  $ب ث$  من مثلث  $أ ب ث$  مناسبين لضلعي  $ا - ر$  و  $ا - ب$  من مثلث  $ا - ر - ب$  وكانت زاوية  $أ = ا$  فإن هذين المثلثين يكونان متشابهين لانتساذا وضعنا زاوية  $أ$  على  $ا$  فإن تناسب  $أ ب : ا - ر$  كنسب  $ا - ب : ا - ر$  يقتضى ان  $ا - ب$  و  $ا - ر$  يكونان متوازيين وعلى ذلك تكون الاضلاع الثلاثة متوازية

ففى (شكل ٦) إذا رسمنا من نقطة  $و$  مستقيمتين  $و ح ر$  و  $و ح ص$  و  $و ط ع$  الثلاثة القاطعة لمتوازي  $ح ط خ$  و  $ر ع ص$  تحصل معنا أولا على التوالى بسبب تشابه مثلثي  $و ح ط$  و  $و ر ع$  أن  $و ط : و ع :: ح ط : ر ع$  وثانيا بسبب تشابه مثلثي  $و خ ط$  و  $و ص ع$  أن  $و ط : و ص :: خ ط : ص ع$

فأذن يتحصل معنا أن  $ح ط : ر ع :: ح ط : ص ع$  اعنى ان  $ح ط$  و  $خ ط$  و  $ر ع$  و  $ص ع$  التى هى اجزاء المتوازي بين المقطوعين بالمستقيمتين الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا

ويكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين  $ا - ب - ث$  و  $ا - ر - ب$  كثيرا الاضلاع اذا كانت اضلاعهما المتقابلة متوازية ومتناسبة يكونان متشابهين

فإذا فرضنا مثلان شكلي  $ا ب ث$  و  $ا - ر - ب$  و  $ا - ر - ب$  و  $ا - ر - ب$

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

ا ب : ا ر :: ب ث : ر ش :: م : ا وتكون الزوايا  
المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية اثنين اثنين متساوية فاذن زاوية  
ر = ب واذا مددنا خطي ا ث و ا ش فكان مثلثا

ا ب ث و ا ر ش متشابهين حيث ان زاوية ب من كل منهما  
تساوي زاوية ر المحصورة بين ضلعين متناسبين فاذن يتحصل ا ب  
: ا ر :: ب ث : ر ش :: ا ث : ا ش :: م : ا

واذا مددنا بعد ذلك ا د و ا د فان مثلثي ا ث د و ا ش د  
يكونان متشابهين ايضا حيث ان ا ث : ا ش :: ث د : ش د  
:: م : ا وان زاويتي ا ث د و ا ش د متساويتان لان  
اضلاعهما متوازية فاذن يكون ا د موازيا ا ر  
واذا تمادينا على البرهنة المذكورة فاستقسم الشكلين الكثيري الاضلاع الى  
مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن عمل مثلثات متشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم  
اشكال كثيرة الاضلاع متشابهة لاشكال اخرى ايا ما كان عدد اضلاعها

\*(بيان بيكار 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 ه  
الى خط آخر معلوم كخط ف فالتا فنجعل على ضلع ا ب طول ا م  
= ه ونعين عدد التدرج المقابل للنقطة م ونجعل نقطة ن التي





\* (بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة) \*

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

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

وعجرا دازدياد اضلاع كثير الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة التي يكون مرسوما فيها فاذا نبتغى ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكلال المتشابهة اعنى كالاشكلال 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 ومتحددين في عدد

الاضلاع مثل ا ر ش د ه ف ا و ا ب ث د ه ف 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 و ب ثم رسمنا من نقطة ما كنقطة ث من هذا القطر خط ح عودا على هذا القطر ورسمنا مستقيى ا ح و ح ب فاتنا نصنع مثلث ا ح ب القائم الزاوية وهى ح وحينئذ يكون هذا المثلث القائم الزاوية متشابهها لكل من مثلثى ا ح ث و ح ب ث الجزئين اللذين تركب منهما

ويبان ذلك ان زاوية  $\overline{أ ح ب}$  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  $\overline{ت ب ك}$  يكون 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

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

فاذن يكون  $\overline{أ ب}$  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  $\overline{ح ب}$  وسطا متناسبا بين وتر الزاوية الذى هو  $\overline{أ ب}$  وجزءه الذى هو جزء  $\overline{ب ث}$  وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذكور

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

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

وترمودى على هذا القطر فان  $\alpha$   $\beta$  يكونان وترين آخرين  
متمدين من نهاية القطر

وينتج من ذلك ثلاث خواص اولا يكون وتر  $\alpha$  الموضوع على  
الشمال وسطا متناسبا بين قطر  $\alpha\beta$  وجرء الذى هو  $\alpha\theta$  الموضوع  
على شمال نصف الوتر العمودى على هذا القطر

ثانيا يكون وتر  $\beta\theta$  الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر  
 $\alpha\beta$  وجرء الذى هو  $\beta\theta$  الموضوع على يمين نصف الوتر العمودى  
على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر  $\beta\theta$  وسطا متناسبا بين جرء القطر الموضوعين  
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركاتها

\*(الدرس السادس)\*

(في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

\*(بمخطوط مستقيمة او مستديرة)\*

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

وينبغي ان نبين اولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه  
اعنى كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر  
فنعول

انه بقدر مرآت 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 مستتلة على المربع الاصغر بقدر مرآت احتوا  
 الضلع الاكبر على الاصغر \* مثلاً اذا كان الضلع الاكبر محتوياً على الضلع  
 الاصغر عشر مرآت فالتناقص المربع الاكبر الى عشر طبقات عرضها الضلع  
 الاصغر وطولها هذا الضلع مكرراً عشر مرآت فاذن تكون كل طبقة مساوية  
 لسطح المربع الاصغر مكرراً عشر مرآت \* وعشر مرآت مضروبة في مثلها  
 هي عدد المربعات الصغيرة المنظروفة في المربع الاكبر  
 ويستدل بتلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا  
 المربع منظروفاً في مربع آخر يكون مقداره ضلعه

$$36 = 6 \times 6$$

$$1 = 1 \times 1$$

$$49 = 7 \times 7$$

$$4 = 2 \times 2$$

$$64 = 8 \times 8$$

$$9 = 3 \times 3$$

$$81 = 9 \times 9$$

$$16 = 4 \times 4$$

$$100 = 10 \times 10$$

$$25 = 5 \times 5$$

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهلم  
 جرا تسمى زربعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ  
 لانها تدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المنظروفة  
 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  
 المنظروفة 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 اضلاعه 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 وهم جرا (راجع في الجلد الثاني الدرس الذي ذكر فيه الاقيسة)

وبعد تحديد مسطح المربع المأخوذ منفردا ينبغي انسا نركب المربعات اثنين اثنين ونقول كيف يؤخذ من علم الهندسة بيان مجموعهما اوتفاضلها اعني كيف يمكن عمل مربع يكون سطحه مساويا لمجموع مربعين معلومين اوتفاضلها

مثلا اذا فرضنا ان  $ا ب ث د$  (شكل ١) و  $م ح د ع$  (شكل ٢) هما المربعان المعلومان فالتاسرسم مثلثا قائم الزاوية بحيث تكون زاويته القائمة التي هي  $ص$  (شكل ٣) محصورة بين ضلعي  $س ص = م$  و  $ص ز = ا ب$  واذا رسمنا مربعين اخرين بواسطة ضلعي  $س ص$  و  $ص ز$  فنحصل معنا  $س ص ا$   $= م ح د ع$  و  $ص ز ث د = ا ب ث د$  فنقول حينئذ ان مربع  $س ز ه ف$  الاكبر المرسوم على ضلع  $س ز$  يساوي مجموع المربعين المعلومين

وقد بينا في الدرس الثاني اننا اذا انزلنا في مثلث قائم الزاوية كنثلث  $س ص ز$  (شكل ٣) من الراوية القائمة بعمود  $ص ع$  على الضلع الاكبر فانه يتحصل معنا  $س ع : س ص :: س ص : س ز$  وينتج من ذلك ان  $س ص$  مضروبة في  $س ص$   $= س ص \times س ز = س ع \times س ز$  و  $س ز : س ز :: س ز : س ع$  وينتج منه ايضا ان  $س ز \times س ز = س ز \times س ع$

فأذن يكون  $س ص + ز ص$  أي مجموع مربعي  $س ص$  و  $ز ص$  شيء مساويا  $س ع + ز ع$  أعني  $س ز$   $\times$   $س ز$  الذي هو قياس مربع  $س ز$  هـ وحيث أن يكون المربع الأكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الأكبر في مثلث قائم الزاوية مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الضلعين الآخرين فإذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فالتأمن صنع مثلثا قائم الزاوية يكون ضلعه الأكبر  $س ز$  (شكل ٣) وهو ضلع المربع الأكبر ويكون احد ضلعيه الآخرين  $س ص$  وهو ضلع المربع الاخير المعلوم فيكون ضلع  $ص ز$  الثالث من المثلث اقائم الزاوية هو ضلع المربع المطلوب المساوي لتفاضل المربعين الآخرين حيث انه بانسافته الى المربع الاصغر يكون مساويا للمربع الأكبر

مثلا اذا لاحظنا ان  $٩ = ٣ \times ٣$  وان  $٤ \times ٤ = ١٦$  وان  $٥ \times ٥ = ٢٥$  وان  $٩ + ١٦ = ٢٥$  رأينا ان ٣ و ٤ و ٥ هي اضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل ارباب الصناعة في الغالب هذه الخاصية لتزويل مستقيم  $س ص$  (شكل ٣) عمودا على مستقيم آخر مثل  $س ص$  فيقسمون  $س ص$  الى ثلاثة اجزاء ثم يأخذون من هذه الاجزاء  $ص ر = ٤$  .  $س ز = ٥$  ويقيمون مثلث  $س ص ز$  الذي يكون فيه  $ص ز$  هو العمود المطلوب ولنعرض الآن سطح الاشكال التي تختلف كثيرا عن شكل المربع فنقول

ان سطح المستطيل يساوي حاصل ضرب القاعدة في الارتفاع ولا ثبات ذلك نقسم  $م خ$  (شكل ٤) الى اجزاء مساوية لضلع

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجهول وحدة القياس فاذا  
مددنا من نقط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فانها  
تقسم المستطيل الى طبقات طولها م ن وعرضها كعرض المربع  
وكل طبقة منها تحتوى على مسطح مربعات أ ب د ث بقدر احتواء  
م ن على أ ب وبناء على ذلك اذا عبر عن خط م ن بالاعداد  
وكان أ ب هو وحدة القياس فانه يستدل على عدد مربعات  
أ ب د ث الذي يحتوى عليه مستطيل م ن ح ح بقا عدة  
م ن مضروبة في ارتفاع م ح

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

$$\begin{array}{c} \text{ح م} : \text{م م} : \text{م م} : \text{م م} : \text{م م} \\ \times \text{ م ن} = \text{م م} \end{array}$$

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م م مساويا لمستطيل م ن ح ح  
حيث ان قياس سطحهما واحد

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

ولاثبات ذلك نمد من نقطتي م و ن عمودى م ح و ن ح  
على م ن الى و ل ح فيكون مثلثا م ح ل و ن ح و  
متساويين لان م ح = ن ح (كمتوازيين محصورين بين



متوازيين آخرين) ولان الزوايا المتقابلة مساوية ايضا وحينئذ اذا قابلنا

مستطيل م ن ح خ بمتوازي اضلاع م ن و ل رأينا ان هذا

المستطيل يساوي متوازي الاضلاع زيادة مثلث ل م خ ونقص

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

المستطيل مقياسا بماصل ضرب قاعدته وهي م ن في ارتفاعه وهو

ح ن

وقد بينا لنا ان ربيع ضرب الارقام الالية سطح المستطيل او متوازي

الاضلاع الذي يعبر عن ضلعيه بالاعداد التي 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 الثاني 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 وينبغي ان

يكون

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

ومسطح كل مثلث مثل  $\triangle ABC$  (شكل ٧) يساوى نصف حاصل  
ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبيان ذلك اننا اذا رسمنا خط  $CD$  موازيا لخط  $AB$  وخط  $AD$   
موازيا لخط  $BC$  فان المثلث الجديد الذى هو  $\triangle ACD$  يكون  
مساويا للمثلث الاول الذى هو  $\triangle ABC$  الا انه يتألف من  
 $\triangle ABC$  متوازي الاضلاع الذى يكون سطحه مساويا لخط  $AB$   
الذى هو قاعدة مثلث  $\triangle ABC$  مضروبة في ارتفاعه وهو  $CD$   
فان 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 منتظماً كان  
او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب  
قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل المضرب مساحة السطح المطلوب  
وهذه العملية هى احدى العمليات التى تجعل معرفة المثلثات مهمة جداً  
في علم الهندسة خصوصاً في اخذ مساحة الاراضى ولنبته الان هذه العملية  
في مساحة شبه المنحرف فنقول

سطح شبه المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروبة في ارتفاعه  
وذلك ان شبه المنحرف  $ABCD$  (شكل ٨) الذى ارتفاعه  
 $h$  ينقسم بخط  $EF$  الذى هو قطر الشكل الى مثلثي  $\triangle AEF$   
و  $\triangle BCF$  اللذين مساحة احدهما  $\frac{1}{2} AB \times h$  والثانى

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

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

وبما انه اذا امددنا من نقطة و التي هي مركز كثير الاضلاع ا ب ث د  
 الخ الى الروس الاخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فالتساوي تقسم هذا  
 الشكل الى مثلثات متساوية مثل ا و ب و ب و ث و ث و د  
 وهلم جرا فإذا 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  
 الكلي  $\frac{1}{4}$  (ا ب + ب ث + ث د + د هلم جرا) و م او  
 $\frac{1}{4}$  (ا ب ث د الخ) و م

وكثير الاضلاع المنتظم بغير الدائرة التي يكون مرسومها في داخلها تغايرها  
 اقل من ازدياد عدد اضلاعه فإذا 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  $وا$  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 و الى السطح بعدد  
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ الخ

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

(بيان مماثلة اشكال المتشابهة لبعضها)

اولاً نذكر مماثلة المثلثات لبعضها فقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوى نسبة تربيعة خطين من الخطوط المتقابلة او المتناظرة مثلاً اذا فرضنا ان مثلثي **ا ب و** و **ا د و** (شكل ١١) اللذين قاعدتهما تساوى نصف ارتفاعهما فان احدهم ربعي

**ا ب د و ا ر ش** المرسوم على قاعدتهما المعتبرة ضلعاً يكون مساوياً لهما في السطح فاذا نقصت الارتفاعات او زادت بالتناسب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كمثلثي **س 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 مدلولاً عليها من

مبدء الامر بمربعي القواعد اللذين هما **ا ب د و ا ر ش** 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 فاذن يثبت 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 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 او على اقطارها المعتبرة كالاضلاع

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

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

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

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 ضلعا اكثر فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المضمية مسطح اقل من سطح الدائرة

\*(بيان اجراء العملية)\*

لابد من معرفة الخاصتين المذكورتين في تنظيم عدة من الفنون فكمية الرصاص التي ينبغي استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذي المسافة المحدودة تكون قليلة جدا فاذا كان عددا ضلعا الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال عمل مجار للمياه او للغاز او غيرهما ولزم لهذه المجارى ان تفتح طرقا بمقدار 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 ضلعا 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 بتمامه 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 مستو فالتناعع شاخصين متوازيين او بربوازا مستويا مثل م ن ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازى بواسطة مسطرة

ض ط انقائمة المستندة على شاخصى م ن و ح ح ونفصل او نحصر جميع الارض البارزة فوق المستوى الما تـر بشاخصى م ن و ح ح ولا يلزم ان يكون بربواز م ن ح ح مركبا من مستقيمتين متوازيتين مثل م ن و ح ح و م ح و ن ح وانما يمكن تلاقى هذه المستقيمتين اثنتين اذا اريد امتدادها (بيان اجراء العملية فى قطع الاوناد)

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

ولا جل ان يمهـد النجار لواحـن الخشب ويصلـحه ويساويه يستعمل التـسمى الفـارة ويبدأ بـنصب اطراف هذا اللوح اعنى انه يصيرها مستقيمة بواسطة

الفارة التي خشبها مستقيم وحديد هايزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب الفارة ثم يسمح بهذه الآلة مع اللورور من الجهة المنتصبة الى الاخرى لرسم جملة 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 فادومه على هذين الرسمين

والى الان لم نعتبر الامستويا واحدا وخطوطا مرسومة عليه فلتقابل بالتوالي المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلهما مظهر رفة فيه وتقابل 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 فاذن 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 مثلثية 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 والملاحة وغيرهما



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

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

على مستقيم **د ب ف** المرسوم على المستوى والمآثر 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 نقطة  
كل دائرة على بعد واحد من نقطة **أ** التي هي من العمود المذكور

ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة الممتد  
من المركز فان 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 ان يترك هذا المستوى  
وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للأشياء المكنة فيها وانما تأخذ نقطتها  
المتنوعة مواضع بعضها

وقد بنو على هذه القاعدة الهندسية حركة اجزاء الطاحون فجعلوا حجرين على  
محور واحد فصارت اوجههما المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك  
موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يملك 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 المستوي الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذه  
العجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البر المرور بين الحجرين من غير ان تطحن

فان الطعن حينئذيم سائر النقط الموجودة بين الحجرين  
وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الآلات فاذا كان  
نوازي 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  
الحجرين لا يمكن ان دائم على بعد واحد في جميع هذه الصور واذا تقاربت  
الاجزاء تقارب باكيا من بعضها وبلغ الطعن الغاية في الشدة ترتب على ذلك  
سخونة المحبوس وتلفهم بخلاف ما اذا لم تتقارب الاجزاء قربا مناسبافانه يتعذر  
طحن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فإعادة الضبط في هذا  
الشان اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما تنسوله 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 وضعنا ثابتا وادنا الجسم فانها تزيل اجزاء  
الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بنقطتيها  
الثابتتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم  
فاذا فرضنا ان حد 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 مستوي 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 لقطع السطوح  
المعدنية او اطراف الاسطوانات التي ينبغي تحريك اطرافها على بعض ماع غاية  
الضبط على ما تقتضيه صورة المستوي

\*(بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان)\*

## \* (قطع السطوح المستوية) \*

كان براسة المذكور يدبر حول محور منتصب ثابت بحلة افقية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لا تبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوسمة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على بحلة افقية تتقدم وتقررت الحيلة ذات الآلات الحادة فحدود كل بحلة من الآلات المذكورة تخرط بضعة الخشب بحيث يكون اقل تلك الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعة والخمسة من كل بحلة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة في التقدم مصلحة الجزء التالي بواسطة بحلة اخرى ذات خمسة حدود اوسمة فواحدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط الحيلة في قطعة خشب الحزور الضيقة جدا فان الفارة الثابتة على الحيلة والمساوية في الارتفاع للآلات الحادة البارزة اكثر منها تمر على قطعة الخشب التي رتبها الآلات المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تهيد 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 فند من **ب** و **د** اللذين هما موقعا هذين العمودين مستقيم **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 كل من نقطتي **أ**

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

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

ذلك اننا اذا مددنا ما لي **ف د** و **ه د** وكان هذان المائلان على بعد

واحد من عمود ود على ه و ف فانهما يكونان متساويين  
وكذلك اذا كان ماثلا ه و ث ف على بعد واحد من عمود ن د  
من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا بالجملة فعلى ما ذكر يكون خطا  
ه ا و ا ف متساويين فلذلك ينتسب كل من عمودى ا ب  
و ث د الى المستوى المنفرد المحتوى على سائر النقط التى على بعد واحد  
من نقطتى ه و ف الثابتين وبناء على ذلك يكون كل من خطى  
ا ب و ث د العمودين على مستقيم واحد مثل ب د موجودا  
على مستوي واحد ويكونان ايضا متوازيين  
ثم ان السطح الافقى هو الذى يستل عليه بالمياه الراكة بالابتداء من اى  
نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم  
المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر لمستوى  
افقى معلوم  
والشا قول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط فى نقطة ثابتة  
وبطرفه الاخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقر اراما كان له  
اتجاه منتصب المكان الذى يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله  
ليعرف هل الخط والمستوى الذى هو س س ص (شكل ٦ مكرر)  
افقى ام لا ولذا يستعمل البناء من مثل ماثل ه ا ث و يطلقون عليه اسم آلة  
التسوية وهى مركبة من ضلعى ا ه و ه ث المتساويين ومن عارضة  
ع س التى يكون منتصفها وهو و موجودا على مستقيم  
ه و ب العمودى على ا ب ث فاذا كان ا ب ث افقيا  
فانه ينبغي حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشا قول فى نقطة ه  
ان عيس هذا الخيط ع و ث فى نقطة و المينة بالعلامة  
وتسمى المستويات المنتصبة باسم المستويات المحتوى سطحها على المنتصب

بتمامه فاذا مددنا خطا منتصباً من نقطة اى مستوكان فانه ينبغي ان يكون  
موضوعاً بتمامه في ذلك المستوى حيث انه موازاً لمنتصب الاول الموضوع  
على المستوى المذكور

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

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

وقرر في رسم الهندسة الوصفية وقطع الاجار والاختساب والمباني من  
حيث هي ان الرسم الاول يعمل على مستوائى والثانى على مستو منتصب  
واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان  
مارة بها يسمى بالقطع

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

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

== ثاد مهما كان وضع نقطة ه

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

واذا تلاقي مستويان مثل ن ح ح ح و ن ح ح ح 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 تمامه على المستويين المحتويين على هاتين  
النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركين هذين المستويين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح ح م يكون مائلا قليلا او كثيرا على  
ن ح ح ح فانه يتحصل معنا زاوية صغيرة او كبيرة مضمرة بين  
مستويي ن ح ح ح م و ن ح ح ح وهالكيفية قياس هذه  
الزاوية

وهي ان نمد (شكل ١٧) في المستوى الاول خط ثا وفي الثاني  
ثب عمودين على مستقيم ن ح المشترك بين المستويين ويستدل  
على الزاوية الممتدة من هذين المستويين بالزاوية المتكونة من المستقيمين  
المذكورين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح ح م يدور حول ن ح كـ كلدور  
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 بتمامه واذا قسمنا هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل  
نقطة نرسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحينئذ يكون هذا العدد  
معدا لقياس زاوية المستويين الدائرين حول ن ح

وقد يعمل صناعات آلات العلوم الرياضية للمنجمين والملاحين ومهندسي  
الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادة من مستوع آخر وتكون هذه  
الآلات مصنوعة غالبا على حسب القاعدة التي ذكرناها آفا ويكون آ ب  
الذي هو قوس الدائرة المـ رجة (شكل ١٧) في مستو 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 الآخر 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 لاختلافهما ثانيا خطأ مستقيما  
موضوعا على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على  
زاوية المستويين

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

ولاجل البرهنة على ذلك نرسم افقي س و ص موازيا لـ ن ح  
من المستوى المائل و ث و أ عمودا 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 ايضا 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 ب عمودا على ع د فان زاوية باث 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 والافهما متلاقيان في بعض الجهات فاذا نيتا لاقى كل من المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين مختصرين 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 المختصران بين المتوازيين متساويين



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

ولاجل البرهنة على ذلك نمد **أهف** موازيا **دهف** وحيث ان **هـ**  
**و ف و هـ و ف** هي نقط تلاقى هذين المستقيين مع مستوي  
**ح ر و ض ط** ينتج معنا **أه = ده** و **هن = هف**  
غير ان مستقي **أبث** و **أهف** موضوعان على مستوي واحد قاطع  
لمستوي **ح ر و ض ط** بحسب مستقي **ب هـ و ثن**  
المتوازيين فاذن يتحصل معنا هذه النسبة

**أب : بث :: أه : هن :: ده : هف**

وقد بقي علينا ان نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل **أبث** المتألفة  
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 يتراى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل **أوب**  
**و بوث و ثوا** وعلى الزوايا الثلاثة الحادثة من المستويات  
المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوضعية الطرق التي يعرف بها الزوايا  
المتألفة 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 يمكن تحديدها اولاً بواسطة المستويات  
وثانياً بواسطة السطوح المنحنية المأخوذة من الدوائر فنقول  
كل مجسمين صليبين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد  
كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جباس واحد

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

\*(بيان اجراء العملية)\*

قد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام  
اخرى اجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل  
والقصور المبنية على حسب مستو واحد

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

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

والقضيب هو احد 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 واضلاعهما 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 وهنالك 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 الآتي الالوان السبعة الاصلية وهي الاحمر والبرتقائي والاصفر والاخضر والازرق والبنيلي والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

**\*(بيان اجراء العملية في علم المباني)\***

يستعمل البناء منشور **أ ب ث د هـ** القائم المثلثي ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذي له وجهان وقوصرات او حائط جلون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاجار المصطفة 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 ككثير الاستعمال في تلال الرصاص والكل المصنوعة التي في حواصل الطوبجية

\*(بيان اجراء العملية في الميكانيكة)\*

يستعملون في صناعة الآلات منشورا مثلثيا ذا قواعد منتظمة وشاخسا ثابتا تجوز به البروز والعربات التي يراد أن يكون سيرها كامل الاستقامة والمنشور المربع (شكل ٢) هو الذي يحتوى على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازي الاضلاع فان المنشور يسمى متوازي السطوح ويسمى ايضا متوازي المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازي السطوح المربع وهو شبهه بالمسطار التي تستعمل لتسطير الورق وبالجملة فاذا كانت جميع اوجه متوازي السطوح مربعات فانه يسمى قدحاً مكعباً وهو ما يستعمل في لعب النرد وللمناشير 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 منى منى واذا كانت القاعدة شكلاً معيناً كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة احدها المستوى الذي يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المار باقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفي المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للاوجه وثلاثة مارة

باقطار شكل هذه الواجهة

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

\*(بيان اجراء عدة عمليات مختلفة)\*

يستعمل الخبار وقطاع الخشب والحداد وجم غفير من ارباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الواجهة الاربعة وقد تكون شواحي البيوت الافرنجية وعوارثها وسائر اخشاب 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 والحالات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

\*(بيان المناشير البلورية)\*

يشاهدنا غالبا فيما اوجده الله تعالى في التبلورات الطبيعية من الاشكال الهندسية المنقوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومسدسية وثمانية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تتعلق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجملة فاذا قسمنا هذه التبلورات قسمه مضبوطة على حسب اوجه التحام اشكالها الاصلية فالتناعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها ونبين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة في الظاهر

ولنبين الان الطرق المستعملة في قطع المنشور القائم في جسم اى شكل كان  
فتقول

ادامدنا بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور وترا موازيا للاتجاه الذي ينبغي جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقي لاجل السهولة فانتا نضع على هذا الوتر احد ضلعي المسطرة المثلثية الموضوعة وضعا اقليما ثم نعين على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذي نوجهه على امتداد الضلع الاخر من المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد تمام ذلك نقطع بالقاس او بالمنشار او باي آلة كانت الجسم على حسب المستوى المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثير الاضلاع المتألف من القاعدة ونقّب من مبداء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع المذكور نقوباً في الجسم يكون عمقها من جميع جهاته عمودياً على هذه القاعدة وتكون هذه الثقوب اضلاعاً للمنشور ثم نصلح من كل ضلع الى آخر الجسم على حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم ان تثبت من مبداء الامران الاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع ولاجل مزيد التحقيق ننظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه وانها تكون موجودة متنى متنى في مستوى واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع يمكن ان يمتد عن الناظر جميع نقط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة فاذا راي ان يبقى علينا العمل القاعدة الثانية فلنرسمها 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 ابتدئ منها برسم العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند نجاري البيوت ومهندسي السفن

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

يراد عمله ثقوباً عميقة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة المثلثية داخلاً في اعمق الضبط والضم على الاخر واقعا على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من ضلعي المسطرة المثلثية متجهاً اتجاهها عمودياً على الضلع الذي يفصل الوجه المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقعا مع الاتقان على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجمزم 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 لا تدل 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 ينظر لثمان صناعات 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 كان ذلك المنشور متوازي المستطيلات مثلاً كاعلم اغلب اللعب المستعملة في المعامل الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الالواح مستحسنين وبعد ان تفصل هذه الالواح بالمسطرة المثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون مناشير محدبة وتكون بمنزلة الالواح للمنشور المجوف المراد عمله ويكون اثنان منها متقابلين على حسب طول العلبة وعرضها واثنان على حسب طولها وارتفاعها واثنان اخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها بجوار بعضها بان نضعها اما بواسطة المسامير او بالغراء اما الجهة التي يراد قتلها بكيون او قتل فانها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلاً فاذا كانت الالواح منفصلة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازي السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الالواح تكون بالنظر لسمكها المنضمة في زاوية مقدارها ٤٥ منحرفة في خطي  $\overline{AA}$  و  $\overline{BB}$  وهلم جرا راجع

(شكل ٣) اومستوية كفي شكل ٤

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

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

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

وقد ينظم رلنا من فن التجارة وفن قطع الاخشاب زيادة على ما ذكرناه ايضا من م الاشكال الاخر عمليات بدبعة موجهة تتعلق بالاشكال المنتهية بالمستويات ومنها ما هو مجوف ومنها ما هو محدد وهي متعشقة ببعضها نعتشقا

جيذا



ويحتاج قطاعوالاخشاب في الغالب الى عمل المناشير اورسمها بواسطة قطع خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا يظهم رلنا من شكل ٧ تخشبية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي يزيد في الارتفاع على منشور مربعي اى بيت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل هذا البيت ينبغى القطاع الخشب ان يجعل كثيرا من المسائل الهندسية السهلة بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغى له ايضا معرفة مساحة كل قطعة من التخشبية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع رواياها المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التى يفصلها على حسب الصورة المستحسنة وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغى لقطاع اخشاب البيوت معرفة سائر اصول الهندسة التى ذكرناها آتفا ليتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف فى الاحوال العارضة التى يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا فى الغالب

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

وهنا الشكل اسهل من المنشور فى الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور المذكور الا انه اصعب منه فى الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا الشكل هو الشكل الهرمى

ويتركب الهرم كما فى شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠ من اوجه مستوية مثلثة تكون رأسها فى نقطة واحدة ويتألف منها مع قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوى وهذا الشكل هو قاعدة الهرم وكذلك الرأس المشتركة بين تلك الالوجه المثلثة تكون رأس الهرم وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه موضوعة فى 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 افقية 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** المربعي (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 والدور (شكل ١٠ و ٩)

وكذلك تكون البرابي او المسلات اهراما منتظمة كالانار العمومية وهي في العادة اهرام مربعة ولنشرع الآن في كيفية عمل مسلة من محجر تكون افقية اعني ملقاة على الارض ويكون محورها افقيا 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 للمسلة ثم نبدا بقطع

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

بعضهما ونلاحظ اولامع 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 المسلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس

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

وهو **و** واذا جعلنا **و م** على مستوى القاعدة ثم جعلنا **ا ن**

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

عودا على أن و وم فعلى ذلك يكون محور و أ عموديا على المستقيمين  
 المرسومين من نقطة و على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عموديا  
 ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخطا الناشئ  
 عنها ينضاف لايبقى علينا العمل ووجه أ ب ه الاسفل الذي يكون مستوي به  
 محدودا بضلعى أ ب و ه

فاذا اريد عمل هرم مثلث على اى صورة كانت فى كتلة من الحجر  
 او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه  
 القاعدة ومن الواجهة الثلاثة الاخر فائسارسم ونقطع الوجه المستوي  
 على حسب القواعد المقررة فى الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة  
 المثلثية التى يكون ضلعاهما متجهين اتجاهاهما عموديا على ضلعى  
 القاعدة الواجهة الثلاثة المستوية وهى أ ب و ر ب ث و  
 و أ ث و (شكل ١٢) التى يتكون منها مع القاعدة الزوايا المقررة  
 وهذه الواجهة الثلاثة هى اوجه شكل الهرم

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

نرسم القاعدة ونتجهلها مستوية ثم نقيس بالشاقول ارتفاعا شح

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

مساويتين لمستوى القاعدة فائسارسم و ر = م ح و و ح

= م ن فتكون نقطة و التى يتلاقى فيها خطا و ر و و ح

الاقبيان رأس الهرم ومتى كانت الرأس معلومة فائسار نصغر او لا نجم كتلة

الخشب او الحجر بان نحدث فيها حوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط

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

المستقيمة

ويسهل علينا فى بعض الصور بواسطة الرسم الهندسى ان نبدأ بأخذ مساحة

زوايا الواجهة الثلاثة التى على القاعدة ثم نرسم هذه الواجهة من غير ان يحصل

مشقة في وضع الرأس

ولذا يكن في ان تمد (شكل ١٣) من نقطة م التي هي موقع عمود وم  
النازل من الرأس على القاعدة م د و م ح و م غ العمودية  
على خطوط ا ب و ب ث و ث ا على وجه التناظر ثم ترسم  
في جهة اخرى مثلثات م د و م ح و م غ القائمة الزوايا  
فتكون زوايا م د و م ح و م غ 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  
للاوجه 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  
الخطية التي لا تكون فيها النقط المراد تحديد وضعها في مستوي واحد فهي  
ذات تنقل وضع كل نقطة رصدناها الى وضع النقط الثلاثة الاخر التي تكون  
منها المثلث المجهول قاعدة 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

الادروغرافياوالجغرافياوصنائع المصاحين المنوطين بالعمليات الجسمية  
كالعمليات التي تتعلق بحساب البلاد وجميع ما يخصها

واذا كان اى جسم منتهيا من جميع جهاته باوجه مستوية فان هذه الواجهة  
تكون منتهية ايضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن  
المعلوم انه يمكن تحليل هذه الاشكال كثيرة الاضلاع الى مثلثات فعلى هذا

اذا جعلنا نقطة و في داخل جسم **ا ب ث** الخ (شكل ٢١)  
كانت على حسب ما نروده فيمكن ان نعتبرها اولاً كراس عدة اهرام مضلعة  
تقدر ما يوجد من الاشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة واجهاتها هذا الجسم وثانيا  
نعتبرها كراس عدة اهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه  
الواجهة وفي هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الاهرام الجسم بتمامه  
(بان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية) \*

حيث ان المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذى هو جسم  
منته من جميع جهاته بالمربعات قياسا للجو

وتكعب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب  
المأخوذ وحدة ولنبدا ببيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الاكبر بواسطة  
المكعب الاصغر فنقول

لنفرض مثلا ان ضلع المكعب الاكبر هو **ث** (شكل ١٤)

يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الاصغر وهو

**ث** فنقسم المكعب الاكبر الى عشر قطوع موازية لاحد اوجهم وتحددة

في السمك ويكون هذا السمك ممكلا للمكعب الاصغر وتكون قواعده هذه

القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على احد اوجه المكعب

الاصغر وكل قطع منها يحتوى على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة

في مثلها فاذن يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة

عشر مرات مضروبة في ضعفها ويشار الى هذا الضرب بهذا الرقم <sup>٣١٠</sup>

واذا نسجنا على هذا المنوال وعرفنا ان  $2 \times 2 \times 2 = 8$  و  $3$

$3 \times 3 = 27$  وهلم جرا علمنا 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 ولجل الاختصار في ذلك نقول ان  
٨ هى مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤  
وهلم جرا ومعناه عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذى  
يكون ضلعه مساويا لضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات  
وجم المنشور المر بى 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 المنسوب في العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب  
القاعدة في الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد وكان  
احدهما وهو  $ا ب ع$  قائما (شكل ١٦) والاخر وهو  $ا ب د$  مائلا  
فان حجمهما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشوري  $ا ب ه$  و  $ا ب د$   
و  $د ش ع$   $ش ع$  المتساويين متساويان لان ارتفاعهما وهو  
 $ا ب$  واحد وقاعدتهما وهما  $ا ه$  و  $د ش$  مثلثان متساويان  
لان  $ا ه = د ش$  ولان الضلعين الاخرين متوازيان على التناظر  
فاذا اضفنا الى متوازي السطوح وهو  $ا ب د ه$   $ع ش$   
منشور  $د ش ع$   $ش ع$  المثلثي وطرحنا مساويه وهما

أ ب هـ ف ف هـ تحصل معنا منشور أ ب ث د هـ ف غ شـ  
المربع المائل فاذن يكون هذا الأخير متحد الحجم مع المنشور المستطيل الذي  
تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحداً

ولنبين مع السهولة ان حجم منشوري أ ب ث د هـ ف غ شـ  
و أ ر ث د هـ ف غ شـ (شكل ١٥) متحد مع حجم أي  
منشور يكون ارتفاعه واحداً وقاعدته شكلين متوازيين الاضلاع  
مسطحة ماسا ولسطح 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 هـ ف غ شـ  
(شكل ١٧) الى منشورين مثلثيين متساويين في الحجم وهذا التساوي  
يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائلة 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 هـ ف غ شـ و أ ر ث د هـ ف غ شـ  
(شكل ١٨) يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه  
وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة منشورات 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 هـ مضروبا  
في الارتفاع

\*(بيان تكعيب شكل الاهرام)\*

وانبسط بالهرم المثلثي فنقول

حجم الهرم المثلثي هو ثلث حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا  $\Delta$  منشور مثلثي مثل  $\Delta$   $ABC$  (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى  $DEF$  المار بنقط  $A$  الذي هو ضلع القاعدة

ونقطة  $D$  التي هي رأس الزاوية فنحصل معنا اولاً هرم  $ABCDEF$

المثلثي الذي تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقينا

الهرم المربعي الذي قاعدته  $DEF$  ورأسه  $E$  فنقسمه بمستوى

$GH$  الى هرمين مثلثيين فيحصل معنا هرم  $DEFGH$  المقلوب الذي

قاعدته  $DEFG$  ورأسه  $E$  فعلى هذا تكون قاعدة هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالمثل اذا قايلاًنا هرم  $ABCDEF$  وهو الثالث

بهرم  $DEFGH$  فانه يترآى لنا انه يساويه في الحجم لانه اذا جعلنا مثلث

$DEF = ABC$  بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

$E$  واحداً فاذا لم يكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئاً لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذي هو حجم المنشور مساوياً لثلاث مرات لحجم هذا

الهرم

وحجم اي هرم كان (شكل ٢) يساوي ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان تقسم القاعدة الى مثلثات مثل  $ABC$  و  $DEF$

و  $GH$  الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة  $O$  ويكون

قياس كل من هذه الاهرام المثلثية سطح مثلثات  $ABC$  و  $DEF$  و  $GH$

الخ مضروباً في ثلث ارتفاع  $OS$  المشترك فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلي 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 الخواصل حجم الجسم ولتسهيل هذه الطريقة ينبغي المأكت 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 وسهولتها وهما 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 ف** (شكل ٢٢) ثم نقسمه إلى ثلاثة

أهرام 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 **ا ث ف** ورأسه فى  $ه$  يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه

فى  $ب$  وقاعدته **ا ث ف** أو الذى قاعدته **أ ب ث** ورأسه

فى  $ف$  ويكون الهرم الثالث الذى هو **ا د ف ه** مكافئاً للهرم

**ا د ف ب** المكافئ لهرم **أ ب ث د** فإذاً 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

فإذا كانت تلك الأضلاع عمودية على القاعدة كان حجم الأهرام الثلاثة

والمنشور الناقص هو سطح **أ ب ث**  $\times$   $\frac{1}{3}$  (  $ا د + ب ه$  )

+ **ث ف**)

فإذا كان المطلوب حجم منشور **من و د ه ف** الناقص (شكل ٢٣)

المحصولين مستوي م ن و و ده ف المائلين على اضلاع المنشور  
فانما لاجل ذلك نفرض ان ا ب ث يكون عموديا على هذه الاضلاع  
فينحصل معنا ما يأتي وهو

$$\text{حجم } \overline{\text{ا ب ث د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا د} + \text{ب ه} + \text{ث ف})$$

$$\text{وحجم } \overline{\text{ا ب ث م ن و}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا م} + \text{ب ن} + \text{ث و})$$

فاذن ينتج من ذلك

$$\text{حجم } \overline{\text{م ن و د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{د م} + \text{ه ن} + \text{ف و})$$

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 المجزوم 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 اننا اذا قسمنا بالتوالي المنشور المربعي الى منشورين مثلثيين

كمنشوري ا ب ث ه ف ع و ا د ث ه ش ع ثم الى منشوري

ابده فش و ب ث د ف ع ش تحصل معناجم

المنشورين الاولين  $= \frac{1}{4}$  سطح اب ث د  $\times \frac{1}{4}$  (٥١)

+ ب ف + ش ع + ٥١ + د ش + ث ع (

وجم المنشورين الاخرين  $= \frac{1}{4}$  سطح اب ث د  $\times \frac{1}{4}$  (٥١)

+ ب ف + د ش + ب ف + ث ع

+ د ش)

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معناجم المنشور الربيعي مرتين

$= \frac{1}{4}$  سطح اب ث د  $\times \frac{1}{4}$  (٣ ٥١ + ٣ ب ف

+ ٣ ش ع + ٣ د ش) فاذن يكون حجم المنشور الربيعي

في حد ذاته  $\frac{1}{4}$  سطح اب ث د (٥١ + ب ف + ث ع

+ د ش)

\*) (اجراء العملية في تكعيب قارين السفن) \*

قد تقدم لنا في الدرس الثاني أنه 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 اخر تكون على

بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه

المستويات حجم القارين الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة ناقصة من

كل جانب ويتحصل الحجم الكلي لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها

المشتركة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الا ان كلا من هذه الاضلاع

الاربعة يستعمل في اربعة مناشير (ماعد الاضلاع الجوانب فانها لا تستعمل

الافى منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الا نصف مرة وهناك اربعة

اضلاع لا تستعمل الافي منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الجسم الكلى للقاربين مساويا لسطح احد المستطيلات اعنى حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التى تكون افضية وموضوعه معا على كل مستوي من مستويات الازدواج وعلى خط الماء وتستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة في معرفة حجم اى جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك اثنا اذا قسمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة مثلثية اضلاعها الخطوط المتوازية التى تحدد التماثل في كل منشور ناقص مثل

**من ودهف** (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذى

هو **ا ب ث** تحصل معنا من الجهة الاخرى منشور **م ج و د ه ف**

الناقص بشرط ان  $د م = م و$  و  $ه ن = ن ه$  و  $ف و = و ف$  فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثانى فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الواجه المستوية متماثلين كان حجماهما دائما متساويين وحيث كانت هذه الخاصة صحيحة ايا ما كان عدد الواجه فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك عدة اوجه صغيرة ~~ي~~ **م** ~~ن~~ بواسطتها اعتبارها الاجسام منتهية بسطوح منحنية لا باوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اى جسم فاسم هذا الجسم الى قسمين متساويين في الحجم

**\*(بيان الجسمان المتشابهة)\***

يكون هـ **ا ب ث د** و **ا ر ث د** (شكل ٢٥) متشابهين

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهى **ا ب** و **ا ر** و **ب ث** و **ر ث**

و ش د و اد و اد 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 ش د على الهرم الاخر مع التوازي بحيث تكون  
 نقطة ا واقعة على ا و ا على اب و ا ش على ا ث  
 و ا د على اد فاذن تكون مستويات ا و اب و ا د  
 و ا ب د و ا ش د و ا ث د منطبقة على بعضها وبناء عليه  
 تكون زاويتا ا و ا المحسمتين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن  
 على ان زوايا ب و ر و ث و د و د و د تكون  
 متساوية وحينئذ متى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة  
 متوازية كانت جميع الشروط المعبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا  
 فاذا كانت اوجه الهرمين المثلثيين متناسبة بدون توازي اضلاعهما 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  
 فاذا 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



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 الحجم الى بعضها تكون  
:: ١ الى  $\sqrt[3]{r}$

وينبغي ان نوضح هذا الدرس للتلامذة بان نبين لهم المناسير والازهرام المجوفة  
المتساوية والمنشابهة والمتماثلة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الاتية  
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  $\overline{AB}$  الخ  
(شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دائماً موازياً لاتجاه معلوم فانه يتولد منه  
اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل  $\overline{AA'}$   
و  $\overline{BB'}$  و  $\overline{CC'}$  الخ دل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد  
اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات  
مثل  $\overline{AB}$  الخ التي نستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن  
ايضا ان نصنع بواسطة منحني  $\overline{AB}$  (شكل ١ و ٢) عدة  
اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم  $\overline{AA'}$  و  $\overline{BB'}$  المولد لها من  
الانحرافات المنوعة

وحيث انه يترآى للمهندس ان المستقيم التام يمتد من طرفيه الى ما لا نهاية له لزم  
ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لا نهاية حتى تكون تامة  
ولكن للأسطوانة في الصناعة طول محدود دائماً 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 اضلاعها 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 ش و** ويطلق  
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على كل من جرى

**ا ب ث د م ن ح ح و ا ر ش 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 منشأؤه اما حركة

خط مستقيم اخذ على التوالي اوضاع **ا ا و ب ر و ث**

**و د ه الخ** المتوازية على امتداد **ا ب ث د** (شكل ٣)



واما حركة المنحنى ا ب ث د (شكل ٤) الاخذ ايضا على التوالي  
 اوضاع ا ب ث د و ا ب ث د و ا ب ث د الخ المتوازية  
 على امتداد خط مستقيم بحيث تكون نقطة الخط المنحنى التى هى ا مثلا  
 شاغلة بالتدريج لاوزاع ا و ا و ا الخ من ضلع ا ا  
 وقد استعمل ارباب الفنون الطريقتين فى احداث الاسطوانة القائمة  
 والمستديرة وقد يوثرون احدهما على الاخرى على حسب ما تقتضيه حاجتهم  
 من توسيع هذا السطح اعنى الاسطوانة من جهة دون اخرى وهالك الطريقتين  
 المذكورتين

الطريقة الاولى فى صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع  
 اذا اقتضى الحال توسيع الاسطوانة اتساعا كاملا بواسطة اضلاعها فانه يرسم  
 فى داخل الدائرة او خارجها مضلع ذو اضلاع كثيرة مثل ا ب ث د ه  
 ثم يرسم مع غاية الضبط عددة اوجه صغيرة مستوية وهى متوازيات اضلاع  
ا ب ا و ب ث ب و ث د ث الخ (شكل ٣) وتكون بقدر  
 ما فى القاعدة من الاضلاع ثم تصلح الاضلاع البارزة بواسطة القارة او القادوم  
 او المنشار ونحو ذلك مما يصلح من الآلات لقطع السطوح المستوية متتبعين  
 الاتجاه الطولى من مستقيمت ا ا و ب ب و ث ث الخ المتوازية  
 ونجعل الاسطوانة مستديرة وبهذه الطريقة نتحقق من توفر الشروط فى سطحها  
 لكونه متكونا من اضلاع مستقيمة ومتوازية لكن لا نتحقق من كون محيط  
 السطح الحادث من هذه الاضلاع دائرة لان الاتساع الناشئ عن القارة  
 والقادوم وغيرهما انما يكون فى الجهة المستقيمة من الاضلاع لافى جهة المحيط  
 المستدير

\* (بيان اجراء العملية فى صناعة صواري السفن) \*

ينبغي ان يكون سطح هذه الصواري لاسيما الصواري العليا (اى الغاية

والبواقي (ممتد من جهة الطول حتى يمكن ترخلق اطواق الرواجع)  
(المسماة باطواق التعشق بلا مانع) من اسفل الى اعلا وعكسه حول هذه  
الصواري فن ثم يعمل الصانع الصواري على حسب الطريقة التي ذكرناها  
انفا

الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية المتوازية  
اذا كان المطلوب من مبدء الامر ان يتحقق من الامتداد في الجهة العمودية  
على طول الاضلاع فاننا نستعمل اولا المخرطة ونرسم بهامع التوالى عدة دوائر  
مثل  $ا ب ث$  و  $ا ب ث$  و  $ا ب ث$  الى آخره (شكل ٤)  
حتى يتألف من مجموعها شكل اسطوانى فيتحقق اذن ان السطح المصنوع  
كامل الاستدارة وممتد في الجهة المعترضة ولكن لا يمكن باى وجه من الوجوه  
ان يتحقق من الامتداد في الجهة الطولية

(بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار) \*

قد شاهدنا في ترسانات انكلمتره انهم يستعملون الطريقة الآتية في خرط  
السطوح الاسطوانية وحاصلها ان تأخذ من مبدء الامر منشورا من الخشب  
بقدر اربعة اشبار او ثمانية ثم تدفعه في داخل القارة المستديرة فبمجرد سيره  
وتحركه يكون مستديرا بمحيد القارة وبهذه الطريقة يتألف سطح اسطوانى  
محكم الاستدارة اذا كان المنشور كاملا الاستقامة لكنه يكون غير لىن رأسا  
اولينا قليلا اذا كان قضيب الخشب مائلا من بعض الجهات  
واذا كان المطلوب عمل سطح اسطوانى مع الدقة لزم ان يتحقق من الامتداد  
في كلتا الجهتين وهالك ما يمكن عمله وذلك بان نوجه آلة الخرط الحادة بواسطة  
دليل مواز لمحور الاسطوانة بحيث يكون سن الآلة على بعد واحد من هذا  
المحور فاذا ثبت ان سائر الدوائر مساوية لبعضها وان الاضلاع مستقيمة  
الخطوط مع غاية الضبط

(اجراء العملية في التكميعات والتشبيكات وغيرهما) \*

قد تكون الطريقتان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية كسطوح التشبيكات والتكعيبات فنستعمل لرسم الاضلاع خيوطا واقضباناً 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 ان نلصق بواسطة السلوك المعدنية او غيرها الاضلاع والمنحنيات في كل نقطة تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا تجعل الابراج واعمدات التكعيبات والاقصص والفنن وغير ذلك على صورة شكل اسطواني ويمكن رسم الاسطوانات المعلومة الشكل بان نجتمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيمور مستديرة وذلك كالزنايل المستعملة في الاشغال الحربية والحرب المضمومة الى بعضها التي يكون القصد منها الزينة او المنفعة او غير ذلك

ومن الفنون ما يكون اغرض الاصل منه صناعة السطوح الاسطوانية بان نثني السطوح المستوية المتواصلة (راجع السطوح المنفردة في الدرس العاشر)

فلذا خذ صانع آلات الكيل الواحاً مصلحة وممهدة يكون سمكها زفيغاً من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتواتر والديكاترو المتر ولم يجر او كان اسم المد يطلق على المعيار اقديم الاسطوانة المستعمل في ككيل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم صانع المد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها مستويا صلباً كقعر البراميل وفي الغالب يكون اطراف الاعلام من هذه الامداد محاطة بآلة من الحديد لها قطر او قطران من الحديد ايضاً وهذا هو منشاء عدم اختلال المعيار وعدم تغير صورته وهيئته

وفي الغالب يصنع النحاس والبرونز بوساطة صفائح رفيعة جدا من النحاس  
او الصفح الابيض او نحو ذلك سطوحا اسطوانية اسهل صناعة من جميع  
السطوح المخنسية المطلوب عملها وذلك كاتاييب المداخل والميازيب وغيرها  
واذا علم كل من هذين الصانعين قطر كل انبوبة وطولها يسهل عليه عادة  
معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح  
النحاس والصفح وغيرها اللازمة للصانعين المذكورين

وينبغي لنا ان نضيف اولا الى محيط الانبوبة عرضا يساوي التحام جزئي  
كل صفحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانيا نضيف الى كل  
من اطوال الاناييب قدرا يساوي طول تعشق طرفها

وينبغي ان تكون قدورا لآلات 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 القدور الكبير استعمال المسامير الاسطوانية الزمهرثمة  
التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينفذ منها ولا من الصفائح  
الداخله فيها جزء من البخار ويتوصل الى ذلك بوساطة اربعة محاريير او خمسة  
تكون على بعد واحد من بعضهما وموافاقا لها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه  
على التعاقب بوساطة آله ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفائح التي يصنع فيها  
الثقوب الداخلة فيها المسامير المبرشمة موضوعة على بروز وهذا البرواز  
لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المحاريير ثابتة للصفائح على البعد  
المطلوب واتما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتمتد الصفائح على  
طول بحيث تكون المحاريير عند انخفاضها ثانيا ثابتة للثقوب الاربعة  
او الخمسة الالآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصودا 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 المخترة عن قريب

ولنذهب 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 تنني كما ينثنيها النحاس والسمكري او تسحب بواسطة  
المسحبة

\*(بيان صناعة الاسطوانات)\*

\*(بالمعد والسحب)\*

لنذكر لك هنا الطريقة المستعملة في ترسانة مدينة قطام لصناعة  
اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين

وليمكن **أ 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 وندخل اسطوانة **أ ب ث د**  
المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم نغزب الاثنين في المسحبة التي نضيقها في جميع  
المرات وبتأثير هذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتبسط اذا كان قطرهما

الداخلي هو قطر اسطوانة **أ ب ث د** ونجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً  
لها فيتحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة **أ ب ث د** مصنوعة مع الضبط

وقد تكون السلوك المعدنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد  
المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد  
والبسط وتدخل من وسط ثقب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتضفر

هذه الثقوب المستديرة شيئاً فشيئاً لاجل جعل سمك القضيب او السلك بالتدريج في كل ممتر

\*(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)\*  
وهي صناعة الانابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافرنجية لاجل تسليك المياه والغاروالا انابيب المستعملة لطلبات المياه والهواء والبخار 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 كالانابيب للطلبات وكذلك داخل المرفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها غالباً اتباع الطرق الصعبة لعملية 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 لاتجاه معلوم بشرط ان يكون تابعا لمنحن مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشرارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعداً اوهابطاً في اتجاهه الاصلي 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 مجوفاً 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 يلائون هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشاباً قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيتحصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطوانى الذى يضع عليه البناءون اجار القبة المعروفة عندهم باسم اجار العقدة

\*(بيان مساحة سطح الاسطوانات)\*

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كتركيب 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 قاعدتيها) يكون مساوياً لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروباً فى ارتفاعها ويكون السطح الكلى للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساوياً لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروباً فى امتداد الضلع زائداً طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان تقطع سطح الطول فى منشور  $ا ب ث د$  الخ  $ا ب ث د$  الخ (شكل ٨) على حسب ضلع  $ا ا$  وندير بالتوالى كل وجه صغير مثل

$ب ر ث و$   $ث د د$  الخ لنضعه فى مستوى  $ا ا ب$  فيتحصل معنا شكل مستو متألف من متوازيات  $ا ا$  و  $ب ب$

و  $ث ث$  الخ (شكل ٩) ومن اضلاع  $ا ب$  و  $ب ب$

و  $ث د$  و  $د ه$  الخ و  $ا ب$  و  $ب ر$  و  $ر د$  و  $د ه$  العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذى يستدعى ان يكون

ا ب ث د ه الخ و ا ر ش ذ ه الخ خطين مستقيمين متوازيين  
وعوديين على اضلاع ا ب و ب ر وهلم جرا ويطلق على المستطيل  
المتحصل بهذا الوجه (شكل ٩) اسم افراد محيط المنشور فيكون سطح  
المنشور منفردا لان هذا الافراد يمكن استعماله بدون بسط لاجراء سطوح  
ا ب و ب ر ث ش الخ او تضيقها لتبقى متجاورة وتضنع  
سطحا مستويا مستمرا وسند كرك في شأن سطوح الافراد دروسا تخصها  
ومن جملة هذه السطوح الاسطوانة التي يمكن اعتبارها كمناشير اضلاعها  
لا تنحصر

ولتضنع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل  
م ن ح ح و م د ع غ ثم تقيس السطح الاسطوانى المنحصر  
بين القطعين المذكورين فيظهر حينئذ ان اجزاء اضلاع م م و ن د  
و ح ح و ح غ الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية منحصرة  
بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة  
كمنشور له عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية الاضلاع الدالة  
على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\text{سطح م م د ن} = \text{ا ب} \times \text{م د}$$

$$\text{سطح ن د ع ح} = \text{ب ث} \times \text{ن د} = \text{م م}$$

$$\text{سطح ح ع غ ح} = \text{ث د} \times \text{ح ع} = \text{م م الخ}$$

فحينئذ يكون سطح م ن ح ح و م د ع غ = ا ب ث د

$\times$  م م اعنى انه يساوى محيط قاعدة ا ب ث د الخ مضروبا  
في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اريد مساحة سطح الاسطوانة الناقصة وهى ا ب ث د الخ



و م ن ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغى مذل سطح الاسطوانى  
بتعيين كل من اضلاع ام و ب ث و ش الخ على حسب  
طوله ونخذ د على المذ (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ  
و م ن ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورة لعدة اوجه صغيرة متساوية وكان ا ب  
= ب ث = ث د تحصل معنا سطح الاسطوانة الناقصة وهى

ا ب ث د الخ و م ن ح ح الخ = ا ب (ام  
+ بن + ش + 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 آترة 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 او المائلة 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 د محورها فيكون حجم الاسطوانة

الناقصة التى هى ا ب ث هـ ف الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا فى محور

و بمعنى انه يكون مساويا لحجم الاسطوانة القائمة التي ارتفاعها  $و$   
 وبرهان ذلك ان نقرض اسطوانة  $ا ب ث ا م$  التي قاعدتها العليا  
 موضوعة في مركزها وهو  $و$  ونقول ان حجم  $ا م هـ$   $ث م ن ف$   
 متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبدء الامر ان  $و هـ$  هي مركز دائرة  $ا م ث$   
 فيقسم قطر  $م و$  هذه الدائرة الى جزئين متساويين

فاذا ادورنا حجم  $م هـ$  حول  $م$  كادارة اللواب بقدر زاويتين قائمتين فان  
 نصف دائرة  $م هـ ا$  ينطبق على نصف دائرة  $م هـ ث$  وتكون جميع اجزاء  
 الاضلاع مثل  $ا هـ$  الخ متطبقة على اضلاع  $ف ث$  الخ بالجملة فيستوى  $م هـ$   
 ينطبق على مستوى  $م هـ ف$  فاذن يكون الحجمان منحصرين بين ثلاثة سطوح  
 تنطبق على بعضها وبناء على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة  
 القائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي  $ا ب ث هـ ف$  بقدر  $م ا ث$   
 وتنقص عنها بقدر  $م هـ ف$  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  $ا ب$  بنفس السطح الاسطوانى ومن الجهتين الاخرين بمستويي  
 $ا ا و و ب ب و و$  المارين بمحور الاسطوانة الذي هو  $و$   
 وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة  $ا ب ث$  (شكل ١٢)  
 ويكون محيطها والاجزاء  $ا ب ب ر ث ا$  الاسطوانى وثانيا مستويي  
 $ا ب ر ا$  الموازي للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازي  
 الاضلاع

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)

اذا وصل اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

الحكمة ان تبين ما يظهر من الاختلاف الموجود في اتجاه شعاعين شمسيين  
نازلين على بعد واحد عظيم من بعضهما واذلك كنهايتي عمارة كبيرة متقابلتين  
ولذا نعتبر اشعة الضوء الخارجة من الشمس كأنها محكمة التوازي

فاذا كان باب اوشبالك اوقبوة على هيئة قوس دائرة **ا ب ث د ه**

(شكل ١٣) مضياً بالاشعة الشمسية التي هي **ا ا 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 والشباك  
او القبوة من الجزء الموضوع في الظل

وتكون الاسطوانات بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى  
الحال تحديد الاجزاء المصينة والاجزاء الموضوععة في الظل في رسم العمارة  
والتصوير وجميع فنون الرسم وسنبين في الدروس الآتية الطرق المستعملة  
في حل المسائل الاصلية الخاصة بالظلال على وجه هندي  
(اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية)

اعظم استعمال خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه  
الاسطوانة لكونه يبين رسم الخطوط المخفية او مساقطها على مستويات

فاذا فرضنا في الفراغ خطاً مستقيماً مثل **ا ب ث د ه** الخ (شكل ١٤)

واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو **م ن ح ح ح** فالتأخذ من كل نقطة  
من هذا المنحنى خطاً عمودياً الى هذا المستوى ويتكون من تتابع نقط

**ا ب و ث و د و ه** الخ التي تكون مواقع الخطوط العمودية  
على المستوى المذكور خط منحن يدل على الرسم الهندسي او على مسقط منحنى

**ا ب ث د** كما قيل

وفي العادة يرسم كل منحن على مستوي **م ن ح ح ح و ح ح ح** رض

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب - و ث ش الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني وخطوط ا ا و ب - و ث ش العمودية على  
المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذاً يكون مسقطا ا ر ش هـ

و ا ر ش هـ كافيين في التحديد التام لنقطة 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 حرثاً جيداً نتمد الاجراء البارزة حتى  
تساوى الاجزاء المنغمسة اى الداخلية ونعهد الارض حتى يحدث عنها  
سطح مستو

(بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق القطين)

يستعمل الخباز اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها  
ويضع عليها ويدفعها بيديه كي يرقق بها العجين حتى يصير منتهيها من اعلاه  
واسفله بسطوح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الخلق)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما  
متوازيين وهذا اتم نفعاً من استعمال اسطوانة واحدة ولا يمكن  
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 دائماً على بعد واحد من بعضهما واذا مررنا بعد تمام

ذلك بين الاسطواناتين بلوح معدني اوشئ آخر من المعادن قابل للتمديد  
فان هذا اللوح يؤول الى السلك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطواناتين  
المذكورتين

فاذا قربت الاسطواناتين من بعضهما يسيرا بعد مرور اللوح بينهما اول مرة  
لنتربه ثانيا بينهما فالتساوية تميدامسا رايامنا سببا لهذا القرب واذا اتينا  
على هذه الطريقة وتبعناها فالتساوي نرقق اللوح شيئا فشيئا ترققا مناسبا  
للسلك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الخلع

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدثت الصناعة في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات  
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين بالجوخ يضغطان مادة الورق ويجعلانها  
فراخا مستطيلة على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر

(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

نضع حروف الطبع اللازمة لطبع اي فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير  
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد  
ومدهونة بالخبر الذي تلمق منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر بفرخ من  
الورق المصقول بين هاتين الاسطواتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه  
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التي يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة  
النفع لاسيما في نشر الجرائد التي يلزم جمعها ونشر اوراقها في مدة قليلة من  
الزمن ولولم يبلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد

ونسعمل هذه الاسطوانات ايضا في رسم جملة من الاشكال على الاقشة  
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متحدة من النحاس الالوان المطلوب  
طبعها

(بيان طبع الليتغرافية على الحجر)

لانسعمل في الملازم الليتغرافية الاسطوانة واحدة وذلك بان يكون الفرخ  
المطلوب طبعه موضوحا 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 فالتساخر بكل من اللوح المستوي وفرخ الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق الاخر

\*(بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة)\*

\*(في صناعة الحديد وجعله قضباناً)\*

بعد أن نسحق كتلة من الحديد الغشيم تسخيناً جيداً على حسب الطريقة القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد أوروبا لصناعة الحديد نضعها على سندال ثم ندق عليها بمطرقة ثقيلة تنفي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة فيجذب بواسطة هذه المطرقة مناشير او قضبان من الحديد تكون صورتها تامة او ناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكيز 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 ايضاً كما في (شكل ١٧) وبعد ان نضع الكتلة المذكورة بالمطرقة على قدر الامكان نمزجها بين الاسطوانتين وعلى انفراجات ١ و ٢ و ٣ التي تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قضباناً مربعة او مستطحة ولهذه الطريقة منفعة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتمده وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة في بلاد فرنسا لكن لسوء 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 تحميد

## التيل والكتان

وقد تكون الاسطواناتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشحونتين بانسراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحهما بحيث تدخل اسنان احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعند ما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطواتين المذكورتين اللتين يتحركان بحركة مضادة او متعددة الا انها يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي ويتألف منها عند بروزها من الاسطواتين طارة مستوية تسمى آلة الندف \* (بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن) \*

## (والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك أن تؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل **آ ب** مع اسطوانة مخططة مثل **ث د** (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطواتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطواتين اخريين موازيين للاوليين 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 انها يحدثان في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمره 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 يتبدى 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 منسلب لعمل التخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة  
القاطعة وهم 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 الزجاجة وحركة جزى 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 البحارة التي تنبسط على حسب  
المطلوب كما في **أ ب** (شكل ٢٣) وتنقبض كما في **ا -** فاذن يتضح لنا  
ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل  
اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجعمون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من  
الانابيب المستعملة لتسليك مياه مدنهم وقد يمتد الحديد امتدادا محسوسا  
بالكمية عند شدة الحرارة وينقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه  
الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالحرير على طول عظيم بدون ان تتحرك  
اطرافها بلا مانع فانها تنكسر فحين لاجل اجتناب هذا الضرر احد  
طرفي كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة **أ ب د ه** 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  
الانبوبتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هنالك التحام بجمع



بينهما وبصير ان مائتين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الانبساط  
او الانقباض المتولد من تغير الحرارة

\*(الدرس التاسع)\*

\*(في بيان السطوح المخروطة)\*

السطح المخروط مثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم  
بواسطة خط مستقيم مارداً دائماً بنقطة ض ومتكئاً على ا ب 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 ا ب 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 عمود الميدان الى النقطة  
التي يربط فيها الفرس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د ه الخ  
(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى ا ب ث د ه الخ  
المقطوع بنقطة ربط الفرس فاذا كان النير اقنيا كان هذا المخروط مستويا  
لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ب ث د ه التي يقطعها  
الفرس فاذا 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 \* والمخروط ان  
الحادثان من جزئي كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلفه يعتبران ايضا  
كسطح واحد منحن ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين  
المذكورين يكتشفانه من الجهتين السابقتين

وقد اسبغنا لسا من الصناعة بعض امثلة من هذه المخاريط السكاملة اى

المزدوجة فن ذلك المنكباب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه متركب 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 يعبد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكباب

وفي الفنون يكون للخاريط امتداد محدد دائماً ولا يعتبر منها على الاطلاق

### الاجزاء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتبهاً بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط ونفرض في هذا الدرس ان كل مخروط يكون منتبهاً بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسهل الخاريط هو

الذي تكون قاعدته وهي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة

ويكون رأسه وهو ص موضوعاً على محور الدائرة المرموز اليه بحط

ض و المستقيم وهذا الخط ايضاً 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 عموداً 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 ايضاً ويتألف منها مع المحور زاوية

واحدة

ولنفرض ان هنالك مخروطا حادثا من عمليات القنون 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 الهندسي فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جدا بحيث لا يمكن رؤيته وبصير كالا شئ بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذي الالوجه الكثيرة المثلثية للتي يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلط بطول الاضلاع فاذا ن تكون مساحات السطح والحجم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة في المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هراما منتظما فانه يتحصل اولا ان مجموع سطح الالوجه اى السطح المنحني من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته في نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحني المستدير و سطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه في سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستو مواز لقاعدته فاولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحته سطحه وحجمه ايضا كساحة الهرم الناقص وحجمه و سطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا في طول الضلع المنحصر 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 في العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا في المخروط وكذلك في سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذا ننتج لنا اولا

اننا اذا قطعنا مخروطا بمستو مواز للقاعدة فالتقاطع مخروطا صغيرا مشابها  
للكبير وثانيا انه اذا كان هناك مخروطان متشابهان فان سطح الجزء  
المخفى منهما يكون متناسبا لمربع الخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك  
كمربع الاضلاع مثلا وثالثا ان سطح القاعدتين يكون متناسبا لمربع  
الخطوط المتقابلة ايضا ورابعا ان حجوم المخاريط المتشابهة تكون مناسبة  
لمكعبات الخطوط المتقابلة (شكل ٧)

ولنصنع مخروطا ناقصا مثل  $AB\Gamma$  الخ و  $AB\Delta$  الخ (شكل ٧)  
بان تقطع مخروطا صغيرا من مخروط كبير بمستو قاطع فيحصل معنا ضرورة  
حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نظرحه من  
حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الحجمين 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 تعذر اخذ مساحة  
سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفا

وينبغي لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحله الى عدة مثلثات  $\triangle ABC$  في  
في الضبط المطلوب ثم نجعل هذه المثلثات بجوار بعضها على مستو واحد فلذلك  
جعلنا مثلثات  $AB\Gamma$  و  $AB\Delta$  و  $AB\Theta$  و  $AB\Lambda$  من

(شكلي ٣ و ٥) في  $AB\Gamma$  و  $AB\Delta$  و  $AB\Theta$  و  $AB\Lambda$

و  $AB\Xi$  من (شكلي ٤ و ٦) فمن الجلي اذن ان السطح

المخفى من المخروط يساوي سطح  $AB\Gamma$  الخ المستوي وتكون  
مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس  
السادس

وبعد ان بينا ان القيسة اللازمة لسطح المخروط وحجمه نجث عما يستعمل  
من هذه المخاريط في القانون فنقول

قد يستر المعمار والنجار العمارات المستديرة بخاريط 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 باقتخاذها للزينة والرافية متنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام والناقص وتنوع 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 نعماتها كنغمات

النفيرو مجموعها يقال له حركة النفيرو وهو **ابض ط** (شكل ١٤) مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لاجل المتانة اعمدة بنيت من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها بان ينقص منها دأئما طول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جدا بحيث لا يمكن اقتخاذها من حجر واحد فالتصويرها ونقصها الى عدة اجزاء بواسطة جملة مستويات متوازية ثم تعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حينئذ كلامنا هذه الاجزاء المسماة بالخارجات ونجمعها بمخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواري سفنه على شكل الاعمدة بان ينقص منها على التدريج طول اطرافها 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 **ابث ده**

(شكل ٥٣) من عدة اضلاع ويمكن عمل كل وجه من الالوجه المستوية

التي هي ض ا ب و ض ب ث 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 ا ب ث د الخ

و ا ر ث عوضا عن مخروط تام فانه ينبغي ان نبتدئ بصناعة وجهي

ا ب ث د الخ و ا ر ث المستويين (شكل ١٦) المتوازيين

توازيا تاما ونرسم في هذين المستويين نقطتي و و ب ان يكونا على

مستقيم عمودي على المستويين المذكورين ثم نمد من هاتين النقطتين

مستقيمي وا و وا المتوازيين اللذين طولهما كطول انصاف اقطار

دائرتي ا ب ث د ه و ا ر ث د ه المطلوب رسمهما

وبعد تمام ذلك نقسم المحيطين الى اجزاء متساوية ونمد من نقط التقسيم التي هي

ا و ب و ث و د الخ و ا و ر و ث و د الخ اعمدة

على نصف القطر لاجل تأليف مضلعين مستقيمين محيطين بدائرتين ونصنع

الالوجه المستوية على اشكال شبيه المخرف بحيث تكون قاعدتاها السفلي

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 الخ ونوعلي هذا المنوال

نصنع هرما ناقصا محيطا بالمخروط فاذا نقصنا اضلاع ا و ا و ا

و ا و ا و ا و ا و ا و ا الخ بواسطة القارة او غيرها من الآلات

الصالحة لتمهيد تلك الاضلاع واصلا حها حتى مست الالوجه الجديدة

المستوية المطلوب عملها الدائرتين تحصل معنا ايضا هرم ناقص له وجهان

او عدة اوجدها اكثر من الاول ويكون اقرب شها بالمخروط فاذا تمام بنا على

تمهيد الاضلاع واصلا حها كان شكلها دائما يقرب من الشكل الحقيقي

للمخروط حتى نصل في ضبط ذلك الى الدرجة الموافقة لعمليات الصناعة

ثم ان الطريقة التي ذكرناها انفا ليست الا طريقة تقريبية فينبغي سلوك  
طرق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تنحزم 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 **أض** فترسم تلك المخرطة في كل وضع من الآلة المذكورة دائرة محورها  
الخط المستقيم الذي يمر بطرفي المخرطة المذكورة ويكون من مجموع الدوائر  
المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل **ض** **أ ب ث** (شكل ١٧)  
وبذلك يحدث معناد وامة **ض** **أ ث** (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 يزداد  
بالنقطة المجمعة لرأس

\*(بيان استعمال آلة التصوير)\*

تستعمل هذه الآلة لنقل صورة **أ ب ث د** الخ مع الضبط والاحكام  
بان يدور قضيب قائم حول نقطة **ض** الثابتة ويسكأ باحد طرفيه على الرسم  
الجانبى وهو **أ ب ث د** المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم  
الرصاص المستن على ورقة مستطيلة يكون مستويها موازيا لمستوى الصورة  
فاذن يكون المنحنى وهو **أ ب ث د** الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها  
لرسم الجانبى وهو **أ ب ث د** الخ

وبرهان ذلك ان نمذ **و ض و** (شكل ١٩) عمودا على المستويين  
التوازيين من الرسم الجانبى وصورته فيكون **و و** وهما النقطتان

اللتان يتلاقى فيهما العمود المذکور مع هذين المستويين وتقرض ان القضيبة  
المستقيمة المستعمل في رسم الصورة في وضع من اوضاع تلك الصورة مثل

اض ا وتمذ وا و وا فنقول ان مثلثي اض و و اض و  
المستطيلين متشابهان وذلك لان زاوية اض و تساوي زاوية اض و  
لانهما متقما بـلتان في الرأس وزيادة على ذلك او و او متواريان  
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 :: ص ب : ص ب -  
:: ض ث : ض ث :: ض د : ض د وهلم جرا  
و ض و : ض و :: وا : وا :: وب : وب -  
و ث : و ث :: ود : ود وهلم جرا

فاذن تكون خطوط وا و وا و وب 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 ضه الثابتة والمستويي 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 السمما فيز يونوراس 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 المشتبكة بالشبكية وهذه الياف 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 الوتر البصرى فيجوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر التجيب بواسطة السطوح المحروطة المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة اشعة الضوء التي نحدثها الاجسام المضيئة في سائر الجهات بنفسها وبواسطة الضوء المنعكس في جميع الجهات

ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة صحيحة وكذلك سائر الاجسام التي يتولد منها صورة متسعة في يوم صحو تظهر في رأى العين بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة الحاريط التي ذكرنا وضعها

### \*(بيان الاوضة المظلمة)\*

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد ينسجون في صناعتهم على منوال ما يتبدعه القدرة الالهية فن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة حدقة العين كي لا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين على شكل عدسى يشبه حدقة العين التي هي ص (شكل ٢٢) فيجول الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحرركاتها الى جوانب هذه الاوضة كما يحولها الى الياف العين المشتبكة وهي ا- ب- فاذا تلقينا هذا الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي يرسمها ذلك الضوء وتحصيل الوانها واطلالها واضوائها

واذا لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة ض المنفردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح  $ا ر ش د ه ف$  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 اوجسم 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 مستوكان صوراً مشابهة لرسم جانبية دفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبي الذي نريد النسخ على منواله وهو  $ا ر ش د ه$  الخ في مستو مواز للمستوى الذي يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هنالك نور كنور الشمعة مثلاً موضوع على بعد مناسب صارت ذلك النور رأس المخروط الذي تكون قاعدته الرسم الجانبي المطلوب اخذه فيمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة

كقاعدة **ا ب ث د** الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجمعول 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 رسماً جانبياً صحيحاً من شكل واحد وعدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من المقوى او صور اشخاص حقيقية وينعكس به ظل الالعباب 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 واضلاعاتها تتر بالرسم الجانبي من الاشخاص  
 المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم **أ ب** (شكل ٢١) الذي ظله وهو **م ن** منعكس

على ستارة **ر ر** يبعد عن النقطة المضيئة وهي **ض** ويقرب من **ا -**  
 فان الظل المنعكس بواسطة **أ ب** ليس الا ظل **م ن** 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 **ر ر** يمتد 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 يزيد  
 وينقص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد عن  
 حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يترتب عليهم فائدة الالاعاب المذكورة  
 وقد تقتضى خواص السطوح المخروطية ان تجعل ما يلائم 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 **أ ب** **ض د** المنحني **ت ك** ون من هذه الاشعة مخروط  
**ض ا ب ث د** واذا صنعنا قطاع **ا ر 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 وتنطبق صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشتبكة صورة ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ب و ض ث و ض ث وهم جرا المستقيمة تحتل بيضاء مثنى فاذا يكون الغرض من علم المنظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف العين المشتبكة عند رؤيتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها وربما اخطأنا عند 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 المشتبكة صورة مشابهة للصورة التي تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان كثيرا اذ قلنا متى جعل منظره 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 الياف العين المشتبكة هي نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التي ترسم في الالياف 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 التبين تنوعات لانهاية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار عمليات المنظر التي لابد منها لكثير من الصناعات والمعمارية ومهندسي البلدان والمزخرفين وتقاضي الجسومات 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 ب يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي ض ا

و ص - ب و ض - ث و ض - د فان خطوط أ ب و ا - ب و ث - د تكون متوازية ويكون خطا أ ب و ث د متوازيين فاذن يكون خطا المنظر وهما ا - ب و ث - د متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاق هذه الخطوط النظرية

وانفرض الان ان خطوط أ ب و ث د و هـ المتوازية

(شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي م ن فتمد من النقطة النظرية وهي ض الى صورة م ن مستقيم

ض و موازيا لخطوط ا ب و ث د و ه ف المستقيمة المطلوب وضع  
منظرها ثم نمد شعاعى ض ا و ض ب النظرين اللذين يقطعان  
الصورة فى ا و - فاذن يكون هذان الشعاعان فى مستو مار بنقطة ض  
وبخط ا ب وكذلك بخط ض و الموازى لخط ا ب فاذن يكون  
كل من نقط ا و - و - و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح  
خطوطا مستقيمة فاذن يكون خط ا - الممتد مارا بنقطة و ويبرهن  
بمثل ذلك على خطوط ث د و ش ف الخ فاذن يثبت المطلوب وحيث  
خطوط ا - 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 ث 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 صور 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 فيكنى اذن معرفة  
نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

\*(بيان اجراء علم المنظر فى فن العمارة)\*

يمكن ان نستخرج فائدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة فى عمليات علم المنظر  
وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط  
المستقيمة التى يرسمها المعمارى موازية اما للمستوى المنتصب الذى يكون  
تابعلا 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 منتصبه في العمارة تكون ايضا منتصبه في المنظر واما الخطوط الافقية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجموعها المطلوب تعيينها تكون  $\overline{و}$  وتعين ايضا نقطة مجموع الخطوط الافقية العمودية على مستوى الوجه وهي  $\overline{و}$  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 هنالك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نبحت من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعه وضعها لانسام لا وهذه النقطة هي نقطة مجموع الخطوط المذكورة هي اللوح

واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية الجارية في الرسم وفي النقش حسبما سبق لك آنفا فان النقط الجامعة لجملة من الخطوط الافقية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة مواز بالخطوط الافقية وحينئذ تكون النقطة الجامعة لمنظر الخطوط الافقية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة لمنظر الخطوط الافقية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الاتجاهين الاتيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم  $\overline{و و}$  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

براد نظره

\*(بيان اجر آء عملية علم المنظر في التصوير)\*

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخوص على الالواح بان لا يضعها في مستوا واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخوص على ارتفاعات متساوية او ناقصة على وجه منتظم بحيث انها اذا كانت واقفة مع التساوى كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والابدى والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا مما تنفر منه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية المحلة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخوص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تنطبق 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 الشخوص الاصلية التي تستدعى ابعادها تيقظ الناظر وتتباهاه بالكلية

ويتراى للانسان بمقتضى المستوى الذي تكون فيه الصور ان منظرها لا بدله من ابعاد فاذا لم يحدد لها المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخوص موضوعة خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها واضعا محكما ووجه احداق اعينها توجهها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنتظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة وبعدها مخالفة للمنظر لاسباب 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 ومحصولات الصناعة) \***

اذا اريد رسم محصولات الصناعة والآلات استعمل 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 العمارة او عمودا عليها في الصورة الاولى لانظر الاضلاع  
الصغيرة من العمارة ولا نشاهد في الثانية تخفى الواجهة بنفسها بخلاف علم  
المنظر فساندته اظهار وجهي العمارة 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 اثر اللوح فحصل 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 جزئية مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك كنظر مربع او مكعب واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة او شيء 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 شيء فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بتقنين التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدون لها طرقا سهلة في كثير من المؤلفات المعتمدة

(بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعاب) \*

ينبغي لزخرف محل الالعاب لاجل تحسين الالعاب المذكورة واستجلاب الناس اليها في محل اللعب ان يستعمل او لا صورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما قريين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها ولا الستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الا اغشية للزينة فيرسم عليها الشجر او اعمدة متفرقة او اجزاء 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 الخط 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 بحقائق الاشياء في ستر المنظر جون الجالسون في الملعب على اختلاف مجالسهم سرورا تاما برؤيتهم ما يروق الخاطر ويحب 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 مثل اوثلاث والاسطوانات المترجمة ايضا بهذه  
المناسبة 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 اتق  
اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون في عمارة بلاد اثينا مدة  
القرون التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السوود والفخار والبراعة  
في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة  
سطوح مخروطية وتعام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك  
تضريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءها رأس العمود وغايتها  
قاعدته

ولست صحة تضريس الطارات 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 اي مضاعفة الانحناء وغير  
ذلك

كل سطح امكن انتشاره اوبسطه اوانفراده على اى مستوي دون ان يكون في هزم  
العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده اوانقباضه اوتضعيفه فانه يسمى  
سطحا منتشرا

وقد اخبرنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع  
الاسطوانان والخرابط وعلينا ان يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح  
على اى مستوي دون كسر وانطواء وعلينا 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 كمنشور 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  $aa$  و  $bb$  و  $cc$  الخ  
منتهية بخطوط مستقيمة مثل  $aa$  و  $bb$  و  $cc$  الخ وتسمى  
هذه الخطوط اضلاعا

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحني على صورة سطح مستو فالتساى نبتدى  
بادارة وجه  $aa$  حول ضلع  $ab$  حتى يوضع في مستوي واحد مع  
وجه  $bb$  الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع  $bb$  ث  
حتى يكونا معا في مستوي وجه  $cc$  الثالث ثم نستمر على هذه  
الكيفية الى الوجه الاخير فيتحصل حينئذ معنا انتشار السطح المنحني  
بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الواجه التي على  
صورة الزاوية تكون رؤسها في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

$a$  و  $b$  و  $c$  التي هي رؤس اوجه  $aa$  و  $bb$  و  $cc$

و ث ش د وهلم جرا تكون مختلفة الوضع

وكذلك يعتبر المهندسون ان المخروط مـ كـ ب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدة هـ ا تـ ن الطينين ترسم على الوجه الذى ذكرناه فى الدرس المتقدم واما الثانية فتترسم بواسطة

امتداد الاضلاع الى ١١ و بـ و ث ش الخ خلف منحنى

ا ب ث د الخ ويقال لهذا المنحنى خط القمقرى والذى يلزم للفنون فى جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيتى السطوح المنتشرة

\*(بيان اجراء العملية)\*

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فاتناخيطها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة ليننة مستوية كاقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفى ونحو ذلك مما يتخذ غللافا كالاكياس وعلب الورق وغللافا الاسلحة وغطاء البضائع وجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجزاء خانة وهلم جرا

وهذه الغللافات مهما كان طيها او عدم طيها هى ضرورة قابلة للتشاور ويجب ان نلاحظ ان المادة التى تستعمل فى ذلك لا سيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانقباض تغاير 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 لزينة المساكن والهياكل العمومية فاذا اقتصرنا فى هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للمهندسة على وجه الدقة والضبط تحصل معنا طيات مستقيمة ومحيطات موترة مجردة عن الظرافة وعن التنوع فى الاشكال وتكون اقرب شها بمحيطات البسط الانرسكية

ويظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واتقنت بواسطة ذكائها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الاقنشة احدهما كونها تنحني على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تفنى مع الانظمة والتساوى كى تبعد عن هذه الاشكال على التدرج حسبما تقتضيه الطرق التى 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 سياتى لك ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في الفنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسى

فاذا اردنا مثل ان نرسم سطح منتشر (شكل ٢) مار بخطى

ا ب ث د ه ف و ا ر ش 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 و ه ف جرائم نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطحها من احد طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثانى بمنحني ا ر ش ه ف في نقطتي ا و ر القريبتين منه جدا ونعد خطوط ا ا و ب ر الخ المستقيمة وبعد تمام هذا نضع المسطرة على وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوي موضوعا دفعة واحدة على

ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التى يتقابل فيها هذا الوجه المستوي مع الخط المنحني ثم نمد ث ونبين بهذه الطريقة د و ه و ف

الخ فيحصل معنا حينئذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف و ا ر ش ه ف الذى يخالف قليلا السطح المار بمنحني

ا ب ث د ه ف و ا ر ش ه ف (راجع الدرس الثالث عشر)  
\* (بيان نشر الاخشاب المنحنية) \*

يلزم غالباً في عمارة المراكب: شريطة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو **ا ر ث** الخ ومحيطها الاعلا وهو **ا ب ث** الخ مرسومين على وجهين من هذه القطعة فاذا اردنا اجراء عملية النشر بدون اعوجاج المشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوية او المنتشرة لزم ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهاً بحيث يمتزج بالتعاقب مع اضلاع **ا ا و ب ر و ث ث** الخ (شكل ٢) فهذه الكيفية يتسم المنشار بقطعة الخشب ويرسم سطوحاً منتشرة

(ان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار) \*

نستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاحجار وهي عادة الاسطوانات والمحاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع محيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القبوة كما سنبين ذلك في الدرس الخاص بتقاطع السطوح ولذا يسمى هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي الالتحام هذه الاحجار مع الدقة باجرامها المختنية التي يحمل بعضها بعضها ولذا يسمى بسطوح الالتحام فمن المهم ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلي لتعريف مكافئة في وجهي حجري العقد اللذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر ويصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع - يندارنيك كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من المقوى او من الألواح الرقيقة وغيرها ويطلق الارنيك المذكور على وجه الآلة ثم ينظر هل المسطرة تنطبق انطباقاً كاملاً 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 ما ناله هذا بكنيسة بنهون بباريس وذلك لانك ترى به اقبية متسعة مرتعة جداء على

اربعة صفوف من الاعمدة الظرفية ولاجل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع سهولة تقطيع الخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بنحتها من منتصفها حتى تنضم حوافها بدون ظهور ادنى اثر في خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتفاعها فانه يجرد رؤيتها بترأى له انهم لمن اعظم ملح الفنون بخلاف ما اذا وضع عليها ثقل عظيم من جهة القبوة فان حوافي الخاريط الناقصة المماسية لبعضها و ليس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالكلية وتهبط القبة هبوطا كبيرا حتى يعتلى الفراغ الذي في داخل الخاريط الناقصة فيجبر الانسان حينئذ على تشييد كتاف عظيمة في وسط صفوف الاعمدة التي تسند عليها هذه القبوة ولاننا نرظر اقامة البناء ولوجعلت التحامات الخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة الوضع لبق البناء على حاله ويؤخذ من علم الهندسة في هذا المبنى ما يستعمل من الوسائل في الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط التام اضلاع جبر العقد المنحنية وهي ا ب

و ب ث و ث د و د ا و ا ر و ر ث و ث د و د ا  
(شكل ٣) امكن انما ان نحدد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا

منتشرا ما رادفة 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 ر ث و سطحا

رابعا ما بخطى د ا و د ا فاذا اجرينا ذلك في ابحار العقد المتجاورة  
تحققنا ان الواجهة المماسية تنطبق على بعضها انطباقا كاملا ومتى علمنا شكل

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 استمرار كسيرة بصفائح رقيقة لينة المادة فانهم يشتون  
هذه الصفائح على شكل طوح منتشرة وكيفية العمل هكذا



وهوانهم رسمون 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 يغطي **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 القبيب والقبوات) \***

قد غطيت القبوات الفاخرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من النحاس على موجب الطريقة السابقة

**\* (بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن) \***

قد يغطي مهندسوا 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 المتحد اكلها 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 فرضنا انهم 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 بوضع قطع الحديد والخشب التى يتكون منها المحيطات التى على شكل الزاوية من العربة واوضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستالمسافات التى تعينها تلك الاوضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الرقيق اللين الذى يثنيه على صورة سطوح منتشرة تمر بجميع طامات مفروضة فيحتاج اذن الى معرفة حل المسئلة التى في شكل ٢ و ٣ ثم ان كلامنا من الخحاس وصانع المداخن والسكمرى محتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه فى صناعة المداخن وكثير من القدور المستعملة فى المعامل مثلا ينبغي فى الغالب لاجل تصليح اعلا تلك المداخن والقدور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يمر بدفعة واحدة بقاعدة

**ا ب ث د** السفلى (شكل ٥) ايا ما كانت صورتها بقاعدة **ا ر ث د** العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذى يلزم جعله لصفحة الحديد او الجملة من الصفائح المعدنية المستوية التى يحدث منها عند ثنيها على وجه مناسب سطح منتشر يمر بدفعة واحدة بقاعدتي **ا ب ث د** و **ا ر ث د** وسنتكلم على هذه المسئلة فى المدرس الرابع عشر الذى يتعلق بالمماسات

وقد استحسن تغطية السطوح بجلب طويلة منتشرة فهى اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما فى (شكل ٤) واذا لبس العساكر دروعهم رأيت معظم القطع التى تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهى فى الغالب عدة جلب مخروطية 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 **م ن 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 انصاب المزدوج المنتصف اي الذي في الوسط ولاجل تقييم القارين المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواح معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها مضلعا 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 القواعد الى **ا ب ث د** وارادنا ان نضع الجانب الاعلا المنحصر بين خطي **ا ب ث د** و **ا ر ث د** فالتأتمد من نقطتي **سه و سه** الموضوعتين وضعنا مناسبا بين **ا ب ث د** و **ا 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 فالتأتمد نشرها في 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 عنى على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذى يمكن رسمه على المستوى هو الخط المستقيم فاذن يكون سه صه خطا مستقيما (شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ وضعه الذى 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 اتجاها عموديا على اتجاه الخيط المتقدم فتصل هذه العيدان من احد طرفيها بمحيط ابثده الخ ومن الطرف الاخر بمحيط ارشده الخ اللذين ينبغي ان ينطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا محكما

فتقيم حينئذ خيط سه صه ثم نشده على لوح ع ش كل (شكل ٦ مكرر) بحيث تكون عيدان ١١١ و ٢٢٢ و ٣٣٣ و ٤٤٤ الخ الصغيرة عمودية على الخيط المذكور ونرسم عدة اشكال مضلعة مثل الاشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ التى يتكون منها خطان متخنيان مستطيلان فتدل هذه الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والاعلا من المحيط الطولى من الجانب

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف فى كل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ الزاوية التى تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا انطباقا تاما على التمام الجانب المتصل ويجرى ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعي المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اى عود كان واتجاه الضلع الاخر على حسب وجه التمام الجانب الموضوع قبل ذلك توجهها عموديا على ضلع هذا الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل ببلطة او قادوم لم يبق علينا الا نقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل واتناظر  
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 الموضوع 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  
كلها 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 النقب 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 ينبغي 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 والقواعد العظيمة الظريفة  
التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الننون ومن اجل الخواص التي تظهرها  
الهندسة في السطوح

\*(بيان الامتوجات والارانيك المنتشرة)\*

اذا اريد ان يصنع في الننون سطوح مخننية منتبهة ببعض خطوط فالتا قسم  
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريرا وناخذ  
صورتها بواسطة الامتوجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث  
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحناؤها الطبيعي بدون تمزق وانطواء  
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس  
الرجال والنساء

\*(بيان اجراء العملية في تفصيل اقنعة 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 والبيكار في هذه العملية ينبغي ان يعتمدان مهارة الخياط ونحوه تقوم مقام ذلك في هذه العملية الهندسية الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر ومزيد التأمل وكثرة التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من اشكال السطوح المنتشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس وارىد جعلها مناسبة لما تقتضيه العادة وقصدها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية واصل ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما سلفناه من الملاحظات المتعلقة بالجوخ والبسط بالنظر الى سطوحها المنتشرة القابلة للامتداد والانكماش في عدة اجراء 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 وطياتها عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا لبست وحصل لها ادنى مس وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس او الضاغط 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 قداما الصنائعية انموذجا في صناعة الجوخ الظريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا في انواع الشاش والكشمير الموجود الآن

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 غير انه 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 وعباءة الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من القماش قليلة الالين ليحدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الخفيفة التي يلبسها الراقصون في الالاعاب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانهم ان يكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان الملابس التي تستعمل لمجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من القماش اللينة الخفيفة التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها المختلطة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقةها

وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من انتخاب القماش وتفصيل الملابس جارا على حسب ما يتعلق بعمليات الفنون المستظرفة من الاعتبارات والملاحظات التي لها دخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في اللبس وسعة الملبوس وصحة اللابس 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 واصافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والتزيين الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحناء السطوح المستوية اتصالا واجتماعها الاشكال المتنوعة الظريفة التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستظرفة تقدما كبيرا

ولنرجع الى ما كنا بصدده 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 هى الحادثة 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 مستوي واحد ثم نضع هذا السلم على الارض  
بحيث يكون اضعايه استقامة افقية وان لم يكونا في مستوي واحد منتصب  
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين

مسقطه الافقى وذلك ان ضلعي اب و ثد (شكل ٩) يتقاطعان  
في نقطة واحدة مثل هـ و هـ فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يمر كما في (شكل ١٠) بنقطة هـ على ثد  
وبنقطة هـ على اب ولنبدأ الآن من تقطعي هـ و هـ بقسمه

مسندى اب و ثد المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ١  
و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ ثم نمد خطوط  
١ ١ و ٢ ٢ و ٣ ٣ و ٤ ٤ و ٥ ٥ الخ فيحدث معنا سلم

معوج

ثم ان اجنحة طواحين الهوام من قبيل السلالم المركبة من اضلاع مستطيلة  
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احدها هذه الاضلاع

وكذلك سلم الصواري (المسمى بالبوافتكرو) فهو من قبيل السلالم المعوجة  
غير انه ينقص عنها ضلعا واحدا

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة  
جدا مشابهة للسلم الذى اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التى تبين



هذه الواجهة الصغيرة اسم الاصلاص المشتركة

\*(بيان اجراء العملية في عمارة السفن)\*

لاجل تطبيق قارير السفن نصنع سطوحاً منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما ينشأ ذلك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء من السفينة منخنية كالاجزاء التي عند مقدمها ومؤخرها لا يمكن ان نستخرج من الالواح العريضة جداً الاجوانب قصيرة جداً 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 الخيط ا ر ش د ه و غ انحنى

خفيفاً ومنتهظاً (شكل ١١) تحصل معنا حينئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل في العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طى جانب متصل كما في (شكل ١١) فانه لا يلاء على وجه الضبط المحل الذى عين له على قارير السفينة فينبغى اذن بواسطة طرق ميكانيكية أن نجعل هذا الوضع بحيث يلاء المحل المذكور وبهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجاً دائماً

وفي اجزاء السفينة التي يكون فيها انحناء القارير جسيماً لا يمكن أن نستعمل جوانب منخنية بدون ان تفسد بنفس هذا الانحناء

\*(بيان عمل الاخشاب المنخنية)\*

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها السفلى محيط

ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فائتأناخذ مسطرة ثابتة

على صورة خط مستقيم مثل د ه ونرسم بواسطتها مستويين يمين على

مضلع السفينة نقط م و ث و ه الثلاثة التي هي من ا ب ث

ونمد من تلك النقطة المذكورة خطوط م ١ و د ٢ و و ٣  
 الخ المستقيمة اعمدة على د ثم تقس 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 منحني م د و الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من  
 المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهه اذ خليا الخشبة المطلوب عملها  
 ويصنع وجهها الخارجي ايضا بعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينه وبين  
 السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون سمك الخشبة واحدا واما الوجه  
 الضيق الذي ينبغي وضعه على ا ب ث فان عمله يكون ايضا بواسطة  
 المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد ان زاوية حادثة من الضلع الثاني الموضوع  
 بالتوالي في 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 في المحال التي تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فالتأنيدي كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب  
 بان نعشقها مثنى ونضعها على صورة مستويات منتصبة متوازية كما في  
 (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة في آن واحد بواسطة قطع  
 من الخشب متينة تسمى بالزناير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين  
 او حافتيه وتكون المنحنيات التي تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك في محل  
 الارانيك او القواب واما اجزاء السفينة التي يكون انحناؤها قليلا بالنظر الى  
 الطول فانه يكفي ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تريبا مناسبا  
 ثم تنى هذه المناشير بحيث تتلاقى في النقط المعينة على محيط المزدوجات  
 المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذي فيه وجه الزنار  
 الذي ينطبق على القارين سطحا منتشرا على شكل منطقة قائمة فان

الزئاريسهل ثنيه على هذا القارين عرضا وطولا واذا كان الجزء الاصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزئار الذى ينبغى أن يكون متحدا معه سطحامعوجا لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب مزيد الاعتناء وبذل الهمة الكافية في تطبيق الزئار مع الدقة على مضع السفينة تطبقا صحيحا بشرط ان يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذى فرضه المهندس في رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة في الاجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الانسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهي اذا كان **ا ب ث** (شكل ١٤) جزءا من مستوى الزئار فالتساعين هذا المستوى بخطين يمر احدهما بالقارين على امتداد **ا ب ث** والاخر وهو **د ه** يصير خارج القارين ببعده مناسب ثم تقس بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادة من هذا المستوى و سطح القارين في كل من نقط **ا و ب و ث** على المزدوجات المختلفة

وبعد ان نضع قالب منحني **ا ب ث** على قطعة الخشب (شكل ١٥) التى يفصل منها الزئار نرسم **ا ب ث** ونقطع القطعة المذكورة بان نصنع امام كل من نقط **ا و ب و ث** الخرزوات داخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فتبين الزاويا المرتفعة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الخرزوات بحيث يحدد سطح منتشر او معوج ونعين في داخل هذا السطح نقط **ا و ر و ث** المتساوية البعد من **ا ب ث** ثم نعين كذلك نقط **ا و ر و ث** المتساوية من **ا ب ث** بقدر عرض الزئار فيحصل بهذه الطريقة اول وجه **ا ب ث ر ا** المنطبق على المزدوجات ثم نقطع الوجه الاعلا والاسفل بكيفية عمودية على وجه **ا ب ث ر ا** ونجعل لهذين الوجهين عرضا لا يتغير من سائر الجهات ثم نقطع الوجه الرابع عموديا على الوجه الثانى والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

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 تعمير توضيحه

وقد يستعمل في اعمارات المدينة السطوح المعوجة لاجل قطع اجزاء عدد بعض القبوات والسلام

ومن المعلوم ان درج السلام ينبغي ان تكون مستوية واقعية 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 التمامات 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 الدرجة تكون التمامات ب ث

و ه ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وتتكون صورتها كالاشكل 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 وتتسع 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 فاذا يدنو

التمام الدرج وهو ه ف العمودي دائما على ع ف ث من المنتصب عندما يقرب من ظاهر السلم ويدنو من الافقي عندما يقرب من عقدة السلم

ثم ان توالي 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 **هـ** سطحا معوجا فاذا قطعنا جميع  
الاجزاه المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا  
الارسم وجه الالتحام وهو **هـ**

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمد من نقط القسمه  
الى هـ ١ و ٢ و ٣ الخ المعينه على الضلع الداخلى وهو **هـ**  
(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 **هـ ب** العمودية على  
**و هـ** ومن ثم تكون **١ هـ** و **٢ هـ** و **٣ هـ** الخ دالة على ١ و ١  
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا فى (شكل ١٨) **١ هـ** و **٢ هـ** و **٣ هـ** الخ عمودية على  
**١ هـ** و **٢ هـ** و **٣ هـ** الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين  
فى **و هـ** بالنظر للنقط المتقابلة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فيكنى اذن أن  
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة زوايا **١ هـ** و **٢ هـ** و **٣ هـ** كى  
يوجد فى كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التحام **هـ ف**  
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحا تاما اذا بينها المعلمون بموجب ارادتك من  
الخشب ارا الحصى

ثم ان السلام المعبرة كالسطح المتصل ولومن جهة سطحها الاسفل تكون من  
قبيل السطوح الحلزونية 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 انها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في الفنون وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتحدثها الظواهر الطبيعية نصب اعيننا على الدوام

فاذا فرضنا خطا منحنيا مثل ا ب ث (شكل ١) وادرناه حول محور ا ث فان السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة او حركة الدوران وبالجملة فتي كانت تلك الحركة تامة بان كان مقدارها ٣٦٠ درجة فانها تسمى دورا

ثم ان كلا من نقط ب و ب و ب الخ يرسم في هذه الحركة دائرة وتكون جميع مستويات هذه الدوائر وهي ب - ب - ب - ب الخ متوازية وعمودية على محور ا ث الذي عليه مراكزها وهي و - و - و - و الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس السادس

وليس بلازم ان يكون منحنى ا ب ب ب ث مستويا حتى يحدث عنه سطح دوران عند ادارته حول ا ث وذلك انه اذا مدد من جميع نقط الخط المنحني وهي ب - ب - ب - ب الخ عمود ب و - ب و - ب و على محور ا ث فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان اذا كان مدها في مستوا واحد ويحدث عن نهاياتها وهي ب - ب - ب - ب الخ منحن مستوي 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 دوائر  $\overline{ب ب'}$  و  $\overline{ب'' ب'''}$  الخ التى سطوحها عمودية على المحور وموازية لبعضها دوائر متوازية أو متوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الأشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة أو دوائر أو منحنيات أخرى أو اجتماع هذه الخطوط يمكن أن نصنع عدة أجناس مختلفة من سطوح الدوران يظهر منها أنواع متميزة تميزا تاما على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبين على التوالى سطوح الدوران السهلة المهمة فى الصناعة فنقول

\* (بيان سطوح الدوران المتولدة) \*

\* (من حركة خط مستقيم) \*

إذا كان خط التولد عمودا على المحور فإنه يرسم عند إدارته حول المحور المذكور مستويا وقد ينشأ فى الدرس السادس الطرق المتنوعة التى تحدثها هذه الخاصية فى الفنون لأجل صناعة سطوح مستوية

وإذا كان خط التولد المذكور موازيا لمحور  $\overline{و و'}$  (شكل ٢) فإنه يرسم أسطوانة مستديرة وهى التى سبق ذكرها وخاصيتها وتطبيقها على الصناعة فى الدرس الثامن

وإذا كان الخط المذكور مارا بنقطة من محور  $\overline{و و'}$  (شكل ٣) ومائلا بالنسبة لهذا المحور فإنه يرسم مخروطا مستديرا قد ذكرنا خاصته وتطبيقه على الصناعة فى الدرس التاسع

وإذا لم يكن ذلك الخط موازيا للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الآخر فإن الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفا فى الاتجاه

وإذا لم ير خط  $\overline{أ ب}$  المستقيم بمحور  $\overline{و و'}$  أمكن أن نفرض خطا ثانيا مثل  $\overline{أ -}$  موضوعا بالتماثل لمستوى  $\overline{و و'}$  المار بهذا المحور ويتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة  $\overline{ح}$  الموضوع على مستوى التماثل وإذا  
 ادركنا مستقيمي  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{أ ر}$  بمحركة متساوية حول المحور ليقربا  
 أو يبعدا مع التساوي عن مستوى  $\overline{و و}$  فإن ذلك المستوى يكون دائماً  
 مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى  
 المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل وخطي  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{أ ر}$   
 المستقيمين فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على  
 مستوى  $\overline{و و}$  فإنه يحدث عن نقط تقاطعهما خط منحني وهو دائرة نصف  
 نهار سطح الدوران المتولد من مستقيمي  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{أ ر}$  ويتولد أيضاً  
 من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادارتهما حول  $\overline{د و}$  السطح  
 المذكور وشكل  $\epsilon$  يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا  
 السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة إذا بين لهم المعلوم ذلك  
 على أن يتركب دوائر من المقوى متصلتين بمحور وبمخيوط متساوية الميل في  
 جهتين متقابلتين

\*(بيان المقرض)\*

قد صنع العلم فرى وهو من قدماء المهندسين مقرضاً عظيماً له فصلتان  
 مستقيمتان أحدهما ثابتة وهي  $\overline{أ ب}$  (شكل  $\epsilon$ ) والآخرى وهي  $\overline{أ ر}$   
 دائرة حول محور  $\overline{و و}$  وهي دائماً مماسة في دورانها الأولى وتقطع ما بينهما  
 من الاجسام

\*(بيان محلات الغزل)\*

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل  $\overline{أ ب}$  و  $\overline{أ ر}$  دائرين  
 حول محور  $\overline{و و}$  وهذه المحلة إذا لف الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها  
 وإذا اردنا أن نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملقوف على وسطها فالتا تقرب  
 القضيبين من المحور بطريقة ميكانيكية سهلة

\*(بيان الكرة)\*



يكفي لعمل هذا السطح تدوير دائرة  $\overline{أم ب ن}$  (شكل ٥) حول قطر من اقطارها مثل  $\overline{أ ب}$  وحيث ان جميع نقط محيط دائرة نصف النهار التي هي  $\overline{أم ب ن}$  منساوية 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 نقط 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 نقط 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 نقط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ما عداها من النقط 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  $\overline{م ه}$  من دائرة  $\overline{أم ب ن}$  (شكل ٥) يكون اصغر من قطر  $\overline{م ن}$  ويرتاد صغره كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت

الدوائر حول محور  $\overline{أ و ب}$  العمودي على وتر  $\overline{م ه}$  فان نصف وتر  $\overline{م ه}$  يرسم مستويا وترسم نهايته محيطا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة فاذن ينتج اولان كل قطع مثل  $\overline{م ه}$  حادث عن مستوي الكرة يكون دائرة وثانيا ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى والعظمى 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 اى بعد من هذا المحور نصف دائرة

$ا ط$  - التي قطرها  $ا ب = ا ب$  وموازيه فاذا اخذنا آلة قاطعة  
تبرز بقدر  $ط م$  المساوي لما بين  $ا - و$   $ا ب$  من البعد ووجهناها  
بالتوازي على امتداد  $ا ط$  - فان سنها الذي هو  $م$  يرسم دائرة نصف  
النهار التي هي  $ا م ب$  - فاذن اذا وجهنا المخرطة فان هذه الدائرة  
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزاحق ساقها وهو  $ط$  على طول  
دائرة  $ا ط$  - التي مركزها هو عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة  
دائما نحو  $و$  التي هي مركز دائرة  $ا م ب$  و  $ا ط$  - فمن الواضح اذن  
ان كلامنا  $ط م$  و  $ط م$  يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين  
المذكورتين حين يقطع  $ط$  دائرة  $ا ط$  - وينبغي ان يكون دائما  $م$   
مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمكن سن الآلة على سطح الكرة مع  
الثبات

ويمكن صناعة الكربواطة الصب وبذلك تصنع كال المدفع التي هي اكر ممتلئة  
ولاجل صناعة الجب والابوس التي هي اكر مخوفة ينبغي صناعة قالب تكون  
صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما ممتلئة مثل  $آ$   
والاخرى مخوفة وهي  $ب ب ب$  وبين هاتين الكرتين نصب الجب  
والابوس فيرى من ذلك ان صحة العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي  
ان يكون الجزء  $آ$  و  $ب ب ب$  شكل كروي تام الثانية ينبغي

أن يكون مركزهما موضوعين في نقطة واحدة ثم ننقل بواسطة المخرطة سطح السبك على وجه كروي

ولنخذ في دائرة  $ام ب م$  (شكل ٩) وتر  $م م$  ونصف قطر  $و ا$  عمودا على هذا الوتر فإذا ادركنا شكل  $ام$  وحول محور  $اوب$  نحصل معننا ثلاث حالات الاولى انه يتولد من قوس الدائرة الذي هو  $ام$  طيلسان كروي الثانية انه يتولد عن قطعة الدائرة وهي  $م ام$  قطعة كروية الثالثة انه يتولد عن قطاع الدائرة الذي هو  $وم ام$  قطاع كروي

وينبغي ان نحل ما كثر استعماله من تلك المسائل في الفنون فنقول  
ماسطح الطيلسان الكروي الذي هو  $م ام$  (شكل ٩) وماسطح الكرة التامة وما يحجم قطعة الكرة وقطاعها وما يحجم الكرة التامة

ولاجل بيان سطح طيلسان  $م ام$  (شكل ٩) نفرض اننا نبدا  $م ام$  الذي هو قوس دائرة نصف نهار الكرة بكثير الاضلاع الذي لانهاية لعدد اضلاعه مثل  $م م$  و  $ح ح$  الخ ثم ندير هذا المضلع حول محور الطيلسان وهو  $اوب$  فيحدث عن كل جزء من الخط المستقيم وهو  $م م$  و  $ح ح$  الخ مخروط ناقص يكون محوره  $اوب$  ويكون بين السطح الكلي لهذه المخاريط الناقصة وسطح طيلسان  $م ام$  الكروي مخالفة قليلة بقدر ما يوجد من الاضلاع في مضلع  $م م ح ح ا ح م$  فحينئذ يكون سطح المخروط الناقص القائم الذي هو  $م م م م م م$  مساويا لمجموع محيط القاعدتين مضروبا في نصف ضلع  $م م$  اعني ان سطح المخروط الناقص الذي هو  $م م م م م م$  = (محيط  $م م$  + محيط  $م م$ )  $\frac{1}{2}$

وان سطح المخروط الناقص الذي هو  $م م م م م م$  = (محيط  $م م$  + محيط  $م م$ )  $\frac{1}{2}$  وهكذا

فإذا مددنا  $ح ح$  موازيا للمحور فان المثلث القائم الزاوية الذي هو

م د شه يكون مشابها للمثلث القائم الزاوية الذي هو  $\overline{وع}$  الحاد  
 عن  $\overline{وع}$  العمودي على وتر م د وعن  $\overline{ع}$  العمودي على محور  
 ا و ثم على د شه وعن  $\overline{وع}$  العمودي على م شه  
 فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو د شه  
 : م :  $\overline{ع}$  :  $\overline{وع}$  : المحيط الذي نصف قطره  $\overline{ع}$  او الذي  
 قطره  $\overline{ع}$  الى المحيط الذي نصف قطره  $\overline{وع}$  او الذي قطره ا ب  
 وذلك اذا فرضنا ان عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر  
 بين  $\overline{وع}$  و  $\overline{وم}$  =  $\overline{وا}$  الذي هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان  
 م د محيط  $\overline{ع}$  = د شه محيط ا ب ولكن  $\overline{ع}$  ي  
 =  $\frac{1}{2} (\overline{م م} + \overline{د د})$  فاذن ينتج ان م د  $\times \frac{1}{2}$  (محيط م م  
 + محيط د د) = د شه  $\times$  محيط ا ب

والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذي هو م م د د  
 والحد الثاني هو محيط دائرة نصف النهار مضروباً في د شه الذي هو  
 ارتفاع المخروط الناقص

فاذن متى كان كثيرا لاضلاع الذي هو م د ح الخ متكونا من عدة اضلاع  
 صغيرة جدا فان السطح المتولد منه يكون مساويا لمحيط دائرة نصف  
 الكرة مضروباً في مجموع ارتفاعات د شه و ع شه الخ من المخاريط  
 الناقصة المتولدة من دوران اضلاع المضلع فاذن ينتج

اولا ان سطح الطيلسان الكروي وهو م ا م يكون مساويا لمحيط الدائرة  
 الكبرى مضروباً في سهم الطيلسان وهو ا و

ثانياً ان سطح الكرة يكون مساويا لمحيط دائرة القطر الكبرى مضروباً في قطر  
 هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة ا م ب م الكبرى يساوي المحيط مضروباً  
 في نصف نصف القطر اى ربعه كان سطح الكرة مساويا 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 أو سطح من الرسم أو من صفائح النحاس أو الحديد أو الرصاص أو غير ذلك ويستنتج منه أنه يلزم مقدار يساوي أربعة أمثال المقدار المذكور من أدوات الرسم أو من الصفائح المعدنية لتغطية الكرة بتمامها التي دائرة نصف نهارها هي الدائرة المتقدمة وكذلك يغطي نصف الكرة التي قاعدتها الدائرة المتقدمة بمقدار على النصف من المقدار السابق

\*(بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها)\*

إذا اعتبرنا أن سطح الكرة مركب من أوجه صغيرة جدا كثيرة العدد يمكن أن نعتبر أن كلامنا هذه الأوجه مستوي يكون قاعدة لهرم رأسه في مركز الكرة فيكون مجموع هذه الأهرام هو عين حجم الكرة وحيث أن حجم كل هرم يساوي سطح قاعدته مضروباً في ثلث ارتفاعه الذي هو هنا ثلث نصف القطر فإن حجم الكرة التام يساوي مجموع الأوجه الصغيرة التي جعلت عوضاً عن سطحها المنزروباً في ثلث نصف القطر وعلى ذلك يكون قياس حجم الكرة مساوياً بالسطح مضروباً في ثلث نصف قطرها أو يساوي أربع مرات سطح دائرة ثلثها الكبرى مضروباً في ثلث نصف القطر

وسبب أن حجم قطاع الكرة وهو  $و م أ م$  (شكل ٩) يكون مساوياً لحاصل ضرب سطح طيلسان  $م أ م$  في ثلث نصف قطر الكرة فإذا طرحنا من هذا الحاصل حجم مخروط  $م و م$  نحصل معنا حجم القطعة الكروية وهي  $م أ م = \frac{1}{3} محيط أ م ب م \times أ و - \frac{1}{6} محيط م م \times و و \times م و$

ثم إن الطريقة التي نستخرج بواسطتها الكرة تفيدنا في شأن هذا السطح طريقة تركيب تستعمل بكثرة في الفنون فإذا لزم تغطية قبة كروية بصفائح مستوية من المعادن أو من أي مادة كانت نقسم تلك القبة بعدة مستويات متوازية إلى مناطق أو قطع مستديرة مثل  $م م م و و و ح ح ح$  الخ (شكل ٩) ونفرض أنها مخروطية فتكون قابلة للانتشار وها هي الطريقة



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 وينفعهم ما في ذلك الطريقة  
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البناؤون والنجارون  
وبعد أن بينا طريقة صناعة السطح الكروي بمخاريط لزم ان نبين طريقة  
صناعته بأسطوانات فنقول

لنفرض 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 ونصور 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 قطع  
تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدوائر فتكون تلك النقط رؤسا  
للاشكال المضلعة المنتظمة المشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية فجميع  
الاضلاع المتوازية المتحدرة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة قمر اضلاعها دفعة  
واحدة بدائرة نصف النهار المتوازيين فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية  
مشابهة من حيث سطحها الشقوق قاوونة مضلعة وكلما كثرت اضلاع المناطق  
المذكورة قرب السطح الحادث عنها من سطح الكرة

\*(بيان اجراء العملية)\*

قد يجمع على هذا المنوال بواسطة شقوق اسطوانية لاجل صناعة لكر او قطع كرة  
الحريير المصمغ والجلد والمقوى والحريير الخالص والورق والقز وما شابه ذلك  
مما يستعمل في صناعة القصب الهوائية والمثانات الصغيرة المملئة 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 مظلات الشمس والمطروفي وقاية العين معينا 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 نهاركة  
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  
معنا هذا التناسب وهو  $\overline{و م} : \overline{و ن} :: \overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م}$   
فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شدة  
وبذلك نعرف شكل هذه الشقق

\*(بيان اجراء العملية في علمي الجغرافيا والهيئة)\*

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين استعمالا مفيدا  
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغير الكرة  
الا قليلا

وقد مكث الناس قرونا عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع  
جهااتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علما 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 مامر منها بهذين القطبين وجه لودوائر  
انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجه لودوائر  
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 مواكبات 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 بنصف  
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد  
فرانسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخرى يسمى جنوبيا  
تسمية له باسم القطب المشتل 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 كدائرة 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  
وثوانا وهلم جرا

(بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية ليمتسر بها الخطوط الاماكن) \*

كما كان سطح المستوى ينقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية  
ليتميز بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك ينقسم سطح  
الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستبين 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 وهوان نبتدئ 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 نبتدئ في العد من ٠° و ١°  
و ٢° و ٣° الى ١٨٠° من درجات الضول 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 الحقيقي الذى لا يلبس بوضع آخر ان نعرف عدد  
الدرجات الذى يدل على طولها والذى يدل على عرضها

وانفع عملية في الجغرافيا والهيمّة 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  
كمما رأت في تعيين وضع اى نقطة على الكرة بواسطة عددين وهى اقرب شها  
بالطريقة التى نستعمل في تعيين وضع اى نقطة على مستوي بواسطة  
عددين

وقد تستعمل إحدى الطريقتين في رسم سطح الأرض الكروي على خاتمة  
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التي هي  $\alpha$  و  $\alpha$   
و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  الخ (شكل ٢ لوحة ٥)  
دوائر انصاف النهار المنفردة على هيئة مستقيم فترسم حينئذ الخطوط  
المستقيمة المتوازية التي هي  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  الخ  
الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لان خط  $\alpha$  و  $\alpha = 2$  و  $2$   
 $= 3$  و  $3$  وهكذا مع ان المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط  
الاستواء

ولنفرض الان ان تقاسيم  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  الخ  
تمتد بالتناسب الى المتوازيات المقابلة لها وهي  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$  و  $\alpha$   
و  $\alpha$  و  $\alpha$  الخ فاذا فرضنا ان المربعات صغيرة جدا يمكن ان نعتبر ان كل  
واحد من المربعات التي رسمت على الكرة مربع مستو وطوله وعرضه مناسبان  
للطول والعرض من المربع الممتد بالتناسب في الجهتين على الخاتمة  
المستوية

حينئذ تكون جميع الاشكال المرسومة على الكرة في الخاتمة المختصرة منقولة  
على اجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الاجزاء الصغيرة التي تتركب  
منها الاجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها اجلة زوايا  
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر انصاف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل  
ما يسمى بالخانات البحرية

\*(بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق)\*

\*(في علم الملاحة)\*

اذا اراد الانسان في سياحته ان يسلك طريقا واحدة يتولد عنها مع دائرة  
نصف النهار زاوية واحدة فان تلك الطريق ترسم على الخاتمة الكروية بواسطة  
خط مستقيم ممتد من النقطة التي يبتدئ منها السباح الى النقطة التي ينتهي 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 انها ساع عدم  
تساوى اجزائها المختلفة التي تظهر من سطحها تغاير قليل لا صورة سطح الكرة  
بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة  
لا يساوى جزءا من الف من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم  
جرمها

وقد تكون خشونة قشر النارنجة مثلا بارزة بالنسبة لجمجمها 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 نبين عدد درجات الطول والعرض اللذين  
يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة  
المقصودة الى سطح الكرة

وسنبين عند الكلام على معادلة السوائل كيفية قياس ارتفاعات النقاط  
المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجمولة حد التشبيه بواسطة الآلة  
المسماة بالبارومتر ومثل هذه الاقيسة ليس مما يرغب فيه الانسان كمال  
الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خلبان او طرق ليعرف بها  
ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهم ما 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

تعريجات قليلة الامتداد او كثيرته وظاهرة قليلا او كثيرا على سطح الكرة  
الظاهر ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها يبعدها  
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 تنقاد 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 واذا لم يكن هنالك مانع  
ترى عود الهوائى الواقع على القطب انقل من العمود الذي يقع على خط  
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية  
وغيرها

وسياأتى لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث  
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعنة  
البندول في الاماكن المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج  
المستعملة في عدة فنون

\*(بيان الكرة السماوية)\*

نستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى  
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض  
فنفرض اولاً ان السماء كرة محورها ومركزها عين محور الارض ومركزها وثانيها  
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة  
وحيث ان معظم الكواكب وهى الجيوم على بعد واحد من بعضها في الكرة  
السماوية كان وضعها الاصلى لا يتغير

فاذا كان هذا النجم 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 بتأمله 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

وبعرفة هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم النجمون 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 لعلم الفلك عند المتأخرين علوشان ومزيد اعتبارا اكثر مما كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقها على الصناعات من ادنى نحاس يصنع قعاعا على شكل مخروط قائم مستديرا يقطعه بالانحراف على وضع مائل اذا اراد تطبيقه على اناء مثلا الى اعلامه هندس يحسب سير الاجسام السماوية وشكل المخاريط النظرية التي قواعد 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

وقول 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 عند جميع الناس حيث انهم استعملوا فى اشغال كثيرة نباشر علميتها كل يوم بايدينا او تكون نصب اعيننا فلا مانع 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 تمكث ثابتة بالنسبة اليها بل نراها ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتخفض جهة المغرب حتى تختفى الى غد

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دائرة بجميع هذه الدوائر متحدة المحورو هو عين محور الارض ولذا كان يترأى انما من منظر السماء كأن القبة السماوية لها 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 سر 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 فاذن 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 طرف 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

لأفق عدة تقط مختلفة من الارض يكون دائماً على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذن يترأى لسان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد من كوكب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قريها 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 فإذا 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 الكرة بمنزلة سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فإنه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقة لان الحلقات التي نستعمل 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 الخواتم 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 وفي حائط يحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها حبل

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 رربعين من السطح الحلقي 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 القباب 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 كرتي **ا د ه** و **ث ف غ**  
وقد تركب الآنية 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 ز** و **ط ع** و **س ه** و  
وحين يضع النجار الخراطة 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 كادلة الاستدارة ويسمونها بالقشرة  
ويافون على هذه الحلقة حبل لا 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 الذي يظهر مع  
التدريج بهيئات مختلفة مثل **آ** و **أ** و **ب** الخ كما في (شكل ١١)  
ولم يكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تجبروا في المعارف الهندسية  
عرفوا بغاية السهولة ان خاتم زحل الذي تتغير مناظره وهى **آ** و **أ** و **ب**  
ويكتنف تارة كرة زحل وتارة يتقطعها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والنظم  
وتكني طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور

والسطح الحلقى الذي يستعمل في انثون بكثرة هو الطارة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من  
جهة محيطها على هيئة سطح حلقي متولد عن دوران قوس دائرة  
ويحدث ايضا عن قطع عجلات عربية مثل  $\overline{م م م}$  و  $\overline{م م}$  (شكل ١٨)  
سطح دوران حلقي ويكون جزء هذه العجلات الذي في مركزها مصمتا وهو  
ما يسمى بقلب العجلة وهو  $\overline{أ ب ث د}$  ويضم سطح الدوران المذكور  
بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التي تصنعها القطع  
وتكون القطع المذكورة المتراكبة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد  
يتصلب بها اطراف القطع التي هي مسطرة عليها

وهناك عجلات تكون ساثرانصاف الاقطار بالنظر اليها في مستوا واحد مثل  
 $\overline{ر ر ر ر}$  وحينئذ تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات  
على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار  $\overline{ض ض}$  و  $\overline{ض ض}$  الخ  
بالنظر اليها متجهة كاضلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من  
جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها في 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 التي اشتهرت دون غيرها بساذجية  
تركيبها لانها مركبة من الواح رقيقة السمك تسمى دفوقا وملتحمة باضلاعها  
الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر  $\overline{أ ب}$   
 $\overline{د ا ر د}$  و  $\overline{د ث د}$  كما في (شكل ١٩) وبقيت على ذلك  
الطى حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوانبه هي  
التحامات الدفوف

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 حزمته يدري سمي مدخلا  
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسباً أن يضمها من الطرفين  
بأن يهد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير  
ولا يتوقف هذا العمل الاعلى بمجرد النظر فلذا كان يشأ عنه عدم الانتظام  
الذى يضر بصناعة البراميل

ويجب علينا ان نتم بامتعمال طرق هندسية لتجعل للدفوف شكلا كاملا  
الانتظام فلنفرض ان كل دف ينثنى بين ثلاث نقط ثابتة كنقط **أ** **ب**  
**و** (او اكثر شكل ٢٠) وان **و** عبارة عن محور برميل دفة **أ ب** **ث**  
فيتحصل معنا قارة سلاحها موضوع في المستوى الجانبي بمعنى انه يمر بمحور  
**و** ولنفرض ان هذا السلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذکور وتارة  
يمكن سيره ور جوعه في مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت القارة  
على وجهه لاثق من دف **أ ب** **ث** فثنا نضع الوجه الصغير والامن اعلاه على  
حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانیا بقلب هذا الدف  
اي جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية  
الصبط

وقد اسسوا بمقتضى هذه الطريقة فبريقة عظيمة في مدينة غلاسكوونية  
ببلاد آيتوبيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الآن وفي فرنسا ايضا  
فبريقة يظهر انها نجحت في هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع  
عوديا على المحور ثم نحفر الحزم المسمى مدخلا بشاره مشابهة للجنكار وهي آلة  
من آلات النجارة لها ضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف  
بخلاف 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 بنسبة  
الدخول من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات في المدخل ثم يرتق البرميل  
بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب والحديد عوضا عن الدوائر الوقتية  
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 ش 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 النبيذ والماء والعرق وما شبه ذلك من باطن السفينة المسمى خنسا  
وكذلك المسافة التي تبقى لجل المواد الاخر التي يتم بها وسق السفينة

(وما ينبغي التنبيه عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف هي **م و د**  
**و ع** المفروض تساويها متلاصقة فاذا تكون مراكزها الثلاثة متباعدة  
عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا مددنا في مثلث  
**م د ع** من رأس **د** خطا مستقيما كخط **د هـ** عودا على **م ع**  
وفرضنا ان **م ش = ش ع = ١** نخرج ان **م د = ٢** ثم انه  
يمتضي خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان **د ش = ١ = م د**  
**م ش = ١ = ٤ - ٣**

ويؤخذ من ذلك ان خط **د ش** يساوي تقريبا **٧٣** و **١** الا ان  
مركزي **م و ع** يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر  
البتاني **= ١** فاذا يكون مقدار ارتفاع مركز **د** فوق الارض **٧٣**  
**د** واذا كانت بنية **د** موضوعة وضعها كما على بنية **ع** كان ارتفاع  
مركز **د** فوق الارض مساويا لنصف القطر ثلاث مرات فاذا يتوفر من  
نعشق كل صف من البراميل **٢٧** جزءا من مائة من نصف القطر تقريبا

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزءاً من مائة من نصف قطر  
البتاني يضع من الانسان مسافة كبيرة ويمنع 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 المجوفة التي قطرها واحد وعبارها واحد كيان منتظمة  
بمستويات اقضية كما في (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيان في العادة  
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي وواجهها متماثلة 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  $\overline{AB}$  فاذا عددنا مثلاً ما في صف  $\overline{R}$  من الكلال وجدناه  
يبلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + R)$$

فنضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكلال التي في الصفوف الطرفية وهي

$$\overline{11} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D} + \dots + \overline{R}$$

وهو  $\overline{AB} + \overline{C} + \overline{D} + \dots + \overline{R}$

وليكن  $\overline{D}$  مثلاً عبارة عن عدد كل صف  $\overline{11}$  فيكون كل من صفي

$$\overline{B} + \overline{C} + \overline{D} + \dots + \overline{R}$$

$$\overline{11} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D} + \dots + \overline{R} = \overline{3} + \overline{D}$$

$$+ \overline{2} - \overline{R}$$

فاذن يكون مقدار مجموع كل الكوم  $\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + \dots + R)$

$$\times (\overline{3} + \overline{D} - \overline{R})$$

فاذا لم يكن في صف  $\overline{11}$  الاكلة واحدة فان المنشور بصير هرما مربعياً

عدد كلاله

$$\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + \dots + R)(\overline{3} + \overline{D} - \overline{R})$$

او  $\frac{1}{3} (1 + 2 + 3 \text{ الخ } r + r) (2 + r + 1)$  واذا كان  
 الكوم مثلثيا فان  $11 = 10 = 9 = 8 = 7 = 6 = 5 = 4 = 3 = 2 = 1$  و  $10 = 9 = 8 = 7 = 6 = 5 = 4 = 3 = 2 = 1$  فاذن  
 ينتج ان  $11 + 10 + 9 + 8 + 7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 66$  و  $66 = 11 \times 6$  فاذن يكون عدد كل الكوم المثلثي الذي صفوف كاله  $r$   
 $(1 + 2 + 3 \text{ الخ } r + r) \times \frac{1}{3} (2 + r + 1)$   
 \* (الدرس الثاني عشر) \*

\* (في بيان السطوح الخزونية) \*

ينبغي لنا قبل الشروع في بيان خواص السطوح الخزونية وتطبيقها على  
 الفنون ان نختبر المنحنيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح  
 وذلك بان نرسم مستطيل  $وش$  ك  $ا$  (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية  
 العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل  $ا - ب$  و  $ب - ث$   
 و  $ث - د$  الخ ونمد خطوط  $اا$  و  $بب$  و  $ثث$  و  $دد$  المائلة  
 وهلم جرا فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها حيث انها تقطع  
 متوازيات اخرى مثل  $ا - ب = ب - ث = ث - د = د - هـ$  الخ  
 و  $ث - د = د - هـ$  وغير ذلك الى اجزاء متساوية

ولنفرض الان ان المستطيل المذكور ينثنى حتى يصير على صورة شكل  
 اسطوانى يكون احدا ضلعا  $وش$  ونعلق الاسطوانة بالكلية بحيث  
 ينطبق ضلع  $اك$  على  $وش$  انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة  $ا$   
 على نقطة  $و$  و  $ر$  على  $ا$  و  $ث$  على  $ب$  و  $د$  على  $ث$  وهلم  
 جرا حيث كانت الاضلاع موازية لضلعي  $وش$  و  $اك$  كانت معينة  
 على مستطيل  $وش$  ك  $ا$  بخطوط  $ح - ح$  و  $ر - ر$  و  $ط - ط$   
 الخ المستقيمة الموازية لضلعي  $وش$  و  $اك$  الان هذه الخطوط المستقيمة  
 المتوازية تقطع على المستطيل مائلات  $اا$  و  $بب$  و  $ثث$   
 و  $دد$  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 ش الخ (شكل ١)  
ومن اضلاع ح خ و رض و ط ع الخ لا تتغير  
فحينئذ اذا انضمت مائلات ١١ و ب - و الى الاسطوانة في نقط  
ا و - و ب و ث و ش و ذ الخ (شكل ١) حدث عنها  
منحنية تكون منه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته  
وهذا المنحنى المنفرد هو الذى يطلق عليه اسم الخط البريى او الحلزونى  
الاسطوانى

واذا اتنى المستطيل بحيث يحدث عنه اسطوانة فاعدها دائرة تحصل الخط  
البريى المستعمل كثيرا فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران فى زمن واحد من نقطة ش احدهما على  
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل  
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يمران فى زمن واحد بنقط ح خ  
اولا وبخط رض ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيتحصل  
لنا بمقتضى خاصية الخطوط المتناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ غ :: ش ص : ض ضه :: ش ع  
: ع ع وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش شه من قاعدة ش ك  
بكميات خ غ و ض ضه و ع ع الخ مناسبة للبعد بين ضلع  
و ش و اضلاع ح خ و رض 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 المذ كورين متناسبة فان النقطة المذ كورة ترسم خطا برييا  
او حلزونيا كالخط المرسوم فى (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحلزونى  
حادثا من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك  
المحور بالنسبة للكمية التى تدورها حول المحور المذ كور

وبناء على ذلك يمكن للخراط ان يرسم شكلا حلزونيا 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 او الحلزوني فاذن تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريمي او الحلزوني المتينة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهي الخطوة الحلزونية

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع او غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا صنعنا شكلا ثانيا مما نلنا الاول وننفيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فجدت شكلا حلزونيا متجاها متضادا لاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم في (شكل ٣)

وحلزون (شكل ٣) هو الدائر جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائر جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كفاي شكل 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 او المحدبات 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 ولا تتجه محورا الاسطوانة

ويطلق اسم البريمة على اسطوانة **ا ب ث د** (شكل ٥ و ٦) التي تحتوى



على البرمة فوق سطحها المحذب وبطاق 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 مرسوما  
على محيطهما ورسمنا فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احدهما  
معدبة والاخرى مجوفة يحدث من ذلك برمة وبينها ويكونان متحدين في البرمة  
والخطوة فاذن 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 يتقص من  
حجمها شي في سائر الجهات

واذا فرضنا اننا نبدأ بادخال طرف البرمة المحدبة 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 البرمي المستعمل مولد البرمات فبذلك ترسم الصورة  
الجانبية من سطح البرمات المحدبة سطح البرمة المجوفة فاذن تكون البرمة المحدبة  
بتمامها في المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البرمة في بيتها  
وقد صنعوا بطريقتة هندسية مع الاشتمال البريمات المثلثة والمربعة ليتيسر  
للتلاميذ ان يفهموا على حقيقة مساقط (شكلى ٥ و ٦) وهذا هو اعظم  
ما يترنون به في العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الحلزونات 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

والبريمات استعمال في الفنون غير منقطع فانها تارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل اعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام  
على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولنقبه كما في (شكل ١) على ان خطوة  $\overline{وا} = \overline{اب}$  الخ من البريمة  
يمكن ان تكون صغيرة جدا بالنسبة لطول  $\overline{ش}$  من محيط الاسطوانة  
وعلى ان مثلث  $\overline{ش ك شه}$  يحدث مقياسا مربكا من اجزاء  $\overline{خ غ}$

و  $\overline{ض ضه}$  و  $\overline{غ غ}$  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  $\overline{ش خ}$  و  $\overline{خ ض}$   
و  $\overline{ض ع}$  الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاطوال قليلا  
بالنسبة لارتفاعات  $\overline{خ غ}$  و  $\overline{ض ضه}$  و  $\overline{ع ع}$  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  $\overline{اب}$  (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة  
ونفرض ان خطوة بريمة  $\overline{م ن}$  التي محورها مواز لخط  $\overline{اب}$  يكون

مقداره عشر محيط الاسطوانة المفصل عليها البريمة المذكورة وان مقدار  
نصف قطر هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح  $\overline{ح خ}$  المستدير

المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضا ان الخطأ الناشئ عن  
تقاسيم مسطح  $\overline{ح خ}$  يبلغ جزءا من الف من متر وهذا الايتأتى في العمليات

المضبوطة فيكون محيط مسطح  $\overline{ح خ}$  اكبر من خطوة البريمة مائة مرة

وكل دور من ادوار  $\overline{ح خ}$  لا يمكن ان يقدم شاخص  $\overline{ش ص}$   
المجذوب بهذه البريمة ولا يؤخره الا بمقدار خطوة واحدة فاذا لم يكن الخطأ

الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجزاء من مائة من الخطأ  
السابق في تقاسيم دائرة  $\overline{ح خ}$  فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على  $\overline{ح خ}$

جزءا من الف من متر فلا يمكن ان يجاوز الخطأ الحاصل على  $\overline{اب}$  جزءا من

مائة من ملية تراعى انه لا يجاوز طول اقل من الطول الذى يعرف مقداره بمزيد  
الالتفات وامعان النظر

واذا ادركنا دائرة **ح خ** بحيث يكون الدليل الثابت الذى هو **ز**  
مقابل **ا** بالتوالي للتقاسيم القرية جدامن هذه الدائرة وهى **١ و ٢**  
**و ٣** الخ فالتقسيم مستقيم **ا ب** الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك  
ما بينها من الاختلاف فى التساوى وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات  
متناسبة على حسب النسب التى يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط **ا ب**  
وتقاسيم دائرة **ح خ** وينبغى ان نبين للتلاميذة تلك الآلات بيانا  
شافيا فتقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البريمات فتارة يكون قطع البرمة  
العمودية على الخزون المولد مثلثا متساوى الاضلاع وتارة يكون مربعاً 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  
اولا بعداها 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 تكون اكبر من خطوة البرمة بتمدار **١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠**  
وحينئذ لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لأجل ابعاد الاسطوانتين  
او تقريبهما من بعضهما الا **١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠** وهو اقل من  
الخطوة المذكورة فنعلم 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 اوجوبها مع غاية

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه بمجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة آلات 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 الاختصاص الآلة اوارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا وبهذا نتقف في المكان اللازم وقوفها فيه مع غاية الضبط وهنالك برميات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المرآة في وضعها الحقيقي وبرميات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعضها او لفصلها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدّة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة كجذع شجرة كبيرة او صغيرة او حول وتد بسيط فترسم شكلا حلزونيا وفي بعض الاحيان ينفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الياف تنمى على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والشجائر عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهنالك عدّة 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 تستره العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها بادي رباط

وهنالك تفصيلا على الخوايز والمناقب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخار بور في الجلد الثاني في مجت شرح الآلات

\*(بيان الاعمدة الملتفة)\*

يتراى لسان بعض جذوع الشجرة التي اذا التف 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 انيك الاعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي اعمدة غير ساذجية وليس لها متانة الاعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول وانظر زينة جديرة بالفنون المستطرفة هي اكاليل الازهار التي تلتف التفافا حلزونيا حول اعمدة منتظمة او حول اثواب 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 دائرة يجوب مركزها خطا برميا ويمكث مستويا عمودا عليه فاذا تصاعد السائل بالتقطير ومرت في الملتوى المنغمس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مائع مبرد ثانيا وبهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وضافر البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الضاثر الضيقة المسطحة التي اذا اتحدت كها من جميع جهاتها دلت على رافات ١١ - ب - ب - و - ب - ث - ونحو ذلك (شكل ١) واذا التف الرافات على صورة محيط الاسطوانة وخيطت بجانب بعضها ضلعا بضلعه فانه يحدث عنهما مع الاحكام سطح اسطوانى ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا ومخروطا وكرة بان نشد  
 قايلا احد طرفي الضفيرة ونضيق قليلا الطرف المقابل له  
 وكلما ضاقت الضفيرة وزم شد احد اضلاعها والتضييقه 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 النسج المنتظم  
 ويستعمل كثير اصناعات الآلات اليابيات ذات الشكل الحلزوني التي سنبين  
 ما ينشأ عنها من الفوائد عند ذكر مرونة الاجسام ومن هذا القبيل  
 ياي العربات

وهناك اشخاص يلتف شعرها طبيعية 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 محجمة  
 فتزيل حرارتها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله  
 مسترسل على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط انحناء حلزوني  
 يحفظ تجهيده زمن اطويلا على حسب طبيعته وحالة الجو

والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسبة وكذلك  
 فن التصوير في صورة ما اذا اريد جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هو ضم  
 الشعر ووجعلها على صورة اشكال حلزونية ثم جعلها ضفائر او غدا ارتكد مع  
 بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلايم ما هو مطلوب من الزينة ويلايم ايضا  
 هيئة الشخص الذي يتزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان  
 والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على  
 احسن وجه واتم نظام

وهانحن شارعون في ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرناه من الامثلة  
 وهو الخيوط والحبال فتقول

قد يصنع لاجل النسج والحبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الاشجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعور النبأى اى  
القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات  
ويلزم قبل صناعة الخيوط ان نجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة  
المشط والشبنة ونقسمها الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان  
فى الغلظ والطول

\*(بيان غزل التيل 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 الغزاة  
طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على  
المغزل وهو جزء تمتد الغزاة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من  
الركة فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوى

ولما كان المغزل ابداً جميع آلات الغزل اقاموا مقامه دولاباً بسيطاً  
(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 ليجعلها منتظمة فى وضع يصلح  
لان يحدث عنه خيط متحد 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 مجذوباً  
بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدريج

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 و ا ب (شكل ١١) خيفة تكون  
نسبة قطري طارقي م د و ح غ لبعضهما كنسبة ٤ : ٥  
وكل من حبل ا م د ب و ا ح غ ب المشدودين على حلق  
الطارتين الصغيرتين والطارة الكبيرة يقطع مسافة واحدة على حلق ا ب  
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 فيما ابتدعه المتأخرون ما يفوقها  
ويعلو عليها

\*(بيان غزل الصوف والقطن)\*

كيفية ذلك ان يصنع اولاً بواسطة 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 بالآلة على  
التدريج بجانب بعضها بحيث يلتف بعضها على بعض كلما دخلت  
في الاسطوانة المسماة شلندرا 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 بالفانوس يكون محوره نفس  
محور الشلندر الذي يرسمه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طارة كبيرة  
مثل و ا ب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له  
بكرة صغيرة مثل ث د ومن طرف متواصل مثل ا ب ث د فيتلقى  
هذا المردن الخيط كلما تلقاه المغزل ويمتد الخيط المذكووعلى هيئة السحيب  
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزاة هذا السحيب على بعد مناسب  
من المردن وتدير يد طارة ا ب الكبيرة وهي قابضة بالآخرة على  
السحيب وتمده ليبعد عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب



الى السحب تبرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه منجنية على صورة شكل  
حلزوني ويتوقف برم هذه الحلزونات على حالتين احدها سرعة طارة أوب  
السابعة والثانية البطى الذى يمتد به سلب الكاردة ومتى صار جزء من السحب  
خيطا غلظه وبرمه مناسبان فان الغزاة تعكس دوران الدولاب قليلا ليقل  
الحلزون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور فى اتجاه  
عمودى على محور المغزل وتدير الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف  
حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويتكون عليه عدة حلزونات  
فيتراى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هي عين العمليات التى تجرى  
على مغزل الغزاة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عمالية ميكانيكية وهى ابداع مظهر من الآلات  
الحديدية الصالحة للغزل وكيفيته ان توضع الطرحات الخفيفة بعد خروجها  
من الكاردات بين زوجين من الشلندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث  
يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثانى والثانى اقل من الثالث  
وهكذا فان تمتد الطرحات بين الازواج الثلاثة من الشلندرات ثم تقبض  
وتنكمش وحين تم رجلة من الشلندرات مركبة كالأولى من ثلاثة أزواج  
شلندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلف على المغزل

فاذا تم ذلك نضع جملة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على  
دولاب يقوم بجميع وظائف الغزاة لما انه يسحب الخيط ويبرمه ويلفه على  
المغزل ويتحصل السحب المذكور هنا من ثلاثة أزواج من الشلندرات مختلفة  
السرعة فن ثم يلتف الخيط على مغزل ذى جناح كالدولاب العادى وهذا  
ما يسمى بالدولاب المتواصل لان الغزل يتحصل عليه بحركة واحدة  
مستمرة

واما الدولاب المسمى ميل يونيه الذى على هيئة النول الذى تقدم ذكره  
فى الدرس الثانى فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الجلب بل يكون  
ايضا على حسب تقريب المغازل التى يلتف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من الشاندرات فاذا تابعدت المغازل عنها كانت الخيوط مسحوبة  
بجلاف ما اذا قربت فانها تلتف عليها ويحصل برسمها متى بلغت المغازل نهاية  
سيرها

ولادولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بخلاف دولاب الغزل الرفيع  
فان له ٢١٦ مغز لا يدبرها علم الدولاب ويكون بمعينته مساعدان من  
الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكفي ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعى  
٢١٦ غزالة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتحصل كل خيط في اقل مما كان  
يستغرقه البرم باصابع الغزالة فهذه هي الفائدة العظيمة الناشئة عن عمليات  
الهندسة في صناعة جملة خيوط اسطوانية متعددة القطر اتحادا تاما من  
الالياف النباتية التي على شكل الحزرون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاعهم على الدواليب العادية او على  
دواليب الغزل التي على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون منثيا بصورة حلزون على سطح دوران  
يسمى بجوزالقر واول غلبة فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوزالقر  
المذكور وطيئه على مكبة ثم يبرم بسيراء عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم عمل  
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقط التي  
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصير على  
صورة شكل حلزوني ثم تجمع هذه الخيوط منثى وثلاث ورباع مع برمها ثانيا  
على عكس البردة الاولى وبهذه البرمة الثانية ينحل جزء من الاولى وتنثى  
الخيوط على صورة شكل حلزوني بجوار بعضها ويسمى الحرير في هذه الحالة  
باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التي ذكرناها انما تشبه العملية التي ينبغي اجراؤها في صناعة  
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختارين تستداجر آكل خيط في جهة حتى ان الخيوط المنثية

على شكل حلزوني تشتد في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البرمين المذكورين ان الخيوط بانواعها لا تتحل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن أبسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم الميكانيكية وخروجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم كل منها على حدة في جهة واحدة ثم تبرم عدة منها معا في الجهة المقابلة للاولى ليتكون منها حبال بسيطة تسمى بتوتان وبعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة اواربعة في الجهة المقابلة للثانية اعني في نفس جهة برم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها ما يسمى بالكردونة ثم تبرم هذه الكردونات في الجهة الثانية ثلاث اوارباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم تبرم هذه الغومينات ثلاث اوارباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومينات الكبيرة

وتبرم قلوب العلابين وتصنع من الغومينات وكذلك الرواجع وحبال المنورات الجارية في السفن فانها تصنع من حبال الكردونة

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 الجسمية والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معاميل 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 تتعرض من ذلك الالبيمان  
السطوح الخلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم اوقوس اى دائرة  
كانت

\*(بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام)\*

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق ايضا حها في الدرس العاشر  
السطوح التي تكون على صورتها السلام المنعطفة الدائرة وهى السطوح  
الخلزونية

فقد يكون السطح الخلزوني من السلم الذي دورته مستديرة متكونا من حركة خط  
مستقيم افقى مستندا احد طرفيه على محور الدائرة المستعمل حنية للسلم  
والطرف الاخر منه مستند على حلزون مرسوم على حسب المحيط الداخلى  
من الدائرة

فاذا كان ارتفاع دوج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساوى  
البعد من المركز فعلى ذلك اذا كان أ ب ث (شكل ١٤) هو الدائرة  
الدالة على قاعدة الاسطوانة التي هى حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من  
مركز واحد كالأولى تقسم الى اجزاء متساوية بالمسقط الافقى لدرج السلام

\*(بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشميدس)\*

سطح السلم الخلزوني الذى على هيئة دورة مستديرة هو عين بريمة ارشميدس  
وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذى اخترعها وسببها مع  
مزيد الاعتناء العملية التي اجرى في شأن هذه البريمة لرفع المياه عند ذكرا آلات  
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة في صناعة بريجات ارشميدس من الخشب وهما هي  
الطرق التي استعملتها في ذلك

وحاصلها في قسم اول المحيط أ ب ث (شكل ١٩) الى عدة اجزاء  
متساوية بقدر قطع الخشب التي اذنت استعمالها في صناعة دور كامل من  
الشكل الخلزوني

ثم قطعت مناشير مربعة قاعدتها و د ث وهي قطاع اند آثرة الدان على احد  
الاجزاء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطوانى الذى  
مسقطه الافقى د ث ومددت خطا مستقيما ثلا فى اتجاه الخط البريى  
الذى يرسمه السطح الخزوى على اسطوانة أ ب ث د

وقسمت نصفي القطر اللذين هما و د و و ث الى اجزاء متساوية  
وهى د ز و د د الخ و ث و و ث د الخ نشرت بمنشار ثابت  
دأ ثما على بعد واحد من نقطتي 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 ز و د على القاعدة العليا متى انتهى هذا الخط الى  
نقطة ث و ث على القاعدة السفلى فيكون كل من خطي المنشار ضلعا  
للمضلع الذى هو محيط المنحنى الخزوى المرسوم على السطح الخزوى المطلوب  
تحصيله

وازلت على التوالى الاخشاب الزائدة بفارة رقيقة جدا سلاحها مستدير  
وثابتة دأ ثما على وضع افقى ولا تقف الاعلى حز المنشار المذكور فى ث د  
وعلى الخط القائم فى نقطة و لتصل الى السطح الخزوى الاعلى من بريئة  
المهندس ارشميدس

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 البريئة الى اعلاها وبذلك امكننى عمل الوجه الاسفل  
بواسطة الطرق التى استعملتها فى عمل الوجه الاعلا

ولننبه هنا على ان المسطرة المثنية بلا قوة على محيط أ ب ث الاسطوانى  
بحيث تمر بنقطتي ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الحلزوني او من البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقريرية التي سبق ذكرها ضبطا تاما ولا بد في ذلك من ان ننشر بالمشارك كثير من الخطوط الافقية التي تنتهي من جهة عند محور و ومن اخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة المثنية

ويذبح لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عمودي مع السطح الحلزوني هي في حد ذاتها مبادئ السطح الحلزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانة ذات القاعدة المستديرة خطوطا بريمية تقطع الخطوط البريمية التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الحلزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو و ش 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 سلما من عطفاد اراد درجاته تصل الى حنية و المصمتة (شكل ١٤) فنحدد درجاته في دائرة ا ر ش (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 المثنية

ويستحسن من هذا النوع عدة سلالم مصنوعة مع غاية الضبط في القهاوى الطريقة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلالم التي لا مسند لها في الظاهر تدهش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلالم مثنية كما في شكل ١٦ ليست مستديرة الحنيات واياها كانت قاعدة ا ب ش د (سيأتى ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة افقية) من الاسطوانة التي هي حنية السلالم لرسم دأئها على محيط هذه الحنية خطا بريميا وحلزونيا يتقدم جهة

محيط أ ب ش د تقديما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط  
على وجه قائم ثم نمد من ك نقطة من هذا المنحنى خطوطا أفقية كخط  
أ ب و ث د الخ وعمودية على الاسطوانة التي قاعدتها  
أ ب ش د ثم نجعل أ ب مساويا ب د ومساويا ث د

وهلم جرا ونرسم أ ب د الذي هو خط حلزوني أيضا وهو المحيط  
الداخلي للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء  
من السطح الحلزوني أو السلم عما في (شكل ١٤ و ١٥)

وإذا أريد أن نجعل للسلم صلابة متينة فإنه في الغالب عوضا عن أن نرسم السطح  
الأسفل بواسطة خط مستقيم أفقي مستند على محور حنية السلم وعلى شكل  
حلزوني مرسوم على طول الحنية ومنتهي ك عليهما معا فنحدد هذا السطح  
في الغالب بقوس دائرة كما في شكل ١٧ قطرها الخط الأفقي المذكور  
الموضوع في مستوق قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت  
القطع من جميع جهاته

وفي بعض الفنون يلزم أن تفصل سطوحا حلزونية الشكل بدرجة على مخروط  
فالساعاتية بضيفون إلى الاسطوانة أو 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 أحد طرفيها على  
الاسطوانة بحيث تكون على خط بريعي ومن الطرف الآخر على السلم المخروطي  
فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات  
مختلفة نقصار قوة الزنبك عند حله وبناء على ذلك يفتقل 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 التماسات المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو ما خط مستقيم او منحني على حسب شكل السطحين او وضعهما ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المناسبة في شكلها واتجاهها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلية وهي تقاطع السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تنصل الواجهه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجهه المذكورة

واما اذا قطع جسم جسم آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخل 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 المنشور أ ب ش د ا ر ش و م ن ح خ و م د ح غ اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م د ح غ الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخل في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد المهمة ما يكفي في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتني بمطالعة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولتقتصر في هذا الغرض على ايضاح زبد هذا العلم بمبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحي المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي تقسم الورقة الى قسمين بخط أ ب الافقي (شكل ٢) فالقسم الذي يكون في اعلاه هذا 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



ولكى يصير الرسم تاما ينبغى ان نثني الورقة ثانيا عموديا فيكون خط  $\overline{AB}$  عبارة عن اتجاه الانثناء ويصير الجزء الاسفل من الورقة افقيا والجزء الاعلا قائما ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك ذهنا ويذكر  $\llcorner$  به ذهنا حين يرسم على المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فن 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 مرتفعة 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 وينبغى 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  $\overline{H}$  هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاثنا نكني بنقطة  $\overline{H}$  (شكل ٢) عن مسقطها القائم بنقطة  $\overline{H}$  عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين وهما  $\overline{H}$  و  $\overline{F}$  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

وانتم من نقطة  $\overline{H}$  (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوى

عمودي على خط الارض الذي هو  $\overline{AB}$  فيصير بذلك عموديا على مستوي المسقط فيكون حينئذ مستويا على العمودين النازلين من نقطة  $\overline{C}$  احدهما على مستوى المسقط القائم والاخر على مستوى المسقط الافقي فاذا رسمنا مستطيلا كافي (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  $\overline{CH}$  =  $\overline{CH}$  وبالجمله فاذا ادركنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة

المستقلة 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 لنقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيم  $\overline{CH}$  و  $\overline{CH}$

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 عدّة نقط خط مستقيم مثل  $\overline{CH}$  فان سائر الاعمدة النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها مستوئالت يقطع كل من المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذا كان هنالك مسقطان مثل  $\overline{CH}$  و  $\overline{CH}$  (شكل ٣) لنهايتي مستقيم  $\overline{CH}$  فبإتصال 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 بطريقتة المساقط ينبغي سلوك طريقتة اخرى  
وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كلا من مستويي المسقط على حدته  
في خط مستقيم ويقطعهم معا في نقطة م (شكل ٤) الموضوع على  
خط الارض ويطلق باسم 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

ولنذكر الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بحرف ح

(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ح الموضوع على مستوى ح م ح  
معى عرفنا المسقط الافقى وهو ح لهذه النقطة فيكون ح او لا مسقطا ح

و ح لنقطة ح موضوعين ضرورة على خط عمودى على خط الارض

فاذا مددناه ورسمنا من نقطة ح على مستوى ح م ح خطا افقيا  
كان موازيا لاثر ح م الافقى فحينئذ يكون مسقطه وهو ح م موازيا

لمسقط ح م الان نقطة م الموضوع على خط الارض وهو ام ب

لا تتناسب الان نقطة م الموضوع على مستوى المسقط القائم فاذا كان يكون

خط م م العمودى على اب محتويا على نقطة م التى مسقطها

الافقى م وهذه النقطة موضوعة على اثر م ح فاذا كان يكون في نقطة

م فاذا مددنا خط م ح موازيا لخط ام 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 التى

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة  $ح$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي  $ح$

فاذا فرضنا ان اثار  $م ح$  و  $م خ$  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  $ا ب$  وثانياً حيث ان نقطة  $هـ$

مشتركة بين الاثرين الاقيين 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  $د هـ$  وهذا هو خط التقاطع المطلوب

\*(بيان مسقطي كثير الاضلاع)\*

يكون مسقطا كثير الاضلاع  $ا ب ث د هـ$  (شكل ٦) المحدود

بخطوط مستقيمة مضامين عدداً اضلاعهم واحد وهما  $ا ب ث د هـ$

الذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط  $ا ا$

و  $ب ب$  الخ القائمة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائماً خطاً مستقيماً مسقطاه مستقيمان  
ايضاً ينتج ان الجسم المحدود باوجهه مستوية يكون كذلك محدداً باضلاع

مستقيمة وهى تقاطع الواجهة المذكورة وبين هذا الجسم بان يرسم على الورقة  
الخطوط المستقيمة التى هى مساقط كل ضلع فتكون الرأس التى تحد كل ضلع  
موضوعة على قائم واحد فى مستوى المسقط

فلذا كان هرم **ض ا ب ث** (شكل ٧) مرسوما على وجه افق وقائم

بمساقط اضلاعه وكانت الرؤس المتناظرة موضوعة فى نقطة **ض ض**

**ا ا ب ب ث ث** على مستقيمتين **ض ض**  
و **ا ا ب ب ث ث** العمودية على خط الارض الذى  
هو **م ن**

ثم ان الهندسة الوصفية تفيدنا بواسطة تقاطع المستويات والخطوط المستقيمة  
تحديد طول الخط المستقيم المعلوم المسقطين ومسطح شكل مستو ومعالم  
بمسقطى محيطه والزوايا المتألفة من خطين مستقيمين مسقطاهما معلومان  
والزاوية المتألفة من المستويين المعلوم اثراهما الاقيان والقائمان واقصر بعد  
بين الخطين المستقيمين المعلومين بمسقطيهما والزاوية التى تحدث عن خط مستقيم  
معلوم بمسقطيه ومستو معلوم باثريه وهلم جرا وينبغى فى دروس رسم الخطوط  
ان نوقف التلامذة على حل تلك المسائل

وبواسطة حل المسائل المذكورة يمكن للصنائعية اجراء جملة عمليات فى الفنون  
المهمة جدا كالبناء وقطع الاحجار وفن النجارة المدنية وعمارة السفن والالات  
والحرف وغير ذلك

ويمكنهم زيادة على رسم المستويات الافقية والمساقط القائمة للعمارات  
والسفن والالات ونحو ذلك ان يصنعوا مع السهولة من هذه الاشياء قطعها  
بواسطة اى مستو وكان يحدث عن مستوى هذا القطع عند ملاقاته لخطوط  
مستقيمة مرسومة بمساقطها الافقية والقائمة نقاط وزوايا يمكن تحديدها  
ويكون تقاطع المستويات المتنوعة المعلوم باثراهما مع مستوى القطع خطا  
مستقيما ويبين التلامذة هذه الخطوط المستقيمة ويرسمون رسما تاما بجميع اجزاء

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط منحنية  
مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اخشاب الارضية او السقف المستوي  
فيتحصل عنده بواسطة الفصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من  
الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمر بوجهة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة  
بأوجهه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة  
فتمتصق القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع  
التلاصق هي تقاطع الواجه المستوية من قطع الخشب الملتحمة ثم يحدد  
التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفا وحيث ان اوجه  
قطع الخشبية كلها ليست قائمة الزوايا يلزم ان يقيس الزوايا المتألفة من الواجه  
المختلفة من قطعة واحدة والواجه المتناظرة 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  
التخشيبات ويرسم مجموعها الدائرة 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 اعطاه الناس  
باللغة اذ ارجة بينهم لا تقل بذلك منفعة ولا ينقص قدره

ويمكن ان نطبق المحفوظات التي ذكرناها في شأن معارف النجار على معارف  
فحات الاجار فنقول انه يلزم لفحات الاجار ان يجهز الاجار الاصلية التي تتركب  
منها العمارة المراد انساؤها مع الضبط على اى شكل كان بحيث يتحصل عن تلك  
الاجار اذا وضعت متلاصقة او بعضها فوق بعض مع الانتظام التام وانتانة  
والصلابة الاشكال التي عينها المعمرجي بمسئولياتها وارتفاعاتها وعند انتهاء

المساقط الافقية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون حينئذ شكل اجمار الدستور محددًا اولًا بالاوجه الخارجية والداخلية للجدران وثانيًا بالمستويات القاطعة التي يلاق عليها اسم مستويات الالتحام لانه بحسب هذه المستويات تلتحم الاجار المذكورة ببعضها

ويسهل رسم اجمار الدستور والمعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على هيئة اشكال متوازية السطوح اوجوها المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة متوازية لكن اذا كان في الجدران ميل وحدث عنما زوايا غير قائمة لزم ان يكون فحت الاجمار على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحدّد الزوايا التي تحدث عن الاوجه المائلة مع اوجه الافقية وكذلك زوايا الاضلاع التي على استقامة السور تحدّد مع الاضلاع التي على اتجاء السور الملاصق له وهكذا ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا من عدة اجمار متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها ثلثا يفضى بها ثقلها الى السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجمار ووجوها زابعاها وغير ذلك وتحل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم أن نعلم التلامذة المعتبرين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع ارانيك القبيب والابواب والشبابيك والسلالم وغير ذلك من الجهر على ابعاد مناسبة بان يجعلوا الكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويمتدوا الختام كل حجر واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان توصى به من يمارس هذه العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنشورة والموجبة والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك النجارة النقية وغيرها كتعليم ارانيك قطع الاجار وبهذه الطريقة يصير التعليم كثير الافادة واسرع من غيره

\*(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات)\*

\*(مع السطوح المنحنية)\*

سيأتي الكلام على هذه السطوح في مجتها وانما تكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنشورة والمعوجة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول

**\*(بيان كيفية رسم مسقطى الاسطوانة)\***

لأجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احدى مستويي المسقط كالاستوى الافقي مثلاً اثر الاسطوانة المذكورة أي تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبعبارة تحديد اتجاه  $\overline{ش ش}$  و  $\overline{ش ش}$  مسقطى

أي ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا اتجاه مساقط الاضلاع الأخرى ويكتفى عادة في رسم المسقط الافقي والمسقط القائم ببيان الاضلاع المتطرفة وهي

$\overline{ا ا}$  و  $\overline{ه ه}$  و  $\overline{ب ب}$  و  $\overline{د د}$   
و  $\overline{و و}$  و  $\overline{ن ن}$  و  $\overline{و و}$

**\*(بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى)\***

اذا علم اثر المستوى ومسقطا الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوي واذا اجريت العملية في شأن الاضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن  $\overline{ك ك}$  ضلع نقطة التقاطع التي تسقط على وجه افقي ومنصب ويتألف عن مجموع هذه النقاط خط منحن افقي وخط منحن قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب

واما عمليات الفنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها في مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوبة وجاق شكلها اسطوانى وان يكون المستوى لوحاً من صفائح الحديد تقطعه الانبوبة فنضع تلك الانبوبة في نفس الاتجاه الذى يلزم لها ولكن نؤخرها على قدر الكفاية حتى لا تمس 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 وبالجملة فنبين لكل



من اوضاع هذه المسطرة اتصاله بالالواح المذكور فيكون مجموع النقاط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطعين اى الانبوبة ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً من الطرف الذى يسد الالواح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة والانبوبة مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقاط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننتل مع التوازي لوح الصفيح والاسطوانة فينطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيين المرسومين احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما انطباقا كلياً ويمتزجان معا وبعد رسم هذين المنحنيين تقطع بحسب محيطهما الاسطوانة والمستوى او هما معا على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها الصببها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوسا 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 حدث عن جميع المتوازيات اسطوانة تقصّل خلف السطح المذكور الجزء المظّل من الجزء المضيء فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بهما فى هذا الظل فان الشمس تكون محتفية بالكلية ومحجوبة 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 المظّل من الجزء المضيء وبذلك

يتحصل معنا خط اتصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حد الاشعة الشمسية المحبوبة بالسطح المظلم

ولناخذ مسطرة ونجعلها موازية دائماً لاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء جروءه فيرسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم ويصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط اتصال 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 وتقاطعا صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخر متنوعة الصور والاضاع فبذلك يكنسبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال ومعرفة لهم هذه العملية تمنعهم غالبا من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى الممام بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لساير الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقبب والقبوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمرجي الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبانيه ان يتعود على تحديد سائر الظلال مع اداة التامة

ونفرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمتدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رسمت الاجسام بالخط دون البولية عيننا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاوجه الموضوعة في الظل وعينا ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الالوجه المضئية وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال المحدية والمجوفة ولولاها لالتبس ببعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلذا كان مجرد اختبار الاضلاع المظلمة والاضلاع المضيئة (شكل ١١)  
يدرك ان في **أ ب ث د** بروازا محدة با وفي **ا ر ش** بروازا مجوفا  
وعلا بد منه للتلاميذة الذين يرسومون العمارات والآلات ان يتعودوا مع  
النشاط على تعيين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها  
ببعضها تلتبس 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 نقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر السماع 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 المسماة 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 **ك** انه سلم يتوصل به من مبادئ  
الهندسة الى مطولاتها

ولا يليق بهذا المبحث ان تتعرض لبسط الكلام على اصول اشكال القطوع  
المخروطية وتطبيقاتها الاصلية وانما نسلك في ذلك مسلك الایجاز فنقول  
نعين المساقط الاقمية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى **ك** 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 **ك** كما في

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة  
دوائر كالقاعدة 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 سائر جهاته  
بحيث لا يرى فيه انفراج وهالك خواص 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** 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 ب** حول **أ ب** الذي هو  
بمنزلة المحور فان سائر نقاط محيط **أ ب** تنطبق مباشرة على تقط محيط  
**أ ب**

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور **أ ب**  
فانه بامتداد خطي **ود** و **ح ن** على الدائرة الى نقطتي **د** و **ن**  
يتحصل معنا هذا التناسب وهو **ود : و ن :: ح ن : ح د**  
وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي **ح ن د** الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالنظر لجهة من جهاته كانه  
دائرة مفرطحة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما في صورة العكس وهي ما اذا رسمنا دائرة مثل ث د  
(شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كانه قطر فانه  
يتحصل معنا تناسب الاتي بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف ب غ ع  
العمودي على محور ث د المنتهي في نقطة غ بالدائرة وفي نقطة غ  
بالقطع الناقص وهو و ر ب و ب ب غ غ : ف غ : ف غ  
وحينئذ يمكن اعتبار القطع الناقص كانه دائرة يضاوية ممتدة امتدادا متناسبا  
في سائر اجزائها

واذا رسمنا دائرة على مستو مائل مرموز له بمستقيم أ ب (شكل ١٤)  
كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقي

فنفرض ان أ هو مسقط قطر أ ب الذي هو اكثر ميلا من غيره  
وحيث ان نقطة و هي مسقط مركز و فاذا مد ث و عمودا على  
أ وجعلنا و ث = و ث = نصف قطر الدائرة فان منحني  
أ ر ث يصير مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعنا ناقصا وذلك اننا  
اذا مددنا عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذي هو أ ب المرسومة  
على مستوى أ ب فان خط م ن الافقي يكون في مستوى الدائرة  
وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذي هو م و ولذا يكون قرب اعمدة  
م و البسيطة من المحور الاكبر الذي هو ث و اكثر من قرب اعمدة  
م و من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذا يكون مسقط  
الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالناسب في جميع اجزائها  
وهي كناية عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير مواز لها يكون مسقطها قطعنا ناقصا  
ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة  
ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليها اقتصر نامنها هنا على خاصية نذكرها لك لاهميتها وكثرة مدخليتها  
في العمليات فنقول

اذ اعينا نقطتين ثابتتين مثل ف و و (شكل ١٥) بوندين  
اوشاخصين وربطنا فيهما خيطا طولا من مسافة هـ و و ثم شدنا هذا  
الخيط بالة رسم فيتقدم تارة الى جهة ف وتارة الى جهة و حدث  
عن ذلك خط منحني يسمى قطع ناقصا ويقال له ايضا قطع البستاقية الناقص  
لانهم يسمون القطوع الناقصة الموجودة ببساتينهم على هذه الكيفية  
ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه في كل نقطة من نقطه كالنقطة  
المرموز اليها بحرف ث يحدث عن جزئ فث و و ث المستقيمة  
المركب منهما الحبل في نقطة ث زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني  
او مماسه وهو ط ط

\*(بيان اجراء العملية في علم الضوء)\*

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع فث الذي  
يمس خطا منحنيا او سطح اثب يكون له اتجاه مثل ثف وبعبارة  
اخرى ينعكس على حسب ثف بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما  
فث و ثف زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح  
فاذن اذا عكس القطع الناقص الضوء كما انعكسه المرآة المستوية فانه يكون لكل  
شعاع مضيء مثل فث خارج من نقطة ف عند انعكاسه اتجاه  
ثف المار بنقطة ف

وكل نقطتين مثل ف و و 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 واتنشاره ثم ينعكس  
انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعتزلة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عند مرورها بالبورة الثانية وهي ف التي تصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) فظهر منها بواسطة التجربة صحة ما قررناه في هذا المبحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو في البورة التي هي ف بحيث لا يسمعه القريب منه بان كان في نقطة و مثلا حدث مع ذلك عن تأخير صدى صوته المنخفض الصادر عنه في نقطة

ف صيرورة هذا الكلام واضحا مفهوما في البورة الثانية وهي ف ولا بأس بان نذكر هنا علمية 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 وهي ف من القبة التي على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بحاجز يمنع المسجون ان يرى السجن المتكامل بملاحظته ومراقبته

وقد تقطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطاً منحنية وهي قطوع ناقصة احدى نقطتي احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرناً وهم يمارسون فنونهم حتى ادر كوا حقيقة هذه التجربة التي 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 وهي ان كل شعاع مضى ذى صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهي ف يكون في انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية

وهي ف

وكانه يمكن بواسطة الدائرة البيضاء والمستطيلة او المربعة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطتها ان نرسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائري المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان نرسم

سطوحاً مجسمة ناقصة بيضاوية مستطيلة أو مسطحة وهذه الطريقة تكفي في هذا المقام ولا حاجة فيه إلى الاطناب وبسط الكلام  
وهناك طريقة أخرى في رسم القطوع الناقصة بحركة مستمرة كان يستعملها  
أرباب الصنائع غالباً وذلك أنه إذا كان أوب و ثود هما  
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم من ح = وا واخذنا  
عليه ح ن = وث وبقيت نقطة م مأكنة دائماً على المحور  
الصغير الممتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة ن على المحور الأكبر فتقدم  
هذا الخط المستقيم أو تأخره في جميع أوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي ح  
القطع الناقص وهو أ ب ث د

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بحركة مستمرة  
وهي في الحقيقة بيكرات على هيئة قطع ناقص  
وقد بينا في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه البيكرات لسطح مجسم  
قطع ناقص أي ما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم نقطه الثلاثة المعلومة  
تمكث دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتقدمها  
أو تأخرها في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص وتستعمل هذه الطريقة  
في أخذ صورة الأجسام وفي الأشغال التي يقتضيها بناء القباب التي على صورة  
القطوع الناقصة

\*(بيان القطع المكافئ)\*

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط أ ب و ا  
بواسطة مستوى خ ر الموازي لأحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع  
هو خط منحني كخط م د ح مغلق من جهة ومفتوح من أخرى ويمتد إلى  
الانهاية وفرعاه هما م د و ح آخذان في الانفراج على التدرج  
وليس للقطع المكافئ الذي هو من ح (شكل ١٨) الرأس واحد  
وهو ن ومحور واحد وهو ن ل يكون فرعاً للقطع وهما من  
و ن ح بالنسبة إليه متماثلين ولهذا القطع أيضاً بورة وهي ف



واند المحور بكمية ككمية  $ن غ = ن ف$  التي هي بعد المسافة  
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه ونمدا ايضا من نقطة  $غ$  مستقيم  $س ص$   
 عمودا على هذا المحور فاذا مددنا الشعاع المنعكس وهو  $ك$  الى  
 نقطة  $ش$  على  $س ص$  كانت نقطة  $ـ$  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 بجبل تربطه  
 بالزاوية القائمة وهي  $ش$  ونسده بحيث يكون على هيئة خط مستقيم  
 بطول  $ش$  واتينا بجبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي  $ف$   
 ونمنا احد طرفيه في نقطة  $ـ$  الى الجبل الاول بحيث ينتج ان  
 $ف = ش$  وتركنا هذين الجبلين يمتدان بالنسوى  
 فكما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة  $ـ$  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 شديدا بالقطع المكافئ على  
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار انما ثلثين 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 بيضاوية  
 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 لانها يتله وبذلك يكون القطع  
 الناقص في الحقيقة قطعامكافئا وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق  
 التي يكون بها الراصد منعكسة بالخط المنحني المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذى 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 وانعكاسه 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 ميناء او في مصب الانهر او على المراسي الخطرة او ما جاورها فمن المهم ان نرى ضوء تلك النار من بعيد وهي نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراق السطوح المتخذة من النحاس المقضض ويجعل لها شكل القطع المكافئ الذى يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران وبموجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التى يعكسها السطح الذى يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافئ العاكس جملة اشعة متوازية قاعدتها دائرة **ا ب ث د** المتوازية التى 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 محور قائم فحينئذ يصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وقد ادرك الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعه حيثما اتفق وقد يميز من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التى تميزها المنارات من جهة واحدة

(بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع **م د ع** و **م د ع** (شكل ١٩) المرسوم في المخروط بمستوي قطع طبقى **اوب** و **اوع** ويتقسم الى

جرتين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان ك كالقطع المكافئ.  
 الا ان الفرق بينهما هو ان فرعى القطع الزائد يمتد ان بسرعة اكثر من فرعى القطع  
 المكافئ. ومن هنا قيل ان فرعى القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع  
 المكافئ. في المحور والرأس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعى  
 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 حالة واحدة يكون ذلك ثابتا  
 لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ن م يحدث عنهما زاوية واحدة  
 مع المنحنى الا ان هذا المنحنى يميز هذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا  
 عن ان يكسبهما كالقطع الناقص \* وبالجمله فهذه الخطان مستقيمان مثل  
ن ص و ص ه و ز و ن يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الا كبروهو  
ف و ن ويقر بان 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 فنقطع هذا  
 المخروط فى اضلاع مستقيمة ونقطع ايضا السطوح المنحنية فى خطوط آخر يكون  
 تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين تقاطع 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 نقطتها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خط يقذف الاشعة المنيرة  
 المذكورة يصير قاعدة للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد  
 تحصل معنا منظر الخط المنير

وتكون 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 الوسطة 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 لوجامع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة فى نقطة المنظر وقاعدتها جميع الخطوط الطبيعية التى يريد الصانع رسمها

ولاجل الاختصار فى عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن تقسمه الى عشرين جزءاً مثلاً ثم نرسم على افرخ ورق او صفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة فى العشرين جزءاً من الافق ثم نرسم بجانبه على الستارة الدالة على انتشار سطح الاسطوانة المجعولة لوح 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 التخيلات 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 المسكورة)\***

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخيلات الهندسية وهى من قبيل البانورامة وصورتها ان نرسم على مستواشكالاً بحيث انها عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد فى صورة اجسام منتظمة وصور طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تتصور

أولاً سائر اضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر على المرء آتياً من 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 نائبي عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تتحول 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 والقصور منقوشة في الغالب بمناظر رسمتها يحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القباب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر المناظر على بعداتها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكلية

\* (بيان الظلال المخروطية) \*

اذا كان هناك نور كنور مصباح او شمعة او كان عدة افوار مجمعة مارة بقب صغير واثارت على اجسام مظلمة فانها تعكس ظل هذه الاجسام بحيث يترأى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا ارى الرسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان تحدد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنير كس عليه الظل

وسنبين لامبتدئين في التصوير الثمرة التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة بأشعة متوازية عند تحديدهم من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثيراً من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزداد رسمهم صحة وضبطاً

وذلك لانه اذا نسجنا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتج عن ذلك شيان  
احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخرتين النقط التي  
تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمات التي هي اضلاع السطوح الاول \*  
ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح آخر عند البحث عن النقط  
التي تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدواً ترمتوازية مرسومة على السطوح  
الاول وهلم جرا ومهارة الراسم في هذه العمليات هي اتقائه سطحي المسقط  
ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التولد  
من كل سطح

(الدرس 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 المحصر بين تلك الاضلاع  
المتنوعة

واذا مددنا من نقطتي أ و ب المفروض وضعهما على المنحنى مع غاية  
القرب من بعضهما خط س ا 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 ا ب ص مماس للمنحنى في عنصره الصغير وهو أ ب  
ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحنى ليست  
الاطريقة تقريرية ولنضرب لك مثلاً تقريرها ليكون عندك الماس بالمماسات  
الحقيقية فنقول

لنخذ في دائرة أ ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و أ ثم نمد من  
نهاية أ عمود س ا ص على نصف القطر المذكور و د ب ر هنا

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س اص ماعدا نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س اص الذي يمس الدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس الدائرة

ولا يمكن ان يمر من بين نقطة ا ولا من شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س اص فلذلك نمد من نقطة ا خطا مستقيما كخط 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 امكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كأنها موضوعة على المماس وهذا كاف في تعيين اتجاهها الذي يقل خطا كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و ا العمودي على مماس س اص عموديا ايضا على عنصر الخط المنحنى 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

ولنذكر اولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضلعا منتظما كضلع ا ر ث د ه ف الخ (شكل ٣) فحيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع ينبج وا = ور = وش = و د الخ وكذلك ا ر = ر ث = ث د الخ فاذن تكون مثلثات ا و ر و ر و ث و ث و د متساوية فتكون اعمدة وا و ر و ب و ث النازلة من نقطة و على ا ر و ر ث و ث د الخ متساوية ايضا فاذن يكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجهولة

مركزاً بواسطة نصف قطر  $وا = وب = وث = ود = الخ$   
 هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو  $ا-ب-ث-د-ه-خ$   
 ويقال ان كل شكل مضلع مثل  $ا-ب-ث-د-ه-خ$  يكون مرسومًا خارج  
 دائرة  $ا-ب-ث-د-ه-خ$  فمن ثم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم  
 خارج الدائرة

ومن الجلي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم  
 في داخلها كمضلع  $ا-ب-ث-د$  واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم  
 في خارجها كمضلع  $ا-ب-ث-د$  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 بالآلات 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 فلذلك تراههم يرمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي  
 وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقر يديها 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  
 الحدسيات القرينية من الحقائق اليقينية فاذا اريد تفصيل سطح كلوح من  
 صفيح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة  $ا-ب-ث-د$   
 كما في (شكل ٣) نبتدئ برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة  
 خطوط مماسة ثم نزيل بفارة او مبرد او مقراض او اي آلة مستقيمة الخطوط



زوايا  $\alpha$  و  $\beta$  و  $\gamma$  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  $\alpha$  م  
و  $\beta$  المستقيمان (شكل ٤ و ٥) منتصبين وعمودين على نصف  
القطر الافقي وهو  $\alpha$  و  $\beta$  =  $\gamma$  (شكل ٤) =  $\alpha$   
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المستقيمان مماسين للقبوات  
المذكورة في نقطتي  $\alpha$  و  $\beta$

وفي قبوة  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن  
الفئة ثلاثة اقواس دائرية وهي  $\alpha$   $\beta$  و  $\gamma$  التي مراكزها  
وهي  $\alpha$  و  $\beta$  و  $\gamma$  مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون نقطتي  $\alpha$  و  $\beta$  ونقطة  $\gamma$  التي هي ملتقي قوسى  $\alpha$   
و  $\beta$  خطا مستقيما وثانيا تكون نقطتي  $\alpha$  و  $\beta$  ونقطة  $\gamma$   
التي هي ملتقي قوسى  $\alpha$  و  $\beta$  خطا مستقيما ايضا فاذا كان  
خط  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  عمودا على  $\alpha$  و  $\beta$  وكان خط  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  عمودا  
على  $\alpha$  و  $\beta$  فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما لقوسى  
 $\alpha$  و  $\beta$  في نقطة  $\gamma$  وثانياهما لقوسى  $\alpha$  و  $\beta$   
في نقطة  $\gamma$  وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها  
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحنى باقواس دائرية قريبة الشبه منه بقدر الامكان  
بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة  
بعضها ببعض يكون لهما مماس واحد في نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك  
في الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسية للسطوح) \*

لنصنع في سطح  $ا ب$  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  $غ$  ونمد من هذه النقطة عدة مماسات للمنحنيات المذكورة وحيث انه يتعذر مرور خط مستقيم بين مماسين ومنحنين لزم ان تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى  $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة  $غ$  لسطح  $ا غ ب$  مشتملا على جميع المستقيمات 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 اي 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  $غ$  عمودي على مستوى سائر الدوائر ومراكزها الكرة فاذا مددنا من نهاية نقطة  $غ$  لهذا المستقيم مستوى  $م ن$  موازيا لمستوى القطوع وعموديا على  $و غ$  فانه يصير مماسا للكرة

وبيان ذلك ان كل نقطة من هذا المستوى تكون ابعاد عن المركز من نقطة  $غ$  فتكون 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  $غ$  عمود على  $غ$  و  $غ$  والاعدة التي في نقطة  $غ$  على مستقيم  $غ$  و  $غ$  موضوعة في المستوى العمودي على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة ع - فاذن يحتوى المستوى المماس وهو م ن على جميع مماسات دوائر انصاف النهار التى قطرها ع و غ ونظير ذلك فى سهولة البرهنة عليه هو ان كل دائرة صغيرة مرسومة على الكرة من نقطة ع يكون مماسها فى هذه النقطة موضوعا ايضا على م ن

وكل خط مستقيم مثل خط ع و غ (شكل ٨) عودى فى نقطة ع على المستوى المماس سواء كان فى السطوح او الخطوط يسمى بالخط العمودى

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التى تقدم ذكرها فى الدروس السابقة فنقول

**\*(بيان المستوى المماس للاسطوانة)\***

لنفرض اسطوانة كاسطوانة ا ب ث ا (شكل ٩) المنتهية بقاعدتين موضوعتين فى مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابله متوازية ايضا فاذا كان ب - ضلعافان مماسى م ب ن و م د للمخمينين فى نقطتي ب و د يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل خط مثل م د مماس لمنحنى ا د الموازى للقاعدتين المذكورتين حيث ان نقطة د موضوعة على ضلع ب - ويحدث عن تسلسل مماسات م ب ن و م د و م د المتوازية التى تمر بضلع ب - الذى هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا لاسطوانة فى سائر امتداد الضلع المذكور

**\*(بيان رسم المستويات بالاسطوانة)\***

قد يصنع الخبز الذى يدبر نشابته بالتواء جبل مستويا يكون مماسا بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للنشابة وكذلك البستانجى فى عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

فكلما 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 للآثر الاسفل الاسطواني من صندوق العربية وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربية فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه اما ان يتقدم او يتأخر على المستوى المماس المذکور الذي 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 ذكرنا الطريقة التي ذكرناها في الدرس الذي تكلمنا فيه على الاسطوانات من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانيا فنقول نرسم القاعدة على طرفي قطعة من الخشب او الحجر راد نحتها على هيئة شكل اسطواني ثم نرسم شكلين متضلعين مرسومين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواحدة المنشار او الفارة او اي آلة الصالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية من المضلعين المذكورين فيحدث عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة مرسوم خارج الاسطوانة وذلك لان اوجبه 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 المنشاير المطلوب عملها في مماثلة الاسطوانة ومشايرها

\*(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 وهي **ا ا و ب و ث** تكون موازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

المماسات مستوى ح ح م ن المماس للخروط في جميع امتداد ضلع  
ص ا ب ث

\* (بيان اجراء العمامة) \*

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 فينتد  
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 جدالها مثل اوجه المخروط مستوية واحدة 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 محوراهما متوازيين  
وبعدهما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين  
تماسان 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 فقيما اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا اللوحا معدنيا على احد اللوحين وجعلناه يمر بين 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 للسطوح الاسطوانية

\*(بيان الخاريط 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 خ فان المستوى الممتد من م خ ومن ضلع أ د يكون في آن واحد مماسا للمخروط وللاسطوانة في سائر امتداد ضلع أ د فاذا تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران مماسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع أ د

وقد يستعمل الحدادون والسيكرية والنحاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح النحاس والصفح على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاها اضلاع الاسطوانة هو عين اتجاها ضلع السن المخروط من لبلاية 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 بذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجيا بقدر بعدد المطرقة على ضلع الالتحام وهو أ د من رأس أ او قرب به منه

\* (بيان الاسطوانات المماسية والمكتنفة بسطوح اخر) \*

اذا فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلى يأخذ 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 تكثف 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 تقاطع في دائرة موازية لدائرة ا م ب وعمودية على محور الاسطوانة

\* (بيان اجراء عملية ذلك) \*

للخاصية التي ذكرت آفا مدخل عظيم في الفنون وكلما 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 وحبلة الابوس التي يراد احكام اتجاهاها فهي اكر تتبع عند رميها اتجاها محور الاسطوانات

\* (بيان معيار الاكر) \*

لاجل ان نتحقق اولاً ان الكل ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعدة لها وثانياً انم ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها اضطراب الرمي وتحريره تستعمل نظارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة اضلاعها صغيرة جدا فيمسك الطنجي باحدى يديه بمقبض

النظارة وهو **آ ب** و **ا ر** ويدبر بالآخرى الكلال على سائر جهاتها لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة ام لا وهل في الصورة الثانية يكون بينهما 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 عمداً وراؤه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضى بالشمس هي ضرورة عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يحجبها فهذه الاشعة المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذن يحدث عن مجموع النقط التي تحدّد الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطوانى جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدّد الظل المتعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح الجسم المضى.

واذا اردنا أن نحدّد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أى جسم كان فانه ينبغى انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم تحدّد تقاطع هذا السطح الاسطوانى بسطح الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جدالهم مربح والراسام فاذا قد منا واخرنا الجسم المضى موازيا لنفسه في اتجاهه عين باشعة 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 تحتاط دأئها بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحاً مكثفاً



فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتنف الكرة المتحركة على  
خط مستقيم والباقية دائمة على قطر واحد وعليه فتكون خزنة المدفع والهون  
سطحا يحيط بالفراغ المقطوع بالكرة

ويمكن ان يحفر في اى جسم سطح اسطوانى يكتنف الكرة التى نصف قطرها  
لا يتغير ويكون مركزها متحركا على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب  
الرصاص في جسم لين غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة تبدو براسطوانة ماحول خط مستقيم عمودى  
على محورها ومات به وبمحسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماسا لآثره  
كرد آثره 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 عوضا عن الاسطوانة المماسية اضلاعا اسطوانية  
منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذا من ماصدقات القاعدة  
التقريرية التى ذكرناها فى الدرس الحادى عشر

وبالجملة فستعمل الطرق المذكورة اولا فى رسم سطوح على اى شكل اتفق  
بسطوح آخرتها من جميع الجهات ويمكن تحريكها فى اتجاه مواز لاضلاع  
الاسطوانة وثانيا فى رسم سطح ما بواسطة جملة اسطوانات تمسه فى كل  
من اضلاعها

### \* (بيان اجراء العملية فى فن النجارة) \*

اذا لزم للنجاران ينظم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة  
خطوط منحنية فانه يأخذ فارة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخراطة  
وخشبها مفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحرك  
فارته ويجعلها مماسة دائما للمحيط الذى يتبعه الخروط فى هذه الحركة يصير  
السطح الاسطوانى للفارة بالتوالى مماسا للخراطة المصنوعة فى سائر امتداد القطع  
الناتج من حديد الفارة وتكون الخراطة هي السطح المكتشف للاسطوانة التى  
بينها خشب الفارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة  
فنفرض انناخذ من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع  
عماسات ض ا و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط  
قائم مستدير مماس للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة ا ب ث د  
المستعملة قاعدة للمخروط فاذا اردنا 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 وب 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 ويرداد  
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعده المراكز من نقطة ثابتة من نقط الخط  
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحني 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 فان انرى مخروطا قائما مستديرا  
محتويا على الكوكبين المذكورين ويعين في السماء حد الظل المنعكس بالقمر  
وكما مكنت الارض تمامها خارج هذا المخروط المثل 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 المحتوى على الشمس والقمر فان هذا  
التقاطع بين على الارض مسافة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة  
الكسوف الكلى في الحالة المذكورة وبالجمله اذا رسمنا جميع التقاطعات  
المنروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي  
تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلى  
واما النقط الاخرفانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلة او قصيرة وهذه  
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 المثل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل  
القمر بتمامه في المخروط كان ذلك هو الخسوف الكلى واما اذا لم يدخل في ذلك  
المخروط الاجزاء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة  
الاخيرة نعرف في اى زمن فرضناه شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع  
المحاريط المحيطة بالشمس والارض مع سطح القمر

واذا فرضنا جسما حثيثا اتفق ومدنا عليه كمان 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 نرسم 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 تتصورا ولا مخروطا مثل ض ا ا ب -  
يكشف الكرتين معا ويرسم على كرة واب خط الاتصال الذي بين الظل  
والنور ويمكن ايضا ان تتصورا ثانيا مثل م د ط م ن موضوعا  
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة م ن المنصورة في هذا  
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرفة على الكرة المنيرة بتمامها  
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء  
واحدة من الكرة المضيئة فاذن يكون هنالك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا  
الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عمدة 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 سطحها 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 يكت مماسا للسطحين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع  
الاوراع الملائمة لذلك ونصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون  
فيهما المستوى مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح  
منتشر د 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 اريد تصنيف اى ثغر فانه ينبغي تصنيف خارجيه بحيث لا يمكن في مسافة

مرمى المدفع ان ترمى مع الاستقامة جسما من الاجسام المعدة للرمية فوق  
بسطة الحصون التي عليها المحافظون فتصوّر سطحاً منتشراً مماساً لساهاق  
الحصن ولرأس الارض التي تكشف 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 ومضيقاتاً ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى  
هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال الخاريط المكتشفة في الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع  
القباقيب يستعمل نضلة مستقيمة حادة مشدودة من احد طرفيها بنقطة  
ثابتة ومن الطرف الاخرها قبضة يقبض عليها بيده اليمنى ويحكم بيده  
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صناعتها ثم يقطبها بالآلة المذكورة فينشأ  
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقباقب في جميع امتداد خط  
منحن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح  
القباقب وهو السطح الذي يكتشف جميع الخاريط المرسومة بالآلة  
المذكورة

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولاً  
آلة قليلة العرض ليصنع بها قطوعاً تسكادان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ  
مقراضاً مستويّاً يساعده في اتجاه مماس للمحيط الذي يكون للسطح  
المذكور فكما يضع المقراض في محل يرسم بواسطته مخروطاً ويحدث عن مجموع  
هذه الخاريط المصنوعة بنقل الآلة قليلاً قليلاً واتجاهها عدة مناطق  
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهاته وتلك المناطق مظلوفة  
في الخاريط وناشئة عنها

وقد تكون جلب البراميل والصواري المجمعة مخاريط مماسة لسطوح الدوران  
المستعملة في الصواري والبراميل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطالة اي جهة

من الجهات وزيادتها على اصلها قليلا او كثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة

ولنتكلم الآن على السطوح المكثفة التي يمكن صناعتها بثني بعض خطوط توصل بها السطوح المراد جعلها مكثفة فنقول

لنفرض خيطا 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 يكتنفها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غيره من سطوح الدوران ثم نبنى الخيط المذكور على حسب خط منحن فلا يكون السطح المكثف للجميع الا كره على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولا اى سطح دوران كان وانما يكون سطحاً مركباً من جملة دوائر كل واحدة منهم تكون مشتركة بين الاكر والسطح المكثف

ومضى انبنى محور الاسطوانة كان السطح المكثف مصنوعاً من جملة دوائر متساوية للدائرة الكبرى من الاكر المتساوية التي كانت في مبداء الامر محاطة بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على المنحنى الحادث عن المحور المنثنى ومركزها موضوع على هذا المحور

ثم ان اعوجاج الالمبق هو من قبيل السطوح المكثفة يتكون اولا من انشاء محور الاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوى اسطوانى وثانياً من غلاف جميع الاكر المتساوية التي مراكزها موضوعة على هذا المحور

وكذلك القبوة المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة تكون غلافاً للاكر المتساوية التي مراكزها على محيط شكل حلزوى تكون درجه مساوية لدرج السلم

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التي كل بت منها على حدته يكون ايضا البرم غلافاً للمسافة المقطوعة بالكورة التي مركزها تابع للخط الحلزوى المرسوم في وسط البت

ومن دور الحرير وغيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

اسطواني ومفاصله تنكمش وتبسط على حسب ارادته وعند ثنى هذه الهوام  
يتراى ان جسدھا لا يبقى على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة  
سطح من السطوح التي نحن بصددھا

واذا نى محور الاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح  
دوران وهو السطح الخلقى الذى تقدم ذكره فى الدرس الحادى عشر وذكرنا  
مسططيه وكيف رسمه

وللسطوح المحيطة بكرة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهى انه اذا قطعت  
اجزاؤها كل على حدة بسطح مستو عمودى على المنحنى الذى هو محل مراكز  
الأكبر حدث عن ذلك شيئا واحدهما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا  
على الغلاف والثانى ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للأكبر  
المساوية

واذا اريدت تغيير مقدار من الماء فى قناة ذات قنوع مستديرة لزم ان يكون قطع  
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة فى جميع اتجاهه  
بحيث لا يعتبرها اختناق ولا توقف فى اى مكان كان وينبغى حينئذ ان يكون  
سطح القناة المذكورة غلافا للكرة الى نصف قطرها بابت وينبغى ايضا ان يكون  
قطع القنوات المعدة لجرى ان المياه على شكل منحن او مضلع مسطحة ثابت  
لا يتغير وكذلك ينبغى لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية بقاء القطع على شكل  
واحدا ما عدا الاماكن التى يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

وسندكر فى الكلام على مراكز الثقل فى الجلد الثانى (عند ذكر الآلات)  
طريقة سهلة فى تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التى  
يبنّا حدها قريبا وانما ذكرها هنا طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة  
الاستعمال فى القنوات فنقول

قد يصنع الحداد والمرصاقي وصانع الزجاج وصانع القرفورى والحاس من  
محصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون  
اقلاما شبرا واسطوانات مصببة او مجوفة ويجعلون لها نوع انعطاف وغرضهم

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 والقصببات الملتفة لفاسنجيا 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 السمك كرية والنحاسون الصفائح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها انحناء مضاعفا ويقيمون قطعها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسمك كرية مدينة ليون في هذا المعنى امهر من سمك كرية مدينة باريس

ثم ان مهندسي القناطر والجسور لهم في رسم الاجزاء المنحنية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء التقاطع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عمودية 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 تكلفنا 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 ويحيط بها سطح الدوران المذكور على حسب اي دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ولنفرض الان ان مراكز هذه الاكر ثابتة على محور سطح الدوران فنحن هذا



المحور على حسب خط منحني ايا ما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث في الاكر باختلاف نفس الاكر المذكورة الا انه ليس ويحيط دائر على حسب الدائرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح

فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شديدا بسطح المحروط الممتد وكلما تنى عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث عنه دائر غلاف جله من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على وجه التمام بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له اثنا عشر وتعريجات قلده ارباب الفنون حيث جعلوا على شكله آلة الموبسقي التي تسمى بالسربان (شكل ١٧) والنفير (شكل ١٨) ونفير 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 اراغب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة (شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جله من آلات الموبسقي كنفير الجيوش الخفيفة فان سطحه من هذا النوع وكذلك بوق انعكاس الصوت فانه ايضا على هذا الشكل

ولاجل صناعة آلات الالحان التي انعمت بها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم ان يكون سطحها المنحني ممتدا ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب اصنائها طرق تبقي هذا التناسق في جهة الطول التي بموجبها يدفع الهواء في الآلة وفي الجهة المعترضة التي يكون القاطع فيها دائر متديرا

وقد تسعمل الطرق المتسوعة التي ذكرناها في عمل جله من السطوح لمعرفة صحيح الطرق المستعملة عند صناعت الآلات السابقة من فاسدها وتبديلها في الغالب بطرق آخر اصح 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 وروقه مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جلة من الفنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذه العمليات عند اجرائها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحاً مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخير غلافاً للمسافات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فالتناضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للمخروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهر 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 غلافاً لجميع المستويات المماسية فاذن يتم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تدعيمها وتأييدها وتقليلها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يمر محوره بمركزها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية نضع تدريجاً في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فهذه 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 والكرورية المستعملة عند صنع آلات النظر في عمل آلاتهم

واذا سمح نجار السفن واصلح بقدمه جانب السفينة فانه يزيل كلما ضرب بهذه الالة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافاً لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجرا 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 الاشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجراء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تحل عن مدلول

وسمى التفت الصانع بالكلية الى تلك الفائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرع لمعرفة ما ودوم على تذكارها بحيث لا يمكن تركها او اهمالها فعند ذلك يعتنى بالبحث عن محصولات صنعتها كاعتنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه و يلتفت اليها التفاتا كليا فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما مثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضا ما بينهما من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصورا على مجرد ميل النفس وتوابعها بذلك بل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكس الاخبار بوقوعها قبل اوانها

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 المبنية في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهين الخواص المفيدة التي لم تعرض في كتابي هذا الا لذكر رؤس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فوريقات الافرنج وورشهم لبقيت صنائعهم على حالتها الاصلية ولم تنسج دائرتهم ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الان

\*(الدرس الخامس عشر)\*

في بيان انحاء الخطوط والسطوح

اذا فرض اننا نسير على خط منحني ناظرين دائما الى اتجاه الخط المماس لهذا

المخفى 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 مناسبا لمقدار الانعطاف المنقسم في كل مسافة صغيرة تم عبورها

واذا امرنا 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 نصفنا قطرهما  $r$  و  $R$  كان  $r \times 14$  و  $R \times 3$  هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان  $r \times 14$  و  $R \times 3$  هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرتيهما وسرنا دائرتيهما حول محيطيهما فان مقدار الدور

يكون ٣٦٠ فاذن تكون النسبة بين انحنائيهما  $\theta$  و  $\phi$  للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360}{r \times 14} : \frac{360}{R \times 3} \text{ او } \frac{1}{r} : \frac{1}{R}$$

فان 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 انحنائيهما للدائرتين كنسبة نصف قطرهما 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 دائرتيهما الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرة نصف قطر هاسته امتار وتكون ايضا اقل بنحو مليون من دائرة كعجلة عربة 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 مثلا ان  $AB$  هو نصف قطر الارض وان  $CD$  (شكل ٢)

هو الجبل الذي رأسه وهي **د** نغيب عن عين الراصد المنتقل منها إلى نقطة **ب**  
 فتى علمنا مسافة **ب** **ث** بمدة نصف قطر **ا** **ث** **د** امكن معرفة قياس  
 مسافة **ث** **د** فاذا كانت زاوية **ا** **ب** **ث** صغيرة جدا كل قوس  
**ب** **ث** مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة **ب**  
 على **ا** **د** وينتج هذا التناسب وهو

$$\frac{ا}{ب} = \frac{ب}{ث} = \frac{ث}{د}$$

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** =  $\frac{ب}{ا}$

ومتى عرف البحارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع **ث** **د**  
 الذي هو ارتفاع صار من صواري السفينة أو أي 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 المحترعات الهندسية لما في ذلك من الايجاز في العمليات الخاصة  
 بالانحناء فنقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط **ا** **ا** **ا** **ز** (شكل ٣) هو المراد معرفة  
 انحناءه فالتناؤخذ نقطة المتجاوزة جدا ثلاثا ثلاثا ثم نرسم من ثلاث نقط  
 متوالية مثل **ا** **و** **ا** **و** **ا** دائرة **ا** **ب** **ث** التي يكون انحناءها  
 كالانحناء خط **ا** **ز** المنحني في قوس **ا** **ا** **ا** الصغير ويمكن اجراء هذه  
 العملية في أي نقطة كانت ولتبين بهذه الطريقة الدوائر التي يكون انحناءها  
 كالانحناء الخط المنحني في سائر نقطتها وانصاف اقطارها فنقول

كل دائرة مثل **ا** **ب** **ث** كان انحناءها في نقطة **ا** كالانحناء خط **ا** **ز**  
 تسمى دائرة مماسة تقريبا من هذا الخط المنحني ونصف قطرها هو نصف قطر

الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر عمود على محيط الدائرة في نقطة  $\bar{A}$  وليس هنالك فرق بين محيطها في نقطة  $\bar{A}$  و  $\bar{A}$  و  $\bar{A}$  ومحيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء عمود على المنحنى وانه مقياس انحنائه

ولنفرض اننا مددنا من نقط مختلفات كنقط  $\bar{A}$  و  $\bar{A}$  و  $\bar{A}$  (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا عمودية على منحنى  $\bar{A}$  ز واخذنا طولاً كطول  $\bar{A}$  و لنصف قطر الانحناء في نقطة  $\bar{A}$  وطولاً آخر كطول  $\bar{A}$  و لنصف قطر المنحنى في نقطة  $\bar{A}$  وطولاً ثالثاً كطول  $\bar{A}$  و لنصف قطر الانحناء في نقطة  $\bar{A}$  وهكذا في ثلث ان نقطتي  $\bar{A}$  و  $\bar{A}$  على قوس الدائرة التي مركزها نقطة  $\bar{O}$  ينتج ان  $\bar{O} = \bar{O}$  ولذلك ينتج ايضا ان  $\bar{O} = \bar{O}$  وان  $\bar{O} = \bar{O}$  و  $\bar{O} = \bar{O}$  وهم جرا

واذا ائبنا في نقطة  $\bar{A}$  التي هي نهاية خيط غير قابل للامتداد وشدنا هذا الخيط على حسب اتجاه  $\bar{A}$  و على حسب المحيط المفروض بنقط  $\bar{O}$  و  $\bar{O}$  و  $\bar{O}$  الخ التي هي مركز الانحناء  $\bar{A}$  ثم قربنا نقطة  $\bar{A}$  بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول  $\bar{O}$  و  $\bar{O}$  وهم جرافان جزء الخيط وهو  $\bar{A}$  و يرسم قوس دائرة صغيرا مثل  $\bar{A}$  يكون تمامه على منحنى  $\bar{A}$  حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو  $\bar{O}$  ومن خط  $\bar{A}$  واولاه من نقطة  $\bar{A}$

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة  $\bar{A}$  صار مشدودا شد مستقيما من  $\bar{A}$  الى  $\bar{O}$  واذا قد مننا نقطة  $\bar{A}$  لتزمن  $\bar{A}$  الى  $\bar{A}$  فان الخيط المشدود شد مستقيما من  $\bar{O}$  يرسم قوس دائرة مثل  $\bar{A}$  يكون مركزه نقطة  $\bar{O}$  فاذا مررت ايضا نقطة مثل  $\bar{A}$  من  $\bar{A}$  الى  $\bar{A}$  فانها ترسم قوس  $\bar{A}$  يكون مركزه في نقطة  $\bar{O}$  وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جملة نقط شديدة القرب من بعضها كنقط  $\bar{O}$  و  $\bar{O}$  و  $\bar{O}$  الخ التي هي مراكز انحناء خط  $\bar{A}$  فانه يمكن ان يرسم بالسهولة منحنى  $\bar{A}$  از

بواسطة خيط قابل للإنشاء وليس قابلاً للامتداد وتزداد هذه القاعدة صحة وضبطاً كلما قربت إبعاد المراكز وهى  $و و و و$  والخ من بعضها وتكون على اتم الوجوه اذا تعاقبت هذه النقط بدون فاصل وكانت على صورة خط منحنى مستمر

ثم ان الطريقة التى ذكرناها وان كانت قاعدة تقريرية الا ان رسم منحنى  $أ ز$  بها اصح وادوم اتصالا مما اذا بدلنا هذا المنحنى بمضلع مصنوع باوتار ذلك المنحنى او عماساته وبواسطة هذا الرسم الجديد تكون جميع اقواس الدائرة التى اقيمت محل منحنى  $أ ز$  متوافقة فى الطول ولا يوجد فى هذه الصورة زوايا كفى رؤس الاشكال المضاعفة ولا اضلاع مستقيمة تقوم مقام بعض الاجزاء المنحنية فن ثم ينبغى أن نستعمل الطريقة الجديدة فى تحصيل شكل المنحنيات التقريبية التى كلما كان اتصال الانحناء ضروريا جذا نغدر رسمها مع غاية الصحة والاضبط

وقد سبق لنا ان خيط  $أ و و و$  الخ يشد حين ترسم نقطة  $أ$  التى هى نهايته خط  $أ ز$  المنحنى فاذا اخترنا منحنى  $و ح خ$   $٠٠٠ س$  الذى تقطعه النقطة الميمنة من مبداء الامر على هذا الخيط رأينا  $س و م$  يساوى الطول الكلى لجزء الخيط المنحنى من مبداء الامر على حسب  $و و و و ٠٠٠ و م$  ويطلق خط الانتشار على كل خط منحنى مثل  $و ح خ س$  الذى به ينتشر منحنى آخر مثل  $و و و و ٠٠٠ و م$  بحيث يكون طوله مساويا لنصف قطر الانحناء  $و و و و ح و ح و الى س و م$  من منحنى  $و ح خ س$

ثم ان خطوط الانتشار تستعمل كثيرا فى الفنون لاسيما خط انتشار الدائرة (شكل ٥) فان ارباب الميكانيكة يستعملونه فى قطع انحراس الآلاتهم على وجه مناسب

ولنفرض ان مدق  $أ ب$  (شكل ٦ و ٧ و ٨) يكون موضوعا فى مجرى بحيث يكون فى صعوده ونزوله على خط قائم محدد والمطلوب هنا بيان كيفية

رفعه وتنزله فنقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا اقويا مثل ث عيس على وجه التماس مبيتة بارزة مثل د ه اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى نقطته السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس و ح ز من خط الانتشار لمحيط و و و و للدائرة 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 وبالجمله 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 المجلة ثم ترتفع المدق ثانيا

وفائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى في الميكانيكة وقد تكلمنا في الدرس الثالث عشر على المنحنى المسمى بالقطع الناقص الذى له مدخلية كبيرة فى العمليات وحيث ان هذا المنحنى وهو ا ب ث (شكل ٩) تماثل المحورين فان خط انتشاره وهو د ه ف يكون ايضا تماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناء القطع الناقص يكون فى نهاية محوره الاكبر واصغر انحنائه يكون فى نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون ممتدا ومتواصلا ما يمكن ان نرسم الخط المنتشر وهو د ه ف ونرسم ايضا ا ب ث بواسطة خيط ايا ما كان او بشاقول بنثني تارة على حسب د ه وتارة على حسب



هـ ف

ومن المهم ان نذكر لك انه ولورسمنا مع منتشر **د هـ ف** شكلا مضلعاى  
 عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان منحنى **ا ب ث** لا يرى فى سائر  
 جهاته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يكون له شعبتان لا يوجدان فى خط  
**د هـ ف** ويكون للمحنى الذى خط انتشاره **ا ب ث** اتصال اكبر من  
 المنحنى المذكور لان انصاف اقطار المنحنائه تزيد وتنقص على التسدرج  
 ولوتعاقت انصاف اقطار منحنى **ا ب ث** بدون اتصال كما فى رسم المنحنى  
 المسمى باذن القفة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦)  
 فمن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بايرادها هنا فتقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة نقط منفردة قريبة من  
 بعضها جدا كما خطوط 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 الجدائل  
 التى يعرف بها وضع جملة نقط لخط منحنى ومثال ذلك رسم قارب السفن  
 ثانيا يمكن ان ترسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون او تارة  
 لهذا المنحنى مثل **ا ا ا** و **ا ا** و **ا ا** الخ (شكل ١١) او خطوطا  
 مماسة مثل **ا ا ا** الخ (شكل ١٢) وفى هذه الصورة الثانية يكون  
 فى تعاقب النقط اتصال لا يوجد فى الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه فى كل

رأس مثل **ا** و **ا** و **ا** من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس  
 ثالثا يمكن ان تبدل الخط المنحنى بعدة اقواس دوائر كما قواس **ا** و **ا ا** و **ا ا ا**  
 (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 المعمار جبهة الصورة الجانبية من القبوات

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 وحرركاتها فلي 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 بواسطتها يتحددون ويعمرون شكل قاربين 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 المزودة وبالجملة فينبغي ان ترسم بقلم الرصاص الخط المنحني المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بمسائر النقط التي هي ١ و ٢ و ٣ الخ (شكل ١٣) ولا بد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اجرائها ليكون رسم الانحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدريجي غير محسوس بحيث يرى فيه قدر الاتصال الذي يعين على اضعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القاربين وقت سير السفينة فعلى مهندس السفن ان يراطعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصاله الرأي وسرعة التمييز

ولا يليق 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 سمكة واحدة ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحنأوها لا يتغير الاتجاه قليلا ومنها ما هو مرقق شيأ فشيأ في احد طرفيه او الطرفين جميعا ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحني الذي يتقص انحنأؤه كذلك شيأ فشيأ من طرف الى آخر ثم تنى هذه المساطر بحيث يمر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحني المطلوب الذي يرسم بقلم

رماس بسند على المسطرة المثنية على شكل خط منح ولا جل سهولة  
الرسم على الورق ابدلوا ايضا ماسير رسم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التي  
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجبريات وهي محيط القارين المنتصب بقطع  
رماس مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق او القماش كقطع ح  
و ح و خ الخ (شكل ١٤)

ويستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية بترتبة نقط معلومة آله 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 مجردا عن الزوايا يكون انحناءه  
متوايلا دون ان يكون فيه خروج

والى الان لم نتكلم الا على انحناء الخطوط المرسومة في مستو واحد كالخطوط  
التي تسمى بذات الانحناء المفرد ولكن هنالك خطوط لا يمكن رسمها على مستو  
واحد لازدواج انحناءها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات  
والمنحاريط ونحو ذلك ولنتكلم عليها فنقول

اذا اراد رسم الخطوط ذات الانحناء المزدوج كذات الانحناء المفرد فلا مانع  
ان نأخذ اثنان من النقط المتتاليين بفصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة  
ثلاثا ثلاثا ثم نمرّد دائرة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هي دائرة المنحنى  
المماسية التقريبية لساير امتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط 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 الننون ان يرسموا باجتماع عدة اقواس دائرية متعادلة على  
وجه التماس ساير الخطوط المزدوجة الانحناء ويكون هذا الرسم على وجه  
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات لطيفة جيدة في شأن انحناء الخطوط السابقة غير انها ليست

من المبادئ رأسا ولا تـ كـ نـ مـ د خ ل ي ت هـ ا في عمليات الصناعة العادية فلا وجه لاي رادها

واما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني 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) ونعد من نقطة و المعتبرة مركزا نصف قطر أ و فيكون نصف القطر المذكور قياس الانحناء في نقطة أ لساير القطاعات الحادثة في الكرة عن مستوي يشتمل على نصف قطر أ و ويكون ايضا قياسا لانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في ساير جهات السطح وفي جميع نقطه فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر القطاعات الحادثة عن مستوي يشتمل على نصف القطر المذكور

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف قطر الكرة التي تكتنفها تلك الاسطوانة او عكسها بحسب محيط قاعدتها واما بالنظر لضلعاها وهو أ ب (شكل ١٧) فلا انحناء لها اضلا بحيث اذا مثل عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للاسطوانة بالنظر لضلعاها يجاب بانه 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 فبقي 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 المنحنى فعلى ذلك تكون انصاف اقطار  $او و$   $او و$   $او و$   $او و$  متجهية في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع  $ا ا ا ا$  الخ  $ب$  من السطوح المخروطية والاسطوانية

ولست 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

فان ما يوجد في حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل تراه متجهية 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

فمن هنا يظهر ان السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع ففي النوع الاول يكون اتجاه الانحناء الخطوط التي يمكن رسمها على اى سطح كان متجهية في جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والجسمات الناقصة والسطوح البيضاوية وما شبه ذلك

وليس في النوع الثاني الجهة واحدة وانحنائها ظاهر واما الجهة الاخرى فهي خالية عن الانحناء بالسلبية 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 لها بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطاً عمودياً على السطح المذكور فانه يوجد على الخط العمودي المذكور من احدى جهتي السطح جزء من مراكز 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 والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

فِي جِهَةِ وَاحِدَةٍ

وَأَمَّا الْفَخَذُ وَالسَّاقُ وَالذَّرَاعُ فَهِيَ أجزءُ لَا انْخِصَالَهُ فِي أَحَدِي جِهَاتِهِ فَهُوَ مِنَ  
النُّوعِ الثَّانِي

وَمِنَ الْمَشَاهِدِ أَنْ مَفَاصِلَ الْأَذْرَعِ وَالْأَصَابِعِ وَالْأَبْطَاطِ وَمَا شَبَّهَهَا وَكَذَلِكَ مَرْبُطُ  
الرَّأْسِ وَالْجِسْمِ بِالْعُنُقِ وَغَيْرَ ذَلِكَ مِنْ قِبَلِ النَّوعِ الثَّلَاثِ ذِي الْانْخِصَالِ  
الْمُتَجَهِّينِ فِي جِهَاتٍ مُتَقَابِلَةٍ

ثُمَّ أَنْ صَانِعِي التَّمَاثِيلِ وَارِبَابِ الرَّسْمِ يَتَمَتَّعُونَ بِإِعْتِيَادِهِمْ عَلَى رَسْمِ صُورِ الْأَجْسَامِ  
الْبَشَرِيَّةِ وَمُلَاحَظَةِ انْخِصَالِ أَجْزَائِهَا الْمُخْتَلِفَةِ يُظْهِرُ لَهُمْ فِيهَا تَفَاوُتٌ دَقِيقٌ فَيَقْدِرُ  
اجْتِهَادُهُمْ فِي التَّوْفِيقِ بِهَذَا التَّفَاوُتِ تَكُونُ صَنَاعَتُهُمْ مُقْبُولَةً لِأَيِّ أَرْبَابِ الْمَعَارِفِ  
فَإِذَا سَلَكَوا فِي ذَلِكَ مَسْلَكَ الضَّبْطِ وَالْحُدُودِ كَانَتْ صَنَاعَتُهُمْ بِدِيعَةِ تَرْوِقِ النَّظَائِرِ  
وَتَحْجِبِ الْخَاطِرِ وَالْأَقْرَبُ مِنْهَا نَفْسُهُمْ وَاسْتَبْشَعُوهَا

وَالْانْخِصَالُ تِلْكَ الْأَجْزَاءُ الْمُخْتَلِفَةُ لَهُ تَعْلُقُ وَارْتِبَاطٌ عَظِيمٌ بِشَكْلِ الْعِظَامِ وَالْأَعْصَابِ  
وَالْعُضَلَاتِ الْمَكْسُوءَةِ بِالْخَالِدِ فَيَجِبُ حَيْثُذَى عَلَى الرَّسَامِ الْمُتَجَرِّعُ فِيهِ أَنْ يَقِفَ عَلَى  
حَقِيقَةِ الْأَشْكَالِ الَّتِي يَرِيدُ رَسْمَهَا مَعَ غَايَةِ الْإِهْتِمَامِ بِحَيْثُ يَكُونُ رَسْمُهُ  
مُبِينًا لِمَا اسْتَمَرَّ مِنْ أَشْكَالِ الْأَجْزَاءِ الْدَاخِلِيَّةِ الَّتِي يُمْكِنُ رُؤْيُهَا

وَفِي صَنَاعَةِ بَعْضِ الْمَصُورِينَ خَطَأٌ بَيْنٌ وَهُوَ كَوْنُهُمْ يَجْعَلُونَ بَعْضَ أَجْزَاءِ سَطْحِ  
الْجِسْمِ الْبَشَرِيِّ بَارِزًا جَدًّا أَوْ مُنْخَنِجًا مُنْخَنًّا شَدِيدًا أَوْ مُجْتَدِّبًا تَحْدِيدًا مَفْرُطًا لَتَكُونُ  
الْأَشْكَالُ التَّشْرِيعِيَّةُ عَلَى غَايَةِ الْبَيَانِ مَعَ انْتِهَائِي الْوَاقِعِ دَقِيقَةً لَا يَدْرِكُهَا النَّظَرُ  
وَمَا ذَاكَ إِلَّا تَصْنَعُ حُلُمِهِمْ عَلَيْهِ التَّأْنِقُ وَالزَّخْرَفَةُ وَمِثْلُ هَذَا الْأَمْرِ لَا يَلِيقُ بِكِبَارِ  
الْأَسَاتِيدِ

ثُمَّ أَنْ سَطْحَ سِيمَا الْإِنْسَانِ لَا يَخْلُو عَنْ تَغْيِيرٍ لَطِيفٍ مَنْوُوطٍ بِالتَّأَثُّرَاتِ الْبَاطِنِيَّةِ  
دَائِمَةً كَانَتْ أَوْ وَقْتِيَّةً فَأَمَّا الْأَوَّلَى فَيَنْشَأُ عَنْهَا فِي انْخِصَالِ الْأَجْزَاءِ الْمُتَغْيِرَةِ بَلْ وَكَذَلِكَ  
فِي مَنَظَرِ الْأَجْزَاءِ الثَّابِتَةِ أَشْكَالُ تَبْقَى زَمَانًا طَوِيلًا وَتَدْرِكُ دَقَائِقَهَا بِدَوَامِ الْبَحْثِ  
وَمَزِيدِ التَّأَمُّلِ وَذَلِكَ كَهَيَاةِ الْوَجْهِ وَسِيَاءِ وَأَمَّا التَّأَثُّرَاتُ الْوَقْتِيَّةُ فَيَنْشَأُ عَنْهَا  
فِي تَقَاطِيعِ الْوَجْهِ تَغْيِيرٌ بَيْنَ أَوْ غَيْرِ بَيْنٍ فَإِذَا كَانَتْ مَعْرِفَتُهُ مِنْ أَهَمِّ الْأُمُورِ فِي مُمَارَسَةِ

الفنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب الفراسة الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غير هالياقة للاوصاف والاحوال من بشاشة وعبوس وغوص الفكر في الدقائق وسوء الطوية وهنالك مجتأ آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لالبأس بإبراده فنقول انه زيادة على ما في انحناء عى الجمجمة الاصليين من الانتظام يرى في محال من جماجم بعض افراد من بين آدم تنبئات 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 القطن الباحث عن نواميس الطبيعة لا يبادر بالاقرار في الذم او المدح حيث ان هذا المبحث الجديد لا بد أن يسلك الانسان في مطالعته مسلك الجد ولوصح ان الانسان يتصدى للمبحث عن كل شئ ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المفروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكفى وجود عدة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قلة وكثرة في شكل الجماجم لتبصر دراسة اختلافات المنحنيات في المباحث التي يشتغل بتحقيقها فكر العقائل

وللاجزاء المتنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة او منحنية تجعلها قابلة للتحررك قلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشرح 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 اعنى 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 اسدها

الطبيعة للحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلاء منتظمة غاية الانتظام لاجل مضغ  
المواد النباتية وجرشها حتى ان شكل اسنانها لا يعتبر به اختلاف اصلا مع دوام  
استعمالها في مضغ الغذاء بخلاف شكل اججار الطواحين فانه يلحقه الاختلال  
في اسرع وقت فمن ثم يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالباً وذلك بنحت  
الاججار ونقرها ليحسن الطعن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة  
لا تساوى الآثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء  
بباريس اشتغل بصناعة آلات للجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس  
الحمل 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 وانحنائهم او وظائفها  
ولنقل الآن من الكلام على هذه المحفوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث  
انحناء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعى اى علم الحيوانات الى الكلام  
على الخواص الهندسية التى بها تسهل معرفة اصول هذه الانحناءات وتوقعها  
فنقول

يمكن أن نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقعاً بالتوازى  
على سطحه (شكل ٢٠) فى **ا ب ث د** وهذا القطع الناقص  
من مبداء نقطة **ح** يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازى  
لمستوى **م ن** المماس للسطح المذكور فى نقطة **ح** والجوارى لمستوى  
**م ن** وجبتان **ح و** هى المسافتان بين نقطة **ح** والمستوى القاطع  
وهو **م ن** فانه اذا مررنا من نقطة **ح** بجملة دوائر مررها  
موضوعة على خط **ح و** العمودى وكذلك من محيط القطع الناقص  
حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعات المصنوعة فى السطح  
بمستويات الدوائر المذكورة



ويميز اصغر هذه الدوائر برأسي  $\overline{ب}$  و  $\overline{د}$  من المحور الصغير من القطع الناقص ويميز اكبرها برأسي  $\overline{ا}$  و  $\overline{ث}$  من المحور الكبير من القطع الناقص المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررسائر الدوائر الواقعة على مستوي واحد ماربعمود  $\overline{ح}$  و  $\overline{ع}$  الذي في (شكل ٢٠)

فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحنأؤها 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 انحنأؤها 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  $\overline{ع}$  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 بالتأثر 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 بالتأثر بالنسبة لاتجاه المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب

البكرة التي انحنأها 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 محذبا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حذمتان بين النوعين الآخرين  
وحينئذ ثبت 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 وذكرنا طرق استعمالها في معرفة الخواص  
اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما انتقل 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 انتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان  
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا 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 اضلاعاً قائمة  
لانحناءاتها واما الخطوط الكبيرة الانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات  
عمودية على المحور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع  
من اضلاعها فاذا كانت خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على

شكل زاوية قائمة

وفي المخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاعه عين خطوط الانحناء الاصغر  
تتجصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان تضع طرف البيكار على  
رأس المخروط ثم ترسم في الطرف الآخر منه منحنيات متنوعة بقدر انفرجات  
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 الانحنائين  
وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر من المقرران دوائر انصاف النهار  
في جميع اتجاهها وعمودية على المتوازيات السابقة

وقد اجاد المعلم منج الشهير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية  
قطع الاجبار 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 وتشكله بالشكل الذي يناسب سطح  
القبوة تعمل الواجهة المسماة بالاتحامات التي على حسمها تلتصق اجزاء العقد  
بعضها ويوجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون  
شكل اوجه الالتحام بسيطا يحكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعها في غاية  
من الصلابة الا ان هذا الامر الثاني يقتضي ان اوجه الالتحام تكون عمودية على  
منحني القبوة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه  
التحام حجر العقد مع القبوة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه  
مع القبوة المذكورة زاوية حادة وبسبب الضغط يهدم حجر العقد المنتهي بصلع  
منفرج حجر العقد المنتهي بصلع حاد ويقسمه اذا كان الضغط قويا او يقلقه  
ويكسره اذا كان الضغط خفيفا ولجل السهولة والاختصار في ذلك ينبغي عمل  
الاتحامات مستوية او منتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من  
الورق او المقوى او نحو ذلك من الاجسام القابلة للثني والانعطاف فرحمتويا

له محيط مضبوط بيلام وجه الالتحام ويكنى ثنيه على وجه لائق لينظر هل ينطبق في سائر أجزائه على وجه الالتحام الذي يكون عوديا على القبوة بواسطة المسطرة المثلثية ام لا

وحيث ان الامر ينسب السابقين يستلزمان إيجاد سطوح منتشرة عمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزمان كذلك أن نجعل خطوط الانحناء سطح القبوة هي خطوط الالتحام

فعلى ذلك اذا رسمنا سطوحا سطوائية (شكل ٢٤) فاننا نتخبط التحاماتها 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 الحادثة 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) كالأبواب والسبايلك الواسعة وطافات المدفع النقية مثل طافات الحفر الارضية وغير ذلك فاننا نجعل خطوط التحامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صنع قبة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبة مثلا فاننا نرسم 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 التحامات الجهة الافقية وتكون تلك الالتحامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتحامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتحامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للمعاريط

والى هنا تم ما اورده للمؤلف منج 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 المستخرجة 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 تخصص صور الاجسام  
بخواصها ونستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة متمازة ولا خط كذلك بانوار  
الظل والضوء بيئة كانت او غير بيئة على تمييز صور الاجسام وجنسها ودرجة  
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

وليست منفعة هذا المبحث مقصورة على ارباب الحرف بل تعم ايضا اهل الصنائع  
على اختلافها حيث يكسبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن  
حقيقة شكل الاجسام التى يعنون بها لاحتاجهم او لمجرد التزاهة  
ولبيان كيفية الوقوف على الانحاء السطوح بالمشاهدة فنقول

لنفرض ان كرة **ا ب ث** مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ  
برسم خط اتصال الظل من الضوء وهو **ل ل ل ل** بمقتضى القواعد  
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون  
الجزء المضيء هو **ل ل ل ل ب ث** لا غير (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 ثم يصير على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير  
قرا كالملا فى ذهابه يكون مكسوفا بحيث لا يرى الراصد له نورا فاذالم نعتبر  
الاجزاء المنيرة هو **ل ل ل ب** فلا مرجح لنسبته لأكرة دون السطح  
الامتد او المفرطح فى جهة الشعاع النظرى وهالك الكيفية التى يعرف بها مقدار  
هذا التفاضل

وحاصلها ان السطح المعتبر كانه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كما في (شكل ٢٧) يرى الراصد منها صورة الشمس والجسم المضيء 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 فيمتد يكون اولاً كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستوا 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 متحدد للاشعة فكما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثرت شتيت النور واخذ في التناقص وصار 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 نلونها بعبدة اللون قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فيمتد يلون مع الضبط التام النور المتناقص بالتدريج فوق جزء السطح المنير

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها وانوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الخلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح الحلزونية والسطوح المعوجة وما اشبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما واللوانها التي خصصتها لها القدرة الالهية تتناقص تناقصاً متوالياً على وجه غير محسوس ولا ممتاً الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف تشكيلها 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 والسمكري وصانع المسكايل فانهم يعرفون مع غاية السهولة هل سطوحهم اوجزاً أوها اسطوانية او مخروطية او منشرة او نحو ذلك اولا بخلاف غيرها فها رتهم فيه دون ذلك

وكذلك خزاطو الاخشاب والمعادن وصانعو الفخار والفر فوري وغيرهم ممن يصنع دأتما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهله بدون من هل سطوحهم اوجزاً منها من سطح الدوران ولا وهل بعض اجزاها ممتدة او مفرطح بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمار جبة فانهم يعرفون على ما ينبغي 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 ينبغي

فن المهم ان نعود الامة بتمامها على ان نعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح وكيفية صناعتها مطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة في تقدم الصناعة والفنون المستطرفة وسنيسط الكلام على ذلك بملاحظات ومباحث وسنشرح ذلك تفصيلا عند الكلام على الملاحظات والمباحث التي بها تنسج دأرة الادراة ونعيننا على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث في الكلام على القوى المحركة)

وينبغي للنقاشين أن يتعودوا على أن 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 يتقلون صورتها فبذلك تكون اشغالهم صحيحة مضبوطة

وينبغي كذلك للمصور الذي يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على سطوح ليس لها الابعاد أن يقف على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان

اسكل سطح كي يتيسر له أن يرسم مثل تلك الصورة بواسطة قلم البوية  
وبالجملة فينبغي لكل من الحسك والرسام أن يبذل جهده في مطالعة هذه  
المباحث لتكون صناعته على اتم الوجوه واكمل الاحوال

تم تعريب الجزء الاول من كتاب كشف رموز السرمصون \* في تطبيق الهندسة  
على الفنون \* على يد معتر به الفقير الى الله تعالى المنان \* عيسوى افندى زهران \*  
وكانت مقابلته على اصله \* وتصحيح صعبه وسهله \* وافراغ عباراته في هذا القالب \*  
سهل المأخذ للطالب \* بمعرفة الفقير الى مولاه القوى \* محمد قطة العدوى \*  
بعد اطلاع صاحب العلوم الرياضية \* المتبحر في الفنون الهندسية \* حضرة  
بيوى افندى رئيس قلم هندسة فهو العارف باصطلاحاته \* الخبير برموزه  
واشاراته \* وبانفاس ذى الفهم الثاقب \* والرأى الصائب \* حضرة رفاعة  
افندى \* حفظه المعيد المبدي \* اذ كان المرجع اليه في حل مشكلاته \*  
والمعول عليه في فك معضلاته \* جعله الله خالص الوجهه الكريم \* ونفع به النفع  
العميم \* ويسر على احسن الاحوال تمامه \* وكما احسن بدءه بحسن ختامه \*  
وكان تمام طبعه \* وبدق ثمره ينعه \* بدار الطباعة العامرة \* الكاشنة في بولاق  
مصر القاهرة \* لازالت هي والمدارس المصرية \* والاشغال الهندسية \*  
راقية مراعى الفلاح \* صاعدة الى اوج النفع والنجاح \* بهمة رب المعارف  
الفائقة في جميع العلوم \* والافهام الراتقة في المنطوق والمفهوم \* حضرة  
ميرالوا ادهم بيك مديريون المدارس \* لا برحت بانفاسه مطلع الشمس  
النفاث \* ووافق ذلك الخامس والعشرين من شهر جمادى الاولى (سنة ١٢٦٦هـ)

ستين ومائتين بعد الف \* من هجرة من خلقه الله على اكمل

وصف \* صلى الله عليه وسلم \* وشرف

وكرم وعظم

تم









