

وفي تركيب بنية الانسان أمثلة متعددة من الروافع غالبها من النوع الثالث فالعظام في البنية هي الاعواد الصلبة والعضلات بمنزلة القوى والمفاصل بمنزلة نقاط الارتكاز

فعظم زند الانسان عند انشاء الساعد على العضد رافعة من النوع الثالث نقطة اتكائها المرفق واليد هي المقاومة والعضلة العضدية ذات الرؤس الثلاثة المؤثرة في الطرف العلوى لعظم الزند هي القوة وتحرك هذه الرافعة عسر لقرب نقطة الاتكاء من القوة ولذلك جعلت العضلة ذات ثلاثة رؤس لحية لتكون بمنزلة ثلاث عضلات فتكون قوية وحركة انبساط الزند سريعة لانه رافعة طويلة نقطة اتكائها قريبة من مفصل المرفق

## المقالة الثانية

### مقدمة

٣٨ - طبيعة التناقل - يسمى بالتناقل القوة التي بها تميل الاجسام للسقوط نحو الارض

وسبب حركة الاجسام السماوية هو عين سبب سقوط الاجسام على سطح الارض فهذه القوة العمومية سبب حركة العالم تسمى بالجذب العام وبالتناقل العام والتناقل الارضى حالة خصوصية منه

ولا يتأنى نسبة التناقل في المادة ذات الوزن الى قوة فيها تتحرك بها المادة لان المادة فاصرة فلا يمكنها أن تتحرك بنفسها وانما هو بناء على الآراء الحديثة العهد نتيجة حركة ذرات الاثير المحيط بالمادة ذات الوزن من جميع الجهات وقرعها لها في كل لحظة ومن الظاهر أنه اذا كان هذا القرع غير متمائل حول جزيء أو جسم فان الجسم يتحرك في اتجاه محصلة القرع الاكثر شدة وهذا يحصل متى تقابل الجسمان فان عدم تساوى شدة القرع الواقع على الجسمين يكون متجهها بكيفية بها يحصل تقارب هذين الجسمين

ويؤثر التناقل بشدة واحدة في جميع الاجسام مهما كانت طبيعتها غير أن نتيجة هذا التأثير تختلف خصوصا باختلاف حالات المادة ولذلك نرى من الواجب تقسيم ظواهر التناقل الى ثلاثة أقسام مقابلة لحالات الاجسام الثلاث موازنة الاجسام الصلبة وموازنة الاجسام السائلة وموازنة الاجسام الغازية

٣٩ - كمية الحركة والعمل والقوة العاملة - رأينا (§ ٢١) أن  $\frac{v}{h} = k$  ومنها  $v = h k$  ومن ذلك يؤخذ أن القوة تقاس بحاصل ضرب كتلة الجسم المؤثرة هي فيه بالمجلة التي تكسبها هذه القوة للجسم وحينما تكون القوة ثابتة تكون الحركة منتظمة المجلة رأينا (§ ٢٣) أن في مثل هذه الحركة يكون  $s = h n$  ومنها  $h = \frac{s}{n}$  وباستبدال  $h$  في المعادلة (١) بما ساواها يحدث  $v = n s k$  (٢) فاصل ضرب كتلة الجسم المتحرك في سرعته  $s k$  بعد مضى الزمن  $n$  يسمى بكمية الحركة ونعلم أن المسافة المقطوعة في الزمن  $n$  بالقوة  $v$  هي

$$m = \frac{1}{2} h n^2 \quad (٣)$$

فباستبدال  $h$  بما ساواها  $\frac{v}{n}$  مستخرجاً من المعادلة (١) يحدث

$$m = \frac{1}{2} \frac{v}{n} n^2 \quad (٤)$$

وبحذف  $n$  من المعادلة (٢) و (٤) يحدث

$$m = \frac{1}{2} \frac{k s^2}{v} \quad \text{ومنها} \quad v = \frac{k s}{2m} \quad (٥)$$

وتدل هذه العلاقة على أنه في أى وقت من الحركة يكون حاصل ضرب شدة القوة الثابتة في طول المسافة التي قطعها الجسم بتأثيرها في اتجاهها من وقت الحركة مساوياً لنصف حاصل ضرب كتلة الجسم في مربع السرعة المتحرك بها الجسم في الوقت المقصود

ويسمى في علم الميكانيكا المتحصل  $m v$  أى حاصل ضرب القوة  $v$  في المسافة  $m$  التي قطعها الجسم في اتجاه القوة بعمل القوة ويسمى بالقوة العاملة المتحصل  $\frac{k s^2}{2}$  أى نصف كتلة الجسم  $k$  في مربع السرعة المتحرك بها الجسم واذن فالعلاقة بين العمل والقوة العاملة هي أن عمل القوة يساوى القوة العاملة

## المطلب الاول

مايتعلق بالاجسام الصلبة

### الخواص العمومية للاجسام الصلبة

٣. - التماسك والمرونة - الخاصتان المهمتان في الاجسام الصلبة هما التماسك والمرونة فبالتماسك يكون لها شكل معين وبه لا يمكن فصل بعض اجزائها عن بعض أو تغيير أشكالها الا بمجهود وبالمرونة تميل الاجسام الصلبة لمقاومة كل سبب خارجي يحدث تغيرا في شكلها وبها تعود الاجسام لأشكالها الاصلية متى زال السبب المغير لها ومجهود المرونة يساوى وبضاد شدة السبب المغير لشكل الجسم

وبأقل مجهود لازم لفصم الجسم تقاس قوة التماسك أى المتانة اذ يقصد بالمتانة حدة منتهى مقاومة الجسم لفصمه وتختلف أنواع المتانة باختلاف طرق الفصم وتسمى مقاومة الفصم بالشمعنة المحضة ومقاومة الفصم بالانشاء متانة نسبية ومقاومة التفتت صلابة وجميع أنواع المقاومة لا تنقاد لقانون واحد فالزجاج مثلافه مقاومة محضة أشد من التى فى الصمغ المرن ومقاومة الزجاج لفصمه بالثنى أقل بكثير من مقاومة الصمغ المرن

والمتانة المحضة هى المستعملة فى العادة لقياس قوة التماسك ولما كانت مقاومة الجسم لفصم بشده متناسبة مع قطاع هذا الجسم أخذنا دلالة على شدة التماسك الوزن اللازم لفصم الجسم حالة كون قطاعه ملئمة مكعب وهذا يسمى عامل المتانة المحضة أو التماسك وتختلف شدة التماسك باختلاف الاجسام ففي الصلب المصهور تبلغ شدة التماسك ٨٤ كيلوجرام تقريبا وفى الرصاص تبلغ ٢ كيلوجرام وأشد الانسجة تماسكا العظام والأربطة ومتانة العضلات أقل من متانتها وقد قدر (فرانسيم) تماسك بعض أنسجة الانسان فكانت فى العظام ٨٠٠٠ كيلوجرام وفى الاوتار ٦٢٥٠ كيلوجرام وفى الاعصاب ١٣٥١ كيلوجرام وفى الرصاص ١٨٥ كيلوجرام وفى الشرايين ١٣٧ كيلوجرام وفى العضلات ٤٥ كيلوجرام وذلك فى حالة الغضاضة ودلت أبحاث (فرانسيم) على أن التماسك يقل كلما تقدم السن اذ وجد تماسك عظم الشظية لرجل سنه ٣٠ سنة ١٥٠٠٣ كيلوجرام ووجد تماسك العظم نفسه عند رجل بلغ سنه ٧٤ سنة ٤٢٣٥ كيلوجرام ووجد متانة

العضلة الخيطية عند طفل عمره سنة واحدة ١٧٠ وكانت عند رجل بلغ ٧٤ سنة ١٧٠. والجفاف يزيد أيضاً متانة الأنسجة كثيراً وقدين (جليليه) أن القضبان المجوفة تقاوم الانقسام بالثني أكثر من القضبان المصمتة التي من مادتها وسطوح قطاعها العمودية متساوية ومن السهل فهم هذا الفرق النسبي لأن القطر الخارجي يكون أعظم في القضبان المجوفة منه في المصمتة فيكون ذراع الرافعة المركزة فيه المقاومة أطول ومع ذلك فهناك حد نسبي لا يتعداه ازدياد القطر الخارجي والقلت المقاومة أذترق جذر القضبان فتقبل للانشاء والانعطاف وقد أبان (جيرار) أن مقاومة الاسطوانة المجوفة تكون في أعلى درجة متى كانت نسبة الشعاع الخارج الى الشعاع الداخل كنسبة ١١ الى ٥ ومن الظاهر أن القضيب الذي يكون فيه عدة تجاويف طويلة يكون فيه أيضاً من ايا الانابيب المجوفة من حيثية المقاومة النسبية وبذلك يرى امكان ازدياد المقاومة النسبية لجسم من غير حصول ازدياد في وزنه وبالعكس يمكن نقصان الوزن من غير نقص المقاومة وفي العالم أمثلة متعددة لهذه الاوضاع التي اصطبغت فيها الخفة والمقاومة فسيقان بعض النباتات وريش بعض العصافير والعظام الطويلة كلها عبارة عن أنابيب مجوفة ومعظم قطع الهيكل العظمي ذو تجاويف وبذلك أمكن بكمية معينة من العظام ازدياد مقاومتها النسبية مع حصول اتساع في سطوحها وهي محل اندغام العضلات

هذا وللمعرفة متانة الأنسجة الحيوانية أهمية في الطب العملي فكثيراً ما نطراً أحوال يحتاج فيها الجراح والطبيب الشرعى الى معرفة القوة الخارجة الممكن تأثيرها في أجزاء الاجسام الصلبة أو الرخوة من غير خطر ومعرفة مقدار الاستطالة والانشاء الممكن حصوله في هذه الاجزاء اذا أحدثت قوة معلومة كسر أو غيره

ومن معرفة عامل المتانة المحضة ك وقطر الجسم ط يمكن معرفة المقاومة قا التي تحصل في قسم الجسم بالشد بهذه المعادلة

$$قا = ك ط$$

وقانون المقاومة النسبية أى المقاومة التي تحصل في قسم قضيب بالثني يكون طول ل وعرضه ص وارتفاعه ص هو

$$ق = ك \frac{ص^2}{ل}$$

وفي هذه المعادلة ك عامل المتانة المحضة و ل طول القضيب وبالأحرى المسافة بين نقطة

ارتكاز المقاومة ونقطة ارتكاز القوة وإذا كان قطاع القضيب اسطوانيا كانت المعادلة المتقدمة هكذا  $u = k \frac{P}{l}$  م. رمز لشعاع محيط الدائرة

٣١ - المرونة - هي ميل جزيئات الاجسام الى العود الى مواضعها متى امتنع عنها تأثير القوى الغريبة المغيرة لحالة موازنتها والقوة التي بها يميل الجسم لأن يعود الى شكله وحجمه الاصيلين تسمى قوة المرونة وعلى ذلك كلما كان الجهد اللازم لتغيير شكل جسم عظيمًا كانت قوة مرونته عظيمة وكلما استحكم عود الجسم الى شكله الاصيل كانت مرونته تامة ولا علاقة بين قوة المرونة ودرجة تماميتها فمن الاجسام ما تكون قوة مرونته عظيمة ومرونته غير تامة وذلك كالفضة والرصاص ومنها ما مرونته تامة وقوة مرونته قليلة وذلك كالصمغ المرن والعضلات والانسجة الوعائية ومنها ما تكون قوة مرونته عظيمة ومرونته تامة وذلك كالصلب والزجاج

والمشهور عند الناس تسمية أجسام تامة المرونة بقوة مرونتها صغيرة كالصمغ المرن بكثيرة المرونة وهي تسمية غير ملائمة للإصطلاح داعية للالتباس اذ يراد من تسمية الجسم بكثير المرونة أنه يقبل الانثناء كثيرًا من غير أن يفقد خاصية عوده الى شكله الاصيل

وأشكال المرونة متعددة بتعدد كيفية تغيير أشكال الاجسام فهناك مرونة شدة ومرونة ضغط ومرونة ثني ومرونة لي ومهما كان نوع المرونة فقوتها تقاس بكبر الجهد اللازم لاجداث تغيير شكل الاجسام تغييرا معينًا يكون واحدًا في جميع الاجسام بشرط أن يكون هذا التغيير وقتيًا وأما درجة تمامية المرونة فتقاس بكبر القوة التي تلزم لاجداث تغيير في شكل الجسم تغييرًا معينًا بحيث لا يعود الجسم الى شكله الاصيل بعد زوال تأثير هذه القوة عنه

وأهم قوانين مرونة الشد هو أن الاستطالة التي تحصل في الجسم متى شد في اتجاه طوله تكون متناسبة مع قوة الشد في حالة تساوي جميع أحوال التجربة ولا يكون هذا القانون محكمًا الا في حد معين فإذا ازداد الثقل المحدث للشد وتعدى حدًا معينًا فإن الاستطالة تصير أقل من ازداد الثقل بل ويلاحظ هذا التفاوت في الاجسام السهلة الانثناء كالصمغ المرن والعضلات والانسجة الوعائية وفضلا عن ذلك يشاهد في العضلات أن قوة مرونتها تختلف بحسب كونها في حالة انقباض أو انبساط فإن قابلية انثناء العضلات تزداد بانقباضها وفي هذا شاهد على نقصان في قوة مرونتها ودلت التجربة على أن قوة اللي متناسبة مع زاوية اللي أي أن مرونة اللي منقادة لنفس قانون مرونة الشد

ولمقارنة قوى مرونة الاجسام المختلفة بعضها ببعض يبحث عن الوزن اللازم لحصول كمية استطالة واحدة في الاجسام متحدة الطول والقطر واتفقوا على أن المرونة تكون عدد وحدات الوزن اللازم لاستطالة جسم طوله يساوى الوحدة وقطره يساويها أيضاً مقداراً يساوى الوحدة كذلك وهذا العدد يسمى عامل المرونة

ولأهمية لاختيار وحدة الطول اذا الجسم يحتاج الى وزن واحد ليصير طوله ضعف ما كان سواء كان طوله متراً أو ملليمتر لان القضيب الذى طوله متر هو عبارة عن قضيب مكون من ١٠٠٠ قضيب طول كل واحد منها ملليمتر فاذا استطال قضيب طوله متر متراً آخر أى اذا صار طوله مترين كان كل متر من أجزائه قد استطال ملليمتر آخر وليس الامر كذلك من حيث القطر لانه اذا اعتبرنا قضيبين طولهما واحد وقطاع أحدهما ملليمتر مربع والاخر سنتيمتر مربع فلا استطالتهما بمقدار واحد يلزم تعليق ثقل فى الثانى يساوى ما يعلق فى الاول مائة مرة لان الثانى عبارة عن قضيب مركب من مائة قضيب قطاع كل واحد منها ملليمتر ومن البين أنه اذا كان القضيب الذى قطاعه ملليمتر مربع يحتاج الى كيلوجرام مثلاً ليصير طوله ضعف ما كان فان مائة قضيب من هذه القضبان مجمعة تحتاج الى مائة كيلوجرام كى تصير أطوالها ضعف ما كانت

حينئذ يلزم فى تعيين عامل المرونة اختيار وحدة القطر ووحدة الوزن وجرى العادة بأن يؤخذ الملليمتر المربع ووحدة القطر والكيلوجرام وحدة للوزن

فاذا قيل ان عامل مرونة الصلب ١٨,٠٠٠ كان معنى ذلك أن طول سلك من الصلب قطاعه ملليمتر مربع يصير ضعف ما كان بتأثير قوة شد فيه قيمتها ١٨,٠٠٠ كيلوجرام وفى العادة يتعسر حصول استطالة عظيمة كهذه لان معظم الاجسام تنقسم بتأثير أوزان أصغر مما يلزم لحصول استطالتها قدر طولها ومع ذلك فمن السهل معرفة عامل مرونة الشد من غير استعمال قوة كافية لحصول ازدواج فى طول الجسم وذلك بمعرفة قطاع الجسم وما يحصل فيه من الاستطالة بتأثير وزن معلوم حيث كانت الاستطالة متناسبة مع الوزن وقانون مرونة الشد محصور فى هذه المعادلة 
$$L = \frac{1}{E} \cdot \frac{W}{A} \cdot L$$
 
$$L$$
 رمز لما يحصل فى الجسم الذى طوله  $L$  وقطره  $D$  من الاستطالة و  $E$  عامل المرونة

ويحتاج فى بعض الاحيان الى معرفة كمية تسمى عامل الاستطالة المرنة وهى الاستطالة التى تحصل فى جسم طوله يساوى الوحدة وقطاعه يساويها أيضاً بتأثير وزن يساويها كذلك فاذا رمز لهذه الكمية بالحرف  $D$  كانت العلاقة الآتية  $L = D \cdot \frac{W}{A}$

ودرجة تمامية المرونة تعين بالبحث عن الوزن اللازم لاحداث تغيير ثابت يكون صغيرا جدا وهذا الوزن بعدد رده الى وحدة القطر يسمى حد المرونة

وكل جسم استطال يزداد حجمه وبذلك تنقص كثافته لان ما ينقص من قطر الجسم بالاستطالة أقل مما يحصل فيه من الاستطالة وقد رأى بعض المحررين أن نسبة ما يحصل من الانقباض في القطر الى الاستطالة هي  $\frac{1}{4}$  وعلى رأى البعض  $\frac{1}{3}$  وضغط الاجسام يزيد في كثافتها لانه ينقص من حجمها ومن الاجسام ما يضغط بنفسه كظاهرة انقباض العضلات وفي هذه شوهة أيضا تنقص قليل في حجمها وهالك جدا ولا يشتمل على عامل المرونة وعامل الاستطالة لبعض المنسوجات التي دلت عليها البحوث (فرانسيم)

| عظام           | عامل المرونة | عامل الاستطالة |
|----------------|--------------|----------------|
| ..... ٢٣٠٤,٦٦٦ | ٠,٠٠٠٤٣٤     |                |
| ..... ٠,١٦٣٤١  | ٠,٠٠٦٢       |                |
| ..... ٠٠,١٨,٨٩ | ٠,٠٥٢٨       |                |
| ..... ٠٠٠٠,٩٥  | ١,٠٥٢٦       |                |
| ..... ٠٠٠٠,٨٦٣ | ١,١٥٨٧       |                |
| ..... ٠٠٠٠,٠٥٢ | ١٩,٢٣٠٨      |                |

ودلت أبحاث (ورتيم) على أن عامل مرونة الانسجة العضلية ينقص بانقباضها ودلت أبحاث (فرانسيم) على أن عامل مرونة العضلة التي ماتت من عهد قريب أو بعيد أقل من عامل مرونة العضلة من حيوان قتل وقت التجربة

### ٣٣ - اتجاه الثقل - كل جسم متى ترك وشأنه يسقط بتأثير التناقل ويتبع في سقوطه

خطا مستقيما تجاهه عمودى يسمى بالخط السمتى أو بالخط العمودى ولتعيين الخط السمتى المار من نقطة يعلق عليها خيط قابل للانشاء معلق في طرفه جسم ما (شكل ١٤) كقطعة من الرصاص مخروطية الشكل فهذا الخيط يأخذ بتأثير قوة الثقل المؤثرة في الجسم اتجاه القوة المؤثرة فيه أى الاتجاه العمودى ولذلك يسمى الخط السمتى باتجاه خيط الرصاص



وقد أفادت التجربة أن الخط السمتى في أى نقطة من نقط الارض يكون عموديا

على سطح الماء الساكن وحيث انه لا شبهة في كروية سطح المياه المغطية لمعظم ش ١٤ الكرة الارضية فامتداد الخط السمتى لأى نقطة من نقط الارض يمر بمركز الكرة الارضية

ومن ذلك يعلم أن الخطوط السمتية غير متوازية بل بين كل خط وآخر زاوية تختلف على حسب المسافة الأفقية الكائنة بين الخطين وكان عدم التوازي هذا مجهولاً قبل الوقوف على كروية الأرض ولا يكون عدم التوازي محسوساً إلا إذا كانت المسافة الأفقية بين الخطين السمتيين متسعة فسعة الزاوية المكونة من خطين سمتيين بعيداً أحدهما عن الآخر بمسافة ٣٣٣ كيلومتر هي  $2^{\circ}$  وتكون  $1^{\circ}$  إذا كانت المسافة ١١١ كيلومتر وتكون  $(1')$  دقيقة إذا كانت المسافة بينهما ١٨٦٠ متر ولا تكون الاثنائية واحدة  $(1'')$  إذا كانت المسافة ٣١ متر وإذا اعتبرنا خطين سمتيين أو أكثر لأجسام موجودة في مكان واحد كقاعة مثلاً كانت الزاوية غير محسوسة أي كانت هذه الخطوط متوازية ومن باب أولى أن تكون الخطوط السمتية لجزيئات جسم واحد متوازية

٣٣ - محصلة قوى التناقل ووزن الجسم - للقوى المتوازية التجهة اتجاهها واحداً المؤثرة في النقط المختلفة من جسم محصلة موازية لها ستجهه اتجاهها ومساوية في الشدة لمجموعها وحيدة فللقوى التناقل المؤثرة في النقط المختلفة من جسم واحد محصلة عمودية متجهه من أعلى إلى أسفل ومساوية لمجموع قوى التناقل المؤثرة في جميع جزيئات الجسم وتسمى هذه المحصلة وزن الجسم وعلى ذلك فوزن الجسم هو محصلة التأثيرات الجزيئية للتناقل

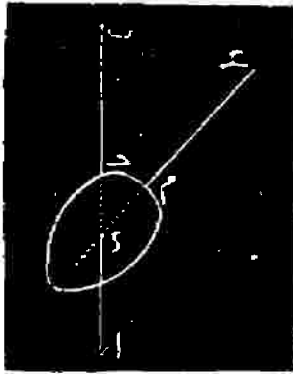
٣٤ - مركز الثقل - لمصلحة مجموع القوى المتوازية خاصة هي أنها تمر بنقطة ثابتة لا تتغير مهما كان اتجاه هذه القوى بالنسبة للجسم بشرط بقاء هذه القوى موازياً لبعضها البعض وبقاء النسبة التي كانت بين شدتها وهذه النقطة تسمى بمركز القوى المتوازية وتسمى في حالة تأثير القوى الجزيئية للتناقل في النقط المختلفة لجسم واحد بمركز الثقل فمركز الثقل لجسم هو نقطة يمر منها دائماً محصلة قوى التناقل المؤثرة فيه مهما كان وضعه في الفضاء وفي أي نقطة من نقاط الأرض ولعرفة مركز الثقل أهمية في حل المسائل التي لتأثير التناقل دخل فيها إذ يمكن في كل جسم أخذ المحصلة العمودية أي وزنه واعتبارها تمر بمركز ثقله بدل القوى الجزيئية للجسم المركزة في النقط المختلفة منه

٣٥ - تعيين مركز الثقل - متى كان الجسم متجانساً أي متى كان وزن أجزائه المختلفة واحداً مع تساوى حجوماتها منتزعةً بإسطوح هندسية محددة فعلم الميكانيكا يرشد إلى القواعد التي بها يتعين مركز ثقله

ومن الأحوال ما يتعين فيها مركز الثقل بسهولة فإن كان للجسم مركز شكل كان هذا المركز مركز الثقل أيضاً فمركز الكرة هو أيضاً مركز شكلها ومركز المربع والمستطيل ومتوازي الاضلاع

نقط تلاقى أقطارها ومركز ثقل الاسطوانة القاعدة ذات القاعدة المستديرة والمنشور المنتظم في وسط محورها ومركز الجسم الهرمي الشكل والمخروطي في ربع الخط الواصل بين قمة الجسم وبين مركز شكل السطح المكون للقاعدة ولا يكون مركز الثقل في داخل الجسم دائماً بل قد يكون خارجاً عن المادة بالكلية وذلك كمركز الثقل لحلقة فانه في مركز شكلها

ومهما كان شكل ونسيج الجسم الصلب فيمكن تعيين مركز ثقله بأن يبحث عن اتجاه خطين من خطوط الثقل فنقطة تقاطعهما هي النقطة المطلوبة ولذلك يعلق الجسم من إحدى نقط سطحه نقطة  $ح$  مثلاً (شكل ١٥) في خيط قابل للثني  $ح ب$  فتى حصلت الموازنة كان الخيط في اتجاه القوة  $أ$  المؤثرة في الجسم فاذا مده الخيط في اتجاهه داخل الجسم فانه يمر من مركز الثقل فاذا علق الجسم ثانية من نقطة  $م$  ومده الخيط في اتجاه  $عم$  داخل الجسم فان كلا الامتدادين يمر بمركز الثقل ويتقاطعان فيه فنقطة تقاطعهما  $د$  هي مركز الثقل المطلوب وقد أرشدت أبحاث (ويبر) أن مركز ثقل الانسان في داخل القناة النخاعية للعمود الفقري بقرب الحافة العليا للفقرة الثانية القطنية وفي كل عضو على حدة تكون أقرب الى الطرف العلوى منها الى السفلى



ش ١٥

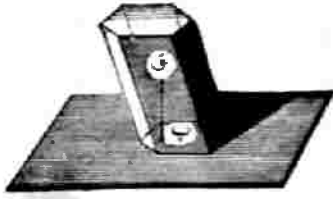
٣٦ - موازنة الاجسام - حيث كان من الممكن دائماً الدلالة على تأثير التناقل في الجسم بحصول مساوية لوزنه عمودية مرتكزة في مركز ثقله فيكفي لموازنة هذا الجسم مقارنة هذه المحصلة بقوة مساوية ومضادة لها في الاتجاه ومركز ثقله في نقطة ارتكازها وهذا يحصل بمحمل مركز ثقل الجسم بخيط أو بمحوراً أو بسطح

فاذا كان مركز الثقل محمولاً بخيط فلا تحصل موازنة الجسم الا اذا كان الخيط عمودياً ومركز الثقل في امتداده واذا كان مركز ثقل الجسم محمولاً بمحوراً أفقياً أمكن دوران الجسم حوله فلا تحصل الموازنة الا اذا كان العمودى لمركز الثقل يمر بهذا المحور ومن ذلك ثلاثة أنواع من الموازنة موازنة متعادلة أو مستمرة وموازنة ثابتة وموازنة غير ثابتة

فالموازنة تكون متعادلة اذا كان المحور يمر بمركز الثقل لانه على أى وضع يكون الجسم فان مركز الثقل ونقطة اتكاه الجسم يكونان متفقين وتكون مستمرة اذا كان مركز الثقل أسفل نقطة التعليق لان الجسم اذا غير عن وضعه عاد اليه ثانياً بعد أن يفعل عدة تذبذبات شبيهة بما يحصل من البندول

وتكون غير ثابتة اذا كان مركز الثقل أعلى نقطة التعليق لانه اذا غير وضع الجسم زالت

ولا تعود إليه كما كانت وفيما إذا كان الجسم موضوعاً على سطح يتفق أنه لا يلامس هذا السطح إلا بنقطة واحدة من نقطه وذلك كالكرة الموضوعة على نخشة فن أجل أن يكون هذا الجسم في موازنة يلزم أن العمود المار بمركز الثقل يمر من نقطة تلامس هذا الجسم والسطح

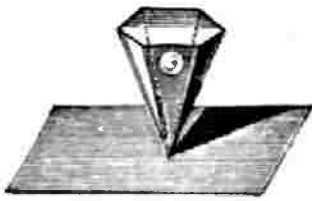


ش ١٦

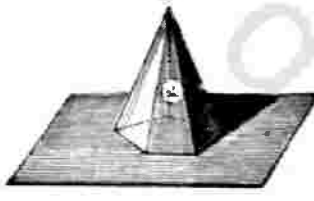
فإذا كان الجسم ملامساً للسطح من عدة نقط (شكل ١٦) فيلزم لتكون الجسم في موازنة أن يسقط العمود المار من مركز الثقل في السطح الكثير الاضلاع المتكون من توصيل نقط الملامسة اثنتين اثنتين وهذا السطح يسمى بالقاعدة

والجسم الموضوع على سطح يكون في إحدى حالات الموازنة الثلاث في موازنة متعادلة إذا كان مركز ثقله لا يرتفع ولا ينخفض بتغيير وضعه على هذا السطح ومثال ذلك كرة متجانسة موضوعة على سطح (شكل ١٧)

وفي موازنة مستقرة إذا كان على وضع بحيث يكون مركز ثقله أسفل منه في الأوضاع الأخر ومثال ذلك الجسم الهرمي الشكل الموضوع بقاعدة على سطح (شكل ١٨) وفي موازنة غير ثابتة إذا كان في وضع فيه مركز ثقله أعلى منه في الأوضاع الأخر ومثال ذلك جسم هرمي الشكل موضوع على سطح بقمته (شكل ١٩)



ش ١٩



ش ١٨



ش ١٧

وبالجملة فتبقى كان الجسم مرتكزاً على سطح فإنه يكون أعظم ثباتاً كلما كان مركز ثقله أسفل وكلما كانت قاعدته أوسع

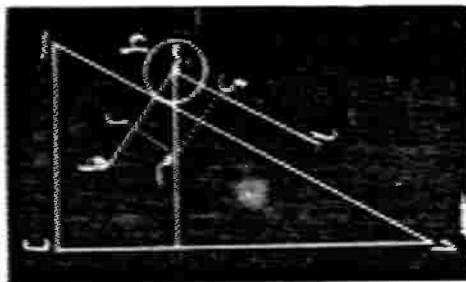
## سقوط الأجسام

٣٧ - سقوط الأجسام في الفراغ - بسقوط أجسام مختلفة في الهواء يشاهد في معظم الأحيان أنها تقطع مسافات متساوية في أزمنة مختلفة فالقطعة من الحجر تصل إلى الأرض في وقت أقل مما تصل فيه قطعة من الورق تسقط من مثل الارتفاع الذي سقطت منه قطعة الحجر وقطعة الورق نفسها إذا كانت مطوية في هيئة كرة تسقط في وقت أقرب منه إذا كانت منشورة

ومن هذا المثال الأخير يتبين أن اختلاف سرعة سقوط الأجسام في الهواء ليس ناتجاً عن اختلاف أوزانها فان وزن الورقة منشورة هو عين وزنها مطوية

وقد أثبت (جليليه) بتجاربته أن الفرق الذي يشاهد في سقوط الأجسام من ارتفاع واحد في الهواء متسبب عن مقاومة الهواء ووضع قانوناً هو أن جميع الأجسام الساقطة في الفراغ تحتاج إلى أزمنة متساوية لتسقط من ارتفاع واحد أي أن الأجسام الساقطة في الفراغ تقطع في الأزمنة الواحدة مسافات متساوية من بدء الحركة ولا تأثر لطبيعة المادة ولا ثقلها ولا اختلافها وزناً وكثافة ولا يثبت هذا القانون بطريقة عملية تستعمل أنبوبة من البور طولها متران تقريباً يسد طرفاها بسدادين من نحاس قدر كب في أحدهما حنفية ويدخل في هذه الأنبوبة قطع من أجسام مختلفة كخردق الرصاص وقطع من الفلين والورق وزغب الريش ثم تتركب هذه الأنبوبة على الآلة المفرغة ومتى عمل الفراغ فيها تقفل الحنفية وترفع الأنبوبة ثم تنكس دفعة واحدة بحيث يصير طرفها السفلي علوياً فيشاهد سقوط ما فيها في آن واحد وإذا فتحت الحنفية قليلاً بحيث يدخل فيها قليل من الهواء فإنه يشاهد سقوط بعض هذه القطع عقب بعض فإذا فتحت عن آخرها كان سقوط هذه القطع في الأنبوبة كسقوطها وهي في الهواء المطلق

٣٨ - قوانين السرعة والمسافة - التناقل قوة مستمرة وإذا فالحركة الناتجة عنه حركة منتظمة العبلة وقد دلت القوانين المنقادة لها هذه الحركة على أن السرعة المكتسبة لجسم ساقط سقوطاً مطولاً ممتدة  $t$  ثواني هي  $s = ct$  وان المسافة المقطوعة في هذا الزمن هي  $m = \frac{1}{2} ct^2$  بمعنى أن السرعة المكتسبة متناسبة مع الزمن وان المسافة المقطوعة متناسبة مع مربع الزمن ولتحقيق هذين القانونين تقاس مسافات يقطعها الجسم في أزمنة متعاقبة غير أن أحكام هذا القياس لا يتأثر إذا كان الجسم ساقطاً سقوطاً مطلقاً بسبب سرعة هذا السقوط ولذلك تستعمل عدتوسائط أهمها السطح المائل وآلة (أود) وجهاز (مورن)



٣٩ - السطح المائل - هو سطح يكون مع الأفق زاوية وليست سرعة حركة الأجسام المتحركة عليه كسرعة حركة سقوطها المطلق وليسان ذلك نفرض جسماً موضوعاً على سطح مائل (شكل ٢٠) فهذا الجسم متأثر بالتناقل فيه

يسقط بسرعة أعظم كلما كانت زاوية الميل  $\alpha$  حادة المتكوته من هذا السطح والأفق أوسع

لأن هذا الجسم لو كان مطلق الحركة لتبع في سقوطه الطريق العمودية  $د م$  ولكنه لوجود السطح المائل  $أ ح$  لا يقدر أن يتحرك إلا في الاتجاه  $أ ح$  ولعرفة مقدار القوة التي تحدث هذه الحركة تحلل القوة المؤثرة في مركز الثقل  $د$  وهي وزن الجسم إلى  $د س$  عموديا على السطح المائل  $و د س$  موازية له متبعا في ذلك قاعدة متوازي الاضلاع ومن البين أن الجسم لا يمكنه أن يتحرك في اتجاه القوة  $د س$  فهي إذا معدومة بمقاومة السطح وعملها انما هو ضغط الجسم على هذا السطح وأما القوة  $د س$  فهي التي بها يسقط الجسم في الاتجاه  $أ ح$  وحيث أن المثلث  $د س م$  قائم الزاوية يكون  $د س = د م \times ح د م$  س ونلاحظ أن  $د م$  ليس شيئا آخر غير وزن الجسم  $و$  وأن زاوية  $د م س$  تساوي زاوية  $ح$  لكون  $د م$  عموديا على  $ب ح$  و  $س م$  عموديا على  $أ ح$  فباستبدال  $د م$  و  $د س$  في المعادلة السابقة بما ساواهما نصير  $د س = و ح$  (١)

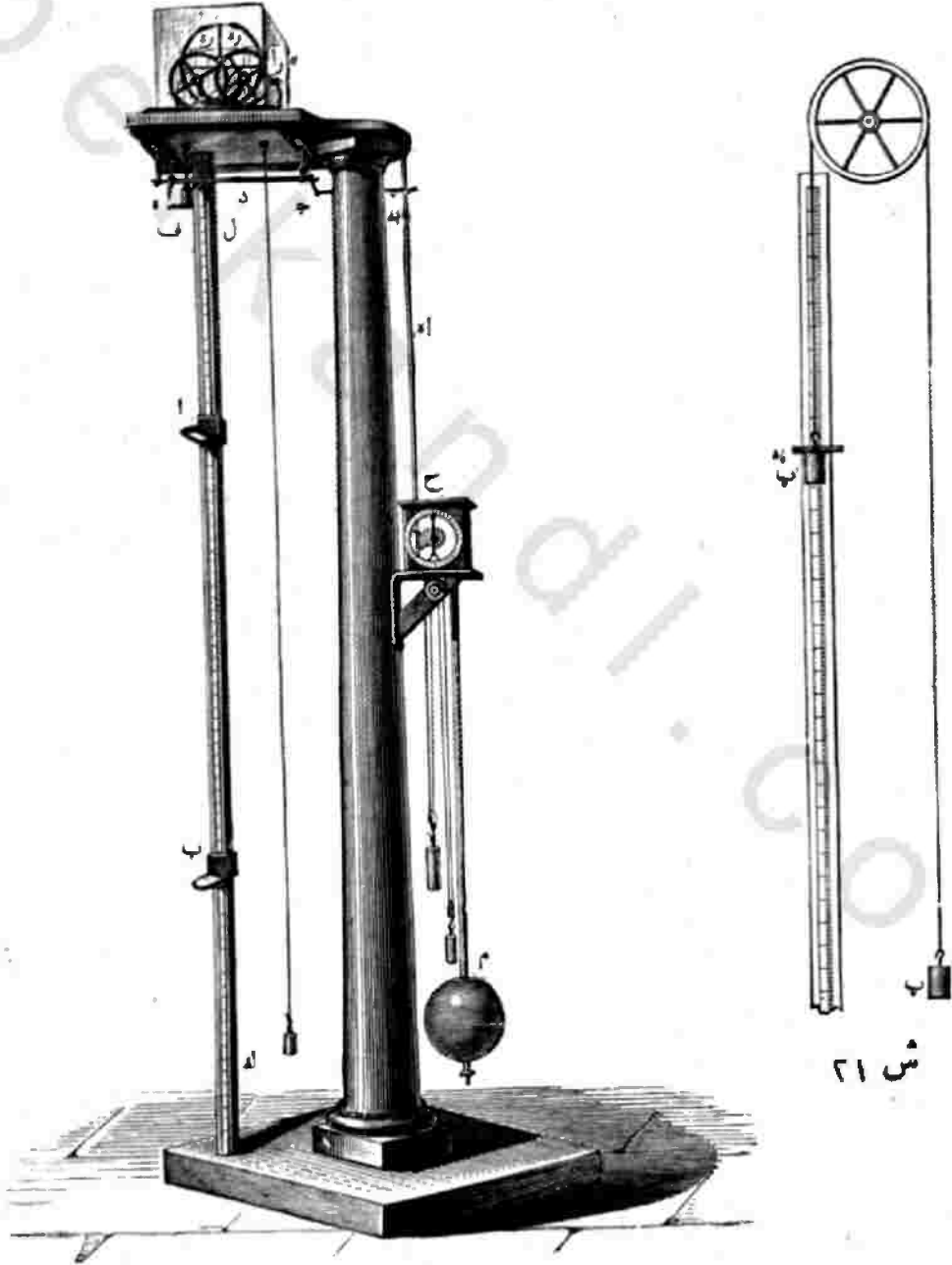
ومن هذه المعادلة يتضح أن القوة التي تؤثر في سقوط جسم على سطح مائل تتعلق بزاوية ميل هذا السطح فإن صار جيب الزاوية  $ح$  مساويا للوحدة وهذا يحصل متى كان  $أ ح$  عموديا على  $ب ح$  فإن القوة التي بها يسقط الجسم تكون مساوية لوزنه أي يكون سقوطه في هذه الحالة مطلقا وبمقابلته المثلثين المتشابهين  $د م س$  و  $أ ح ب$  بعضهما ببعض يحصل على المعادلة الآتية  $\frac{د س}{د م} = \frac{أ ح}{ب ح}$  (٢)

ومن هذه المعادلة يتبين أن نسبة المسافة التي يقطعها الجسم في سقوطه على السطح المائل إلى المسافة التي يقطعها في سقوطه المطلق كنسبة القوة المؤثرة في سقوطه المطلق إلى القوة المؤثرة في سقوطه على السطح المائل فيستنتج من ذلك أن السرعة المكتسبة للجسم بعد قطعه المسافة  $أ ح$  تكون مساوية للسرعة المكتسبة بعد سقوطه المطلق من  $أ$  إلى  $ب$  لأنه وإن كانت القوة التي بها يسقط الجسم موازيا للسطح  $أ ح$  صغيرة من جهة فأنها من جهة أخرى أثرت مسافة طويلة

وبالجملة فإن الجسم الساقط من ارتفاع معلوم يتأثر التناقل سرعة مكتسبة واحدة أي كانت المسافة التي قطعها ومن المعادلة (٢) يتبين أن نسبة القوة  $و$  التي بها يسقط الجسم على السطح المائل إلى وزنه  $و$  كارتفاع السطح المائل إلى طوله فإذا صغر ارتفاع السطح مرتين أو ثلاثا أو أربعا الخ كانت قوة سقوط الجسم أصغر من وزنه مرتين أو ثلاثا أو أربعا الخ ولا ينبغي على ذلك تغيير في قوانين السقوط فإن القوة  $و$  من طبيعة التناقل وهي جزء منه وبذلك يمكن تثبيت سرعة الجسم بتصغير ارتفاع السطح المائل وقياس المسافة المقطوعة في ثانية

وانتئين وثلاث الخ فيشاهدان نسبة المسافات المقطوعة بعضها الى بعض كنسبة ١ الى ٤ الى ٩ أى ان  $m = \frac{1}{4}$  حار ع نأ ومن هذه المعادلة يستدل على أن  $s = \text{حار ع نأ}$

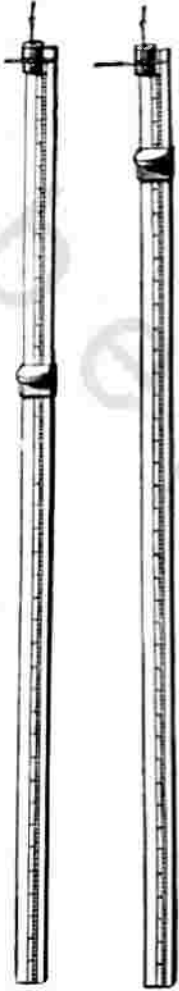
٤٠ - تحقيق قانون سقوط الاجسام بالآلة (أتود) - بهذه الآلة يحقق قانون السرعة وقانون المسافة وهى مركبة من بكرة خفيفة جداً ر كافي (شكل ٢١) يمر عليها خيط من الحرير فى غاية الخفة بطرفيه وزن ب و ب وتوضع هذه البكرة بكيفية بها لا تحدث حركتها حول محورها الاحتكاكاً غير محسوس كافي (شكل ٢٢) وعلى أى وضع كان



ش ٢٢

الثقلان ب و ب فانهم - ما يكونان فى حالة موازنة فاذا وضع وزنا اضافى به على أحد

الاوران ب الثقل الذي جهة اليسار مثلاً فان الحركة تحصل وحيث كان الوزن به وحده هو المحدث للحركة وبثأثيره يتحرك الوزنان ب و ب فحين البين أن الحركة تكون أبطأ من حركة السقوط المطلق للثقلين ب و ب ولتحقيق قانون المسافات



ش ٢٣

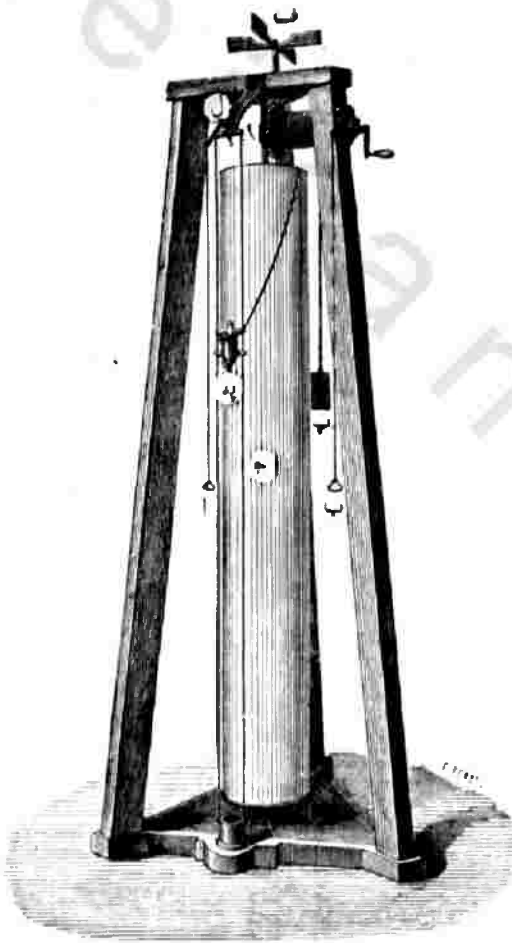
المقطوعة في الأزمنة المتعاقبة تستعمل مسطرة مدرجة موضوعة وضعا رأسياً أمامها يسقط الثقل ب + به فيوقف هذا الثقل أمام صفر المسطرة مرتكزاً على رافعة متصلة بساعة في الجهاز ويسقط متى ابتدأت ثانية معينة يعرف ابتداءها بدق الساعة ثم يبحث بالاستقراء عن النقطة من المسطرة التي يلزم وضع قرص افقي ب (شكل ٢٢) ينزلق عليها بافريز حتى يسمع ملازمة الثقل الساقط له مع دق الساعة الدال على انتهاء الثانية فعدد التقاسيم الكائنة بين صفر المسطرة وموضع القرص هي المسافة المقطوعة بالثقل في ثانية واحدة ولا يزال القرص يتقل من موضع الى آخر (شكل ٢٣) حتى تعلم المسافة المقطوعة في ثابنتين وثلاث وهكذا وبمقارنة المسافات بعضها ببعض تبين أن نسبتها الى بعضها كنسبة الاعداد ١ و ٤ و ٩ بعضها الى بعض أى انها كربع الزمن وهذا هو قانون المسافة ولتحقيق قانون السرعة المكتسبة في الاوقات المختلفة من الحركة يستعمل قرص ذو افريز يخالف الاول في كونه مثقوباً يسمح بمرور الوزن منه من غير أن يلامسه ويعوق سير الثقل به اطول شكله بأن يوضع هذا القرص على المسافة التي يقطعها الثقل ب + به في الثانية الاولى وبعد مضي هذه الثانية يمنع القرص المثقوب الثقل به من المرور ويمر ب وحده بحركة منتظمة بالسرعة التي كانت فيه وقت وقوف الثقل به من الحركة بالقرص المثقوب ويبحث بالاستقراء عن النقطة من المسطرة التي يلزم وضع القرص المصمت ب فيها حتى يسمع صوت مصادمة الثقل له في انتهاء ثانية بعد ايقاف الثقل به والمسافة بين ا و ب هي المسافة المقطوعة في ثانية واحدة بحركة منتظمة بعد ايقاف الثقل به أى السرعة التي اكتسبها الثقل ب بوصوله الى ا وحفظها من ا الى ب

ولتكن س هذه السرعة ويبحث بالطريقة عينها عن السرعة س س الخ المكتسبة بعدمضى ثابنتين وثلاث وهكذا فيبين أن نسبة السرعة س و س و س الخ بعضها الى بعض كالعدد ١ و ٢ و ٣ أى أنها متناسبة مع الزمن وهذا هو قانون السرعة

وليكون

وليكون في بكرة آلة (أتود) المار عليها خيط الحرير الحامل للثقلين حركة سريعة يوضع كل طرف من أطراف محور البكرة على زاوية تقاطع بكرتين لأن الحركة السريعة للبكرة تحدث في البكرات الأخرى حركة بطيئة بسببها يكون الاحتكاك في محل اتصالها خفيفا ويوجد في هذه الآلة ساعة تدل على الثواني متصلة برافعة يتكئ الثقل بـ + به على أحد ذراعها هـ صنعت بكنيسة بها يقارن هذا الذراع الثقل في ابتداء الثانية الأولى فيصير الثقل بـ + به موكولا لنفسه فيسقط

٤١ - جهاز مورن - هذا الجهاز (شكل ٢٤) يتركب من اسطوانة من الخشب حـ

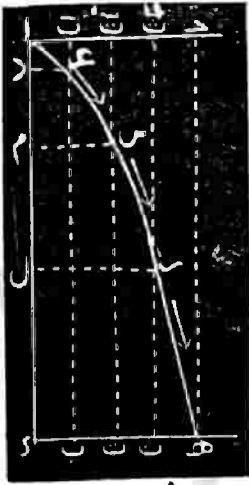


ش ٢٤

تتحرك حول محور رأسي غطي سطحها بقطعة من الورق رسم عليها عدة خطوط رأسية متساوية البعد ومن ثقل بـ معلق بجبل يلتف على ملف صغير أفقي ذي عجلة مسننة متداخلة بقلاووظ في محور الاسطوانة حـ قدركب على هذا المحور أربعة أجنحة طاحون ف ومن ثقل اسطوانى مخروطى به يتأنى سقوطه سقوطا مطلقا يحمل قلما من رصاص موضوعا وضعافقيا تتكئ أسلته قليلا على الورق الملفوف على الاسطوانة بحيث يغادر بمروره عليه أثرا ثابتا ومن رافعة ل تحفظ هذا الثقل في الجزء العلوى من الجهاز فتى كان الوزن به في الجزء العلوى من الجهاز جذب الحبل بـ فيصير الثقل بـ مطلق الحركة فيسقط ويسقطه

تتحرك عجلة فتتحرك الاسطوانة حـ وأجنحة الطاحون ف وبمقاومة هذه الأجنحة للهواء مقاومة آخذة في الازدياد تصير حركة الاسطوانة منتظمة وحينئذ يجذب الحبل أ فيصير الثقل به مطلق الحركة فيسقط ملامسا للاسطوانة بالقلم الرصاصى المرتبط به فيغادر هذا القلم أثرا على الورق

ومتى وصل الثقل به الى منتهى سقوطه نشر الورق فيشاهد فيه أن الخط أه (شكل ٢٥) وهو أثر القلم على الورق تقاطع مع الخطوط العمودية المتساوية البعد اد، وبت، وت الخ في النقط ع، و س، و هـ وإذا أقيم من هذه النقط خطوط عمودية على الخط اد وأخذ وحدة للزمن الزمن اللازم في الحركة المنتظمة للاسطوانة لأن يصير الخط بت محل الخط اد فان الطول اد يكون هو المسافة التي قطعها الثقل الاسطوانى المخروطى في وحدة الزمن والطول ام في ضعف وحدة الزمن والطول ال في ثلاثة أمثالها والطول اد في أربعة أمثالها لان الاطوال اب، وبت، وت، و ث ح متساوية وبقياس المسافات اد، و ام، و ال، و اى يتبين أن



ش ٢٥

$$ام = ٤ اد$$

$$ال = ٩ اد$$

$$اى = ١٦ اد$$

أى ان المسافات التى يقطعها الجسم بسقوطه المطلق تزداد بنسبة مربع الزمن الذى فيه قطع الجسم هذه المسافات وفي مدة التجربة لا يحس بمقاومة الهواء للوزن به بسبب قصر زمن سقوطه وشكله

ولا يتحقق عملاً بجهاز (مورن) قانون السرعة ولكن يسهل تصوّره فان اد هى المسافة المقطوعة بالثقل به في وحدة الزمن و ٤ اد المسافة المقطوعة في زمن يساوى ضعف وحدة الزمن و ٩ اد في ثلاثة أمثال الوحدة و ١٦ اد في أربعة أمثال الوحدة وحينئذ فالجسم قطع في الوحدة الزمانية المسافة ٤ اد - اد = ٣ اد وفي الوحدة الثالثة ٩ اد - ٤ اد = ٥ اد وفي الوحدة الرابعة ١٦ اد - ٩ اد = ٧ اد

فاذا فرضنا أن السرعة المكتسبة بعد كل وحدة زمن عدت مرة واحدة فنالين أن الجسم المتحرك لا يقطع في وحدة الزمن المتتالية المكونة لزمن سقوطه الا المسافة الثابتة اد وعلى ذلك فالمسافات التى يقطعها بسرعة المكتسبة ١ و ٢ و ٣ من وحدة الزمن هى

$$\text{في الوحدة الزمانية الثانية } ٣ اد - اد = ٢ اد$$

$$\text{في الوحدة الزمانية الثالثة } ٥ اد - اد = ٤ اد$$

$$\text{في الوحدة الزمانية الرابعة } ٧ اد - اد = ٦ اد$$

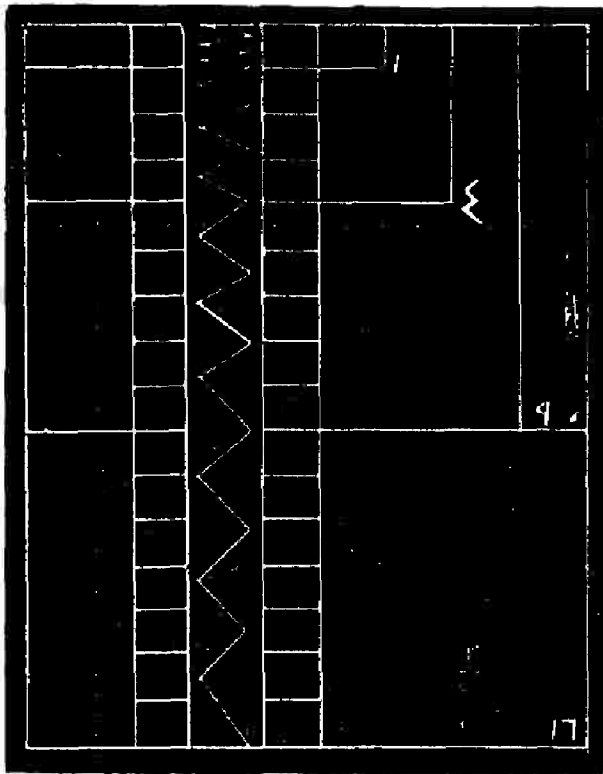
وحيث

وحينئذ فنسبة بعض السرعة المكتسبة للجسم المتحرك في ١ و ٢ و ٣ من وحدة الزمن الى بعض كالأعداد ٢ و ٤ و ٦ أى متناسبة مع الزمن الماضى من وقت ابتداء السقوط والكمية ٢ ا د التى تزدادها السرعة فى كل وحدة زمنية هي المجلة للتناقل وبأخذ الثانية وحدة للزمن تدل هذه الكمية التى يرمز لها فى الغالب بالحرف ع على شدة التناقل وهى للجسم الساقط سقوطا مطلقا فى الفراغ فى باريس  $ع = ٩٨٠٨٨ \frac{\text{متر}}{\text{ثانية}^2}$

٤٣ - آلة (بروز) - هذه الآلة كآلة (أود) ولا تخالفها الا قليلا ففهم محور البكرة التى تحمل الخيط ذا الثقلين يحمل اسطوانة ملفوفة عليها ورق مسود بنيلج وفيها صفحة مرننة من الحديد الحلو مثبتة من طرفها السفلى بحيث تهتز متى بعدت عن مكان موازنتها وحيث ان اهتزازاتها متساوية الزمن يمكن اخذ عدد هامة قياسا له وطرف هذه الصفحة الاخر مدق قابل للثني يرسم على ورق الاسطوانة خطوطا ايضا أفقية من اليمين الى اليسار ومن اليسار الى اليمين كاهتزاز الصفحة وبدوران الاسطوانة على محورها تكون هذه الخطوط على الورق متعرجة متواصلة وعددها هذه التعرجات هو عين عددها اهتزازات الصفحة فالاعداد المتساوية من هذه التعرجات تقابل أزمنة ماضية متساوية ومن الظاهر أنه اذا كانت حركة الاسطوانة منتظمة فان التعرجات تكون متساوية السعة وأنه اذا كانت الحركة غير منتظمة بل معجلة فانها تتسع مع بقائها متناسبة مع سرعة دوران الاسطوانة وسرعة دوران الاسطوانة هي عين سرعة دوران العجلة وسرعة دوران العجلة تختلف باختلاف سرعة الثقل الساقط المحرك لها وفى هذه الآلة زيادة على ما فى آلة (أود) الكتر ومغناطيسان يمر فيهما تيار كهربائى أحدهما فى الجزء السفلى من الجهاز وعليه يرتكز أحد الثقلين المعلقين فى خيط الحرير وبسبب جذب الالكتر ومغناطيس لهذا الثقل تمتنع حركته والالكتر ومغناطيس الثانى فى الجزء العلوى من الجهاز يجذب طرف الصفحة فتبعد عن مكان موازنتها

ولعمل التجربة بهذه الآلة يقطع التيار فجأة فيصير الثقل غير مجذوب بالالكتر ومغناطيس فيتحرك الثقلان بتأثير الثقل الاضافى كما فى آلة (أود) وفى هذا الوقت عينه يصير طرف الصفحة غير منجذب بالالكتر ومغناطيس فتتزاها اهتزازات بندولية متساوية الزمن ترسم على الورق الاسود فلنفرض أن أحد الثقلين سقط بوضع الوزن الاضافى عليه من ارتفاع الآلة فبنشر الورق الملقوف على الاسطوانة يتحقق قانون المسافة بالخط المتعرج كما يظهر من (شكل ٢٦) ففيه يشاهد أنه يقابل كل من الأزمنة المتتالية المتساوية ثلاث اهتزازات تامة للصفحة

ونسبة بعض المسافات المشغولة في كل زمن بالتعرجات المقابلة للاهتزازات الثلاثة الى بعض هي كالعدد ١، ٣، ٥. واذا فاف المسافات المحسوبة عن ابتداء الحركة هي كالعدد ١، ٤، ٩



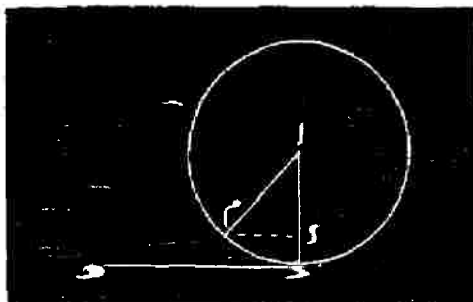
ش ۲۶

١٦، أى متناسبة مع مربع الزمن  
وبهذه الآلة يحقق قانون السرعة  
المكتسبة كما يحقق بالآلة (اوتد)

٤٣ - الحركة المنحنية - الحركة منتظمة أو مختلفة قد تكون مستقيمة ومنحنية وفي الحالة الثانية يتبع الجسم في سيره طريقاً منحنيًا بدل أن يتبع طريقاً مستقيماً اما بسبب قوة مستمرة تؤثر بميل في الجسم وفيه سرعة أصلية كتأثير التناقل على جسم قذف بالميل من أسفل الى أعلى واما بسبب مقاومة تؤثر دائماً في جسم الكسب حركة بتأثير قوة برهية

الحركة جسم معلاق في خيط يمكن دورانه حول نقطة ثابتة قدف في اتجاه عمودي على هذا الخيط والحركة المنحنية تسمى باسماء مختلفة بحسب الخطوط الهندسية الدالة على طريق الجسم المتحرك في الاحوال المختلفة فمنها ما هي حركة دائرية ومنها ما هي قطع مكافئ ومنها ما هي قطع ناقص الى غير ذلك

٤٤ - القوة المركزية الطاردة - ليكن  $\rho$  (شكل ٢٧) جسيماً يدور حول نقطة أ



ش ۲۷

مركز الحركة فالقوة التي بها الجسم يقطع القوس الصغير  $\alpha$  م الذي يمكن اعتباره مختلطاً مع وتره يمكن تحليلها الى قوتين احدهما تدفع الجسم في الاتجاه المماس  $\alpha$  ه والثانية  $\alpha$  د تجذبه نحو المركز والاولى من هاتين القوتين برهية فهي التي دفعت الجسم في بدء الحركة في الاتجاه المماس

للقوس ح م أما الثانية العمودية فهي مستمرة لانه لا يقطع فعلها الترك الجسم الدائرة المتحرك



يقطع دائرة بمحركة منتظمة فالقوة المستمرة التي بها يجذب الجسم نحو المركز تكون مساوية لحاصل ضرب كتلته في مربع سرعة الحركة مقسوما على نصف قطر الدائرة وما يصدق على الفعل يصدق على رده لمساواته له

ويمكن إكساب دستور القوة المركزية الطاردة شكلا آخر فليكن  $t$  الزمن الذي فيه الجسم يقطع الدائرة بمحركة منتظمة أي الذي فيه يقطع المسافة  $s$  ط  $s$  فسرعة الجسم  $s$  تساوي المسافة مقسومة على الزمن وإذا يكون  $s = \frac{ط s}{t}$  وبوضع قيمة  $s$  هذه بدل  $s$  في المعادلة  $u = \frac{ل s}{t}$  يحدث

$$u = \frac{ط ط}{t}$$

ويستنتج من هذه المعادلة أنه إذا كانت عدة أجسام متساوية الكتلة تقطع في أزمنة واحدة دوائر مختلفة القطر فان القوة المركزية لهذه الأجسام تكون متناسبة مع انصاف أقطار هذه الدوائر

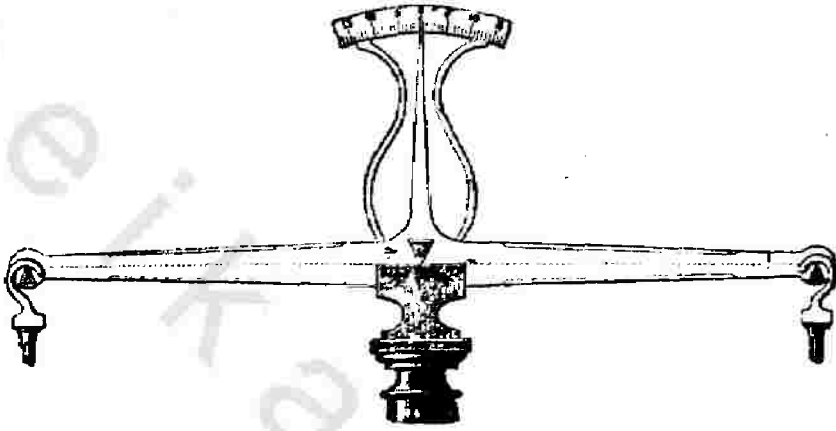
وللقوة المركزية الطاردة عمل في حركة دوران الأرض حول محورها لان كل نقطة من سطح الأرض تقوم مقام الجسم في المثال المتقدم وإلى القوة المركزية الطاردة ينسب أخذ المجلة في النقصان كلما اشتد القرب من خط الاستواء لان القوة المركزية الطاردة في خط الاستواء هي  $\frac{1}{٢٨٩}$  من شدة التناقل ومضادة له في الاتجاه بحيث لو صارت حركة الأرض أكبر مما هي عليه  $\frac{1}{٢٧}$  مرة أي صارت أكبر مما هي عليه  $\frac{1}{٢٨٩}$  لعادت القوة المركزية التناقل وفي هذه الحالة يصير وزن الجسم معدوما وتفرطح قطبي الكرة الأرضية هو نتيجة القوة المركزية الطاردة لانه في الزمن الذي كانت فيه الكرة سائلة كانت الاجزاء التي في خط الاستواء متباعدة عن محور الدوران أكثر من غيرها حيث انها كانت في جهة فيها القوة المركزية في منتهى شدتها لان نصف قطر خط الاستواء أكبر من نصف قطر الدوائر الموازية له

ويتأتى في الحالة التي فيها تكون سرعة دوران الكتلة السائلة عظمية حتى تحدث قوة مركزية طاردة شدتها أكبر من شدة التناقل أن جزأ من المادة ينفصل من الكتلة الاصلية وعلى هذا تصور (كانت) و (لبلاس) تفسير تكون العالم الشمسي فعلى رأى هذين الفاضلين كان العالم الشمسي الذي كرتنا الأرضية جزء منه كتلة واحدة في طالة اصطهار نارى وبازدياد حركة دورانها بتعاطف تكاثفها كانت تزداد شدة القوة المركزية الطاردة فآل أمر قطع من المادة الى الانفصال من الدائر وكوت الكواكب السيارة المختلفة

## الميزان

٤٥ - الميزان آلة معدة لمعرفة تعيين الوزن النسبي للأجسام أى عدد الجرامات الصحيحة وكسورها المساوية لهذا الموزون

ويتركب في العادة من ساق صلبة تسمى عاتقا أب (شكل ٢٨) يمر من وسطه ح سكين



ش ٢٨

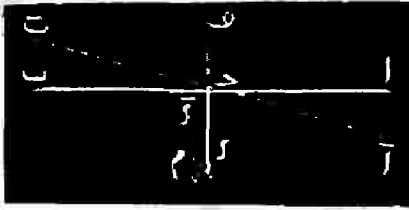
من الصلب المسقى بارزة من الجهتين حافتها السفلى ترتكز من الجهتين على سطحين صغيرين من الصلب المسقى موضوعين بجانبى العاتق أحدهما من الخلف والاخر من الامام في مستواً في واحد وبذلك يتأق للعاتق أن يتحرك حول هذه الحافة وفي كل طرف من طرفى العاتق كفة احدهما تحمل الجسم المراد وزنه والاخرى تحمل الصنج ولهذا الغرض كل طرف من طرفى العاتق يحمل سكيناً حافتها الى أعلى يرتكز عليها خطاف علقت فيه الكفة وحافات السكاكين الثلاث أب ح متوازية في مستوا واحد ولسهولة الفهم نفرض أن النقط الثلاث على خط واحد يسمى خط العاتق والمسافة ا ح و ب ح أى التي بين السكين المتوسطة ومجاورتها تسمى ذراع العاتق وفي منتصف العاتق ابرة عمودية على خط العاتق يمكن لطرفها أن يتحرك حول قوس مدرج صفر هذا التدريج يقابل الوضع الرأسى لهذه الابرة ومن أجل ذلك يقابل الوضع الافقى للعاتق وأسهل طريقة لمعرفة وزن جسم بهذا الميزان أن يوضع الجسم المراد وزنه في كفة ويوضع في الكفة الثانية صنج الى أن يصير عاتق الميزان في حالة موازنة في الوضع الافقى فتجمع الصنج ومجموعها هو وزن الجسم

وليكون هذا الوزن صحيحاً يلزم أن يكون الميزان مضبوطاً أى أن يأخذ عاتقه وضعاً أفقياً بوضع أوزان متساوية في كفتيه وليكون الوزن محكماً يلزم أن يكون الميزان حساساً أى أنه اذا وضع

وزن صغير في احدى كفتي الميزان وعاتقه في الوضع الافقي مال عن هذا الوضع ولا توجد هاتان الصفتان الا بشروط هندسية تراعى وقت صنع الميزان

٤٦ - شروط ضبط الميزان - الميزان يكون مضبوطا متى وجد فيه الشرطان الاتيان أولا - أن يكون مركز ثقل الجزء المتحرك (العائق والكفاف) في الخط العمودي على خط العائق المار بنقطة التعليق

ثانيا - أن يكون ذراع العائق متساوي الطول لئلا يفرضنا اب من (شكل ٢٩) خط العائق و  $\gamma$  نقطة التعليق فتى كان العائق أفقيا والكفاف فارغة فمركز الثقل  $\delta$  يكون في الخط العمودي المار بنقطة التعليق فلا يكون نتيجة الوزن م للجزء المتحرك الا احداث انكسار من المحور على حامله بل اذا كان مركز الثقل  $\delta$  أسفل المحور  $\gamma$  كما في الشكل



ش ٢٩

المذكور فان الموازنة تكون مستمرة لانه اذا مال العائق وصار في الوضع اب فالوزن م يحدث رجوع مركز الثقل الى  $\delta$  في الخط العمودي المار بنقطة  $\gamma$  فاذا كان مركز الثقل في الخط العمودي بنقطة  $\gamma$  وكفاف الميزان فارغة وعاتقه أفقيا فان العائق يكون في حالة موازنة وتكون هذه الموازنة مستمرة متى كان مركز الثقل أسفل من نقطة التعليق

واذا فرضنا أن ذراعى العائق متساويان طولاً ووضعنا في كفافه أوزاناً متساوية فان هذه الاوزان تؤثر في طرفي العائق ا و ب كقوتين عموديتين متساويتين ومتوازيتين ومحصلتهما تكون مساوية لمجموعهما مارة من وسط العائق اب أى بالنقطة  $\gamma$  نفسها واذا يمكن اعتبارهما مركزة في نقطة  $\gamma$  فتكون نتيجة احداث ضغط المحور على حامله ومن ذلك يبقى العائق في حالة موازنة وتكون هذه الموازنة مستمرة اذا كان مركز الثقل أسفل من نقطة التعليق ففي هذه الحالة الاخيرة اذا أميل العائق وصار في الوضع اب فان وزنه م يعيده ثانيا الى الوضع اب

فاذا تساوى ذراع الميزان وكان مركز ثقله في الخط العمودي على خط العائق المار بنقطة التعليق وكان مركز الثقل في نقطة التعليق نفسها أى في المحور فان الميزان وكفافه خالية أو محتوية على أوزان متساوية تكون في حالة موازنة اذا كان عاتقه في الوضع الافقي واذا أميل العائق فانه يبقى أيضا في حالة موازنة ولا يعود الى الوضع الافقي أى أن موازنته تكون متعالة

واذا كان مركز ثقل الميزان أعلى المحور فان الميزان وكفافه خالية أو محتوية على أوزان متساوية

تكون

تكون في حالة الموازنة متى كان عاتقه أفقيا فإذا أميل العاتق عن وضعه صارت الموازنة غير ثابتة فينقلب الميزان ومثل هذا الميزان يسمى مختلا وعلى ذلك يلزم لثبات استعمال ميزان مضبوط أن يكون مركز ثقل جزئه المتحرك أسفل من نقطة التعليق وهو الوضع الوحيد الذي تكون فيه الموازنة مستمرة

وصانع الموازين يصنعون العاتق والكفاف متماثلة بقدر الامكان وزنا وحجما كي تتوفر في الميزان شروط ضبطه وليكون ذراعا الميزان متساويين على أي وضع كان عاتقه يجعلون محور التعليق وحوامل الخطاطيف من أحرف قاطعة لانه بذلك تبقى نقط الملازمة واحدة مهما كان ميل العاتق

وللتحقق من كون الميزان مضبوطا من غير صنع مقطوع بتساويهما تعمل العمليتان الآتيتان أولا - يترك الميزان ونفسه خالي الكفاف فان أخذ عاتقه الوضع الأفقي كان مستوفى الشرط الاول وكان مركز ثقله في وضع مناسب وان كان الامر بخلاف ذلك وضع ثقل مناسب في الجهة التي ترى خفتها حتى يأخذ الميزان الوضع الأفقي

ثانيا - لتحقيق تساوي ذراعيه يوضع في إحدى الكفاف جسم أيا كان ويوضع في الكفة الثانية مخربق الخارصين أو الرمل الى أن يصير عاتق الميزان في الوضع الأفقي ثم ينقل ما بالكفة اليمنى الى الكفة اليسرى وما باليسرى الى اليمنى فان بقيت الموازنة على ما هي عليه كان ذراعا الميزان متساويين وان اختلفت وأخذ عاتق الميزان وضعا آخر كان ذراعا غير متساويين لانه لو كان أحد الذراعين أح مثلاً أطول من الذراع الآخر حب كان الثقل الذي في الجهة ب أكبر مما في الجهة ا ولا تحصل موازنة الميزان وهو رافعة الا اذا كان عزما قوته متساويين وينقل الثقلين أحدهما محل الآخر يصير الثقل الا صغر جهة الذراع الا قصر والثقل الا كبر جهة الذراع الا طول فتختل الموازنة لان المجموع الجبري لعزمي القوى لا يصير معدوما

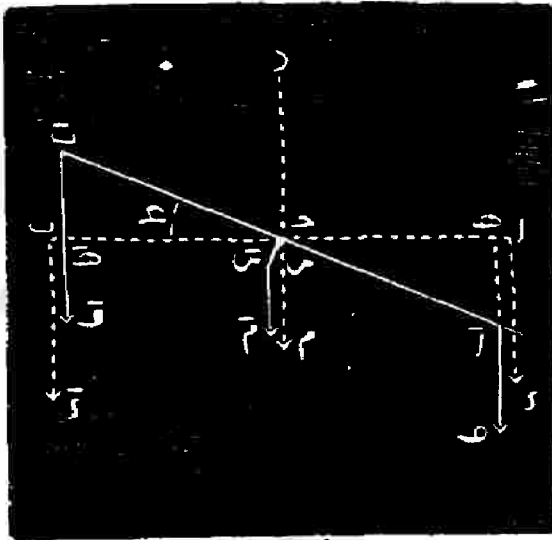
٤٧ - شروط حساسية الميزان - لابد في الميزان من شروط ثلاثة ليكون في منتهى حساسيته أي ليكون في حالة بحيث لو وضع في إحدى كفتيه وزن صغير وهو في موازنة فان هذا الوزن يحدث فيه ميلا يكون أكبر مما يكون

الاول - أن يكون ذراعا الميزان أطول ما يكون

الثاني - أن يكون وزن الميزان أصغر ما يكون

الثالث - أن يكون مركز الثقل أقرب ما يكون من محور التعليق

ولبيان ذلك نفرض أن  $W$  وزناً متساوياً موضوعاً في كفتي ميزان نقطه الثلاث  
أح (شكل ٣٠) على خط مستقيم واحد فيكون عائق الميزان في حالة موازنة في الوضع الأفقي



لان محصلة  $W$  و  $W'$  تمر بقطعة التعليق  
وتتجهتا اتكاء محور العائق على حامله  
فاذا وضع في احدى كفتي الميزان الثقل  
فان هذا الثقل يميل العائق فيأخذ  
الوضع  $A$  وفي هذه الموازنة الجديدة  
يلزم ان يكون المجموع الجبري لعزم القوى  
 $W$  و  $W'$  و  $W$  معدوما أي يكون  
(م وزن الميزان وهي قوة محل ارتكازها  
مركز الثقل س)

ش ۳۰

$$(1) \quad = (2 + 7) \times 7 - (7 \times 7 + 7 \times 7) = 14 - 98 = -84$$

أوان

$$(و + و) = و \times و + م \times س س$$

ونلاحظ ان هـ ضلع مثلث قائم الزاوية كذلك هـ و س س فيكون

هـ =  $\alpha$  جتا (زاوية  $\alpha$  هي زاوية ميل العائق)

، ھَـ = حَ × جَاءَ ، سَ = سَ × جَاسَ

وحيث ان زاوية س ح س ليست شيا آخر غير زاوية الميل ء فيكون س س ح = س ح خاء ونلاحظ ان آ ح و ب ح هما طول ذراعى الميزان وهما متساويان وان س ح هي المسافة بين مركز الثقل ونقطة التعليق فاذا رمزنا للذراع الميزان بالحرف ل والمسافة س ح بالحرف ي واستعوضنا ه ح و ه ح و س ح بما ساواها في المعادلة تحدث

(و + ح) ل حاء = و ل حاء + می حاء

أو

ول جماء + ول حاء = ول حاء + می حاء

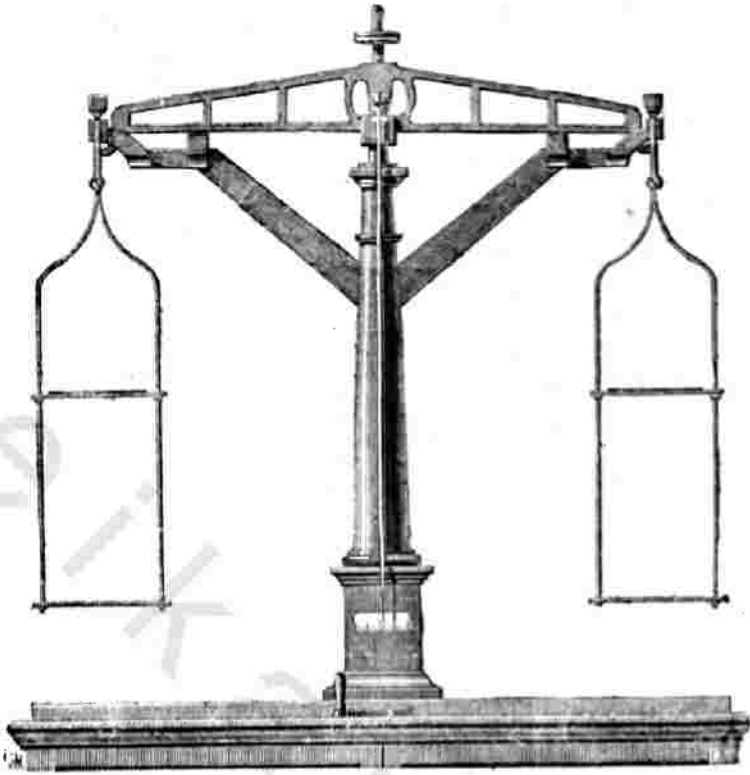
وحيث ان  $\omega = \omega$  فيكون

وَلَحِمْزٌ = وَلَحِمْزٌ

## وبالاختصار

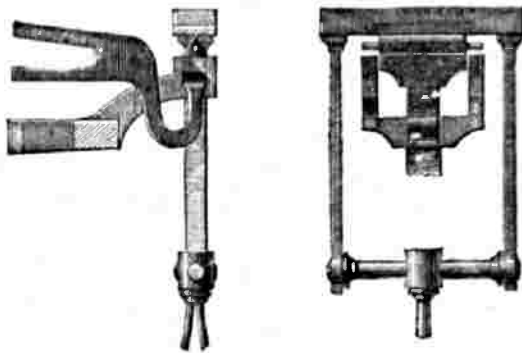


وفي الغالب يكون شكل عاتق الميزان معيناً فيه استطالة (شكل ٣١)



ش ٣١

ليكون خفيف الوزن فيه مع ذلك المقاومة الكافية حتى لا يحصل فيه انثناء بوضع أكبر موزون فيه يمكن وزنه به وفي وسط العاتق سكين هي منشور مثلثي حرفه القاطع السفلي يرتكز على سطح مستو صغير من الصلب المسقى أو من العقيق محمول على عمود رأسي موضوع على تحته وينبغي أن يأخذ هذا العاتق وحده الوضع الأفقي متى كان يرتكز بسكينه على العاتق وطرفا العاتق منحنيان ينتهيان بسكينين من الصلب حرف كل منهما القاطع متجه إلى



ش ٣٢

الاعلى (شكل ٣٢) والكفاف محمولة بسوق معدنية صغيرة القطر في جزئها العلوي مربع يرتكز بسطح من الصلب المسقى أو من العقيق على السكينين المتطرفتين وبهذا الوضع تكون المسافة بين نقطة تعليق إحدى الكفتين ونقطة

ارتكاز الميزان غير قابلة للتغير

وخوفاً من كلال الحرف القاطع للسكاكين شيئاً فشيئاً ألوجلت السكاكين دائماً العاتق

والكفاف

والكفاف تجعل السكاكين غير متحركة على السطوح الصلبة الا وقت الوزن ولهذا الغرض يجعل خفاف العمود قطعة معدنية تسمى الشوكة يمكن رفعها وخفضها ورفعها وتجذب في حركتها كفتي الميزان ثم العاتق فتكون السكاكين غير حاملة لثقل ما ووقت الوزن تنخفض الشوكة فتضع الكفتين على سكينيهما ثم العاتق على حامله ويلزم أن تكون حركة خفض الشوكة لطيفة جدا لان مصادمة أحرف السكاكين لسطوحها تلفها

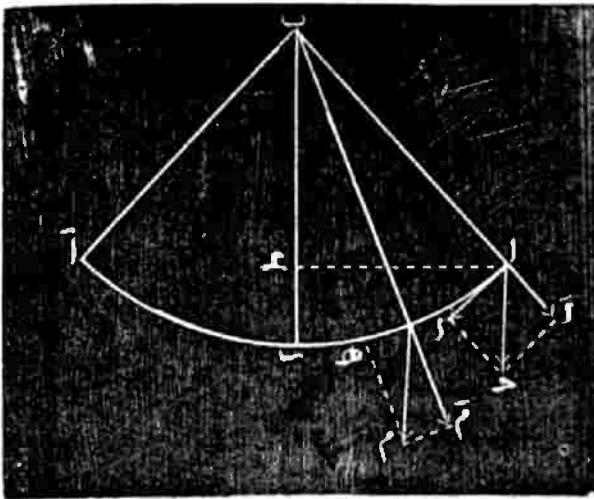
ولجعل مركز ثقل الميزان في مكان مناسب لأن يكون في الميزان الحساسية الممكنة يجعل فوق منتصف عاتق الميزان ساق يتحرك عليها كرة بخفضها أو رفعها يتوصل بالتحريك الى جعل مركز الثقل في النقطة المناسبة وفي عاتق الميزان ابرة طويلة متجهة الى الاسفل يتحرك طرفها أمام قوس صغير مقسم الى درجات متساوية معدة لمعرفة سعة التذبذبات وفي وسط الدرجات درجة الصفر وأمامها تنقف البرة متى حصلت الموازنة ولكون تذبذبات البرة بطيئة الحركة لا ينتظر وقوفها بل يلاحظ ما تقطعه من الدرج على يمين ويسار الصفر فتساوى القوسين المقطوعين بالبرة على جانبي الصفر يدل على تساوى الثقلين الموجودين في كفتي الميزان

٤٩ - الوزن المزدوج - يمكن معرفة وزن جسم بالتحريك ولو كان ذراعا الميزان غير متساويين باستعمال طريقة (بوردا) المسماة طريقة الوزن المزدوج لكن بشرط أن يكون الميزان حساسا ومحصل هذه الطريقة أن يوضع الموزون في احدى الكفاف وتفعّل موازنة الميزان بعدل يوضع في الكفة الثانية من مخردق الرصاص به تصير الاقواس التي تقطعها البرة على جانبي الصفر متساوية السعة ثم يرفع الموزون ويوضع موضعه صنج كافية لأن تقطع بها البرة أقواسا متساوية على جانبي الصفر فمجموع الصنج هو وزن الجسم لان هذه الصنج والموزون وازنت العدل في ظروف واحدة وتستعمل هذه الطريقة في جميع الاحوال التي يراد فيها تحريك الوزن

## البندول

٥٠ - البندول في علم الطبيعة نوعان بندول بسيط وبندول مركب فأما البندول البسيط ويسمى الوهمي فهو نقطة مادية ذات وزن  $\gamma$  (شكل ٣٣) معلقة في الفراغ بخيط  $\beta$  غير قابل للمد لا ثقل له معلق في نقطة ثابتة  $\alpha$  لا يحدث فيها أدنى احتكاك وهذا البندول اذا ترك وشأنه فانه بتأثير التناقل فيه يأخذ الاتجاه العمودي  $\beta$  ويبقى في حالة الموازنة كخيط من الرصاص ولكن اذا بعد عن هذا الاتجاه وجعل في الاتجاه  $\alpha\beta$  فان الموازنة تحتل بقوة التناقل تجذب النقطة المادية في الاتجاه العمودي  $\alpha\gamma$  وهي لا يمكنها

أن تتحرك فيه لممانعة الحيط أب لها غير أن هذه القوة تتحمل الى قوتين أد في امتداد



الخط و أ د عمودية على هذا  
الامتداد والاولى تنعدم بمقاومة  
الخط لها أما الثانية فتعمل وحدها  
وهي التي تؤثر في البندول لتعيده الى  
مكان موازته فتقطع النقطة المادية  
القوس ا ب بسرعة معجلة لان  
القوة المجددة لحركتها قوة مستمرة  
ومتى صارت النقطة المادية في ب  
ارتفعت السرعة المكتسبة لها أثناء

حركتهما من أ الى ب غير أن سرعة ارتفاعها تكون متفقمة الى أن تصل الى نقطة أ وفيها تقف ثم تنزل الى ب ثم ترتفع الى أ وهكذا تفعل النقطة تذبذبات ساعة كل واحدة منها الزاوية أ ب أ المتكونة من المحلين المتطرفين للخط

وحيث ان الشاغل أثر من  $\alpha$  الى  $\epsilon$  كقوة مجسلة ومن  $\epsilon$  الى  $\alpha$  كقوة متقمة مقرة فما يحدث من نقصان السرعة في مسير النقطة المادية من  $\epsilon$  الى  $\alpha$  هو عين ما يحدثه من ازديادها في مسير النقطة المادية من  $\alpha$  الى  $\epsilon$  ولهذا يلزم أن يكون سعة الاهتزازات وأزمانها واحدة وذلك أمر لا يمكن تحقيقه عملاً لان هناك موانع أخصها مقاومة الهواء والاحتكاك الذي في نقطة التعليق مهما كان الاعتناء به ولذلك يرى باهتزاز البندول تناقص سعة الاهتزازات شيئاً فشيئاً ثم يقف البندول بعد زمن مختلف الطول ويصير في الاتجاه العمودي

٥١ - قانون اهتزاز البندول - اهتزاز البندول منقاد الى هذه القوانين

القانون الاول - تذبذبات البندول التي لا تتعدى سعتها ٣ أو ٤ درجات متساوية الزمن أى أنها تحصل فى أزمنة متساوية ولو اختلفت سعة الذبذبة بشرط أن لا تتعدى سعتها أربع درجات ويحقق هذا القانون بتعيين الزمن الذى يحصل فيه مائة ذبذبة بعد أن تصير سعة الذبذبة أقل من أربع درجات ثم يعين الزمن الذى يحصل فيه مائة ثانية وهكذا وحيث ان سعة الذبذبة تأخذ فى التناقص الى أن تنعدم فن البين ان سعتها فى المائة الثانية تكون أصغر منها فى المائة الاولى وهكذا فيشاهد مع ذلك ان الزمن الذى حصل فيه المائة الاولى هو عين الزمن الذى حصل فيه المائة الثانية والثالثة وهكذا

وينسب هذا القانون للعالم (جليليه) ويقال انه وقف عليه برؤيته لاهتزاز مصباح كان معلقا في قبوة كنيسة في بيز ثم وقف بعد ذلك على العلاقة الكائنة بين زمن التذبذبات وطول البنادل المحدث لها

القانون الثاني - زمن تذبذب البنادل التي طولها واحد المتذبذبة في محل واحد في الفراغ واحد منهما كانت طبيعة المادة المتكون منها البندول

ولتحقيق هذا القانون تعلق كرات مختلفة الطبيعة (كرة من الرصاص وأخرى من العاج وأخرى من النحاس وهكذا) في خيوط من الحرير متساوية الطول ثم زهذه البنادل فتذبذب معا فيشاهد أن زمن كل ذبذبة واحد في جميع هذه البنادل ويستنتج من هذه الحقيقة ان المعجلة ع الحاصلة من تأثير التناقل في أجسام مختلفة واحدة في المكان الواحد

القانون الثالث - زمن تذبذب البنادل المختلفة الطول المتذبذبة في محل واحد يكون على حسب الجذر التربيعي لأطوال هذه البنادل

ولتحقيق هذا القانون تؤخذ بنادل نسبة أطوالها بعضهم الى بعض كنسبة ١ : ٤ : ٩ : ١٦ وتذبذب فيشاهد أن نسبة أزمنة تذبذباتها كنسبة ١ : ٢ : ٣ : ٤

القانون الرابع - زمن تذبذب البنادل المتساوية الطول المتذبذبة في مواضع مختلفة من الارض تكون على العكس من الجذر التربيعي لشدة التناقل في هذه المحال

ولتحقيق هذا القانون ينقل البندول الى محال مختلفة من الارض بحيث يقرب أو يبعد من خط الاستواء ثم يعين عدد التذبذبات التي تحصل في زمن واحد في المحال المختلفة فينتج أن زمن الذبذبة على العكس من الجذر التربيعي لشدة التناقل الحاصل في محل الذبذبة

٥٣ - البندول المركب - هو كل جسم ثقيل يتحول نقطة أو ساق فكل نقطة من هذا البندول تميل بتأثير التناقل فيهما الى التذبذب منقادة الى قوانين البندول البسيط أي الى أن تفعل تذبذبات تكون أكثر ببطأ كلما بعدت عن مركز التعليق وأكثر سرعة كلما قربت منه وحيث ان جميع النقط المادية المكونة للبندول المركب مرتبطة ببعضها ببعض بلا تغير فلا يتأثر لاحدى هذه النقط أن تتذبذب في زمن غير زمن ذبذبة الاخرى فمن تذبذب هذه النقط جميعها واحد هو متوسط زمن تذبذبها لو تذبذبت كل نقطة على انفرادها فينتج من ذلك ان حركة النقط البعدى عن مركز التعليق تكون معجلة وحركة النقط القربى تكون متفهمة وبين هذه وتلك مكان فيه نقط تتذبذب كما لو كانت غير مرتبطة ببعضها البعض وهذا المكان يسمى مركز التذبذب والمسافة بين هذا المركز ومركز التعليق تسمى بطول البندول وبالحساب

يتوصل الى تعيين مركز تذبذب البندول المركب متى كان متجانسا اذا شكل هندسى ويتوصل الى هذا التعيين عملا لان البندول اذا علق من مركز تذبذبه صارت نقطة تعليقه الاولى مركزا للتذبذب في الوضع الجديد وبذلك يكون زمن التذبذب في الوضعين واحدا وعلى ذلك فلتعيين طول بندول مركب تفعل تذبذبات زمنها معلوم ثم يقلب وضعه ويبحث بالاستقراء عن النقطة التى بتعليقه منها يكون زمن تذبذبه هو عين زمن تذبذبه قبل قلبه فالمسافة بين نقطة تعليقه الاولى والثانية هى طول هذا البندول وهو طول اذا وضع في معادلة البندول البسيط كانت صادقة على البندول المركب وقوانينهما واحدة وهذه المعادلة هى

$$(١) \quad \tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

والقوانين التى ذكرناها مستخرجة من هذه المعادلة التى فيها  $\tau$  زمن التذبذب الواحدة وحرف  $L$  لطول البندول وحرف  $g$  لشدة الثقالة و  $\tau$  للنسبة الكائنة بين الدائرة وقطرها

أما القانون الاول والثانى من القوانين الاربع فيستجبان منها بمجرد النظر لان المعادلة لا تحتوى على شئ يتعلق بسعة التذبذب ولا بكثافة المادة المركب منها البندول فزمن التذبذب  $\tau$  حينئذ لا يتعلق بهما

ولاستنتاج الثالث نفرض بندولا آخر طوله  $L$  وزمن بالحرف  $\tau$  لزمن واحدة من تذبذباته فيكون للبندول الثانى

$$(٢) \quad \tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

أما قيمة  $g$  فواحدة في البندولين حيث ان التذبذبات واقعة في محل واحد واذا قسمنا المعادلة (١) على المعادلة (٢) واخترنا يحدث

$$(٣) \quad \frac{\tau}{\tau} = \frac{L}{L}$$

وهى تدل على أن التذبذبات في محل واحد تكون متناسبة مع الجذر التربيعى لاطوال البندال ولاستنتاج القانون الرابع نفرض بندولا طوله كالاول تذبذب في محل غير الذى تذبذب فيه الاول وزمن للحرف  $\tau$  لزمن كل ذبذبة من ذبذبات الثانى وبالْحرف  $g$  لشدة الثقالة في محل تذبذب هذا البندول فيكون

$$(٤) \quad \tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

وبقسمة المعادلة (١) على المعادلة (٤) والاختزال يحدث

$$(٥) \quad \frac{\overline{e}}{e} = \frac{v}{v}$$

وهي تدل على أن زمن تذبذبات بندل متساوية الطول متذبذبة في محال مختلفة تكون على العكس من الجذر التربيعي لشدة التناقل في هذه المحال  
وإذا ربع طرفا المعادلة (١) أمكن استخراج قيمة  $e$  منها فتكون

$$(٦) \quad \frac{ط^{\frac{1}{2}}}{e} = \frac{ط^{\frac{1}{2}}}{e} \quad \text{ومنها} \quad \frac{ط^{\frac{1}{2}}}{e} = \frac{ط^{\frac{1}{2}}}{e}$$

وبذلك يرى أنه لمعرفة قيمة معجزة التناقل في محل معين يبحث عن الزمن  $\tau$  اللازم لتذبذبات بندول معلوم الطول

٥٣ - قياس شدة التناقل - عينت شدة التناقل بالبندول كما ذكرنا فادات التجربة على أن قيمة  $e$  واحدة في جميع الاجسام مهما كانت طبيعتها في المحل الواحد ولكنها تختلف من محل الى آخر باختلاف العروض فتزداد من خط الاستواء الى القطب ففي خط الاستواء  $e = ٩,٧٨$  متر وعلى عرض  $٤٥^\circ$   $e = ٩,٨٠٥$  متر وباحتساب ما تفقده الاجسام من وزنها في الهواء يصير في باريس  $e = ٩,٨٠٩٩$  متر فيكون طول البندول الذي تستغرق في باريس تذبذبه الواحدة ثانية واحدة  $٩,٩٣٨٦$  متر وفي خط الاستواء  $٩,٩١٠٣$  متر وفي القطب  $٩,٩٦٦٧$  متر

وارتداد شدة التناقل بالقرب من القطب متسبب عن امرين

الاول - هو أن الكرة الارضية مفرطة في القطبين ومنتفخة في خط الاستواء فالاجسام التي على سطح الارض في جهة القطبين تكون اقرب الى المركز من الموجودة على سطح الارض نحو خط الاستواء ومعلوم أن جذب الكتلة الكرية يحصل كما اذا كانت جميع جزئياتها مجمعة في المركز وأن قوة هذا الجذب تكون على العكس من مربع المسافة فيستنتج من ذلك أن الاجسام التي جهة خط الاستواء تنجذب بشدة أقل من الشدة التي تنجذب بها الاجسام القريبة من القطبين

الامر الثاني - هو أن القوة المركزية الطاردة تؤثر في اتجاه مضاد للتناقل تأثيراً أشد في جهة الاستواء منه في جهة القطبين

٥٤ - استعمال البندول - البندول مستعمل لقياس شدة التناقل في المحال المختلفة ولتنظيم حركة الساعات وأساس هذا الاستعمال الاخير هو تساوى أزمنة التذبذبات الصغيرة

وبالبنءول عرفت كثافة الارض وقد استعمله الفرنسياءى (فوكول) لاطهار حركة دوران الارض حول محورها وهى تجربة مؤسسة على أن مستوى اهتزاز البنءول لا يتغير بدوران نقطة تعليقه

## حركة جسم الانسان

٥٥ - حركة جسم الانسان حركة مركبة ناتجة من تأثير التناقل وقوى طبيعية أخرى ويمكن تمييزها الى صنفين حركة كلية أى حركة انتقال وهى حركة بهيئ نقل الانسان جميع جسمه وحركة جزئية أى حركة فيها تتغير المواضع النسبية للأجزاء المختلفة والهيكل العظمى وفى الحالة الاولى تنتقل قاعدة الجسم وأما فى الثانية فلا تنتقل

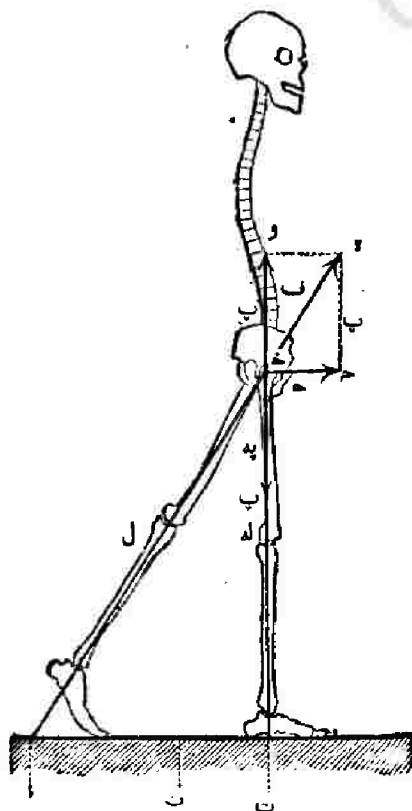
ومع كون حركة مشى الانسان متضاعفة يمكن تفسير المهم منها بالقواعد الميكانيكية التي عرفناها ولهذا الغرض نعتبر أولاً أن وزن جسم الانسان من تكبر في مركز ثقله ونعتبر القوى المؤثرة في نقله من تكثرة في هذا المركز أيضاً

وبالمبحث عن محصلة القوى العاملة في مركز الثقل نقف على حركته وبذلك تكون قد استبدلت

حركة الجسم جميعه بحركة مركز ثقله لكن ينبغي أن يلاحظ أنه اذا كان اتجاه القوى المحركة لا يمر بمركز الثقل كما اعتبرنا فإنه يحصل في الجسم حركة انتقال وحركة دوران في آن واحد غير أن هذه الثانية يمكن صرف النظر عنها لان الانسان في حركة المشي يعادل حركة الدوران بانقباض خاص في بعض الاعضاء أو يسعى في وضع مركز ثقله في اتجاه القوة المحركة بأماله جذعه أماله مناسبة

وعلى ذلك فليكن  $\Sigma$  (شكل ٣٤) مركز ثقل الانسان  $\Sigma$  به وزنه ولناخذ للدلالة على هذا الوزن الجزء  $\Sigma$  ب من خط التناقل ونعتبر وقت ما تكون احدى الساقين الخلفية مثلاً متكئة على الارض فى نقطة  $\Sigma$  فبإبساطها تولد قوة دفع فى اتجاه الخط  $\Sigma$  وليكن  $\Sigma = \text{هـ}$  وهى شدة هذه القوة المحدثه لانتقال الجسم فى المشى

والعدو وقوة الدفع هذه يمكن تحليلها الى قوتين احدهما عمودية  $\times$  و متجهة في اتجاه مضاد للتناقل والثانية أفقية  $\rightarrow$  متجهة الى الامام



فإذا كان الجسم ليس عليه الانتقال الى الامام لزم أن تكون المركبة العمودية التي رمز لها بالحرف ب مساوية لوزن الانسان حتى توازنه والمركبة الافقية > تقدم وحدها مركز الثقل الى الامام

وقد أفادت المشاهدة في المشي المعتاد على أرض افقية أن الجذع ينتقل تقريباً على خط مستقيم وأن الانتقال الحاصل له في الاتجاه العمودي قليل جداً فان متوسط سعة تغير ارتفاع الجذع هو ٣٢ ملليمتر فيكون تغير مركز الثقل أقل من ذلك حيث كانت حركة الجذع في الاتجاه العمودي ناتجة عن الانبساط والانقباض المتبادلين للساقين فينتج عن هذا التبادل انتقال مركز الثقل في اتجاه مضاد وحيث كان مركز الثقل يتحرك في اتجاه مواز للأرض فان المركبة العمودية ب للقوة الدافعة تعادل دائماً وزن الجسم فهي حينئذ مساوية له وإذا كان من السهل معرفة القوة المقدمة أي المركبة الافقية المقابلة لميل معين للساق الدافعة للجسم الى الامام ويرى أن هذه القوة تشتد بانساع زاوية ميل العضو المحرك

ولست القوة الدافعة قوة مستمرة ولكن مدة انقطاع تأثيرها عبارة عن لحظات متساوية وكذلك المركبة الافقية لها وعلى ذلك فإذا كان الجسم لا يجد مقاومة ما في سيره فانه يتقدم بسرعة معجلة ولكن مقاومة الأرض له تجعل حركته منتظمة لانه حينما تدفع إحدى الساقين الجسم الى الامام تسقط على الأرض القدم الثانية التي كانت مرتفعة فتجبد من الأرض مقاومة بها تنعدم قوة التقدم المتولدة بالساق الاولى ويحصل من ذلك وقوف الحركة اذا لم تقم الساق الثانية مقام الاولى في توليد سرعة جديدة في الجسم وهي سرعة تنعدم كذلك بسقوط الساق الاولى على الأرض التي بارحتها مدة انبساط الثانية وهكذا فيصير بذلك المشي حركة دورية

فالمشي شبيه بحركة منتظمة لعربة تجرورة فيها القوة ثابتة تقاوم مقاومة ثابتة أيضاً فان الساقين يتناوبان في دفع الجسم الى الامام بسرعة حتى ان الزمن الذي يكون فيه مركز الثقل غير متأثر بقوة دفع يصير غير محسوس وكيفية تولد قوة الدفع بفعل الساقين هو أن المفصل الركبي للساق المرتكزة على الأرض ينبسط أولاً فتصير الساق عبارة عن حامل ثابت للثقل وهذا الثقل يدفع الجسم الى الامام ومتى تم انبساط المفصل الركبي أخذ المفصل القصبى الرسخي في الانبساط فينفصل الكعب عن الأرض ثم القدم شيئاً فشيئاً وكلما انفصل جزء من أخص القدم عن الأرض أحدث تأثيراً دافعاً في جسم الانسان بواسطة الساق فالقوة المؤثرة في مركز الثقل ليست حينئذ عبارة عن دفعات برهية متوالية بانتظام بل قوة تأثيرها مستمرة وشدها

تكد تكون ثابتة مدة انبساط العضو السفلى أما إذا انفصلت الساق عن الأرض دفعة واحدة  
بحركة فجائية برهية فإن الخطوة تكون أقل سعة والقوة الدافعة أقل شدة فيحصل التقدم ببطء  
ويحتاج الى مجهود عظيم في العضلات

٥٦ - تطبيق قانون البندول على المشى - يتميز مشى الانسان بانتظامه وما هذا  
الانتظام الا لكون حركات الساقين منقادتين لقوانين تذبذب البندول ففي الزمن الذي فيه  
تنبسط الساق المرتكزة على الأرض تقصر الساق الثانية بعد أن تصل الى منتهى استطالتها  
وهذا بانثناء مفصل الركبة وتنفصل عن الأرض وتذبذب من الخلف الى الامام وكل جسم  
يتذبذب حول محور يمكن تمثيله ببندول مركب زمن تذبذبه كما علمنا متعلق بطوله فالساقان  
تتحركان واحدة بعد أخرى على التوالي حركات متعاقبة بها يتحرك الجسم بانتظام كاتظام  
تذبذبات البندول وهذا الانتظام يظهر بتساوى أزمنة الخطأ

وفي العادة تكون مدة ذبذبة الساق المرسلة هي مدة انبساط الساق المرتكزة على الأرض ففي  
وقت وصول هذه الى منتهى استطالتها تسقط عدلتها على الأرض وتبتدى في الانبساط حال  
كون الثانية تأخذ في الذبذبة بعد مبارحتها الأرض

وانبساط الساق يحصل بسرعة تختلف برغبة الماشي فكلما كان القصد سرعة السير كان  
أحداث تمدد الساق سريعاً ولكن زمن الذبذبة الكاملة لا يتغير مادام البندول باقياً على  
ما كان عليه فينتج من ذلك أن الساق المتذبذبة لا تجد دائماً زمناً كافياً لأن تقطع جميع  
القوس المقابل لذبذبة كاملة حيث ينتهى سيرها وقت انتهاء تمدد الساق المرتكزة على الأرض  
وفي المشى البطيء يكون زمن حركة الانبساط كافياً لأن تقطع الساق المتحركة قوس تذبذبها  
كله بحيث أن الساقين يستقران على الأرض معاً زمناً محسوساً ففي هذا الوقت يقسم العمودى  
الماربى مركز الدوران أى الماربرأس عظم الفخذ الزاوية المتكونة من الساقين الى قسمين  
متساويين أما إذا كان المشى سريعاً فإن القوس المقطوع بالساق المتحركة يقصر في جزئه  
المقدم فلا يكون العمودى الماربى مركز الدوران قاسماً للزاوية المتكونة من الساقين فى منتهى  
تباعدهما الى قسمين متساويين بل يكون أقرب الى الساق المأدومة منه الى الساق الخلفية  
وإذا كان المشى سريعاً جداً فإن القوس المقطوع بالساق المتحركة لا يقابل الا نصف ذبذبة  
والساق المتحركة تكون وقت سقوطها على الأرض متفقة مع العمودى الماربى مركز الدوران  
وسعة الذبذبة لا تكون أصغر من النصف حيث يلزم أن يكون مركز الدوران محمولاً بالساق وقت  
اتكائها على الأرض بواسطة القدم وفي العدو يكون زمن انبساط الساق القارة على الأرض

أقل من زمن نصف ذبذبة الساق المتحركة - فينتج من ذلك أنه في العدو تمر لحظات لا تكون فيها الاقدام ملامسة للارض فيكون فيها الجسم معلقا في الهواء

ومما يساعد على المشي انخفاض الجذع عن الارتفاع الذي يكون فيه حال الوقوف وهذا يحصل دائما في المشي السريع والعدو وتأثير هذا الانخفاض يضاف نقص زمن الانبساط بازدياد طول الخطوة لانه متى كان الجذع ومعه محور دوران السوق أسفل ما يكون قصرت الساق فيصير تنذبهم اسريعا وازدياد سرعة الذبذبة يقضي بازدياد مقابل له في القوس المقطوع مدة زمن معلوم بالساق المتذبذبة ونتيجة ذلك ازدياد في الخطوة وحينئذ كلما ازدادت سرعة المشي نقص زمن الخطوة لان الساق التي على الارض تنفرد في زمن أقل والساق المتحركة تنذب بأكثر سرعة وفي آن واحد تنسع الخطوة

٥٧ - عمل مركز الثقل في المشي - تتغير حالة الجذع ومعها مركز الثقل بتغير سرعة المشي فمركز الثقل متى كان محمولا بساق واحدة يكون في موازنة غير ثابتة وتأثير الدفع الحاصل من انبساط الساق الموضوعة على الارض فيه يسقط قاطعا للقوس دائرة ان لم تذكر الساق المتحركة فتحمله فهذه الساق تتم في وقت سقوط مركز الثقل حركة ذبذبتها وتصير حاملة للجسم وكلما كان زمن الانبساط والذبذبة قصيرا أى كلما كان المشي سريعا كان لمركز الثقل ميل للسقوط دفعة وهذا هو الداعي لميل الجذع الى الامام كي يسهل بذلك خروج خط التثاقل من القاعدة وهي في هذه الحالة أخص القدم الموضوعة على الارض وفي ميل الجذع فائدة أخرى وهي أن يعارض حركة الدوران من الامام الى الخلف التي تحصل في الجذع بسبب وجوده في حالة موازنة غير مستمرة فوق محور الدوران مدفوعا بقوة مرتكزة أسفل مركز الثقل فاذا لم يميل الجذع فان العضلات التي تثني الفخذ فوق الحوض تتكافى لمنع هذه الحركة فيصير المشي متعبا

وبسبب مقاومة الهواء لحركة التقدم يميل الجذع الى الامام أيضا لان هذه المقاومة تبيل لالقاء الجسم الى الخلف وأثناء دفع الجسم الى الامام باحدى الساقين تعمل الساق الثانية ذبذبة من الخلف الى الامام فتغير حركة التقدم على الخط المستقيم وتحصل في الجسم حركة دوران على اليمين والشمال بالتوازي حول محوره الطولي لولا حركة الاعضاء العليا التي تمنع هذا التغير والدوران ولذا نرى أثناء ذبذبة احدى الساقين من الخلف الى الامام تحرك الذراع الذي في جهة الساق المتذبذبة من الامام الى الخلف أى ان الذراع المقابل لاحدى الساقين يتحرك في اتجاه حركة الساق الاخرى ومن الاهتزاز الحاصل في الاعضاء العليا تتولد محصلة دوران تتلف المحصلة المضادة لها الحاصلة بالساق المتذبذبة

٥٨ - معادلة قوانين المثنى - ليكن  $\chi$  و  $\gamma$  الساقين حين تكون احدهما مرتكزة على الارض في وضع عمودى والثانية مكدونة مع الاولى الزاوية  $\gamma$   $\chi$  فهذه الثانية تنفرد حال ارتكازها على الارض لتدفع مركز ثقل الجسم الى الامام بالقوة التى تولدها الساق المحركة  $\chi$  تختلف باختلاف زاوية بعد الساقين  $\gamma$   $\chi$

ولرمز لهذه الزاوية بالحرف  $\gamma$  للاختصار فى أى وقت من أوقات الخطوة يلزم ان تكون ذات كبر بحيث تؤثر المركبة الافقية وحدها فى تقدم مركز الثقل الى الامام فتكون اذا المركبة العمودية مساوية لوزن الجسم و فاذا رمزنا بطول الساق العمودية على الارض أى ارتفاع رأس الفخذ على سطح الارض بالحرف  $h$  وبالحرف  $l$  لطول الساق المائلة على الارض وبالحرف  $e$  للمسافة  $\gamma$  أى لطول الخطوة كان فى المثلث القائم الزاوية  $\gamma$   $\chi$  العلاقة الآتية بين الكميات المرموز لها

$$l^2 = e^2 + h^2 \text{ ومنها } e = \sqrt{l^2 - h^2}$$

وهى علاقة تدل على أنه اذا لم يتغير طول الساق المائلة فطول الخطوة  $e$  يزداد بنقصان الارتفاع  $h$  لرأس الفخذ فوق الارض وبمقابلة المثلثين المتشابهين  $\gamma$   $\chi$  و  $\gamma$   $\chi$  يحدث

$$\frac{h}{e} = \frac{b}{a}$$

$b$  رمز للمركبة العمودية وهى مساوية لوزن الجسم و  $a$  و  $c$  رمز للافقية ومن المتساوية السابقة يستخرج

$$e = \frac{a}{b} h$$

ومعنى هذه المعادلة أنه لا بد للمركبة العمودية لقوة الانبساط المتولدة بالساق المتحركة من الازدياد كلما ازداد وزن الجسم واتسعت الخطوة وصار طول الساق أقل ولايجاد علاقة بين الكميات المتقدمة وسرعة الخطوة نفرض أن شدة المركبة الافقية  $c$  للقوة الباسطة ثابتة زمن الخطوة وان القوة العاملة المتولدة لا تنعدم بمقاومة الارض الا فى وقت ملازمة الساق المتذبذبة لها وهو الوقت الذى تنتهى فيه حركة انبساط الساق الاخرى ومن ثم تكون القوة المجتهد فى آخر الخطوة قد أحدثت عملاء لامتتهى

$$c = \frac{a}{b} \frac{h}{l}$$

وباستبدال

وباستبدال الكتلة  $\frac{2}{3}$  بقيمتها  $\frac{2}{3}$  يحدث

$$ع = \frac{1}{2} س \quad \text{ومنها} \quad س = 2 \frac{ع}{3}$$

وبوضع قيمة  $\frac{2}{3}$  المستخرجة من المعادلات السابقة وهي  $\frac{ع}{3}$  يحدث

$$س = 2 \frac{ع}{3} \quad \text{ومنها} \quad س = 2 \frac{ع}{3}$$

ومن هذه المعادلة يتبين أن سرعة مركز الثقل النهائية في الاتجاه الأفقي في آخر كل خطوة تكون متناسبة مع طول الخطوة وعلى العكس من الجذر التربيعي لارتفاع راس الفخذ عن الأرض

## المطلب الثاني

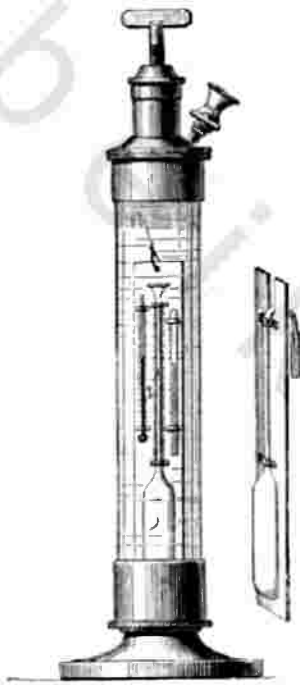
ما يتعلق بالاجسام السائلة

الخواص العمومية للاجسام السائلة

٥٩ - حالة السيولة - هي التي فيها جزيئات المادة تتجاذب بشدة ضعيفة حتى لا يبقى بعضها مرتبطا ببعض ارتباطا متينا ولذلك كان أقل مجهود كافيا لتغيير مواضعها ولذا كانت كل قوة مؤثرة في سائل تحدث فيه نتائج أعظم مما تحدثه بتأثيرها في جسم صلب فالثقل مثلا يؤثر في جميع الجزيئات المادية صلبة كانت أو سائلة ولكنه لا يحدث بتأثيره في الأولى تغيرا محسوسا في شكل الاجسام لعدم قدرته على قهر الجذب الضام بعض جزيئاتها البعض ولكنه يتغلب على المقاومة الضعيفة الحاصلة من قوة الجذب بين جزيئات السائل وهذا هو السبب في كون شكل الكتلة السائلة متعلقا بتأثير التشاقل ولذلك تتشكل السوائل بشكل الاواني التي هي فيها

٦٠ - قابلية السوائل للضغط - شكل الاجسام السائلة يتغير بسهولة بسبب حركة جزيئاتها التي ينزلق بعضها على بعض بسهولة فليس لها شكل مخصوص ولذلك كانت اذا عرّضت لتأثير قوى خارجية لا يحصل في حجمها الا تغير خفيف جدا بالنسبة لما يحصل من التغير في حجم الاجسام الصلبة وخصوصا الغازية موضوعة في الظروف التي وضعت فيها

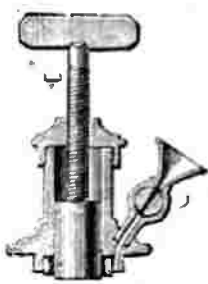
الاجسام السائلة ما لم يحصل تغير في درجة الحرارة اذ قد علمنا أن الاجسام الصلبة اذا ضغطت أو شدت حصل في كثافتها ازدياد أو نقصان واضح وليس الامر كذلك في الاجسام السائلة فان ما يحصل في حجمها من النقصان بالضغط يسير جدا ويحتاج الى مجهود عظيم ولا يدرك هذا النقصان الابصارية لان الاجسام التي يضغط فيها السائل تنقاد للضغط أكثر من انقياد السائل له بكثير وقد زالت هذه الصعوبة باستعمال أجهزة تسمى بيزومترات اناؤها المضغوط



ش ٣٥

فيه السائل مضغوط من الظاهر بضغط مساو للضغط الواقع على السائل وأحسن هذه الاجهزة بيزومتر (ارستيد) وهو مركب من مستودع اسطوانى الشكل من الزجاج ر (شكل ٣٥) حجمه معلوم يعاينه أنبوبة شعيرية مقسمة الى أقسام متساوية السعة منتهية بقمع والمستودع بأنبوبة موضوعة على لوح من النحاس يحمل ترمومتر معدا لمعرفة درجة الحرارة وقت التجربة وأنبوبة مسدودة أحد طرفيها منكسة مملوءة بالهواء معدة لمعرفة الضغط فيملاء البيزومتر بالسائل ويوضع في القمع نقطة من الزئبق يستدل بها على ما يحصل في حجم السائل من التغير ويدخل الجهاز في اناء اسطوانى من الزجاج التخين ج مثبت بجذبه السفلى على قاعدة معدنية وجذوه العلوى

محزوم بحزام من النحاس ذى مكبس يتحرك بواسطة برمة ب (شكل ٣٦) وبواسطة



ش ٣٦

خلفية ر يصب في الاناء الاسطوانى الماء الى أن يخرج من فتحة جانبية فتسد الخلفية ويخفض المكبس فيضغط ماء الاناء وهذا الضغط ينتقل لسائل البيزومتر بالزئبق ونقصان حجم السائل يعلم بالدرجات التي انخفض الزئبق بالضغط ومن سطح الماء في الانبوبة الهوائية يعلم هذا الضغط وبقسمة ما نقص من حجم السائل على حجم السائل والضغط معبرا بالجو يتحصل عامل الضغط وهو العامل

الظاهرى لعدم احتساب ما يحصل في البيزومتر (المستودع وأنبوبة) من التغير لان هذا الغلاف بسبب الضغط المتساوى الواقع عليه من الظاهر ومن الباطن يتقبض فيرتفع السائل في الانبوبة الشعيرية فينقص من كمية ما انخفض من السائل المضغوط بقدر ما ارتفع منه

وتغير

وتغير الحجم الحقيقي يكون بإضافة انضغاط المستودع الى الانضغاط الظاهري للسائل وبقسمة  
الحاصل على الحجم جيعه وانضغط يحصل عامل الانضغاط المحض  
وهالك عوامل الانضغاط لبعض السوائل التي عينها (جرامى) على درجة الصفر

زئبق ..... ٠,٠٠٠٠٠٣

ماء ..... ٠,٠٠٠٠٥٠٢

إيثير ..... ٠,٠٠٠١١١

كحول ..... ٠,٠٠٠٠٨

كلوروفورم ..... ٠,٠٠٠٠٦

ومن هذه الاعداد يرى أن قابلية انضغاط السوائل ضعيفة جدا والطريقة الوحيدة لحصول  
نقصان أو ازدياد في كثافتها تنحصر في رفع حرارتها أو خفضها وضعف قابلية الانضغاط  
في السوائل يفسر بالازدياد العظيم الذى يحصل في القوة المنفردة المؤثرة بين الجزيئات متى  
صغرت المسافات بينها فعندما تكون السوائل معرضة للضغط الجوى تكون القوى الجزيئية  
الجاذبة والمنفردة موازنا لبعضها البعض تقريبا فإذا ازداد الضغط تعاضمت شدة القوى المنفردة  
بقوة فتصير مانعا قويا بالقرب بعض جزيئات السوائل من بعض وأما إذا خف الضغط الخارجى  
الواقع على السائل كما إذا وضع السائل في وسط عمل فيه الفراغ فإن جزيئات الطبقات العليا  
تنفصل عما تحتها فتصير خارجة عن حدود جذبها فتصير القوى الجاذبة عاجزة عن جعل السائل  
في حالة السيولة فيتبخرو ويصير غازيا

٦١ - مرونة السوائل - السوائل مرنة ولذا كانت نقط الزئبق والماء مثلا إذا  
سقطت على سطح صلب عادت على نفسها وسترى براهين أخر على هذه المرونة مأخوذة من  
توصيل السوائل للأصوات ومرونة الأجسام السائلة تامة أى أنها تعود عودا تاما الى  
حجمها الذى كانت عليه قبل الانضغاط متى زال الضغط

٦٢ - قاعدة إسكال وتسمى قاعدة تساوى الضغط - كل ضغط يحصل في نقطة ما من  
كتلة سائل فإنه ينتقل الى جميع النقط على التساوى وهذه القاعدة إنما هي نتيجة قابلية  
الجزيئات للحركة ولبيان ذلك نقول ان جزيئات الأجسام السائلة تجزيئات الصلبة تميل الى  
أن تسقط سقوطا عموديا وتسقط فعلا إذا لم تجد ما يمنع حركتها فإذا كانت موضوعة مثلا على  
سطح مستو يمنع انقيادها للقانون التناقل فإنها لا تسقط ولكنها تتحدث على هذا السطح ضغطا

مناسبا مع كتلتها فاذا فرضنا اناء كانا  $a$  و  $b$  (شكل ٣٧) محتويا على حجم من سائل



ش ٣٧

يحتوى على عدد عظيم من الجزيئات واعتبرنا انقسام كتلة السائل الى عدة طبقات بعضها فوق بعض به  $a$  و  $b$  جه  $a$  الخ فن الواضح ان الطبقة الاولى به  $a$  تضغط بجميع وزنها الطبقة دجه التي تحتها وان الطبقة الثالثة  $a$  تحمل وزن الطبقتين معا وهكذا الى الطبقة الاخيرة  $a$  من فانها تحمل وزن جميع الطبقات التي تعلوها والضغط الواقع على قعر الاناء  $b$  يكون مساويا لوزن كتلة السائل كلها به  $a$  و  $a$  م  $n$  وكل طبقة من الطبقات

الكائنة في وسط السائل تحمل ضغطا يساوى وزن الطبقات التي تعلوها فالطبقة ك  $a$  مثلا تحمل وزن جميع السائل الذي تعلوها به  $a$  و  $a$  ك  $a$  واذا لم نعتبر الطبقة كلها واعتبرنا جزءا منها كالجزء  $a$  به  $a$  فان هذا الجزء لا يحمل الا وزن عمود السائل الذي تعلوه  $a$  و  $a$  به  $a$  والضغط الحاصل على الجزء  $a$  من قعر الاناء هو وزن العمود  $a$  و  $a$  به  $a$

وبذلك يرى ان كل جزيء كائنا في داخل السائل يحمل ضغطا متجها من أعلى الى أسفل مساويا لوزن الصف العمودي للجزيئات التي تعلوه ونعلم ان من أهم صفات السوائل تحرك جزيئاتها بعضها بالنسبة لبعض في جميع الاتجاهات بتأثير أى قوة ولذلك ترى الجزيء  $a$  لكونه مضغوطا بصف الجزيئات التي تعلوه  $a$  و  $a$  به  $a$  يميل الى الانزلاق في الاتجاه  $a$  به  $a$  كما يميل الى الانزلاق في الاتجاه  $a$  به  $a$  ولكنه ممنوع عن الحركة ومضطرب للبقاء في مكانه بمقاومة الجزيئات المجاورة له فيحدث حوله في جميع الاتجاهات ضغطا مساويا للواقع عليه وبهذا السبب كان كل ضغط يحصل في نقطة ما من كتلة سائل ينتقل في جميع الاتجاهات على التساوى وحيث ان لكل فعل ردا يساويه فان الجزيئات المجاورة للجزيء  $a$  الضاغطة في جميع الاتجاهات تحدث فيه ضغطا مساويا للضغطه وعلى ذلك فالجزيء  $a$  مضغوط من جميع الاتجاهات بقوة تساوى وزن عمود السائل  $a$  به  $a$  ومن ذلك يستنتج كلية مهمة هي كل جزيء من سائل في حالة موازنة يكون مضغوطا في جميع الاتجاهات ولنعتبر الآن نقطة من جدران الاناء كالنقطة  $a$  وهذه النقطة بناء على ما قررناه تحمل ضغطا عموديا على سطح الجدار مقدار وزن الصف  $a$  و  $a$  من الجزيئات الكائنة فوق الجزيء  $a$  المجاور لهذه النقطة من الجدار والسطح  $a$  و  $a$  به  $a$  يحمل كذلك ضغط  $a$  و  $a$  به  $a$  وهو وزن عمود من السائل قاعدته

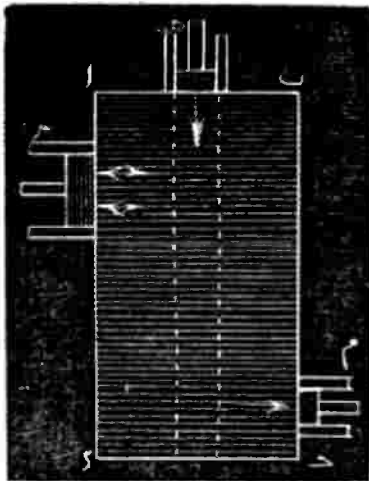
السطح

السطح أو بوجه نفسه وارتفاعه أ هـ ج أى المسافة بين سطح السائل وبين مركز ثقل السطح وما يصدق على جدران الاناء يصدق أيضاً على أى جزء كان في كتلة السائل

ويحقق ضغط السوائل على جدران الاناء التى هى فيها بالتجربة بأن يثقب فى جدران الاناء ثقبوب فيتم السائل من كل ثقب فيكون السلول أولاً عمودياً على الجزء المنقبوب ثم ينثنى بتأثير التناقل فالجزئيات السائلة حينئذ الملاصقة للجدار جانبية كانت أو غير جانبية تحدث فيها ضغطاً عمودياً وحيث ان الضغط يحصل فى جميع الاتجاهات فبالضرورة يحصل من أسفل الى أعلى أيضاً ويستدل على وجوده بان تؤخذ أنبوبة متسعة من الزجاج ويستطرفها السفلى بقرص مستويعز من وسطه خيط به يجذب ثم تغمر هذه الأنبوبة فى الماء فيحصل على السطح السفلى ضغط يصير به القرص منطبقاً على فتحة الأنبوبة بحيث يتأق ارسال الخيط ولا يسقط القرص

ولتعيين مقدار هذا الضغط عملاً يصب الماء فى الأنبوبة شيئاً فيشاهد سقوط القرص متى صار سطح الماء داخل الأنبوبة وسط سطح الماء خارجها فى مستوا واحد وبهذا يتبين أن الضغط الواقع على السطح من أسفل الى أعلى مساو لوزن عمود أسطوانى من السائل قاعدته هذا السطح وارتفاعه ارتفاع السائل فوقه

ولنفرض الآن اناء كأناء ا ب ح د (شكل ٣٨) مغلقاً من جميع الاتجاهات استبدل



ش ٣٨

فيه جزءاً من جداره بمكبس بحيث ان هذا المكبس يدخل باحكام فى الفتحة التى جعلت وأنه وضع على هذا المكبس وزن هـ فوضع الوزن هـ على المكبس كوضع عمود من السائل وزنه هـ فوق ذلك الجزء ومن البين أن كل سطح فى السائل مساو لسطح هذا الجزء فإنه يحمل زيادة على وزن عمود السائل الذى يعالوه ضغطاً يساوى هـ وكذلك يكون الضغط الواقع على الجدار الجانبية للاناء حيث ان الضغط ينتقل الى جميع الاتجاهات على التساوى فالسطح الموفق عليه مكبس م يكون مضغوطاً من

الداخل الى الخارج (بقطع النظر عن ضغط وزن السائل) بضغط يساوى هـ فيحتاج هذا المكبس الى قوة تضغط من الخارج الى الداخل كي يبقى فى مكانه وتكون هذه القوة مساوية للضغط هـ الذى انتقل بالسائل هذا عدا ما يلزم لموازنة وزن السائل الضاغط على المكبس

فان كانت سعة السطح ضعف سعة الجزء المتقدم بدل أن يكون مساويا له كان الضغط الواقع عليه هو الضعف أى م هـ وان كان ثلاثة أمثاله كان الضغط ٣ هـ وقصارى القول أنه في حالة الموازنة تكون الضغوط الواقعة على أجزاء متساوية مهما كانت متناسبة مع سطح هذه الأجزاء وعلى ذلك اذا كان و و الضغوط الواقعة على سطوح مستوية مسطحها س و س يكون

$$(١) \quad \frac{و}{س} = \frac{و}{س}$$

وهذه معادلة يمكن وضعها في هذه الصورة

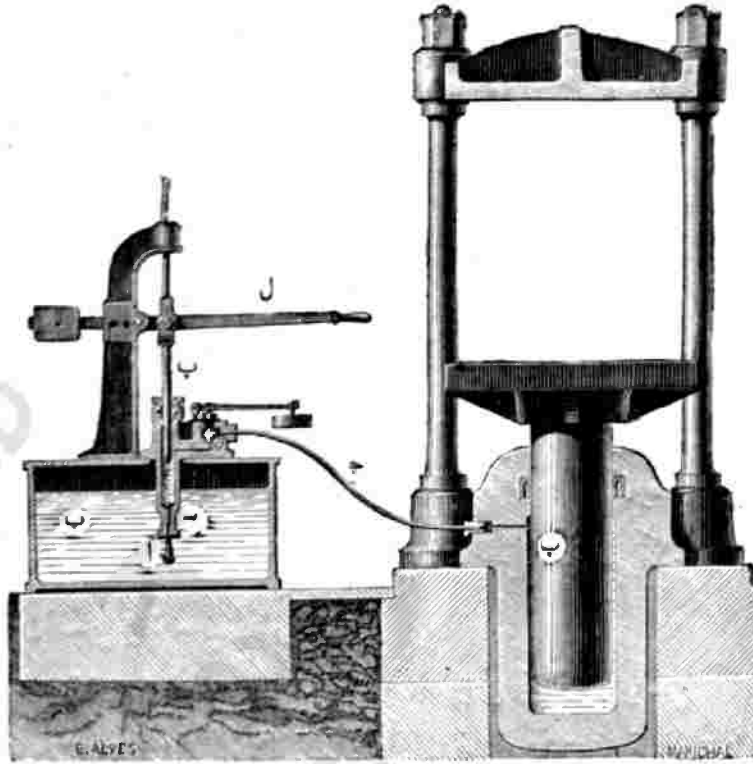
$$(٢) \quad \frac{و}{س} = \frac{و}{س}$$

وهذه الاخيرة تقتضى أن نسبة الضغط الحاصل على سطح الى هذا السطح كمية ثابتة وبعبارة أخرى الضغط الحاصل على وحدة السطوح كمية ثابتة ويستنتج من المعادلة (١) امكان استعمال قوة مهما كان صغرها الموازنة قوة مهما كانت وذلك باستعمال مكابس مناسبة الكبر ولكن ينبغي أن يلاحظ أن هذه الطريقة تقهر بها المقاومة العظيمة بقوة صغيرة ضعيفة غير أن المسافة التى تقطعها المقاومة أقل بكثير من المسافة التى تقطعها القوة والنسبة بين المسافة المقطوعة بالمقاومة الى المقطوعة بالقوة هى عين النسبة بين المقاومة والقوة فيقال هنا أيضا ما قيل فى الروافع من أن ما يكتسب من القوة يفقد فى المسافة أو السرعة

٦٣ - المعصرة المائية - هذه المعصرة مؤسّسة على قاعدة (بسكال) التى ذكرناها فبواسطة اناء مغلق محتو على سائل يمكن موازنة قوة جسيمة مركزة على مكبس عظيم فى الاناء باستعمال قوة صغيرة مركزة على مكبس آخر

وهى تتركب من جسمى طلوبية (شكل ٣٩) أحدهما صغير والآخر كبير متصلين بأنبوبة ح تحمل حنفية يستفرغ بها الماء عند الاحتياج ويتصل جسم الطلوبية الصغير بالانبوبة بواسطة صمام ينفّخ من الداخل الى الخارج ويتصل هذا الجسم أيضا بأنبوبة جذب ذات صمام س ينفّخ من الخارج الى الداخل ومن مكبس ب تحركه رافعة ل فيتحرك باحتكاك لطيف داخل جسم الطلوبية الصغير ومن حوض ب مملوء ماء تنغمر فيه أنبوبة الجذب فيتحرك المكبس ب ينفّخ الصمام س المتصل بأنبوبة الجذب فيرتفع الماء فى جسم الطلوبية وفى عودة المكبس يغلق هذا الصمام حيث أنه ينفّخ من الخارج الى الداخل فيمتنع الماء من العود الى الحوض يدفع هذا المكبس له فينفّخ صماما متصلا بالانبوبة ح ويدخل فى جسم الطلوبية الكبير ولا يخرج هذا الماء من هذا الجسم عند رفع المكبس ب لغلق الصمام والماء الذى دخل

في جسم الطلوبة الكبير يرفع مكبسا كبيرا الحجم ب وهذا المكبس يحمل قرصا د مثبتا



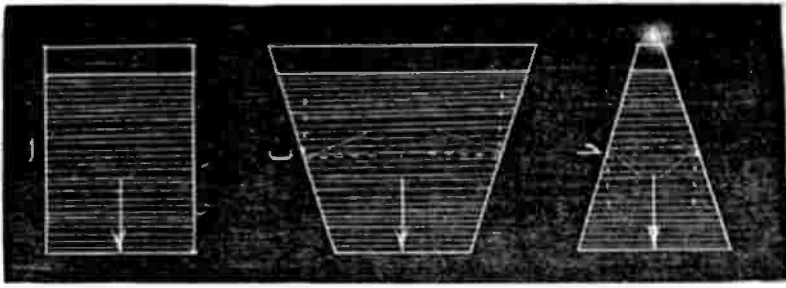
ش ٣٩

فيه وعليه توضع الاجسام المراد عصرها وهذا القرص يهتدى في سيره بعدم مثبتة تنتهي بقرص متين به وبالقرص الاول يحصل عصر وضغط الاجسام

٦٤ - ضغط السائل في حالة موازنة على جزء من جدار الاناء - الضغط الواقع من سائل في حالة موازنة على جزء من جدار الاناء الشامل له أيا كان الضغط يكون دائما عموديا على هذا الجزء لانه لو كان هذا الضغط يعمل لتحلل الى قوتين احدهما عمودية والثانية في اتجاه المستوى المار بجزء الجدار الواقع عليه الضغط وهذه الاخيرة تحدث انزلاق الجزئيات الضاغطة على الجدار أي تحدث اختلالا في الموازنة

٦٥ - ضغط السوائل على قعور الاواني - الضغط الواقع من سائل ذي وزن على القعر الافقي للاناء الذي هو فيه يساوي وزن عمود رأسى من هذا السائل قاعدته قعر الاناء وارتفاعه المسافة بين هذا القعر وسط السائل وهذه القاعدة التي هي نتيجة قاعدة (بسكال) تدل على أن الضغط الواقع من سائل على قعر اناء غير متعلق بشكل هذا الاناء فاذا اعتبرنا ثلاثة أوان ا ب ح أشكالها مختلفة (شكل ٤٠) وممتلئة بالماء الى ارتفاع واحد في كل منها وكانت قعورها متساوية فان الضغط الواقع من السوائل على قعورها يكون واحدا فيها يساوي

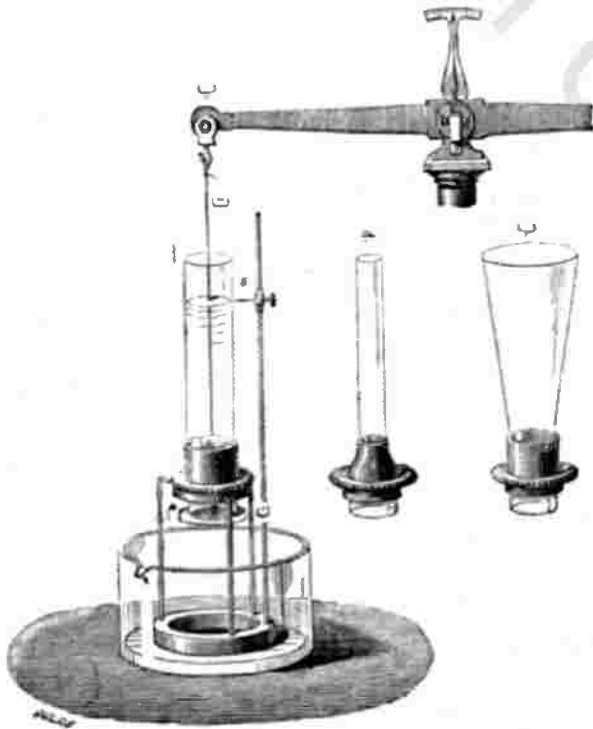
لأن في اذار من باب الحرف و لقعر الاناء وبالحرف ف لارتفاع السائل فيه وبالحرف لـ



ش ٤٠

لكثافته فهذه كميات ثلاث متحدة في الاواني الثلاثة فينتج من ذلك أن الضغط الواقع على قاعدة الاناء (ا) مساو لوزن السائل الموجود فيه وان الضغط الحاصل على قعر الاناء ب أصغر من وزن ما فيه من السائل وان الضغط الواقع على قعر الاناء ج أكبر من وزن السائل الذي فيه وحينئذ فالضغوط الواقعة على قعر الاواني بما فيها من السوائل تكون مساوية أو أكبر أو أصغر من وزن السوائل بحسب الظروف

ويفهم ذلك بتحليل الضغوط العمودية على جدران الاواني الى افقي ورأسي أما الاول فيعدم بعضه بعضا اثنين اثنين وأما الرأس فيؤثر بحسب اتجاهه تارة في اتجاه الضغط على القعر وتارة في اتجاه مضاد له



ش ٤١

#### ٦٦ - تحقيق قاعدة الضغط

الواقع على قعر الاواني عملا -

لتحقيق هذه القاعدة يستعمل

جهاز (ماسون) وهو يتركب

من ثلاثة أوان (شكل ٤١)

ا و ج و ب لاقعر لها مختلفة

في الشكل ولكن الفتحة السفلى

التي لكل واحدة منها متحدة

الاتساع وكل واحدة منها يمكن

وضعها على حامل معدني بواسطة

قلاووظ فيوضع أحد هذه الاواني

وليسكن اناء ا مثلا على الحامل

وتغلق فتحته السفلى بالقفل م و هو قرص من زجاج محكم الاستواء يعلق بالخيط ن

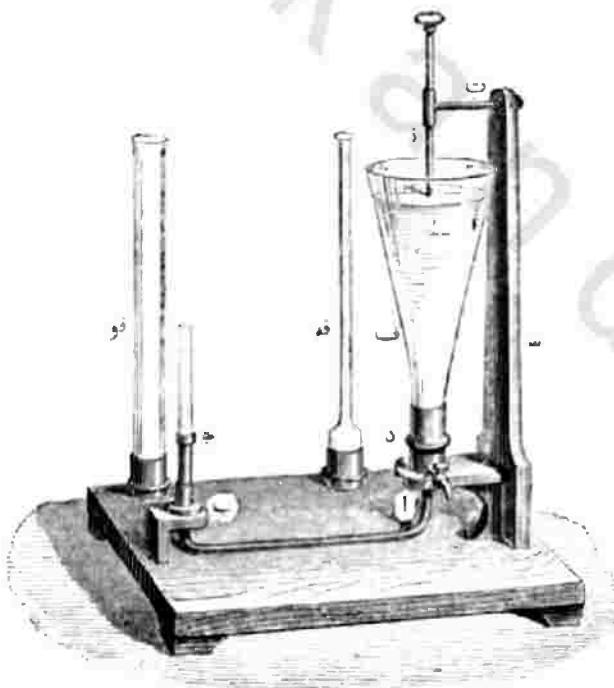
في

في الطرف ب لذراع ميزان ثم يوضع في كفة الميزان التي في طرف الذراع الآخر صنج حتى يصير القفل محكما على فتحة الاناء ثم يصب الماء باحتراس في الاناء الى أن يتفصل القفل عن الفتحة قليلا فيسيل بعض نقط من السائل ففي هذا الحين يكون الضغط الواقع من أعلى الى أسفل على القعر المتحرك وهو القفل مساويا للقوة الضاغطة على القفل لبقائه ملامسا لحافة الفتحة فيميز سطح الماء في هذا الاناء بواسطة علامة يمكن تحريكها حول ساق عمودية ثم يرفع الاناء ا ويستعاض بالاناء ح و ب على التوالي من غير تغيير في وضع العلامة فيشاهد ان انفصال القفل في كل تجربة حينما يصل سطح الماء الى العلامة وإذا فالضغط واحد على قعر

الاولى الثلاثة

ويتوصل بجهاز (هلمات) الى هذه النتيجة عينها وهو (شكل ٤٢) يتركب من أنبوبة اب منحنية مرتين انحناء قائم الزاوية

محتوية على الزئبق طرفها القصير يحمل طوقا بمنقبة ذات برمة عليه يمكن تركيب أوان مختلفة الشكل فقه فو ومن أجل ذلك كانت قعر هذه الاواني واحدة هي سطح الزئبق في الفرع القصير د للأنبوبة ولعمل التجربة بهذا الجهاز يركب أحد هذه الاواني ف ثم يصب فيه الماء الى أن يصل الى ارتفاع معين يساق دقيقة الطرف ذ فضغط الماء يرفع الزئبق في الفرع الآخر من الأنبوبة الى نقطة ولكن ج مثلا تميز بقطرة

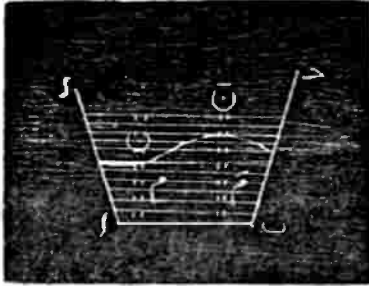


ش ٤٢

معدينة تتحرك اذا اريد منها على هذا الفرع ثم يرفع الاناء ف ويستبدل بغيره ويصب الماء الى أن يصل في ارتفاعه الى ما وصل اليه في الأنبوبة ف فيشاهد أن الزئبق وصل الى الارتفاع ح عنه وكذا لو استبدل الاناء الثاني بالثالث

وحينئذ فالضغط الواقع على سطح الزئبق واحد في التجارب الثلاث ولو كانت الاواني مختلفة شكلا

٦٧ - استواء سطح السائل في حالة الموازنة - سطح السائل في حالة الموازنة يكون مستويا افقيا ولبيان ذلك نفرض سائلا في اناء سطحه غير مضغوط (شكل ٤٣) فنقول ان هذا السائل لا يكون في حالة الموازنة الا اذا كان السطح مستويا افقيا لانتالوا اعتبرنا جزأين



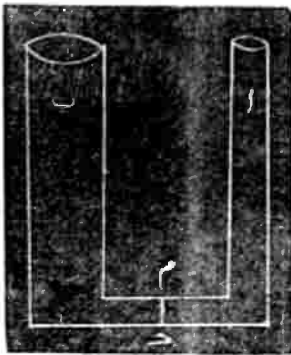
ش ٤٣

صغيرين متساويين كائين أسفل هذا السطح في مستو أفقي واحد لكان الضغط الواقع عليهما واحدا وقد علمنا أن الضغط الواقع من سائل يتعلق بالمسافة بين السطح المضغوط ووسط السائل فليكون الضغط الواقع على الجزء م مساويا للواقع على الجزء م يلزم أن تكون المسافة بين م ن عين المسافة بين م ن أي يكون

م و م في مستو أفقي واحد هذا اذا اعتبرنا سطوحا قليلة الاتساع أما اذا كانت السطوح متسعة فحيث ان قوى التناقل العادلة في الجزئيات غير متوازية بل كلها الملمومة نحو مركز الارض فتكون كل نقطة من السطح عمودية على القوة المؤثرة فيها وبذا يكون سطح السائل عبارة عن جزء من دائرة

وما قدمناه ينطبق أيضا على السوائل الغير القابلة للمزج اذا وضعت في اناء واحد كالزئبق والماء والزيت معاً فجميع هذه السوائل لا يكون في حالة موازنة الا اذا كان أثقلها أسفلها وكان سطحها المطابق وسطوح انفصالها أفقية

٦٨ - موازنة السوائل في الاواني المستطرقة - في الاواني المستطرقة تكون السطوح المطلقة للسوائل في مستو أفقي واحد وذلك انما هو نتيجة قاعدة (باسكال) لانتالوا اعتبرنا اناءين أ و ب (شكل ٤٤) موصلين بموصل فكل جزى من الجزئيات الكائنة في أنبوبة

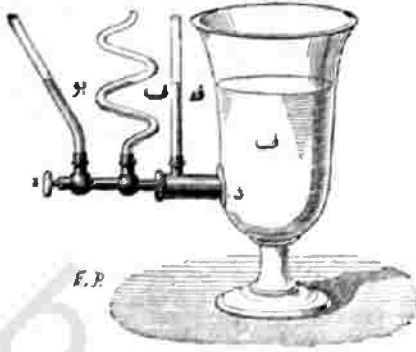


ش ٤٤

التوصيل لا يكون في حالة موازنة الا اذا كان مضغوطاً من كل جهة بضغط متساو وهذا الضغط لا يتعلق الا بالسطح المضغوط وارتفاع السائل فاذا فرضنا تصلب جزء من السائل كجزء م فهذا الجزء يكون في موازنة متى كان الضغط الواقع على أحد سطحيه من السائل الذي في الاناء أ يساوى الواقع على السطح الآخر من السائل الذي في الاناء ب وحيث ان السطحين متساويان فالسائلان في الاناءين متساويان ارتفاعاً

وتتحقق هذه القاعدة بالجهاز الآتي (شكل ٤٥) وهو اناء ف من زجاج متصل به أنبوبة

أنبوبة د ه ممدودة الطرف يمكن أن يركب عليها أنابيب مختلفة الشكل كالانابيب  
فه ب بو فاذا وضع سائل في الاناء ف فإنه يرتفع  
في الانابيب المختلفة ارتفاعا واحدا



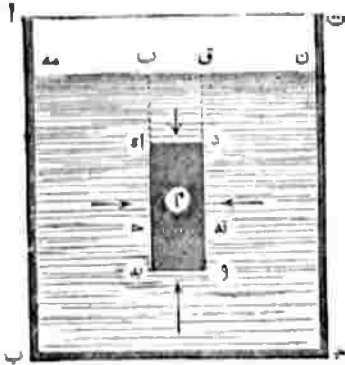
ش ٤٥

وما يصدق على اناءين متواصلين يصدق أيضا على  
الوانى المتواصلة ويصدق كذلك اذا كان السائل  
بدل أن يكون متأثرا بقوة التناقل متأثرا بقوة أخرى  
فالمجموع الوعائى للحيوانات مثلا يمكن تشبيهه بمجموع  
أوان متواصلة فيها القلب يحدث عدم تساوى

الضغط احدا نادوريا وذلك بأخذ كمية من الدم الوريدي ودفعها بقوة الى الشرايين فدوران  
الدم انما هو بسبب كون الضغط في مبدأ المجموع الشريانى أكثر من الضغط الحاصل في الطرف  
الآخر للمجموع الوريدي لأن الضغط في الاوعية الدموية يميل لان يتساوى في جميع النقط كما  
يحصل ذلك في الانوانى المستطرفة بعضها ببعض سواء بسواء وبالجملة فان القوة المحدثه لحركة  
الدم تنحصر في اختلال الموازنة للسائل والدورة انما هي اعادة الموازنة

٦٩ - قاعدة ارشميدس - رأينا أن جزيئات أى سائل يضغط بعضها على بعض وعلى  
جدر الانوانى التى هي فيها ضغطا هو عين الواقع عليها نفسها وتسلك هذا المسلك بالنسبة  
للأجسام الصلبة الموضوعة في السائل

والضغط الواقع على نقطة من جسم مغمور في سائل يتعلق بارتفاع السائل فوق هذه النقطة  
فالسطح العلوى للجسم م مثلا (شكل ٤٦) يتحمل ضغطا مساويا لوزن العمود د ا ه ب



ش ٤٦

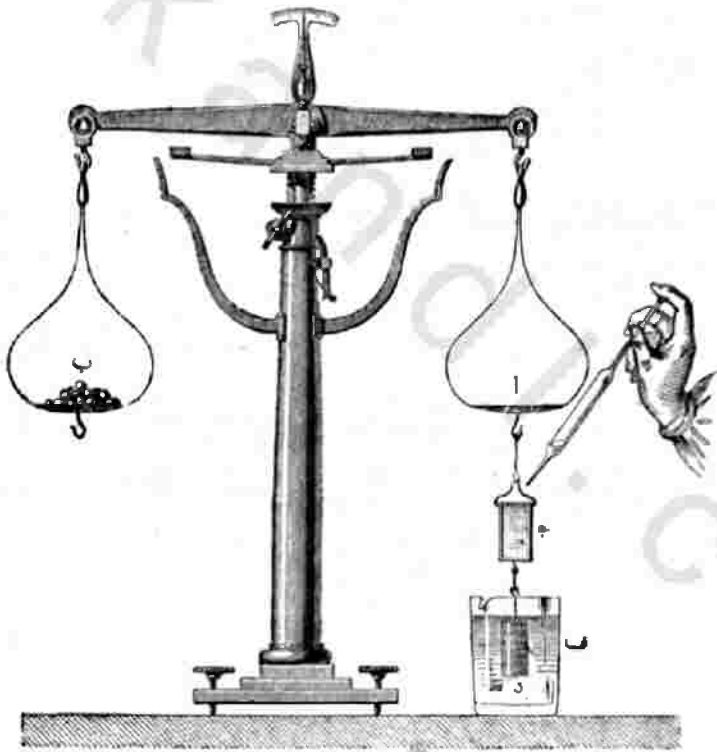
والسطح السفلى وبه منضغط من أسفل الى أعلى بقوة  
تساوى وزن العمود وبه ب وكذلك كل نقطة من  
السطوح الجانبية كالنقطة ح و ت فانها تتحمل  
ضغطا كبره معين بالمسافة بين هذه النقطة و سطح السائل  
وهذه الضغوط الجانبية كالحاصلة على السطح العلوى  
والسفلى عمودية على الجزء المضغوط

فينتج من ذلك أن الضغوط الجانبية يوازن بعضها بعضا  
اثنين اثنين فلا يبقى الا الضغطان الحاصلان على سطحي

الجسم العلوى والسفلى وحيث ان هذين الاخيرين متضادان في الاتجاه مختلفان في الكبر

فحصلت مساوى الفرق بينهما متجهة من أسفل الى أعلى فتؤثر في اتجاه مضاد للتناقل  
تحدث في وزنه فقد مساويا بالضبط والاحكام لوزن ما أزاغه الجسم من السائل وحينئذ  
كن القول بطريقة عامة ان كل جسم غمر في سائل يفقد من وزنه بقدر ما أزاغه الجسم من  
ذا السائل وهذه هي قاعدة (ارشميدس) والقوة التي تميل لرفع الجسم هكذا تسمى قوة  
رفع ونقطة ارتكاز هذه القوة هي مركز ثقل السائل المزاع ولذلك يفصح احيانا عن قاعدة  
ارشميدس) بأن كل جسم غمر في سائل ينس دفع بقوة مساوية في الكبر لوزن ما أزاغه الجسم  
من السائل

بحقق هذه القاعدة بأن تؤخذ اسطوانة معدنية مصمتة د (شكل ٤٧) وأخرى مجوفة ح  
فتوحي من أعلى سعتها مساوية لحجم المصمتة الظاهر بالاحكام وتعلق المصمتة في المجوفة  
المجوفة تحت إحدى كفتي الميزان المائي أ مثلا وفي الكفة الأخرى ب بوضع عدل



ش ٤٧

بحيث يصير عاتق الميزان أفقيا ثم يرفع العاتق ويوضع تحت الاسطوانة اناء مملوء ماء وبعد  
ذلك يحفض العاتق بحيث تنغمر الاسطوانة المصمتة في الماء فيشاهد اختلال موازنة الميزان  
وتعود الى ما كانت عليه بملء الاسطوانة المجوفة بالماء كلها أو جزء منها بقدر ما هو مغمور من  
الاسطوانة المصمتة في الماء فاذا كانت هذه مغمورة كلها في الماء فان عاتق الميزان لا يصير  
أفقيا

أفقياً كما كان قبل غمر الاسطوانة في الماء الا اذا ملئت المجوفة كلها بالماء

٧٠ - الاجسام الطافية على السوائل - كل جسم غمر في سائل يجدمنه دفعا الى أعلى أى في اتجاه مضاد للتناقل ومساو في الشدة لوزن حجم السائل الذى أزاغه الجسم وكثافة الجسم اما أن تكون ككثافة السائل الذى غمر فيه واما أن تكون أكبر أو أصغر فان كانت كثافته ككثافة السائل فانه يبقى في المكان الذى وضع فيه من السائل لا يرتفع ولا ينخفض فهو يسلك مسلك كتلة السائل التى حل محلها وان كانت كثافته أكبر من كثافة السائل فانه يسقط في قعره لان وزنه يكون غالباً على قوة الدفع وان كانت كثافته أقل من كثافة السائل فانه يرتفع على سطح السائل لان قوة الدفع تكون زائدة عن وزنه ومقدار زيادة قوة الدفع عن وزن الجسم هو الفرق بين وزن الجسم ووزن ما أزاغه من السائل وكلما برز شئ من الجسم عن سطح السائل المغمور فيه قل الحجم المغمور من هذا الجسم في السائل فتقل قوة الدفع حيث انها تساوى دائماً وزن السائل الذى أزاغه الجزء المغمور من الجسم الى أن تصير قوة الدفع مساوية لوزن الجسم فيصير الجسم في حالة موازنة ساجاً في هذا الوضع على سطح السائل فالجسم الساج على سطح سائل يزيع حينئذ حجمه من هذا السائل وزنه مساو لوزن الجسم وبعبارة أخرى وزن الجسم الساج على سطح سائل هو وزن السائل الذى حل محله الجزء المغمور من الجسم

٧١ - مركز الدفع والموازنة المستمرة - متى كانت كثافة الجسم مساوية لكثافة السائل المغمور فيه فان الجسم لا يميل للارتفاع ولا للسقوط بيد أنه يتفق أن لا يبقى ساكناً في السائل بل يتحرك حول محور أفقى وبيان ذلك أن الموازنة لا توجد الا اذا كانت نقطة ارتكاز القوى في خط عمودى واحد ونقطة ارتكاز وزن الجسم هي مركز ثقله ونقطة ارتكاز قوة الدفع هي مركز حجم السائل المزاح فيلزم لكون الجسم في حالة موازنة أن تكون هاتان النقطتان في خط عمودى واحد

فاذا كان الجسم المغمور في السائل متجانساً فان هاتين النقطتين تكونان منطبقتين لان مركز ثقل الجسم المتجانس يتعلق بشكله لا بمادته ففي هذه الحالة يكون الجسم المغمور في موازنة متعادلة كيف كان وضعه في السائل

أما اذا كان الجسم غير متجانس فان مركز ثقله لا ينطبق مع مركز الدفع فلا تكون شروط الموازنة التى ذكرناها متوفرة دائماً فان كان مركز الثقل ومركز الدفع في خط عمودى واحد فان الجسم يكون في حالة موازنة وهذه الموازنة تكون مستمرة أو غير مستمرة بحسب وضع احدى النقط

بالنسبة للآخرى فان كان مركز ثقل الجسم في الخط العمودي المار بمركز الدفع وكان الاول تحت الثاني فان الموازنة تكون مستمرة وفي هذه الحالة اذا أميل الجسم عن وضعه رجع اليه ثانيا وان كان مركز ثقله أعلى نقطة الدفع فان الجسم اذا أميل عن وضعه لا يرجع اليه بل يستمر متحركا الى أن يصير في وضع تكون فيه الموازنة مستمرة وهذه الشروط هي التي تلزم أيضا ليكون الجسم الطافي على سطح السائل في حالة موازنة فالجسم الطافي اذا وضع على سطح السائل بقي في الوضع الذي هو فيه متى كان مركز ثقله أسفل مركز الدفع وعلى هذا الاساس تصنع السفن فان الشرط الضروري فيها هو عدم انقلابها بأسباب اما التها عن حالة موازنتها ومن البين أن سير السفن يكون أقل اضطرابا كلما كان مركز ثقلها أكثر انخفاضا بالنسبة لمركز الدفع ولا توجد هذه الشروط في الحيوانات السابحة مع ان كيفية العوم في هذه الحيوانات مؤسسه على القواعد عينها فركز الثقل عنده هذه الحيوانات يكون أعلى من مركز الدفع وبذلك تكون في حالة موازنة غير مستمرة فيستدعي ذلك منها مجهودات عضلية مستمرة لحصول الموازنة ومن البين أن هذه الحيوانات اذا سبحت وهي على ظهرها كانت موازنتها أكثر ثباتا

### الوزن النوعي والكثافة

الوزن النوعي لجسم هو النسبة الكائنة بين وزن هذا الجسم والحجم الشاغل له وبعبارة أخرى هو وزن وحدة الحجم منه

وكثافة الجسم هي النسبة بين كتلة الجسم والحجم الشاغل له أي أنها كتلة الحجم المساوي للوحدة منه

فمدلول الوزن النوعي هو محصلة تأثير الثقل الحاصل في جزيئات حجم من الجسم يساوي الوحدة ومدلول الكثافة كمية المادة أي عدد الجزيئات الكائنة في حجم من الجسم يساوي الوحدة ومن ذلك يتبين لك الفرق بين معنى الكثافة والوزن النوعي ومع ذلك يستعملهما علماء الطبيعة في مقام واحد لانه بسبب تناسبهما تكون الاعداد الدالة عليهما واحدة وحيث ان وزن الجسم ليس الا محصلة التأثير الحاصل في الجزيئات المادية المركبة للجسم فاذا كان الجسم متجانسا أي كانت الجزيئات متوزعة بانتظام وكانت المسافات بينها واحدة كان تأثير التناقل متناسبا مع المسافة المشغولة بالجزيئات أي مع حجم الجسم وعلى ذلك اذا كان  $\rho$  وزنا الجسم  $V$  حجمه  $W$  مستقيم مكعب كان الوزن  $W$  لهذا الجسم نفسه وحجمه يساوي  $V$  مستقيم متعينا بالنسبة الآتية

$$\rho : W :: 1 : V$$

ومن هذه النسبة تستخرج المعادلة البسيطة الآتية

$$(1) \quad \text{و} = \text{ن ح}$$

وهي معادلة أساسية رابطة بين وزن الجسم وحجمه وكثافته أو وزنه النوعي ويستدل منها أولاً على أن وزن الجسم يساوي حاصل ضرب حجمه في كثافته وثانياً على أن كثافة الجسم تساوي وزنه مقسوماً على حجمه  $\text{ن} = \frac{\text{و}}{\text{ح}}$  وثالثاً على أن حجم الجسم يساوي وزنه مقسوماً على كثافته  $\text{ح} = \frac{\text{و}}{\text{ن}}$

ويستدل من هذه المعادلة أيضاً على أنه إذا تساوى حجم جسمين كانت كثافتهما متناسبة مع وزنهما وإذا تساوى وزنهما كانت كثافتهما على العكس من حجمهما وإذا تساوت كثافتهما كان وزنهما بنسبة حجمهما لئلا تأخذنا جسمنا وزنه  $\text{و}$  وكثافته  $\text{ن}$  وحجمه  $\text{ح}$  لكان  $\text{و} = \text{ن ح}$  (٢) وبمقارنة المعادلة (١) بالمعادلة (٢) بعد جعل  $\text{ح} = \text{ح}$  يحدث

$$\frac{\text{و}}{\text{ن}} = \frac{\text{و}}{\text{ن}} \quad \text{وبعد جعل } \text{و} = \text{و} \quad \text{يحدث}$$

$$\frac{\text{ح}}{\text{ن}} = \frac{\text{ح}}{\text{ن}} \quad \text{وبعد جعل } \text{ن} = \text{ن} \quad \text{يحدث}$$

$$\frac{\text{ح}}{\text{ن}} = \frac{\text{و}}{\text{و}}$$

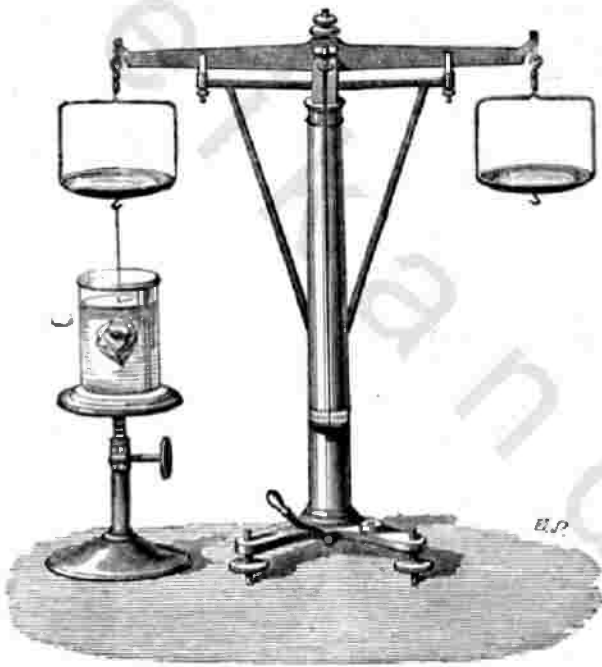
وحيث كان العدد  $\text{ح}$  الدال على حجم الجسم هو عين العدد  $\text{د}$  الدال على وزن حجم الماء المقطر الذى فى درجة  $\text{ع}$  + الذى أزاغه الجسم لان كل سنتيمتر مكعب من الماء المقطر يساوى جراماً واحداً فالمعادلة  $\text{ن} = \frac{\text{و}}{\text{ح}}$  تصير  $\text{ن} = \frac{\text{و}}{\text{د}}$  ومنها يؤخذ تعريف آخر للوزن النوعي وهو أن الوزن النوعي لجسم صلب أو سائل هو النسبة بين وزن الجسم ووزن حجم من الماء المقطر الذى فى درجة  $\text{ع}$  + مساو لحجمه ومن ذلك يتبين أنه لمعرفة كثافة جسم ينبغى معرفة وزن جزء منه ومعرفة حجم من الماء المقطر الذى فى درجة  $\text{ع}$  + مساو لحجم هذا الجزء أو وزن حجم من هذا الماء مساو لحجم هذا الجزء وبما ينبغى ملاحظته هو أن كثافة الجسم تختلف باختلاف درجة الحرارة التى يكون عليها لان الحرارة تزيد حجم الجسم من غير أن يحصل تغير فى وزنه ولذلك كان من الضروري الايماء الى درجة الحرارة التى عليها أخذت كثافة الجسم

وقد اصطلح على أنه إذا أشير الى كثافة جسم ولم يشر الى درجة الحرارة التى أخذت عليها كانت هذه كثافة الجسم ودرجة حرارته صفر ودرجة الماء  $\text{ع}$  + فثلاً إذا قيل ان كثافة الزئبق ١٣,٥٩٦ كان معنى ذلك أن السنتيمتر المكعب من الزئبق فى درجة حرارة صفر

يزن ١٣٥٩٦ جم حالة كون السنتيمتر المكعب من الماء المقطر ودرجة حرارته ٤ +  
يزن ١٠ جم

٧٣ - طرق تعيين كثافة الاجسام الصلبة والسائلة - لاندكر في هذا البحث الاطرق  
تعيين كثافة الاجسام الصلبة والسائلة أما تعيين كثافة الاجسام الغازية فسيذكر في محله  
ولتعيين كثافة الاجسام الصلبة والسائلة ثلاث طرق لابد في كل منها من عمليتين تعيين وزن  
الجسم المراد معرفة كثافته و تعيين وزن حجم الماء د المساوي لحجم الجسم

٧٣ - طريقة الميزان المائي (١) تعيين كثافة الاجسام الصلبة - يعلق الجسم



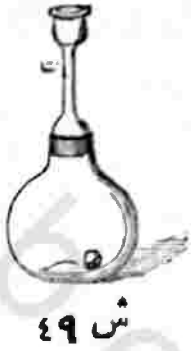
ش ٤٨

بسلالت من البلاتين في احدى كفتي  
الميزان (شكل ٤٨) ويوضع في  
الكفة الثانية أنقال الى أن تحصل  
الموازنة ثم يرفع الجسم ويوضع بدله  
صنيج توازن الاثقال فيحصل بذلك  
على وزن الجسم و بطريقة الوزن  
المزدوج ثم يعلق الجسم ثانيا في  
كفة الميزان ويغمر في الماء المقطر  
فتزول الموازنة ولا عادت بها يلزم وضع  
صنيج وزنها د فهذا الوزن الاخير  
هو وزن حجم الماء المساوي لحجم  
الجسم وخارج قسمة  $\frac{2}{d}$  هو

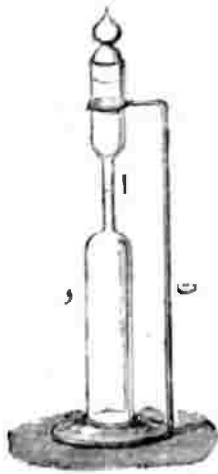
كثافة الجسم (٢) تعيين كثافة الاجسام السائلة - يعلق في احدى كفتي الميزان كرة  
من الزجاج قد وضع فيها قليل من الزئبق حتى لا تطفو على سطح السائل اذا غمرت فيه ويوضع  
في الكفة الثانية عدل به تحصل موازنة الميزان ثم تغمر الكرة في السائل ويعين الوزن و اللازم  
لحصول الموازنة ثم تغمر في الماء ويعين الوزن د اللازم لحصول موازنة الميزان أيضا فالوزن  
و د وزنا حجمين متساويين من السائل والماء والكثافة هي خارج قسمة  $\frac{2}{d}$

٧٤ - طريقة الدورق (١) الاجسام الصلبة - لتعيين كثافة الجسم الصلب بهذه  
الطريقة يستعمل دورق صغير (شكل ٤٩) فوهته مصفرة ذات غطاء مجوف مصنفراً أيضا  
يعاود هذا الغطاء أبطوبة دقيقة فتهتية بقمع وعليها علامة خطية ت

فيوضع الجسم المراد معرفة كثافته والدورق مملوء ماء الى العلامة الخطية في احدى كفتي الميزان وبعد حصول موازنة الميزان بوضع عدل في الكفة الثانية يرفع الجسم ويوضع محله صنج بها تعود الموازنة فما وضع من الصنج بدل الجسم لحصول الموازنة هو وزن الجسم و ثم يرفع الوزن ويوضع الجسم في الدورق ويرفع ماء علا من الماء عن العلامة الخطية وبذلك يكون قد خرج من الدورق مقدار من الماء حجمه مساو لحجم الجسم فتزول موازنة الميزان وما وضع من الصنج بجانب الدورق لاعادة الموازنة هو وزن حجم الماء د المساوى لحجم الجسم وبقسمة و على د تحصل كثافة الجسم



فان كان الجسم الصلب مسحوقا وجب وضع الدورق بعد وضع المسحوق فيه تحت ناقوس الآلة المفرغة لطرد الكرات الهوائية التي يجذبها المسحوق معه (٢) الاجسام السائلة يستعمل لهذه العملية دورق من زجاج (شكل ٥٠) يختلف قليلا عن الدورق المستعمل لتعيين كثافة الاجسام الصلبة مكون من مستودع اسطوانى ينتهى بأنبوبة شعيرية مرسومة عليها علامة خطية ١ تنتهى بقمع فتحته مصفرة وغطاؤه كذلك



فيملاء الدورق ماء الى العلامة الخطية ويوضع في احدى كفتي ميزان وفي الكفة الثانية عدل به تحصل الموازنة ثم يفرغ الدورق ويجفف ويوضع في الكفة ثانيا فلا تحصل الموازنة وعودتها تحتاج الى وضع صنج د هي وزن ما كان يملاء الدورق من الماء فترفع الصنج ويملاء الدورق الى العلامة الخطية بالسائل المراد تعيين كثافته ويوضع في الكفة الثانية عدل الى أن تحصل الموازنة ثم يفرغ الدورق ويغسل ويجفف ويوضع ثانيا في الكفة ويوضع معه صنج الى أن تحصل الموازنة فهذه الصنج الاخيرة و هي وزن حجم من السائل مساو لحجم من الماء وزنه د وخارج قسمة  $\frac{2}{d}$  هو كثافة السائل

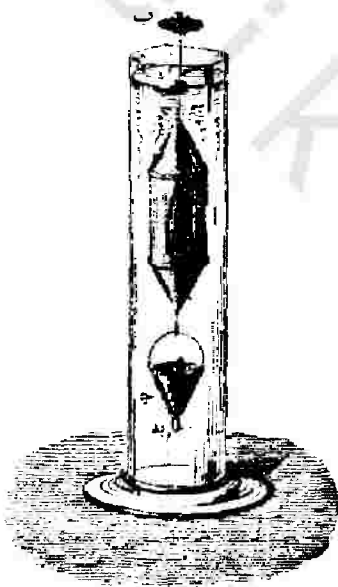
٧٥ - طريقة الاريومتر - الاريومتر مؤسس على ما علمناه من أن كل جسم يطفو في حالة موازنة على سائل فانه يزيع من هذا السائل حجما وزنه مساو لوزن الجسم فينتج من ذلك أن ما ينغمر من الجسم في السائل يكون أكثر كلما كان السائل أقل كثافة وهي آلة طافية من معدن أو من زجاج وفي الغالب يكون شكلها عبارة عن كرة أو اسطوانة مجوفة تنتهى من أسفل بأنفخاخ يحتوى على الزئبق أو مخردق الرصاص ومن أعلى بأنبوبة

دقيقة تنتهى أحيانا بقرص وبالانتفاخ السفلى بصير الاريومتر في وضع عمودى متى غمر في سائل لان هذا الانتفاخ يكون للاريومتر كصورة السفينة

والاريومتر نوعان أحدهما ذو حجم ثابت ووزن مختلف وثانيهما ذو وزن ثابت وحجم مختلف

٧٦ - الاريومتر ذو الحجم الثابت والوزن المختلف - سمى بهذا الاسم لانه يلزم في استعماله غمر حجم معلوم منه في السائل باضافة أوزان اليه ومن هذا النوع اثنان هما أريومتر (نيكلسون) وهو مستعمل لتعيين الوزن النوعى للأجسام الصلبة وأريومتر (فرنهايت) وهو مستعمل لتعيين الوزن النوعى للسوائل

٧٧ - أريومتر نيكلسون - جسم هذا الاريومتر (شكل ٥١) من معدن مجوف



ش ٥١

ويتركب من جزء اسطوانى أ ينتهى من أعلى وأسفل بمخروطين العلوى يحمل ساقا معدنية منتهية بقرص ب عليها علامة اه تسمى نقطة التهفف وهى النقطة التى ينغمر اليها الجهاز في جميع التجارب حتى يكون ما أزاغه الاريومتر من السائل في جميع التجارب واحدا والسفلى ينتهى بخطاف يعلق فيه سمولة ذات قعر مزدوج وضع بين طبقتيه مخردق الرصاص فتكون بذلك صابورة للجهاز بهما يبق عموديا في الماء ومقدار مخردق الرصاص يكون بحيث ان الجهاز اذا غمر في الماء لا ينغمر الى النقطة أسفل نقطة التهفف ولتعيين كثافة جسم

صلب لا يذوب في الماء بهذا الجهاز عملتان الاولى أن ينغمر في الماء المقطر ويوضع على قرصه قطعة من الجسم وزنها غير كاف لغمر الاريومتر الى نقطة التهفف ثم يوضع بجانب الجسم مخردق الرصاص شيئا فشيئا الى أن ينغمر الاريومتر في الماء الى نقطة التهفف وبعد ذلك يرفع الجسم ويوضع مكانه صنج تكنى لغمر الاريومتر الى نقطة التهفف فهذه الصنج هى وزن الجسم في الهواء و بطريقة الوزن المزدوج الثانية أن يرفع الجسم من أعلى القرص ويوضع فوق السمولة فيرتفع الاريومتر ويصير سطح السائل أسفل نقطة التهفف بسبب قوة دفع السائل له وقد علمنا أنهم مساوية لوزن حجم من الماء مساو لحجم الجسم فيوضع على القرص صنج تكنى لغمر الاريومتر الى نقطة التهفف فهذه الصنج هى وزن ما فقده الجسم من وزنه بنغمره في الماء أى

وزن

وزن حجم من الماء د مساو لحجم الجسم وخارج قسمة وزن الجسم في الهواء على ما فاقده من وزنه بفقره في الماء هو كثافة الجسم

وليكن ٥٠ جراما وزن الصنج التي وضعت بدل الجسم فوق القرص لينغمز الار يومتر الى نقطة التهف و ٨ جرامات وزن الصنج التي وضعت فوق القرص بجانب الجسمين جراما بعد وضع الجسم فوق السمولة ليعود انغمزا الار يومتر في الماء الى نقطة التهف والمقصود معرفة الوزن النوعي س للجسم فنقول حيث أن أحد العددين هو وزن الجسم في الهواء والثاني وزن حجم من الماء مساو لحجم الجسم فيكون

$$س = \frac{٥٠}{٨} = ٦,٢٥$$

فاذا خيف طفقا الجسم على سطح السائل نكست السمولة بان تعلق من الخطاف به ووضع الجسم أسفلها وأريومتر (نيكلسون) كثير الاستعمال عند المعدنين لسهولة استعماله ولكونه أبعد عن العطب من غيره بكثير

٧٨ - الاجسام الصلبة القابلة للذوبان في الماء - في حالة ما اذا كان الجسم الصلب يذوب في الماء تفعل العملية مع سائل لا يذيب الجسم سواء استعملت طريقة الميزان أو طريقة الدورق وليكن ١ الجسم الصلب القابل للذوبان في الماء المراد معرفة كثافته و ب سائلا لا يذيه و و وزن الجسم في الهواء و و وزن حجم مساو لحجمه من السائل ب و و وزن حجم من الماء مساو لحجم الجسم فكثافة الجسم بالنسبة للسائل ب هي  $\frac{ب}{و} = \frac{ب}{و}$  وكثافة السائل ب بالنسبة للماء هي  $\frac{ب}{و} = \frac{ب}{و}$  وبضرب المتساوية الاولى في الثانية يحصل

$$\frac{ب}{و} = \frac{ب}{و} \times \frac{ب}{و} = \frac{ب}{و}$$

وخارج قسمة  $\frac{ب}{و}$  هي كثافة الجسم بالنسبة للماء لان و هو وزن الجسم في الهواء و و وزن حجم من الماء مساو لحجمه وحينئذ فلتعين كثافة جسم صلب يذوب في الماء تؤخذ كثافته بالنسبة لسائل لا يذوب فيه تكون كثافته معروفة ثم تضرب كثافة الجسم بالنسبة للسائل في كثافة السائل بالنسبة للماء فيحصل على كثافة الجسم الصلب بالنسبة للماء

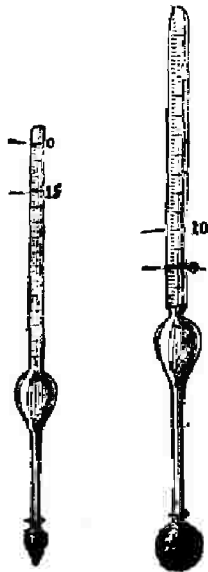
٧٩ - أريومتر (فرنيت) - هذا الار يومتر لا يختلف في شكله عن أريومتر (نيكولاسن) غير أنه استبدلت فيه السمولة بكرة فيها مخردق الرصاص وأنه من الزجاج

ولتعيين كثافة سائل به يوزن بميزان وليكن وزنه  $و$  ثم يغمر في الماء المقطر ويوضع على قرصه صنج الى أن يغمر في الماء الى نقطة التهفف وليكن وزن هذه الصنج  $و + د$  فالوزن  $و + د$  هو وزن ما أزاغه الأريومتر من الماء بانغماره فيه الى نقطة التهفف ثم بعد ذلك يغمر الأريومتر في السائل المراد تعيين كثافته ويعين الوزن اللازم تحصيله فوق القرص كي يغمر في السائل الى نقطة التهفف وليكن هذا الوزن  $د$  فالوزن  $و + د$  هو وزن ما أزاغه الأريومتر من هذا السائل وحيث أن حجم الماء الذي أزاغه الأريومتر مساو لحجم ما أزاغه من السائل لانغماره في كل منهما الى نقطة التهفف فكثافة السائل  $ك$  هي

$$ك = \frac{و + د}{و}$$

٨٠ - الأريومتر ذو الوزن الثابت - هذا الأريومتر ليس مستعملاً لمعرفة الوزن النوعي وانما هو معد لمعرفة درجة تركيز السوائل أى مقدار الماء المخلوط بالسائل نعم خلط السوائل بالماء يغير كثافتها لكن هذا التغيير مختلف باختلاف السوائل ولذلك انفقوا في المتجر على درجة تركيز معينة لكل سائل ينبغي أن لا تختلف عنها كثيراً درجة تركيز السائل وبالأريومتر نى الوزن الثابت يتحقق منها ويختلف هذا الأريومتر عن المتقدم بان وزنه دائماً ثابت فهو لذلك يغمر في السوائل بدرجات مختلفة

والمستعمل من هذا النوع أريومتر (بوميه) وأريومتر (كارتيه) وأريومتر (غياوساله) وكلها تتركب من اسطوانة محقوفة من الزجاج يعلوها ساق من الزجاج تتصل من أسفل بكرة وضع فيها الزئبق أو محرق الرصاص تكون للجهاز صبرة حالة عومه



فبصير عمودى الوضع في السائل فهذه آلات اذا غمرت في سوائل كان انغمارها فيها أكثر كلما كانت أقل كثافة ومن التدريج تعلم درجة التركيز للسائل سواء كان حمضياً أو محلولاً ملحياً أو روحياً أو شرباً أو غير ذلك

٨١ - أريومتر (بوميه) - هذا الأريومتر (شكل ٥٢) يسمى أيضاً بقياس الأرواح بحسب تدريجه

فالمعد منه لمعرفة درجة تركيز الحوامض والمحلولات الملحية أى لمعرفة تركيز السوائل التى هي أكثر كثافة من الماء يدريج بأن يجعل وزن صبرته بحيث اذا غمر الأريومتر في الماء المقطر فانه يغمر الى منتهى الساق (كالذى في يسار الشكل) وفي نقطة تهفف الساق اسطح الماء

توضع علامة الصفر ثم يغمر الأريومتر في محلول مكون من ٨٥ جزء من الماء المقطر و ١ جزء

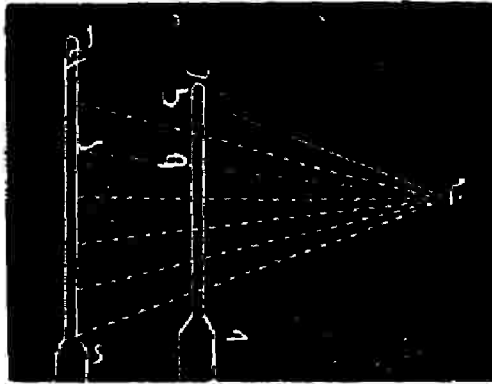
من ملح الطعام وفي نقطة تهمف الساق للمحلول بوضع رقم ١٥ ثم تقسم المسافة بين الصفر ورقم ١٥ الى خمسة عشر جزءاً متساوية ثم يحدد هذا التقسيم الى أسفل الساق والمعدته لمعرفة درجة تركيز السوائل الروحية أى لمعرفة السوائل التى هى أقل كثافة من الماء يدرج بأن يجعل وزن الصبرة بحيث اذا غمر في محلول مركب من ٩٠ جزءاً من الماء و ١٠ من ملح الطعام فإنه لا يغمر الا الى مبدأ الساق من الاسفل وفي نقطة تهمف السائل بالساق يوضع علامة الصفر (كالذى في بين الشكل) ثم يغمر الاريومتر في الماء المقطروى بوضع في نقطة التهمف رقم ١٠ وتقسم المسافة بين الصفر و ١٠ الى عشر درجات متساوية ويمتد هذا التقسيم الى آخر الانبوبة

٨٢ - أريومتر (كارته) - هو أريومتر (بوميه) متوعاً خفيفاً ولم يفصح (كارته) عن كيفية تدريجه والدرجة العاشرة منه تقابل كثافة الماء على حرارة ١٢,٥ + والدرجة ٢٩ تقابل ٣١ من درجات أريومتر (بوميه)

٨٣ - أريومتر (غيلوساك) - هذا يسمى أيضاً الاريومتر المتينى وهو معدته لمعرفة كمية الكوئل الموجودة في سائل روى وهو مصنوع بحيث اذا وضع في الكوئل الصرف انغرفيه الى قمة ساقه وفي نقطة التهمف هذه يوضع رقم ١٠٠ ثم يغمر في مخلوط مكون بالجم من ٩٥ من الكوئل الصرف و ٥ من الماء وفي نقطة التهمف يوضع رقم ٩٥ وتقسم المسافة بين ١٠٠ و ٩٥ الى ٥ درجات ثم يغمر في مخلوط من ٩٠ من الكوئل و ١٠ من الماء وفي نقطة التهمف يوضع رقم ٩٠ وتقسم المسافة بين ٩٥ و ٩٠ الى ٥ درجات ثم يغمر في مخلوط مكون من ٨٥ من الكوئل و ١٥ من الماء وفي نقطة التهمف يوضع ٨٥ وتقسم المسافة بين ٩٠ و ٨٥ الى ٥ درجات وهكذا الى الصفر فيكون عدد درجات الاريومتر ما بين درجة ١٠٠ وهى المقابلة لانغماره في الكوئل الصرف ودرجة الصفر وهى المقابلة لانغماره في الماء المقطرمائة درجة فاذا غمر هذا الاريومتر في سائل روى وانغرفيه الى درجة ٦١ مثلاً أخذ من ذلك أن السائل الكوئلى يحتوى على ٦١ في المائة من الكوئل ولا تكون دلالة هذا الاريومتر صحيحة الا في درجة حرارة معينة هى درجة الحرارة المعتادة التى حصل عليها التدريج وهى ١٥ + فاذا غمر في سائل روى فإنه ينغرفيه أكثر أو أقل من الحقيقة بحسب كون درجة الحرارة تزيد عن ١٥ + أو تنقص عنها ولذلك يلزم تعديل الدرجة الروحية المأخوذة بالاريومتر بحسب درجة حرارة السائل التى تؤخذ من وضع الترمومتر في السائل الروى وقت قياس درجته الروحية بالاريومتر بأن يطرح من الدرجة الدال عليها الاريومتر ٠,٤ من الدرجة لكل درجة حرارة تزيد عن ١٥ + ويضاف اليها ٠,٤ من الدرجة

لكل درجة حرارة تنقص عن  $10 +$  فان غرام الاريومتر في سائل روي وعلم فيه  $31$  وكانت درجة الحرارة  $18$  مثلاً حيث كانت درجة الحرارة تزيد ثلاث درجات عن درجة حرارة التدرج يجب أن يطرح من الدرجة الروحية التي هي  $31 \times 0.4 = 12.4$  فتكون الدرجة الروحية الحقيقية  $29.8$  وان كانت الدرجة الروحية  $31$  مثلاً ودرجة الحرارة  $10 +$  حيث ان درجة الحرارة تنقص عن درجة حرارة التدرج  $0$  درجات يجب أن يضاف الى  $31 \times 0.4 = 12.4$  فتكون الدرجة الروحية الحقيقية  $23$

وقد وضع (غيلوساك) جدولاً لضرب لفيثاغورس تعلم منه الدرجة الحقيقية للسائل الروحي متى علمت درجته باريومتر (غيلوساك) ودرجة الحرارة التي أخذت عليها هذه الدرجة ومتى صنع مقياس كؤل معتنى به أمكن معه تدرج غيره من مقياس الكؤل وذلك بمعرفة درجتين من درجات المقياس الثاني ولبيان ذلك نفرض أن  $A$  اريومتر (غيلوساك) مضبوطاً وليكن  $100$  و  $75$  نقطتين معلومتين  $S$  هـ (شكل  $53$ ) من الاريومتر الثاني  $B$  فيرسم على قطعة ورق الطولان  $A$  و  $B$  بتقاسيمهما ويقام من نقطة  $E$  المقابلة لدرجة  $100$  في الاريومتر  $A$  خط يمر من نقطة  $C$  المقابلة لرقم  $100$  في الاريومتر



ش ٥٣

$B$  وخط آخر من نقطة  $C$  المقابلة لدرجة  $75$  في الاريومتر  $A$  يمر من  $H$  ثم يقام من بقية نقط اريومتر  $A$  خطوط تمر من الاريومتر  $B$  فجميع هذه الخطوط تتلاقى في نقطة هي  $M$  مثلاً وهي نقطة يمر منها جميع الخطوط المارة في الاريومترين من درجات واحدة

ويحصل باريومتر (غيلوساك) على الدرجة الروحية للسائل مباشرة ان كان السائل مكوناً من الماء والكؤل أما اذا كان محتويًا على أجسام آخر فانه يجب فصل جميع الكؤل منه بالتقطير أولاً ثم عند المتقطر بالماء الى أن يصير حجمه مساوياً لحجم السائل قبل تقطيره وبعد ذلك تؤخذ درجة روحية بالاريومتر الكؤلي

٨٤ - مقياس الحجم - قد يدرج الاريومتر ذو الوزن الثابت بحيث يستدل به على كثافة السائل (وزن وحدة الحجم) أو على الحجم المشغول بوحدة الوزن من هذا السائل في الحالة الاولى يسمى مقياس الكثافة وفي الثانية مقياس الحجم

وتدريج مقياس الحجم المعدل للسوائل التي هي أكثر كثافة من الماء يجعل وزن الأريومتر بحيث إذا غمر في الماء المقطر ينغمز إلى منتهى ساقه وفي نقطة التهف يوضع رقم ١٠٠ ثم بعد ذلك ينغمز الأريومتر في سائل كثافته معلومة  $\frac{1}{4}$  مثلاً فينغمز من الأريومتر فيه أقل مما ينغمز منه في الماء وحيث أن وزن ما أراغاه الأريومتر من السائلين واحد فالحجم المنغمز من الأريومتر تكون بعكس كثافة السائلين فإذا فرضنا أن الحجم المنغمز من الأريومتر في الماء يساوي واحداً فانهغمز منه في السائل الذي كثافته  $\frac{1}{4}$  يكون  $\frac{1}{4}$  وحيث أننا جعلنا الحجم المنغمز في الماء تساوي ١٠٠ فالجسم المنغمز في السائل يصير بالضرورة ٧٥ وحينئذ يوضع في نقطة تهف الأريومتر في السائل الذي هو أكثر كثافة من الماء رقم ٧٥ وتقسّم المسافة بين ١٠٠ و ٧٥ إلى ٢٥ ثم يمدّ التقسيم إلى الجزء السفلي من الساق

وتدريج مقياس الحجم المعدل للسوائل التي هي أقل كثافة من الماء يجعل وزن الأريومتر بحيث إذا غمر في الماء المقطر لا ينغمز إلا إلى مبدأ ساقه وفي نقطة التهف يوضع رقم ١٠٠ ثم يوزن الجهاز ويضاف إليه سلك من البلاطين يكون وزنه مساوياً لربع وزن الأريومتر ثم يوضع الأريومتر في الماء فينغمز منه أكثر مما انغمز منه قبل إضافة السلك وحيث أن نسبة وزن الأريومتر قبل هذه الإضافة إلى وزنه بعدها هي ٤ إلى ٥ فهذه النسبة هي أيضاً نسبة الحجم المزاع وحيث أنه وضع رقم ١٠٠ في نقطة التهف الأولى ففي نقطة تهف الأريومتر بعد إضافة السلك إليه يوضع رقم ١٢٥ وتقسّم المسافة بين ١٠٠ و ١٢٥ إلى ٢٥ درجة ويعدّ التقسيم إلى منتهى الساق فإذا وضع هذا الجهاز في سائل وانغمز فيه إلى درجة ١٢٠ أخذ من ذلك أنه إذا كان وزن الأريومتر ينوب عن ١٠٠ حجم من الماء المقطر فإن الوزن المساوي له من السائل ينوب عن ١٢٠ حجماً وحيث أن الكيلو جرام من الماء المقطر يقوم مقام اللتر فالكيلو جرام من السائل يكون ١,٢٠ لتر

ومن السهل معرفة كثافة السوائل بالأريومتر مدرّجاً كما بينا وبيان ذلك نرجع إلى المثال المتقدم فنقول حيث أن ١,٢٠ لتر من السائل يزن كيلو جرام واحد فكثافة هذا السائل تكون  $\frac{1}{1,2}$  أو  $\frac{100}{120}$  أي أن الكثافة تستخرج بقسمة ١٠٠ على الدرجة الدالة على الحجم وهي التي وصل إليها الأريومتر بغيره في السائل

٨٥ - مقياس الكثافة - بمقياس الحجم يتوصل لمعرفة كثافة السائل كما علمنا ولكن ذلك يحتاج إلى حساب أما مقياس الكثافة فيؤخذ منه الكثافة بقراءة الرقم الذي يحصل عليه تهف السائل وذلك بسبب تدرجيه ولهذا الغرض يوضع مقياس الحجم في الماء ثم في سائل

كثافته ن وليكن الحجم الذي غمر منه في الماء ح والذي غمر منه في السائل ح فين هذه الكميات تكون هذه المتساوية

$$\frac{1}{\rho} = \frac{C}{H} \quad \text{ومنها} \quad \frac{C}{\rho} = \frac{1}{H}$$

وبإعطاء ل قيمة متزايدة بمقدار  $\frac{1}{H}$  أو  $\frac{1}{H}$  وادخالها في هذه المعادلة تتحصل النقطة التي يتجهف فيها الار يومترا اذا وضع في سوائل بهذه الكثافة وفي هذه النقط توضع القيمة المقابلة الى

٨٦ - منفعة الوزن النوعي طبيا - تعيين الوزن النوعي صار الآن من الامور العادية في الطب العملي خصوصا لمعرفة مقادير الماء الموجودة في سوائل البنية كاللبن والبول وغير ذلك ولهذا الغرض تستعمل غالبا ر يومترا ذات وزن ثابت وعلى الخصوص مقاييس كثافة لكل سائل مقياس مخصوص فالبول مقياس واللبن مقياس آخر وهكذا وهالك متوسط الوزن النوعي لبعض سوائل البنية وجوامدها

## سـ وائل

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| ماء مقطر              | ١٠٠٠  |
| دم                    | ١٠٥٥٠ |
| مصل الدم              | ١٠٢٧٠ |
| السائل المخي الفقري   | ١٠١٠٠ |
| اللعاب                | ١٠٠٦٠ |
| الصفراء               | ١١٢٦٠ |
| الرطوبة المائية للعين | ١٠٠٥٣ |
| البول                 | ١٠٢٥٠ |
| المرأة                | ١٠٢٠٣ |
| البقرة                | ١٠٣٢٤ |
| الاناثان              | ١٠٣٥٥ |

## جوامد

|        |       |
|--------|-------|
| عضلات  | ١,٠٦  |
| اوتار  | ١,١٢٥ |
| أعصاب  | ١,٠٤٠ |
| مخ     | ١,٠٣٠ |
| شرايين | ١,٠٧٠ |
| أربطة  | ١,٠٤٥ |
| عظام   | ١,٩٧٥ |

## تأثير المجزيئات

قد عرفنا الظواهر المهمة التي تحصل في الاجسام بقطع النظر عما ينتج من تأثير قوى المجزيئات لانافرضنا لهذه القوى شدة صغيرة لا تغير تغييرا محسوسا النتائج الحاصلة في الاجسام بتأثير القوى الخارجة عنها والآن نبحث عن التغيرات التي تعرض للقوانين التي ذكرناها متى كانت أحوال التجارب لا تسمح بقطع النظر عن قوى المجزيئات مؤثرين في ذلك الاختصار

٨٧ - التوتر السطحي للسوائل - علمنا تأثير التناقل في السوائل بقطع النظر عما للمجزيئات من التأثير بعضها في بعض والحال أن كل جزيء في كتلة السائل يكون مجذوبا من جميع الاتجاهات بالمجزيئات المجاورة غير أن هذا الجذب يكون متساويا فيعدم بعضه بعضا اثنين اثنين وبذلك يكون الجزيء في باطن السائل كالمو كان الجذب الجزيئي معدوما وليس الامر كذلك بالنسبة للمجزيئات الكائنة على سطح السائل فهذه منجذبة من جهة واحدة وهي الجهة المقابلة لباطن السائل اذ لا قوة تلجئ هذه الجزيئات للاتجاه في اتجاه مضاد فينتج من ذلك أن السطح المطلق للسائل يكون منقادا لتأثير قوة متجهة من الخارج الى الداخل ونتيجة هذه هي احداث ضغط على سطح السائل وهذا الضغط يسمى التوتر السطحي للسوائل

ووجود هذا التوتر يفسر ظاهرة كثيرة الوقوع هي أنه اذا كان السائل محتويا على فقاعات غازية فربما كانت هذه الفقاعات بدل أن تخرج من السائل لتشتت في الهواء المطلق تجتمع تحت طبقة السائل التي هي أعلى سطحها فالغاز مع سيله للتخلص الى الخارج بمسوك بنوتر الطبقة السطحية للسائل

وحينئذ فالنوتر السطحي الحاصل في سطوح السوائل متسبب عن التماسك اى عن جذب جزئيات السوائل بعضها البعض وتكون السوائل المطلقة الغير المتأثرة بالتناقل متسبب أيضا عن نوتر السوائل فالشكل الذى عليه كرات المادة الدسمة السابجة في اللبن ناتج عن جذب جزئياتها بعضها البعض

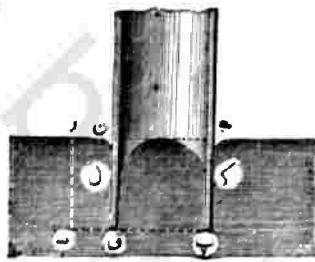
٨٨ - التصاق الاجسام الصلبة بالسائلة - يتغير تأثير التناقل في الاجسام السائلة أيضا بالظواهر التى تظهر من ملامسة الاجسام السائلة للصلبة ولامسة السائلة للسائلة فالاجسام الصلبة تجذب السوائل جذبا شدة تتعلق بالجسم الصلب وبطبيعة الجسم السائل الملامس له معا وهذا الجذب يسمى التصاقا كما أن الجذب بين جزئيات جسم واحد يسمى تماسكا

ولتحقيق وجود الالتصاق بين الاجسام الصلبة والسائلة يعلق في احدى كفتى الميزان الايدروستاتيكي مرفوع العاتق قرص من الزجاج يكون سطحه السفلى جيدا استواء ويكون تعليقه من مركز ثقله ثم يخفض عاتق الميزان الى أن يلامس السطح السفلى للقرص سطح ماء وضع في اناء تحت الكفة بحيث لا يكون بين سطح القرص و سطح الماء شئ من الهواء فيرفع عاتق الميزان ثانيا يشاهد أنه يلزم لفصل القرص عن الماء وضع ثقل في الكفة الثانية يفوق وزن القرص وأن القرص حال ارتفاعه يجذب معه الماء

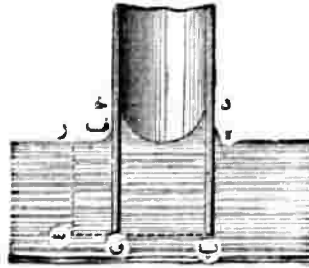
ولتحقيق وجود الالتصاق بين الاجسام الصلبة يؤخذ قرصان من الزجاج سطحاهما مستويان جيدا غير مصقولين ويراق أحدهما على الآخر مع ضغط بعضهم ما يعض من الوسط فيصير التصاقهما شديدا حتى أنه يتأني تعليقهما من أحدهما ولا يسقط الثانى بل قد لا يسقط بتعليق ثقل فيه ولو كان القرصان تحت ناقوس الآلة المفرغة

ولنتائج حصول الالتصاق والتماسك معا حالتان متميزتان فان جذب الاجسام الصلبة للاجسام السائلة قد يكون أكبر من التماسك وقد يكون أصغر منه ففي الحالة الاولى يتل الجسم الصلب بالسائل وفي الحالة الثانية لا يتل به فالخشب أو الزجاج مثلا يحدث في الماء جذبا أعظم من تماسك جزئيات الماء ولذا اذا غمرت قطعة من الخشب أو الزجاج في الماء ثم اخرجت فانها تسحب معها نقط من هذا السائل فالجذب الحاصل من الزجاج على الجزئيات السائلة يفوق تماسك السائل بل والتناقل معا والزبق نقيلا لا يلتصق بالزجاج ولا بالخشب ويلتصق بالتماس والذهب وقد رأينا أن سطح السائل المتأثر بالتناقل وحده يكون أفقيا ومع ذلك فن نادرا أن يكون سطح السائل أفقيا تماما في النقط المجاورة لجدر الجسم انصلب الرأسية وذلك بسبب

التصاق جزيئات السائل بالصلب وقد أبان (كليروت) ان سطح السائل في النقط المجاورة للجدر لا يكون أفقيا الا اذا كان التصاق السائل بالجسم الصلب يساوى نصف تماسك جزيئات السوائل بعضها ببعض ومتى كانت قوة الالتصاق أعظم من ذلك فان السائل يسل الجسم الصلب وسطحه يرتفع على جدره مكوّن الشكل الهلالي يسمى الهلالي المقعر كالشكل ده ف خ (شكل ٥٤) ومتى كانت قوة التماسك تزيد عن ضعف قوة الالتصاق فان السائل



ش ٥٥



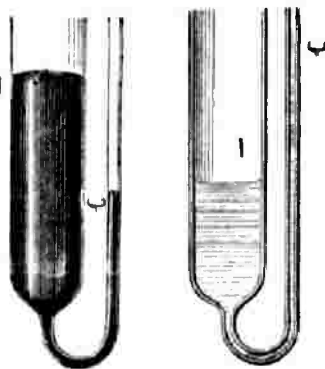
ش ٥٤

لا يسل الجسم الصلب وسطحه يبعد عن الجدر فينخفض فيصير محدبا ويسمى هذا الهلالي المحدب كالشكل ك ج ن ل (شكل ٥٥) ومثال الهلالي

المقعر سطح الماء في أنبوبة ضيقة ومثال الهلالي المحدب سطح الزئبق في أنبوبة ضيقة كذلك

٨٩ - الظواهر الشعرية - تغير شكل سطوح السوائل في نقطة تلامسها بالاجسام الصلبة وتوتر هذه السطوح مما يحدث تغيرا في شروط الموازنة المنقاد لها ارتفاع السوائل في الاواني المتواصلة فلنفرض سائلا في اناء جدره متقاربة كأنبوبة مثلا فن البين أن التوتر السطحي يختلف بحسب كون السطح أفقيا أو محدبا أو مقعرا وقد دلت الابحاث على أن التوتر السطحي في هلالي مقعر أقل منه اذا كان السطح أفقيا ويكون هذا التوتر في الهلالي المحدب أعظم منه في الافقى أما التوتر السطحي للسائل خارج الأنبوبة فلا تغير فيه لان السطح افقى تقريبا في جميع نقطه

اذا علمت ذلك فلنستصور أنبوبة أ (شكل ٥٦) و أ (شكل ٥٧) كلتاهما متصلتان بأنبوبة



ش ٥٦



ش ٥٧

شعرية ب و ب أى أنبوبة مستدقة جدا (ولقرب قطرها من قطر الشعرة سميت شعرية والظواهر التي تشاهد فيها تسمى بالظواهر الشعرية) ففي الانبوتين المتسعتين أ و أ يمكننا صرف النظر عن تأثير انحناء السطح في التوتر السطحي لان سطح السائل يكون مستويا في معظم نقطه وليس الامر كذلك في الانبوتين المستدقتين ب و ب ففيهما يكون التوتر السطحي كثير التغير لان سطح السائل

يكون منحنيّا في جميع جهاته فينتج من ذلك أن التوتر السطحي يكون أقل في ب (شكل ٥٦)

منه في أ حيث ان الهلالى للانبوبة ب مقعر ويكون أكثر في ب منه في أ (شكل ٥٧)  
حيث ان الهلالى في ب محدب ووجود فرق في التوزيعين سطوح سائل في أبوبتين  
متواصليتين ينتج عنه تغير شروط الموازنة المتقابلة لسطح السائل في الاوانى المستطرفة التى فيها  
التناقل وحده يعين ارتفاع هذه السطوح في الانبوبة ب (شكل ٥٦) يكون ضغط عمود  
السائل أقل من ضغط العمود المساوى له في الارتفاع من الانبوبة أ حيث ان توتر السطح  
في ب أقل منه في أ ولذلك لا تكون الموازنة الاوسطح السائل في ب أرفع من سطح  
السائل في أ ويحصل العكس في الانبوبة ب أ (شكل ٥٧) ففيهما لا تكون الموازنة  
الاوسطح السائل في ب أخفض منه في أ لان توتر السطح في ب أعظم منه في أ  
والحالة الاولى تشاهد اذا ملئت بالماء أنبوبة متسعة ملتحمة بأنبوبة شعيرية والثانية تشاهد  
اذا ملئت هذه الانبوبة بالزئبق

٩٠ - قانون ارتفاع السطوح الناتجة عن التأثيرات الشعرية - قد أوقفنا أبحاث  
(غيلوساك) العملية في ارتفاع وانخفاض سطوح السوائل الناتجة عن التأثيرات الشعرية  
على ما اهتدى اليه (بواسون ولبلاس) بالحساب وهى القوانين الآتية

القانون الاول - الارتفاعات أو الانخفاضات التى تحصل في سائل كائن في أنابيب شعيرية  
من مادة واحدة تكون على العكس من أقطار هذه الانابيب مادام قطرها لا يتعدى ٢ ملليمتر  
القانون الثانى - لا تتعلق الارتفاعات أو الانخفاضات الا بقطر الجزء من الانبوبة الذى يحصل  
فيه الهلالى دون قطر الجزء الباقى منها

القانون الثالث - ارتفاع أو انخفاض سطح السائل بين صفيحتين متوازيتين يكون على  
العكس من طول المسافة الفاصلة بين الصفيحتين وهو نصف ما يكون في أنبوبة قطرهما المسافة  
الفاصلة بين الصفيحتين

وبالخواص الشعرية يفسر عدة ظواهر تشاهد كل يوم فبسيها يرتفع الزيت في فتائل المصابيح  
ويتخلل الماء قطع السكر والاسفنج وغيره من الاجسام ذات المسام حين يغمر جزء منها في الماء  
وبسبب ذلك قد يطفو بعض الاجسام على سطح الماء مع كونها أثقل منه وذلك ككرة من  
الصلب غطيت بطبقة خفيفة من الشحم فان الماء لا يبل هذه الكرة فيهبط تحتها وبذلك قد  
يصير وزن الماء المزاع أكثر من وزن الكرة أو مساوياً له وبسبب الخواص الشعرية تنزلق  
بعض الحشرات على سطح الماء من غير أن تغور فيه

٩١ - ذوبان الاجسام الصلبة - قد يكون جذب السائل للجسم الصلب قويا كافيا لقهر تماسكه ففي هذه الحالة يذوب الجسم الصلب في السائل أى أن جزيئات الصلب يتفصل بعضها عن بعض وتختلط بجزيئات السائل فتكون سائلا متجانسا وبعبارة أخرى أن يحصل تغير في حالة الجسم الصلب وهذا التغير يسمى بالذوبان والكتلة السائلة الناتجة عن هذا التغير تسمى محلولاً

ولذوبان الجسم الصلب في السائل وقت فيه تحصل موازنة بين جزيئات السائل والصلب فلا يمكن أن يذيب السائل من هذا الجسم الصلب زيادة عما أذابه أى لا يمكن أن يسيل جزءاً آخر من الجسم الصلب فيقال للسائل حينئذ قد تشبع والنسبة بين مقدار المذيب وغاية ما يمكن أن يذيه من الجسم الصلب تعين سعة تشبع السائل بهذا الجسم وتسمى هذه النسبة عامل ذوبان الجسم الصلب بالنسبة للسائل المقصود

وتتعلق سعة تشبع السائل بطبيعة السائل والجسم المذاب فالمائة جزء من الماء على الدرجة المعتادة تشبع بثلاثمائة جزء من السكر و ٣٣ من كلورات البوتاسيوم والمائة جزء من الجليسرين تشبع بأربعين جزءاً من السكر وبأكثر من ١٠ من كلورات البوتاسيوم وتتعلق سعة التشبع أيضاً بدرجة الحرارة وفي العادة أنها تزداد بارتفاع درجة الحرارة وينقص ذوبان بعضها متى زادت درجة الحرارة عن حد معين

وحجم المحلول يتقص في العادة عن مجموع حجمي المذيب والمذاب وبذلك يكون وزنه النوعي أزيد من متوسط الوزن النوعي للجسم المذيب والمذاب وفي ذلك دليل على أن جزيئات الجسم الصلب والسائل يتقارب بعضها من بعض في ظواهر الذوبان بتأثير جذب بعضها في بعض فيصير بعض جزيئات الجسم السائل أقرب إلى بعض مما كانت عليه قبل الذوبان ويؤخذ من ذلك أن جذب جزيئات السوائل لجزيئات الصلبة في حالة الذوبان يفوق تماسك الجسم الصلب المذاب والجسم السائل المذيب

٩٢ - التشرّب - متى وضع بعض الاجسام خصوصاً العضوية في سائل كانت قوة جذب جزيئاتها لجزيئات السائل غير كافية لقهر تماسكها فلا تستحيل إلى السبولة وفي هذه الحالة يحصل أحد أمرين إما أن يتخلل السائل مسامها بالطريقة الشعرية وهذا هو التشرّب أو ينقسم الجسم الصلب إلى أجزاء مختلفة الغلظ تختلط بكتلة السائل وهذا يسمى ذوبانا غير تام وجميع الانسجة العضوية ما عدا الانسجة الدسمة تتشرب بالماء وبعض متحصلات الكائنات الحية كالنشا والصمغ تكون مع الماء محاليل غير تامة

وقد أفادت أبحاث المعلم (شوفري) ان الاجسام العضوية كالعضلات والاورتار والاعشية المختلفة اذا جففت في الفراغ أو في الهواء المطلق أو بالضغط تنتفخ بلامستها للماء وتشربه فتعود الى حالتها الاصلية فالوتر الذي يفقد بالتجفيف المستطيل نصف مائه يكتسب ما فقدته من هذا السائل بوضعه فيه فتعود له جميع صفاته الاولى وكذلك الالياف العضلية التي صارت الى خمس وزنها بالعصر تعود الى حالتها الاعتيادية بلامستها للماء

وطبيعة السائل تغير شدة التشرب فالانسجة تشرب من المحاليل الملحية أقل مما تشرب من الماء القراح فن أبحاث (ليج) تبين أن مائة جزء من مثانة ثور مخففة تشرب بعد ٢٤ ساعة ٢٦٨ حجماً من الماء القراح و ١٣٣ من محلول كلورور الصوديوم

وقد أبان (بروك) و (ليج) أن التشرب يغير درجة تركيز المحلول فإيتشرب من السائل بالنسيج العضوي يكون أقل احتواء على الملح من المحلول الحاصل فيه التشرب

٩٣ - انتشار السوائل - الجذب الذي يحصل بين جزيئات الاجسام الصلبة وجزيئات الاجسام السائلة يحصل بين جزيئات سوائل مختلفة ويقال للسوائل التي يحصل بين جزيئاتها هذا الجذب انها قابلة للمزج فالماء يمتزج بمحلول كلورور الصوديوم وبالكحول وبالحل ولا يمتزج بالزيت ولا بالزئبق

ولابانة انتشار السوائل بطريقة سهلة يوضع في اناء مقدار من صبغة عباد الشمس الزرقاء ثم يوضع بواسطة (بييت) في قعر الاناء شيء من حصى الكبريتيك فيشاهد استحالة لون السائل من الزرقة الى الحمرة شيئاً فشيئاً من قعر السائل الى سطحه

وتنقسم السوائل من حيث امتزاجها الى سوائل تمتزج بأي مقدار وذلك كالماء والكحول في امتزاجهما بالايثير وسوائل لا تمتزج الا بمقادير معين كالماء في امتزاجه بالايثير والكافور وفورم وينقص حجم المزيج عن مجموع حجوم السوائل الممتزجة نقصاً بمقداره يختلف باختلاف السوائل فمزج ٥٤ حجماً من الكحول الخالي عن الماء و ٥٥ حجماً من الماء لا يشغل الا ١٠٠ حجم أى ان هناك انقباضاً بمقداره  $\frac{100-104}{100}$  ولا انتشار السوائل قوانين هي

القانون الاول - يزداد الانتشار بارتفاع درجة الحرارة

القانون الثاني - سرعة الانتشار تتعلق بالحجم المذاب وبالوسط الذي يحصل فيه الانتشار

القانون الثالث - كمية ما يتشرب في زمن واحد على درجة حرارة واحدة من ملح مذاب في سائل بمقادير مختلفة متناسبة مع الكمية المذابة من هذا الملح وبعبارة اخرى ان كمية الملح التي تفارق

في زمن معين السائل المحلول فيه لتشتري في سائل آخر كالماثلاً متناسبة مع درجة تركيز المحلول الملحي

٩٤ - انتشار السوائل من الحواجز ذات المسام - اندسموز - قد يفصل سائلان قابلان للمزج بعضهما عن بعض بحاجز صلب يسمح بمرور أحدهما فوجود هذا الحاجز ذي المسام يكسب ظواهر الانتشار التي تحصل في هذه الحالة صفة خاصة لانه حينئذ لا يكون امتزاج السائلين متعلقاً بالجذب الجزيئي للسوائل فقط بل يكون متعلقاً أيضاً بجمل كل سائل لمادة الحاجز فاذا كان السائلان غير قابلين للمزج فانتشارهما من الحاجز مستحيل كما أن امتزاجهما حين يكونان متلامسين مباشرة غير ممكن أما اذا كان السائلان قابلين للمزج فانه يحصل الانتشار مع حصول تنوع فيه هو نتيجة وجود الحاجز المسامي وسميت الظواهر التي تحصل في هذه الاحوال (اندسموز) وسمها (جراهام) أو سموز وليان التنوع الذي يحصل في الانتشار بوجود حاجز صلب نقول انه في انتشار سائلين متلامسين مباشرة يتبادل كميات متساوية من الاصول المركبة للسائلين بحيث ان حجم كل من السائلين مقياساً من ابتداء سطح انفصالهما الاصل يبقى تقريباً ثابتاً وليس الامر كذلك في الاوسموز فالسائل الذي يكون ميله للحاجز أعظم يترجم مقداراً كبيراً تغير نسبة حجمي السائلين عما كانت قبل حصول ظاهرة الاوسموز فاذا فصل الماء والكحول مثلاً بغشاء من الصمغ المرن فما يمر من الكحول من الغشاء لينتشر في الماء أكثر مما يمر من الماء لينتشر في الكحول وذلك لان الصمغ يتبل بالكحول لميله ولا يتبل بالماء فاذا فصل السائلان بمثانة حيوان فما يمر من الماء منها لينتشر في الكحول يكون أعظم مما يمر من الكحول لان المثانة الحيوانية تتبل بالماء فيسيل الماء المثانة أعظم من يسيل الكحول لها ولذلك يمر منها من الماء أكثر مما يمر منها من الكحول

وغالباً لا نسج يتبل بالماء ولذلك اذا كانت حجرة بين الماء وبين محلول يمزج به فانها تساعد على انتقال الماء وانتشاره في المحلول وللقابلة انتشار السوائل بعضها بعض من خلال الأغشية يبحث عن انتشار كل منها على حدة في الماء من خلال غشاء واحد وفي درجة حرارة واحدة ولهذا الغرض يوضع السائل في جهاز يسمى اندسموزومتر (شكل ٥٨) وهو عبارة عن أنبوبة مفتوحة عمودية مثبتة على فتحة ناقوس فيه سدقعه بقطعة من المثانة أو بأى غشاء عضوي آخر فيملأ الناقوس بالسائل المراد معرفة انتشاره الى مبدأ الأنبوبة ويوضع هذا الناقوس في اناء فيه ماء بحيث يكون سطح الماء محاذياً لسطح السائل فيرى بعد زمن ارتفاع سطح السائل في الأنبوبة بسبب نفوذ الماء من الغشاء ويتحمل الماء مقداراً مختلفاً من

السائل وبعبارة أخرى يحصل من خلال الغشاء تياران مختلفا الشدة والاتجاه والذي به  
تدخل الماء في الأبرية يسمى اندوسموز وهو الأقوى  
والثاني الذي به يخرج السائل من الناقوس يسمى اوكرسموز  
وهو الأضعف

وفي الغالب ان الاندسموز يحصل من السائل الأقل كثافة ولهذه  
القاعدة استثناءات منها ان الماء يتجه نحو الكؤل والكؤل  
نحو الأبتير



ش ٥٨

٩٥ - مكافئ الاندسموز - دلت التجربة على وجود علاقة  
بين مقدار الماء الداخل في أنبوبة الاندسموز ومتر ووزن المادة  
المنذبة في المحلول الخارجة منها مادامت درجة تركيز المحلول  
الموضوع في الأنبوبة لم تتغير تغيرا بينا وكيفية المادة المنذبة  
في المحلول خارجة من الاندسموز ومتر غير محسوسة وتسمى  
بمكافئ الاندسموز كمية الماء التي تحل بطريق الاسموز محل جرام  
من المادة المنذبة في المحلول وفي الغالب يكون مكافئ الاسموز

أكبر من الوحدة متى كان غشاء الاندسموز وترحيوانيا أي أن ما يحل من الماء محل الجسم  
في الاندسموز ومتر يكون أكبر من الوزن الذي حل محله من هذا الجسم وقد يكون أيضا مقدار  
الماء أقل وفي الحالة الأولى يقال للاندسموز موجب وفي الحالة الثانية يقال له سالب

ويتعلق مكافئ الاندسموز لجسم بطبيعته الكيميائية وبدرجة تركيزه فان كان اوسموز الجسم  
موجبا فان مكافئ اندسموزه يزداد وان كان سالبا فانه ينقص فمثلا مكافئ محلول كلورور  
الصوديوم المحتوي على ٤,٦ من كلورور الصوديوم في المائة من الماء ١,٥ ويصير ٢,٣  
اذا كان المحلول يحتوى على ١١,١ في المائة من الماء ويصل الى ٣ اذا كان المحلول  
يحتوى على ٢٦,٥ من هذا الملح ومكافئ الاندسموز لا يدارت البوتاسيوم ٢٠٠ وينقص  
مكافئ الاندسموز لكبريتات الصوديوم بازدياد تركيز محلوله ولو كان اسموزه موجبا

ويزداد المكافئ الاندسموزي والظروف متساقطة اذا كان الغشاء الموضوع بين السائلين جافا  
بدل أن يكون منثني بالسائل وانتفاخ الغشاء يقلل قابلية نفوذ الماء فيه ويزيد قابلية نفوذ  
الملح ومن ذلك يرى أن المكافئ الاندسموزي ليس له ثبات مطلقا ولو استعمل غشاء واحد وتغيره  
هو في حدود واسعة بحسب طبيعة الغشاء

ولا يتغير المكافئ الاندسموزى تغيراً من هذا القبيل بفصل السوائل بفواصل لا تنتفخ في الماء كالطفل بدل استعمال الاغشية ولذلك فضل استعمال هذه الفواصل لمعرفة مالمسعة المسام من التأثير في ظواهر الاوسموز

وقد دلت التجربة على أنه كلما كانت مسام الحاجر الطفلي واسعة قارب المكافئ الاندسموزى الوحدة ولمسعة المسام حذمتى صارت اليه انعدم تأثير الفاصل في انتشار السوائل أى لا يحصل اوسموز بل مزج بسيط وفي هذا يكون المكافئ الاندسموزى مساوياً للوحدة

وبالعكس كلما صغرت المسام تباعد المكافئ الاندسموزى عن الوحدة ويزداد في الاجسام التى اوسموزها موجب وينقص في الاجسام التى اوسموزها سالب ولضيق المسام أيضاً حذمتى وصل اليه كان المكافئ الاندسموزى قريباً من الوحدة الى أن لا يحصل اندسموز ولا انتشار في السائل وفي هذا الوقت يكون الفاصل لا يسمح بنقوذ السوائل منه وحينئذ فلسعة مسام الفاصل حذان اذا تجاوزتهما انعدم الاوسموز

وسمك الفاصل أى طول مسامه يؤثر في ظاهرة الاوسموز كتأثير ضيقها فكلما كان الفاصل أسمك كان المكافئ الاندسموزى أبعد عن الوحدة وما قيل في الفاصل الطفلي ينطبق على الاغشية المسامية

٩٦ - الدياليز - اذا انتشر محلول محتوع على مخلوط من مادة غير قابلة للتبلور ومادة قابلة له في الماء فإنه لا يمر في الماء شئ من المادة الغير القابلة للتبلور فاذا وضع في ناقوس الاندسموز ومتر مخلوط محلول الصمغ والسكر مذابين في الماء فالسكر وحده يمر من الغشاء لينتشر في الماء الموضوع خارج الناقوس وعلى هذه الخاصة تصور (جراهام) طريقة لفصل الاجسام القابلة للتبلور من الغير القابلة له في المحاليل المختلفة وذلك بان يوضع المخلوط



ش ٥٩

في اناء قعره من الورق غير المنشي الذي غمر في حمض الكبريتيك فصار بذلك متيناً غير قابل للتعنن ثم يوضع الاناء في اناء آخر محتوع على الماء المقطر وفي هذا الاخير تنتشر الاجسام القابلة للتبلور بعد أن تمر من الغشاء وهذه الطريقة تسمى طريقة الدياليز والجهاز الذي ذكرناه وهو المستعمل في هذه الطريقة يسمى بجهاز الدياليز (شكل ٥٩) واذا

كانت المادة القابلة للتبلور المخلوطة بغير القابلة له مكونة بعد مرورها من الغشاء لمحلول بينه

وبين المادة غير القابلة للتبلور ميل اندسموزى دل ذلك على ان فصل المادة بعضها عن بعض بطريقة الدياليز غير تام فاذا وضع فى الدياليز مثلاً محلول محتو على الزلال وكلورور الصوديوم فانه لا يمر فى ابتداء العمل من الغشاء غير جزئيات الملح غير أن المحلول الملقى المتسكون فى الجهة الثانية من الغشاء بسبب مرور هذه الجزئيات يجذب الزلال بقوة ولا جتناب هذا العارض يجدد الماء المقطر زمناً فزماً

٩٧ - سرعة الاندسموز - السرعة التى بها يحصل الاندسموز بين الماء والجسم المذاب فى المحلول ثابتة مادامت درجة تركيز المحلول لم تتغير والماء باقياً على نقائه ودرجة الحرارة ثابتة ولا تتعلق سرعة انتشار الاجسام المختلفة بالنسبة الكائنة بين مكافئات اندسموزها ولكنها تتعلق بذوبان الاجسام وبطبيعتها الكيماوية وبدرجة تركيزها فترد اذ سرعة الانتشار كلما كان الجسم أكثر ذوباناً وسرعة انتشار الاجسام التى يقرب تركيبها الكيماوى بعضها من بعض لا تختلف وترد اذ سرعة الانتشار بازدياد التركيز بل ازدياد سرعته أكثر من ازدياد كمية الملح وفى الاسموز بين الماء والمحلول الملقى تكون السرعة و مرور جزئيات الملح نحو الماء أعظم كلما كان المحلول الملقى أكثر تركيزاً وكذلك سرعة مرور جزئيات الماء نحو الملح ولكن سرعة التيارين ليست واحدة فان سرعة التيار المتجه من الماء الى الملح أكبر من سرعة التيار المضاد ومن ذلك يتبين أنه كلما كان المحلول أكثر تركيزاً كان مقدار الماء الذى يمر فى زمن معين من الغشاء المسامى ليمتزج بهذا المحلول أعظم ويفهم سبب ارتفاع مكافئ الاندسموز بازدياد تركيز المحلول

٩٨ - انتشار سائلين تركيبهما وتركيزهما مختلفان من خلال الاغشية - اذا كان الانتشار من الاغشية حاصلين سائلين مختلفين التركيز والتركيب الكيماوى فان الظاهرة تتعلق بدرجة تركيز كل من المحلولين و تركيبهما الكيماوى ويسهل تبادل الاصول المذابة فى السائلين كلما عظم بينهما الميل الكيماوى فسرعة الانتشار بين حض وقاعدة أعظم من سرعة الانتشار بين حضين أو ملحين وكلما كان للاجسام الموجودة فى المحلولين ميل بعضهما لبعض كان أحد التيارين متغلباً على الآخر فاذا كان الاسموز مثلاً بين حض وقلوى فان الحض يتجه نحو القلوى ويكاد العكس لا يحصل

واذا كان الانتشار بين محلولين محتوين على جسم واحد لكن بكميات مختلفة فان مقدار الجسم المذاب ينقص فى المحلول الاكثر تركيزاً ويزداد فى الآخر ويحصل تغير فى الحجم كما يحصل عندما يكون الانتشار حاصلين الماء القراح والملح غير أن هذا التغير يكون بطياً

٩٩ - الاجسام القابلة للتبلور وغير القابلة له - بعض الاجسام لا يترن خلال الاغشية العضوية الابصوبة وذلك كحلول الزلال والصمغ والهلام وغير ذلك والبعض الآخر يترن الاغشية العضوية بسهولة والاولى سماها (جراهام) بغير القابلة للتبلور وهي التي تكسب الماء الذي اذيت فيه قواما هلاميا وتجذب الماء من خلال الغشاء وبذلك كان مكافئها الاندسموزى عظيما ولكن سرعة التيار الاندسموزى والاكرسموزى ضعيفة والثانية سماها بالقابلة للتبلور لانه يمكن الحصول عليها بالامتلاورة

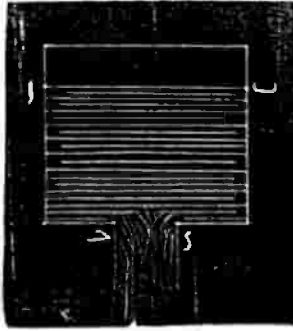
والميل الاسموزى للزلال محلول الى المحاليل الملحية أكثر من ميله الى الماء ويزداد تيار الانتشار بازدياد تركيز المحلول الملحي ومع ذلك اذا صار مقدار الملح عظيما فان المحلول الملحي لا يأخذ من المحلول الزلال الى الماء

١٠٠ - نظرية الاندسموز - الظواهر العمومية مؤسسة على قضيتين أصليتين هما ابتلال الحواجز ذات المسام الذي هو نتيجة ميل السوائل الى الجوامد وانتشار السوائل

فاذا فصل سائلان أ و ب مثلاً بغشاء فلا يحصل الاندسموز أى اختلاط السائلين بانتقال في العناصر المكونة للسائلين من غير تساوي الا اذا كان السائلان قابليين للامتزاج وكان لاحد السائلين أ مثلاً ميل للغشاء أكثر من ميل الثاني ب له وكان ميل مخلوط السائلين الى الغشاء متوسطا بين ميل كل منهما على انفراده الى هذا الغشاء

ومن البين أنه في هذه الظروف لا يحصل اختلاط السوائل بالكمية التي يحصل بها الاختلاط مع عدم وجود حاجز بينهما ولبين ذلك تخيل ما يحصل في مسم واحد من مسام الحاجز فالسائل أ الذي ميله الى الحاجز أعظم من ميل ب له يدخل في المسم ويملؤه كله طاردا أمامه السائل ب وعند وصوله للسطح الثاني من الغشاء يتشرف السائل ب بسبب ميل السائلين بعضهما لبعض ثم يدخل في المسم كمية جديدة من السائل أ بدل التي انتشرت وهكذا ومن ذلك يحصل بالضرورة التيار المسمى اندسموز وهذا انما هو سير الظاهرة في طبقة السائل الملاصقة مباشرة للجدار الباطنة لهذا المسم أما في الجزء المركزي فان السائلين يختلطان تبع القوانين الانتشار لانه في هذا الجزء من المسم لا يكون للعاجز تأثير عليهما فتبادل جزئيات السائلين على التساوي فيتولد تياران أحدهما في اتجاه تيار الاندسموز والثاني في اتجاه مضاد له ونتيجة هذا الأخير انتقال السائل ب الى محل السائل أ وهو التيار المسمى تيار الاكرسموز

١٠١ - دعوى (تروشيلي) - اذا اعتبرنا سائلًا في اناء سطحه في أ ب مثلاً (شكل ٦٠) فكل جزء من قعر هذا الاناء يتحمل ضغطاً انافياً تقدم مقداره فاذا فتحنا في هـ هذا القعر

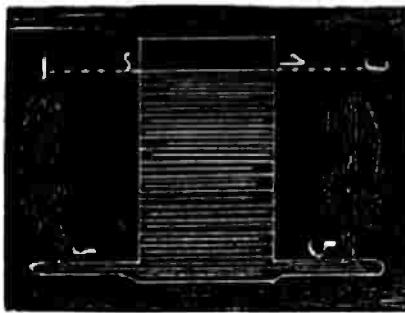


فتحة كالفتحة د ح فجزئيات السائل الكائنة في هذا المكان تسقط لعدم وجود ما يمنعها من انقيادها للتناقل والضغط الواقع عليها وسقوطها يحصل بسرعة معينة بدعوى (تروشيلي) وهي أن سرعة جزيء السائل الخارج من فتحة جعلت في جـ دارا نا هـ هي عين سرعة الجسم الساقط سقوطاً مطلقاً من سطح السائل الى مركز ثقل هذه الفتحة

ش ٦٠

فاذا رمز للمسافة بين سطح السائل ومركز ثقل الفتحة بالحرف  $s$  ورمز لسرعة سيلان السائل بالحرف  $s$  يكون  $s = \sqrt{2gs}$  وهذه السرعة الناشئة عن ضغط السائل تكون كهذا الضغط عمودية على الجدار في النقطة المقصودة وشكل الطريق المقطوع بالجزئيات المختلفة المتعاقبة يتعلق بالسرعة الاصلية لها وبالتناقل فيكون هذا الطريق مستقيماً اذا كانت الفتحة في جـ داراً أفقي واتجاه السرعة الاصلية عمودياً كالتناقل وفي غير ذلك يكون الطريق قطعاً مكافئاً

وحيث ان السرعة المكتسبة بجسم ساقط من ارتفاع هي عين السرعة التي يلزم ايجادها فيه ليصل الى هذا الارتفاع بشذفه من اسفل الى أعلى فالجزئيات الخارجة من الفتحة س (شكل ٦١) بسرعة ناتجة عن ضغط السائل تصل الى المستوى د ح الذي هو السطح



العلوى للسائل بناء على دعوى (تروشيلي) وقد أيدت التجربة ذلك فان الفتحة متى كانت في الجدار العلوى لا نبوءة مركبة على اناء فيها سائل فان السائل يخرج من هذه الانبوءة في هيئة نافورة حتى يصل الى قرب سطح السائل والفرق القليل الذي يشاهد انما هو لمقاومة الهواء لهذه النافورة ولمصادمة اجزائها الاجراء

ش ٦١

السائل الساقط ولذلك يزداد ارتفاع السائل الخارج بامالة النافورة زاوية صغيرة كافي  $s$  كي لاتتصادم بنقط السائل الساقط

١٠٣ - المصروف والمعادلات - نسمى مصروفا كمية السائل الجارية من فتحة في زمن معين ويقدر بمقدار الليترات السائلة من الفتحة في ثانية واحدة وبارتفاع معين للسائل يسمى حله

وكية

وكبة السائل الجارية في الثانية الواحدة بحمل معين تحصل بضرب سطح الفتحة في سرعة خروج السائل لانه لو بقيت الجزيئات بعد خروجها من الفتحة على الحركة التي كانت عليها وهي في الفتحة لكانت بعد ثانية اسطوانة قاعدتها الفتحة وارتفاعها المسافة المقطوعة بالجزيء الاول في هذه الثانية وهو ارتفاع يساوي السرعة

واذا خرج السائل من فتحة في جدار رقيق فان المصروف الحقيقي لا يكون الا  $0.62$  مما تدل عليه النظرية وهذا الفرق آت من انقباض في السلسل و اذا رمزنا بالحرف  $m$  للمصروف النظري وبالحرف  $n$  لقطاع الفتحة وبالحرف  $r$  لارتفاع السائل يكون في الثانية الواحدة  $m = n \sqrt{0.62}$  واذا رمزنا بالحرف  $m$  للمصروف الحقيقي يكون في الثانية الواحدة  $m = n \sqrt{0.62}$

١٠٣ - انقباض سلسل السائل - اذا أمعنت النظر في سلسل سائل خارج من فتحة في جدار رقيق شاهدت أن شكله اسطوانى وأن قطره يأخذ في الصغر حتى انه على بعد من الفتحة مساو لنصف قطرها لا يكون قطر السلسل الا  $0.8$  من قطر الفتحة ثم يصير شكل السلسل من هذه النقطة اسطوانيا فالسائل يكون اسطوانة قاعدتها الجزء المنقبض لا الفتحة نفسها و سطح هذا الجزء المنقبض هو  $0.64$  من سطح الفتحة ولذا يكون المصروف الحقيقي الخارج من فتحة في جدار رقيق أقل من المصروف النظري

و يفهم وجود هذا الانقباض اذا لوحظ ان الجزيئات الكائنة أعلى الفتحة ليست وحدها التي تسيل بل تشترك في حركة السيلان جميع جزيئات السائل كما يرى ذلك من الحركة التي تكتسبها الاجسام الخفيفة الصغيرة الحجم اذا علقت في السائل وعلى ذلك فالجزيئات الآتية بميل على حافات الفتحة تمنع نوعا الجزيئات الكائنة في اتجاه عمودى على الفتحة من السقوط وتحفظ جزءا من الحركة المائلة الى أن تنعدم المركبة الافقية للسرعة بالمصادمات المتوالية فتبقى السرعة العمودية وحدها

١٠٤ - تأثير الانابيب في السيلان - اذا وفتت على فتحة في جدار اناء انبوبة قليلة الطول فلا يكون سيلان السائل منها كسيلانه من فتحة في جدار رقيق فان كانت الانبوبة اسطوانية وطولها يساوى قطرها مرة ونصف فالسائل يملا الانبوبة كلها في سيلانه ولا يشاهد انقباض في السلسل و بقياس المصروف الحقيقي يشاهد أنه  $0.82$  من المصروف النظري وحيث ان قطر السلسل لم يتغير فنقصان المصروف لا يكون الا نتيجة نقصان في السرعة وتبين

ذلك من خص القطع المكافئ المرسوم بسائل خارج من أنبوبة أفقية وتعين سرعة السيلان بالحساب فالمصروف الحقيقي في هذه الحالة يكون

$$m = 20.82 \sqrt{2.62}$$

وقد يكون النقصان نتيجة انقباض في السائل ونقصان في سرعته معا كما يحصل ذلك إذا كان سيلان السائل من أنبوبة مخروطية غير أن قيمة النقصان الناتج عن الانقباض والناتج عن تغيير السرعة تختلف باختلاف شكل وكبر الانابيب فباستعمال مخروط زاويته  $12^\circ$  يحصل على مصروف يقرب كثيرا من المصروف النظري هو في الثانية الواحدة

$$m = 20.95 \sqrt{2.62}$$

١٠٥ - تأثير الانابيب المرنة في المصروف - اذا وفقت أنبوبة مرنة على فتحة في جدار اناء فيه سائل كانبوبة من صمغ مرمرن شوهد أن المصروف في هذه الظروف هو عين المصروف الحاصل عندما تكون الانبوبة ذات مقاومة قطر هامسا ولقطر الانبوبة المرنة وحمل السائل واحد ولا يكون الامر كذلك اذا صار سيلان السائل متقطعا فان مصروف الانبوبة المرنة يكون أعظم من مصروف الانبوبة ذات المقاومة فضلا عن كون السائل الخارج من الانبوبة غير المرنة يكون متقطعا والخارج من الانبوبة المرنة يكون منتظما

١٠٦ - حركة السوائل في الانابيب - بسبب ما يحصل من احتكاك الجزيئات السوائل المتحركة بلامسة جسم صلب أو سائل تكون السرعة المكتسبة بجزيئات خارجة من أنبوبة في اناء فيه هذه الجزيئات تحمل جلا معينا أقل من السرعة التي تدل عليها دعوى (ترشيلي) وتكون أقل كلما كانت الانبوبة طويلة والاحتكاك الحاصل عن انتقال طبقتي سائل بعضهما ببعض يكون أعظم كلما كانت السرعة النسبية لاحدى الطبقتين أكبر من سرعة الطبقة الأخرى

وفي سيلان سائل في أنبوبة تبطؤ حركة الطبقة الملاصقة لجدار الانبوبة وهذه الطبقة تؤثر في التي بعدها فتتقص سرعتها وهكذا حتى انه يمكن اعتبار السائل المتحرك في أنبوبة مكونا من طبقات مركزية لكل طبقة سرعة تخالف التي بعدها وتأخذ في النقصان من المركز الى الدائر ويتمحيز سائل يجري في قناة مكشوفة مع صرف النظر عن احتكاك سطح السائل في الهواء لضعف هذا الاحتكاك يرى للنقط المختلفة سرع مختلفة أكبرها سرعة الصف الموجود في وسط السطح المكشوف

وفي هذه الاحوال المختلفة للعصول على المصروف الحقيقي يلزم ضرب القطاع في سرعة متوسطة ترشد النظرية الى استنتاجها من بعض معلومات مأخوذة من التجربة

١٠٧ - حركة السوائل في الانابيب الشعرية - قد بحث العالم (بوازى) عما يحصل في حركة السوائل وهي في انابيب شعرية فوصل الى هذه القوانين

القانون الاول - كميات السائل الجارية تحت ضغوط مختلفة مع تناسب الظروف مناسبة مع الضغط (دعوى ترشيلي تفيد انها متناسبة مع الجذر التربيعي للضغط)

القانون الثانى - الكميات الجارية والظروف متناسبة تكون بعكس طول الانابيب (لا تدخل لا طول الانابيب بناء على قاعدة ترشيلي لو فرضت حركة السوائل تامة)

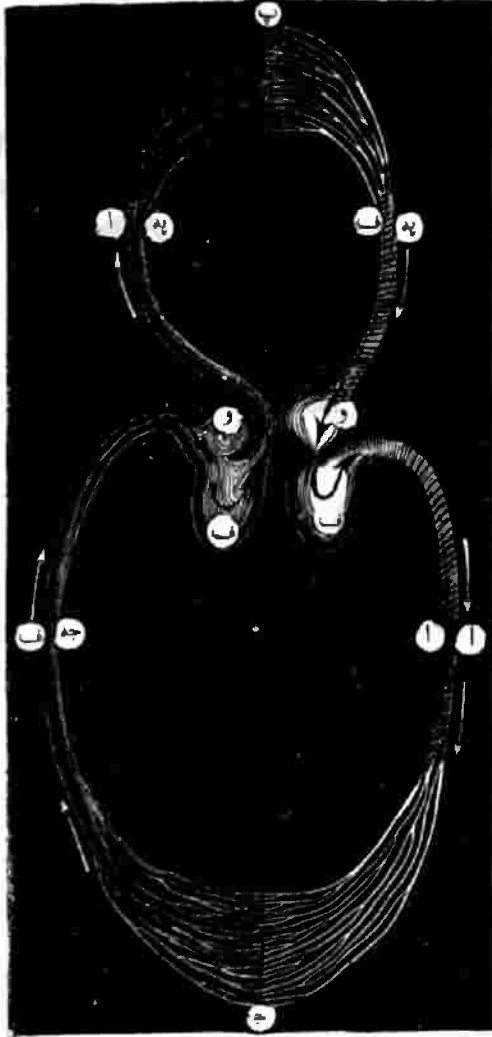
القانون الثالث - المصروف متناسب مع الدرجة الرابعة لاقطار الانبوبة (معادلة المصروف تفيد أن حجم الماء المنصرف يكون متناسباً مع مربع الاقطار) ولا تغير الحرارة هذا القانون وان كانت تغير العامل الذى يدخل في المعادلة

١٠٨ - تركيب سلسول سائل - بالتأمل في سلسول ناتج عن مرور سائل من فتحة في جدار رقيق يشاهد أن جزءاً من طوله الكاثر بعد الجزء المنقبض يكون في شكل اسطوانة مخروطية خفيفة اذ اشفوف تام وجزء السلسول الذى بعده اى يكون متعكراً ويشاهد فيه على ابعاد متساوية انتفاخات تسمى بطوناً متوالية مع اختناقات تسمى عقداً

وسبب هذا الشكل أن سلسول السائل ليس هو الا مجموع نقط متميزة يسقط بعضها عقب بعض بازمنة صغيرة جداً متساوية والمسافة بين هذه النقط تكون في الابتداء صغيرة ولكنها تزداد كلما بعدت النقطة عن الفتحة بسبب الحركة المعجلة التى تكتسبها كل واحدة منها وفي أثناء سقوط هذه النقط تغير شكلها تغيراً زائداً في استطيل وتفرطح على التوالى وبذلك يصغر قطرهما الافقى ويكبر ولذلك يصغرو ويكبر قطر السلسول وحيث ان الاسباب المحدثة لتغير شكل نقطة هي المحدثة لتغير أشكال باقي النقط فانتقال كل نقطة من شكل الى آخر يحصل في عين المحلات التى حصل فيها انتقال التى قبلها وبسبب عظم سرعة الحركة كانت العين لا تشعر بالحالات المتتابعة لكل نقطة بل تشعر بمجموع هذه الاحوال وهذا ما يحدث الهيئته التى وصفناها

١٠٩ - الدورة الدموية - علم التشريح يحيد لنا على ان في الحيوانات العالية لاسمياً الانسان عضواً مجوفاً عضلياً يسمى القلب وهو في الانسان منقسم الى تجويفين متميزاً أحدهما

عن الآخر ولو كانا ملتصقين هما القلب اليميني والقلب اليسارى وكلاهما منقسم الى تجويفين هما الاذنان وو (شكل ٦٢) والبطينان ف ف منفصل كل من هذين التجويفين عن الآخر بصمام متحرك ويسمى صمام القلب اليميني بالصمام ذى الشرافات الثلاث وصمام القلب اليسارى بالصمام ذى الشرافتين



ش ٦٢

ومن بطين القلب اليسارى يخرج وعاء أى أنبوبة مرنة تسمى بالاورطى وهذه تنفرع الى عدد من الاوعية يتزايد كلما بعدت من القلب وقطر الاوعية المتفرعة أصغر من قطر الاصلية من غير أن يكون ازدياد العدد متناسبا مع نقصان القطر ولذلك يزيد مجموع أقطار الاوعية كلما بعدت عن القلب والاورطى وما تنفرع منه يسمى بالمجموع الشريانى للدورة الكبرى ١١ وهى كثيرة المرونة والمنبت من هذه الاوعية فى نهاية الاعضاء والانعجة يسمى بالاوعية الشعرية ج وهى صغيرة القطر ذات تركيب مخصوص بعضها يتفهم ببعض فتكون شبكة وعائية وتنظم الاوعية الشعرية بعضها الى بعض على التعاقب سائرة على العكس من الاوعية الشريانية آخذة عددها فى القلة ومجموع أقطارها

فى التناقص الى أن تنتهى الى القلب وهذه الاوعية الاخيرة ج ه ف تسمى بالمجموع الوريدى للدورة الكبرى وفى بعض الاوردة ثنيات غشائية تعمل عمل صمامات فتمنع الدم عن التقهقر فى الاوعية الشعرية ولا تمنعه عن العود الى القلب وتميز الاوردة عن الشرايين بقله مرونتها وجميع الاوردة ما عدا أوردة القلب نفسها تنتهى الى وريدين الاجوف العلوى والاجوف السفلى وهما يفتحان فى أذين القلب اليميني ومجموع ذلك من بطين وشرايين وأوعية شعرية وأوردة وأذين يسمى بالدورة الكبرى

ومن البطين الايمن يخرج وعاء مرن هو الشريان الرئوى وهذا يتفرع فيكون مجموعا شريانيا للدورة الصغرى ا به وبانباته في المنسوج الخاص للرئة يكون الاوعية الشعرة الرئوية ب وهذه يتفهم بعضها ببعض فتكون المجموع الوريدى للدورة الصغرى به ف وجلة القول أنه يخرج من البطين الايمن شريان يكون مجموعا شبيها بالمتكوتن عن الاورطى ينتهى الى الاذين الايسر وهذا المجموع هو الدورة الصغرى والصمام الفاصل لكل اذين عن البطين المقابل له يبيح اتصال أحدهذين التجويفين بالآخر وفي مبدا كل من الاورطى والشريان الرئوى ثلاث صمامات هى الصمامات السينية وهى تمنع اتصال البطين بالشريان في وقت الحاجة ومما تقدم يعلم أن مجموع الجهاز الدورى تام الدوران يقسمه القلب الى قسمين مختلفى الطول وهو مملوء بسائل مخصوص هو الدم قد علفت فيه كرات صلبة هى الصكرات الدموية الحمر والبيض

ولنجث الآن عن الظواهر الطبيعية والميكانيكية التى مجلسها الجهاز الذى ذكرناه فنقول ينقبض القلب انقباضات دورية ويحصل انقباض الاذين أولاً ثم البطين وزمن الانقباض يسمى زمن (السيستول) ثم يتبع هذه الحركات زمنا ترجع فيه الالياف العضلية الى حالة الهدوء ويسمى هذا الزمن زمن (الدياستول)

والقلب بسبب طبيعته العضلية وتصلب ألياف عضلاته فى جميع الاتجاهات يعمل بانقباضه عمل طلمبة كلبة فيحصل دوران الدم فى جميع الدورة واتجاه هذا الدوران على حسب الصمامات فالدم ياتى باستمرار من الاوردة الى الاذين ويعملؤه مدة الدياستول وبانقباض عضلات الاذين ينضغط الدم ولعدم امكان تفهقره الى الاوردة فان الصمام الاذيني البطينى ينفث بسبب هذا الضغط فيمر الدم الى البطين وهو فى حالة الدياستول وبحصول السيستول ينغلق الصمام الاذيني البطينى وينفتح الصمام الفاصل بين البطين والمجموع الشريانى فينقذ الدم فى هذا المجموع وبعد الانقباض يعود البطين الى حجمه فتغلق الصمامات السينية فتزول المواصله بين المجموع الشريانى والبطين ومن ذلك يتبين أن الدم يصل الى الاذين باستمراره وخروجه من البطين يكون دوريا متقطعا

فالدم ينقذ فى الشرايين متقطعا بتأثير الانقباض البطينى وهو انقباض يساوى ضغطا مقدرا بموود من الزئبق طوله ١٥٠ مم والدم المقذوف بهذه الكيفية والقوة لو كان قذفه فى أنابيب صلبة لكان سيالانه فيها متقطعا بأما فى الشرايين فيعمل عملين هما دفع السائل الذى

أمامه وتعيد الشريان عميدا محسوسا وبعودة هذه الشرايين الى قطرها الاصلى زمن الدياستول تحدث تقدم الموجود فيها بمرونة الشرايين قسطن سير الدم وتجعله مستمرا بدل أن يكون متقطعا وتنقص سرعة الدم كلما صغرت الشرايين بسبب ازدياد القطاع الكلى للشرايين وتنقص أيضا هذه السرعة باحتكاك الدم في جدر الشرايين

فالدم حينئذ يصل الى الاوعية الشعرية وصولا مستمرا أو يكاد يكون مستمرا مع نقصان في سرعته وسبب حركة الدم في الاوعية الشعرية هو قذف القلب له واستمرار هذا القذف بمرونة الشرايين ووصول الدم الى الاوعية يكون بانتظام وبسرعة آخذة في الازدياد وتكون هذه السرعة أعظم كلما اعتبرت نقطة قريبة من القلب بسبب أن القطاع الكلى للاوردة ينقص كلما قربت من القلب

ودفع الدم الموجود في الاوعية الشعرية للموجود منه في الاوردة بسبب مهم في حركة الدم في هذه الأخيرة وليس هو السبب الوحيد لان وضع الصمامات الوريدية له كيفية بها ما يحصل من الضغط الخارجى يغلط هذه الصمامات ويدفع الدم نحو القلب والعضلات تضغط الاوردة ضغطا متقطعا فتعطى الدم قوة دافعة فضلا عن أن يعود الاذين الى حجمه الاصلى بين الدياستول يزيد سعيه فيحدث مصا فبا اجتماع هذه الاسباب يصل الدم الى الاذين ثم يتجدد جميع الظواهر التى ذكرناها وما يحصل في دورة هو عين ما يحصل في الاخرى

## المطلب الثالث

ما يتعلق بالاجسام الغازية

### خواص الغازات

١١٠ - قابلية الغازات للانضغاط ومرونتها - الغازات كالسوائل ممتزة بكثرة حركة جزيئاتها وهى قابلة للانضغاط مرنة وقابليتها للانضغاط عظيمة جدا فالحجم الغاز المضغوط بضغط جو واحد يصير الى النصف أما السوائل فقابليتها للضغط قليلة فالحجم من السائل اذا ضغط بضغط جو واحد كان مقدار نقصانه عبارة عن كسر ٠.٠٠٠٠٤٨ من حجمه وتحقق قابلية ضغط الغازات ومرونتها با دخال كمية من غاز كالهواء فى اسطوانة مغلقة أحد أطرافها يمر فيها مكبس يضغط فيشاهد نقصان حجم الغاز يتوغل المكبس فى هذه الاسطوانة وبزوال الضغط الواقع على المكبس يتقهقر الى أن يصير فى مكانه الاول بسبب مرونة الغاز

١١١ - قابلية الغاز للانتشار - تتميز الغازات عن السوائل بقابليتها للانتشار وهي قابلية بها تميل كتلة الغاز الى أن تشغل ما يعرض لها من المسافات مهما كانت سعتهما ولتحقيق ذلك بطريقة سهلة استعمل (اونو) و (جريك) مئاة حبس فيها شي من الهواء وتوضع تحت ناقوس الآلة المفرغة فبعمل الفراغ تنتفخ المئاة شيئاً وبإدخال الهواء تحت الناقوس تهبط وترجع الى شكلها الاصلى

وهذه التجربة تدل على وجود نفور دائم بين جزيئات الغازات وبهذا النفور تضغط على جدر الاواني التي فيها وهذا الضغط يسمى قوة مرونة الغازات

١١٢ - تكون الغازات - المشابهات المختلفة الكثافة بين السوائل والغازات تؤدي الى اعتبار الغازات مكونة من جزيئات منفصل بعضها عن بعض تامة الحركة مبرنة كروية الشكل متوزعة بانتظام ومنقادة لقوى الجذب والنفور وشدة هاتين القوتين تتغير بحسب المسافات بين الجزيئات

١١٣ - تطبيق قاعدة بسكال على الغازات - تنطبق هذه القاعدة على الغازات كالتطبيق على السوائل فان التكوين الجزيئى لهما واحد فاذا حصل ضغط فى كتلة غازية فى حالة موازنة فانه ينتقل الى جميع الاتجاهات ويكون واحداً فى السطوح المتساوية ويكون فى المختلفة متناسباً مع مسطحاتها والضغط الحاصل على جزء مستوي يكون عمودياً على هذا الجزء وغير متعلق باتجاه الضغط وهذا هو عين ما قررناه فى السوائل

١١٤ - وزن الغازات - للغازات وزن يستدل عليه بطريقة سهلة هي أن يعلق فى احدى كفتى ميزان دورق عمل فيه الفراغ ثم يوضع له فى الكفة الثانية عدل تحصل به موازنة عائق الميزان فاذا أدخل فى الدورق غاز كالهواء اختلفت هذه الموازنة ولا تعود الا بوضع صنج تعادل وزن الهواء فى كفة الميزان التى وضع فيها العدل وبعمل هذه التجربة مع الهواء واجراء التعديلات التى تتعلق بالحرارة يبين أن اللتر الواحد من الهواء يزن على درجة صفر وضغط ٧٦٠ ملليمتر ١,٢٩٣ جم

١١٥ - ضغط الغازات - بتطبيق البراهين التى استعملت فى السوائل على الغازات يتوصل الى هاتين النتيجةين

- (١) الضغط فى الغازات التى فى حالة توازن الحاصل فى نقط فى مستواقي واحد يكون واحداً
- (٢) كل جزء افقى من كتلة غازية يحمل ضغطاً هو وزن العمود الغازى الذى يعاوه

وبناء على ذلك فكل نقطة من سطح الارض تكون مضغوطة بضغط هو وزن عمود الهواء الذي في أعلاها

١١٦ - الوزن النوعي للغازات - علمنا أن للغازات ثقلا ولكن قوة انتشارها الناتجة عن تناثر الجزيئات تقاوم الى حد معين تأثير التناقل فيها فيقف تقارب جزيئات الغازات بعضها من بعض متى صارت قوة النفور موازنة للضغط الحاصل عن التناقل وقوة النفور تزداد كلما صغرت المسافة بين الجزيئات والحرارة تزيد في قوى النفور الجزيئية والضغط الخارجى يقترب الجزيئات بعضها من بعض أى انها تعمل عمل التناقل فينتج من ذلك أن الوزن النوعي للغازات يختلف اختلافا عظيما باختلاف الحرارة والضغط فينقص نقصا يائنا بزيادة الحرارة ويزداد كثيرا بزيادة الضغط الخارجى ولذلك كان من الضروري تعديل الوزن النوعي للغازات الى درجة حرارة وضغط معينين وقد جرت العادة برد الوزن النوعى الى ما يكون عليه في درجة الجليد الآخذ في الاصطهار والضغط المعتاد الذى هو ٧٦ ستمتر من الزئبق ولا يختلف الطريقة المستعملة لتعيين الوزن النوعي للغازات عن المستعملة لتعيين الوزن النوعي للسوائل اختلافا كبيرا لكانت كثافة الغازات صغيرة جدا استعمل لتعيينها كميات عظيمة من المادة ولذلك يؤخذ ورق من زجاج متسع ويوزن بعد عمل الفراغ فيه ثم يملأ بالغاز ثم بالماء المقطر وفي كل وزن تعين درجة الحرارة التى حصل عليها الوزن في هذه الاوزان فيستدل بذلك على الثقل و للغاز وعلى الثقل و الحجم من الماء مساو لحجم الغاز الموزون أى يستدل على حجم الغاز ح ومن معرفة الثقل و والحجم ح يستدل على الكثافة ك لهذا الغاز باستخراجها من المعادلة  $و = ح ك$  ثم تعدل هذه الكثافة المتحصلة على درجة الحرارة والضغط الخارجيين الى ما تكون عليه في درجة الصفر والضغط المعتاد وذلك بمعادلات تذكرها عند دراسة الحرارة وبتعيين كثافة الهواء هكذا يتبين أن كثافة هذا الغاز بالنسبة للماء هي ٠.٠١٢٩٣ ومنها يستنتج ان اللتر الواحد من الهواء على درجة الصفر والضغط المعتاد وزن ١,٢٩٣ جم

ولسهولة مقارنة الاوزان النوعية بعضها ببعض تعين كثافة الغازات بالنسبة لكثافة أحدها ماخوذة وحدة وقد جرت العادة بجعل كثافة الهواء هذه وحدة لكثافة الغازات الاخر وقد اشار العالم الكيماوى (ورنس) بجعل كثافة الايدروجين هي الوحدة وفي ذلك مزيتان الاولى ان كثافة الغاز مضروبة في ٢ تصير وزن جزيئه الثانية عدم تغير هذه الكثافة لان الايدروجين جسم بسيط تركيبه غير قابل للتغير وأما الهواء فلكونه مخلوطا كان تركيبه قابلا

للتغير ولهذا كانت كثافته كذلك ومن ثم يتغير الوزن النوعي المقارن بها وهالك جدولاً  
يشتمل على كثافة بعض الغازات والابخرة بالنسبة للهواء وكثافتها بالنسبة للأيديروجين ووزن  
جزئها

| كثافة بالنسبة<br>للهاواء واحد | كثافة بالنسبة<br>للأيديروجين واحد | الوزن<br>الجزئي |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| أوكسيجين                      | ١,١٠٥٦                            | ١٦              |
| أيديروجين                     | ٠,٠٦٦٢٦                           | ١               |
| ازوت                          | ٠,٩٧١٤                            | ١٤              |
| زئبق                          | ٦,٩٧٦                             | ١٠٠,٧٤          |
| حمض كلور أيديريك              | ١,٢٧٨                             | ١٨,٠٧           |
| فوسفور                        | ٤,٥                               | ٦٣,٩            |
| زرنيج                         | ١٠,٢٠                             | ١٥٣,٠٠          |

١١٧ - ما يفقده الجسم المغمور في الهواء من وزنه - علمنا أن الاجسام المغمورة في سائل  
تفقد من وزنها بقدر وزن ما تزيغه من هذا السائل وقاعدة (ارشميدس) هذه تنطبق  
أيضاً على الغازات لانها أيضاً بسبب ما في جزئياتها من الحركة التامة تنقل كالسوائل الضغط  
الى جميع الاتجاهات على التساوى ولذا كان كل جسم غمر في غاز كالهواء يفقد من وزنه  
بقدر وزن ما أزاغه من هذا الغاز لان الضغط الحاصل على السطح السفلي لهذا الجسم يزيد  
عن الحاصل على السطح العلوي له بقدر وزن عمود من غاز ارتفاعه المسافة الرأسية بين  
السطحين (راجع قاعدة ارشميدس)

ويتحقق ذلك عملاً بان يعلق في طرفي عاتق كعائق الميزان كرتان احدهما معلقة والاخرى  
مصمتة مختلفتي الحجم قريتي الوزن والمصمتة معلقة في لبوس يتحرك على العاتق فتوضع  
الكرتان على بعد من نقطة تعليق العاتق بحيث تكون الكرة الصغيرة موازنة للكبيرة فيكون  
العاتق بذلك افقياً متى كان في الهواء فاذا وضع هكذا تحت ناقوس الآلة المفرغة فان الموازنة  
تحتل بتخلل الهواء فيميل العاتق شيئاً فشيئاً الى أسفل من جهة الكرة الكبيرة ويصير  
العاتق افقياً بدخول الهواء وما ذلك الا لكون قوة الدفع من أسفل لاهل عظمية في الكرة  
الشاغلة لحجم كبير صغيرة في الاخرى وحيث ان الموازنة كانت موجودة بوجود قوتي دفع  
مختلفتين فيزوالهما تزل الموازنة الحاصلة معهما فيسقط العاتق نحو الكرة التي فقدت قوة

دفعاً كثر وهي الكبرى ولذلك لا يحصل بوزن جسم في الهواء على الحقيقة بل على وزنه الظاهر وللحصول على وزنه الحقيقي يلزم أن يضاف إلى الوزن الأول وزن حجم الهواء الذي أزاغه الجسم وزد على ذلك أنه يلزم احتساب ما يفقده وزن الصنج المستعملة بسبب ما تريغ من الهواء وفي غالب الأحوال لا تفعل هذه التعديلات خصوصاً إذا كان الجسم الموزون صلباً لأن كثافة الهواء صغيرة بالنسبة لكثافة الجوامد والسوائل فيكون ما تنفقه من وزنها بسبب ما أزاغته من الهواء قليلاً لا يساوي النظر إليه أما إذا كان الجسم الموزون قليل الكثافة كبير الحجم فإن تعديل وزنه يصير أمراً لازماً ولعمل هذا التعديل نفرض أن  $W$  وزن الجسم الحقيقي أي وزنه في الفراغ و  $D$  كثافته على درجة الحرارة والضغط الحاصل فيه وقت العمل فوزن الجسم في الهواء يكون وزنه الحقيقي ناقص وزن حجم من الهواء مساو لحجمه أي يكون

$$W = W_0 - \frac{V}{D} \quad (D \text{ كثافة الهواء})$$

وإذا كان وزن الصنج الحقيقي أي وزنه في الفراغ  $V$  وهو المرقوم عليها  $\ll$  كثافة المادة المصنوعة منها  $M$  فوزنها في الهواء  $V_0$  هو وزنها الحقيقي ناقص وزن حجم من الهواء يساوي حجمها أي أن

$$V_0 = V - \frac{V}{M}$$

وحيث أن ثقل هذه الصنج في الهواء يعادل ثقل الجسم في الهواء أيضاً فيكون

$$W = \frac{V}{D} = V_0 - \frac{V}{M}$$

ومنها

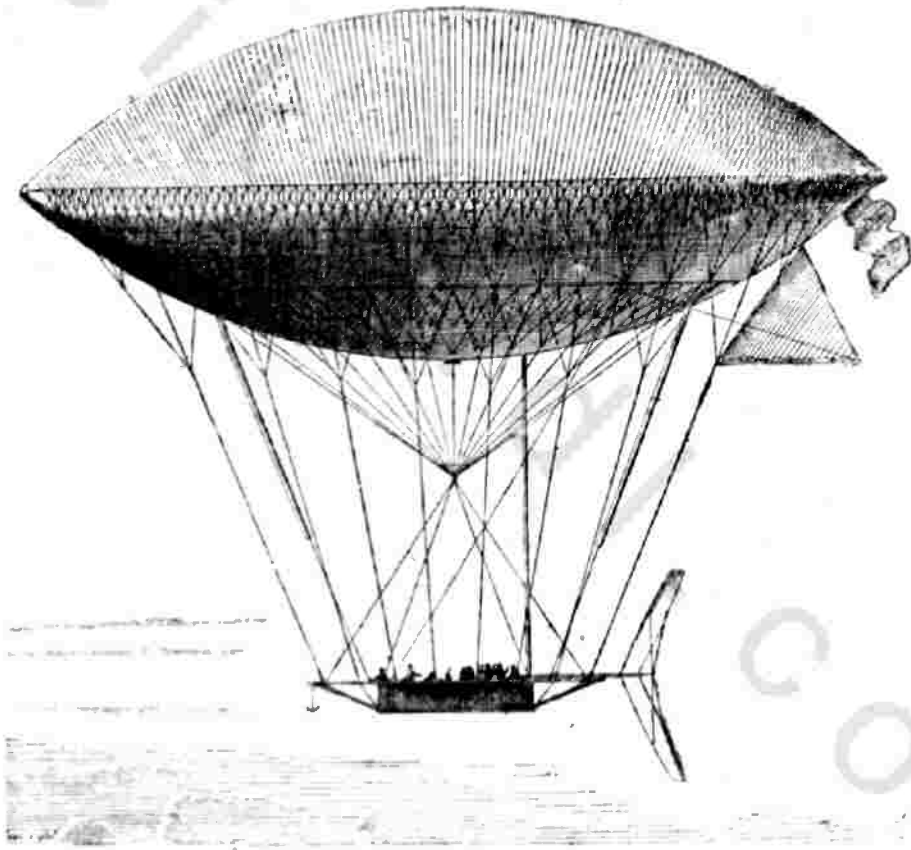
$$D = \frac{V}{V_0 - V} = \frac{V}{V_0} \left( \frac{M}{M - 1} \right)$$

ومنها

$$W = \frac{V(D - M)}{M(D - 1)}$$

١١٨ - القباب الطائرة - هي أحدث تطبيقات قاعدة (أرشميدس) على الهواء فهي كرات من النسجة خفيفة لا تسمح للغازات بالمرور منها مملوكة بالهواء الحار أو الأيدروجين أو غاز آخر أخف من الهواء بحيث يصير وزنها أخف من وزن حجم مساو لها من الهواء فترتفع فيه وتسمح وقد تغير شكل القباب الطائرة بمرور الأزمان وأول من اقترح طريقة عملية لاكساب القباب الطائرة سرعة مقصودة هو (جيفار) بتجربتين فعلهما وذلك أنه استعمل

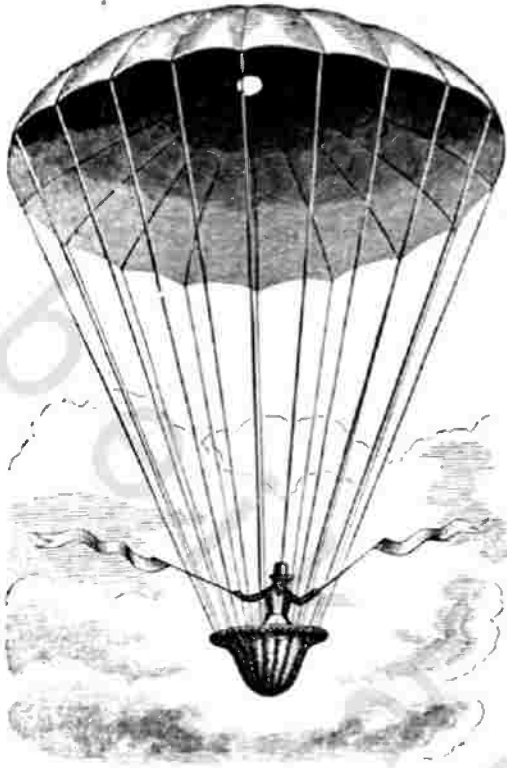
حلزونيّات تتحرك بالبخار لتسير بها القباب (وشكل ٦٣) هو القبة التي جهّزها (دبوي دلوم) اجابة لطلب الحكومة الوطنية الفرنسية سنة ١٨٧٠ للسياحة بها في الهواء ولكنها لم تجرب الا سنة ١٨٧٢ وهي تتحرك بحلزونيّات مسلطة على فروع لها أجنحة من نوع من القماش تحركها رجال فتكنسب بذلك حركة مقدارها ٢٥ متر في الثانية وقد وضع لها دفعة من القماش لتوجه بها في الاتجاه المطلوب وأكسبها شكلا مستطيلا يسهل حركتها في الهواء وزيادة على ذلك فإنه وضع في داخلها قبة أصغر منها بعشر مرات يمكن ملؤها بالهواء اذا اريد وذلك لتبقى القبة دائما على شكلها ولو تغير ضغط الهواء في الصعود والهبوط لانه رأى ثبات الشكل ضروريا لموازنة القبة



ش ٦٣

١١٩ - مانعة السقوط - المولعون بالسياحة في الهواء يتخذون معهم من باب الاحتياط جهازا كان لاختراعه رنة هو مانعة السقوط وهو جهاز زيد الى المنع على المقصود منه وهو عبارة عن قماش مستدير متسع مشقوب من الوسط يشبه شمسية متسعة (شكل ٦٤) في دائره أحبل يعلق فيها مقعد المسافر في القبة الطائرة وتعلق مانعة السقوط أيضا وهي مغلقة في القبة الطائرة بحبال بحيث يكون المقعد مغطى بمانعة السقوط وبالقبة الطائرة

فاذا أراد المسافر السقوط لسبب من الاسباب كانفجار في القبة الطائرة قطع الحبال الرابطة



للمقعد بالقبة الطائرة والحبال الرابطة  
لمناعة السقوط بالقبة أيضا فسقط المانعة  
مع المقعد بسرعة معجلة أولا ولكن مقاومة  
الهواء لسقوطها فتفتحها فتقل سرعة  
السقوط كثيرا فيكون نزول المسافر هينا  
لا يصدم الارض بشدة وما تحده مانعة  
السقوط من تقليل سرعة الهبوط عظيم  
جدا فان (سيقل) قطع بمانعة السقوط  
ارتفاع قدره ١٨٠٠ متر في ٤٥ دقيقة  
ولو هبط من غير مانعة السقوط لقطع هذه  
المسافة في ١٩ دقيقة وما ذلك الا لمقاومة  
الهواء لمناعة السقوط

ش ٦٤

أما الثقب المرجود في وسط مانعة السقوط

فهو لير الهواء المضغوط منه ولولا ملر من أسفل فيحدث فيها حركات تذبذبية تعبر راكبها فضلا  
عن كونها خطيرة مخيفة

١٣٠ - الهواء الجوي وضغطه - الهواء الجوي هو الكتلة الغازية المحيطة بالكرة  
الارضية وهو كسائر الغازات ذو وزن واذا تصورنا أنه منقسم الى طبقات افقية فبالضرورة  
كل طبقة تحمل وزن ما فوقها فتكون كل طبقة ضاغطة على ما دونها وحيث ان هذا الضغط  
ينقص من أسفل الى أعلى بنقصان عدد الطبقات فيكون الهواء الجوي أكثر تخفلا كلما ارتفع  
في الجو

ومع وجود قوة انتشار في الهواء بكافى الغازات فان جزيئات الهواء لا تتباعد وتتشر لا الى  
نهاية في المسافة الفلكية لان قوة الانتشار والنفور بين الجزيئات تنقص بازدياد المسافة بين  
الجزيئات وتنقص أيضا بانخفاض الحرارة وهذه الثنائية آخذة في الانخفاض من سطح  
الارض الى المسافات الفلكية فدرجة الحرارة في المسافات الفلكية تبلغ ١٨٠ - وعلى  
ذلك لا بد أن يكون للهواء الجوي حد في الارتفاع وهو حد تكون فيه قوة انتشار الجزيئات  
نحو المسافات الفلكية موازنة لتأثير الشاغل الجاذب لها نحو مركز الارض

وقد قدر ارتفاع الجو بحسب وزنه وتناقص كثافته وبعض ظواهر اخر بين ٣٢٠ كيلومتر و ٣٤٠ كيلومتر وبعد ذلك يكون الفراغ التام وحيث علم ان اللتر الواحد ين ١,٢٩٣ جم فاذا اعتبرنا كتلة الهواء المحيطة بسطح الارض كان الضغط الواقع منها على هذا السطح عظيما ويثبت هذا الضغط بهذه التجارب

١٢١ - ثاقب المثانة ونصفا كرة (مجدبيورج) - ثاقب المثانة هو اسطوانة من زجاج أغلق أحد طرفيها بغشاء من البودريش اغلاقا جيدا والطرف الآخر حافته مصفرة منتظمة فتوضع هذه الاسطوانة على قرص الآلة المفرغة (شكل ٦٥) بعد تضييق حافة الطرف المفتوح بالشحم حتى تلتصق هذه الحافة بقرص الآلة فتتمنع المواصله بين باطن الاسطوانة وخارجها فتى ابتدأ حصول الفراغ في هذه الاسطوانة فان الغشاء ينبعج بتأثير ضغط الهواء فيه ثم ينفجر بفرقة شديدة تحصل من دخول الهواء فجأة

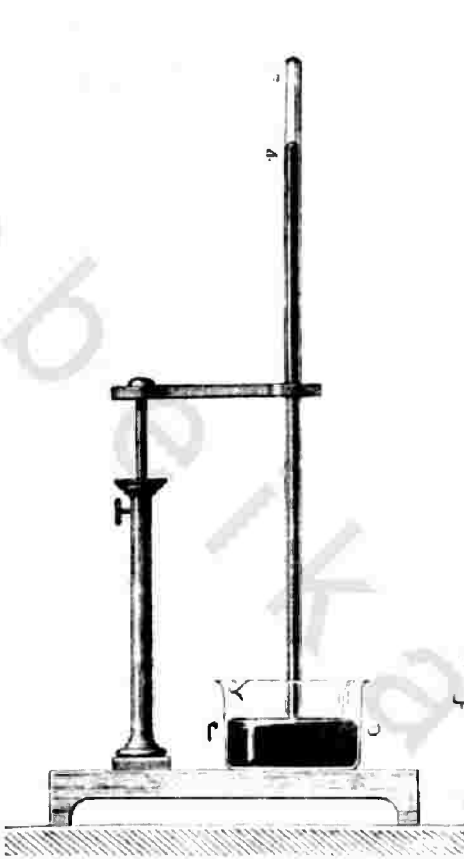


ونصفا كرة مجدبيورج (١) هـ - ما نصفا كرة مجقوفة من النحاس (شكل ٦٦) قطرها بين ١٠ و ١٢ سنتيمتر على حافة كل واحدة منهما دائرة من الجلد منسدة بالشحم ليستقر الفراغ فيها متى فعل ولا أحد النصفين حنفيه يمكن تركيبها على الآلة المفرغة وللآخر حلقة بها يمكن جذب أحد النصفين عن الآخر بفصلهما فتى كان النصفان مملوءين بالهواء فان فصل أحدهما عن الآخر يكون سهلا لموازنة قوة انتشار الهواء داخلهما القوة انتشاره خارجهما ومتى عمل الفراغ كان فصلهما لا يحصل الا بجهود عظيمة



١٢٢ - تجربة (تورشيلي) - قد أثبت (تورشيلي) تليذ (جليايه) هذا الضغط بطريقة بدعيه سلكها سنة ١٦٤٣ بان ملا بالزئبق أنبوبة من زجاج أب (شكل ٦٧)

طولها متر مسدودة الطرف ١ وبعد أن سد طرفها الثاني ب بالابهام نكسها وجعل



ش ٦٧

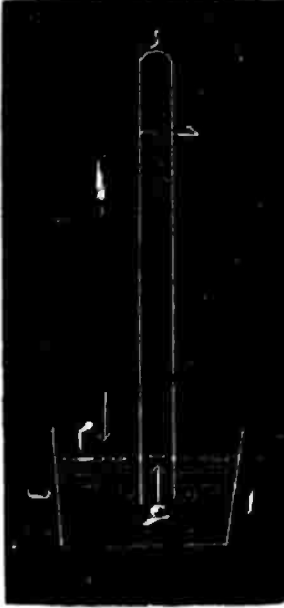
الطرف المسدود وبالابهام الى أسفل وغمره في حوض محتو على الزئبق فبعد أن أبعد الاصبع رأى انخفاض الزئبق الى أن صار ارتفاعه أعلى من سطح الزئبق من الذي في الحوض بقدر ٧٦ سنتيمتر تقريبا وبعد ذلك استمر هذا الارتفاع بلا تغير وارتفاع الزئبق في الانبوبة انما هو لضغط الهواء على سطح الزئبق في الحوض اذ لو كان هذا الضغط معدوما لكان سطح الزئبق داخل الانبوبة وخارجها واحدا كما تقتضيه قاعدة موازنة السوائل في الاواني المتواصلة

١٣٣ - تجارب (بسكال) و (بريه) - قد حقق بسكال تجربة (تورشلي) سنة ١٦٤٦ باستعمال أنابيب مختلفة الطول ملئت بسوائل مختلفة وظهر أن ارتفاع السوائل في الانابيب على العكس من كثافة السوائل فاذا كان ارتفاع الزئبق في الانبوبة ٧٦ سم فان ارتفاع الماء يكون  $13,09 \times 0,76$

وحقق أيضا أن قطر الانبوبة وشكلها وميلها ليس لها تأثير في الارتفاع العمودي للسوائل في الانابيب

ولما كان من رأيه أن ارتفاع السوائل في هذه الانابيب هو بسبب ضغط الهواء على سطح السائل خارجها ولذا يقل ارتفاع هذه السوائل في الانابيب كلما ارتفعت الاجهزة في الجوى أشار على (بريه) باعادة تجربة (تورشلي) في قمة جبل (بوى دودوم) فاعادها سنة ١٦٤٨ حين عمل التجربة عينها في أسفل الجبل في مدينة (كليرمون) وهي منخفضة عن الجبل بقدر ٩٧٥ متر فكان ارتفاع الزئبق في الانبوبة في أعلى الجبل أقل من ارتفاعه في المدينة بقدر ٨٤ ملليمتر وهو فرق لا يمكن نسبته للفرق في ضغط الهواء الجوى

١٣٤ - قياس ضغط الهواء - يقاس ضغط الهواء بان يقارن هذا الضغط بضغط سائل متفق عليه هو الزئبق في تجربة (تورشلي) رأينا أن الزئبق ارتفع في الانبوبة بسبب ضغط الهواء إلى ٧٦ سم. متر فضغط هذا العمود الزئبق مساو لضغط الهواء لا تنال ورجعنا إلى هذه التجربة وأخذنا في سطح الزئبق أ ب (شكل ٦٨) سطحين متساويين (نحو سنتيمتر مربع) أحدهما ع في داخل الانبوبة والآخر م خارجها وكان



في مستواقي واحد فلا بد أن يكون الضغط الواقع عليهما واحدا اذ بدون ذلك لا تحصل الموازنة والضغط الحاصل على السطح م هو ضغط الهواء الجوي والحاصل على السطح ع هو ضغط عمود الزئبق الذي يعالو هذا السطح وحينئذ فوزن هذا العمود يعادل ضغط الهواء الجوي وهو حينئذ قياس له فاذا رمزنا بالحرف ض الى ضغط الهواء الحاصل على وحدة السطح (قدر سنتيمتر مربع مثلاً) فقيمه مقدرة بالجرام تؤخذ من هذه المعادلة

$$ض = ١ \times ع \times ك$$

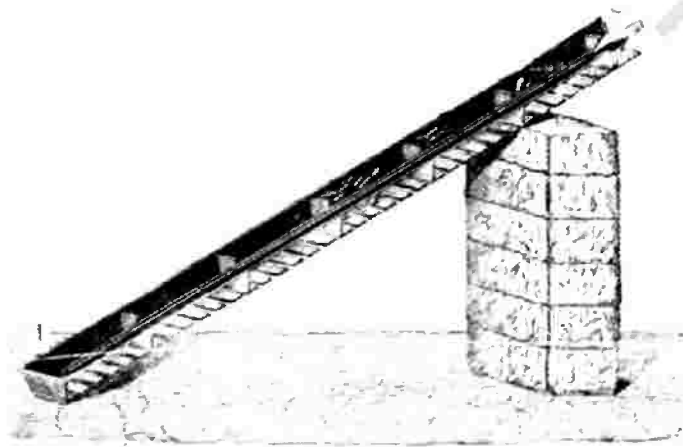
ع رمز لارتفاع الزئبق في الانبوبة و ك رمز لكثافته لان ما يعادل ضغط الهواء على هذا السطح هو وزن عمود الزئبق المرتفع في الانبوبة وقاعدته مساوية للسطح المضغوط ووزن هذا العمود هو حاصل ضرب مجمله (ع × ك) في كثافته ك فاذا فرضنا الارتفاع ع مساوياً ٧٦ سم (وهو الارتفاع المعتاد) كان الضغط الجوي هو عبارة عن ٧٦ × ١٣,٥٩ لان السنتيمتر المكعب من هذا الاخير ين ١٣,٥٩ جم أى كان الضغط ١٠٣٣ جم أو ١,٠٣٣ كيلوجرام وبهذا السبب يكون الضغط الجوي الحاصل على متر مربع مساوياً ١٠٣٣٠ كيلوجرام والحاصل على السطح س معبر عنه بالمتر يساوى ١٠٣٣٠ × س كيلوجرام ولكون الضغط ض متناسباً دائماً مع الارتفاع ع جرت العادة بالدلالة على الضغط الجوي بارتفاع عمود الزئبق فاذا قبل ان الضغط الجوي يساوى ٧٥ سنتيمتر مثلاً كان معنى ذلك أن الضغط الحاصل على سطح مهما كانت سعته يساوى وزن عمود من الزئبق مساو له في السطح وارتفاعه ٧٥ سنتيمتر

١٣٥ - الضغط الحاصل على جسم الانسان - الضغط الاعتيادى للهواء على شاطئ البحار هو ٧٦ سنتيمتر من الزئبق وعلى ذلك فقيمة هذا الضغط الواقع على كل سنتيمتر مربع

من جسم الانسان مقدرة بالجرام تساوى ١٠٣٣ جراما وحيث ان مسطح جسم الانسان المتوسط القامة والعود هو متر مربع ونصف فقيمة الضغط الجوى الحاصل عليه تساوى ١٥٥٠٠ كيلو جرام ويخيل الينا أن ضغطا عظيما كهذا لا يتحملة الجسم وأن هذا الضغط يشدحه ومع ذلك فالجسم يقاومه بضد الفعل الحاصل من السوائل والغازات الموجودة فى البنية فاعضاء البنية ماضية فى حركتها لاتعوق بتأثير هذا الضغط لانه يحصل فى جميع الاتجاهات فتكون هذه الاعضاء منضغطة فى جميع الاتجاهات بضغوط متساوية متضادة يعادل بعضها بعضا ومن شان ضغط الهواء على الجسم تثبيتته لاتعويقه ولذلك ترى الانسان يحس بمل فى الايام التى يكون فيها ضغط الهواء ضعيفا

١٢٦ - البارومتر وأنواعه - الآلة المستعملة لقياس الضغط الجوى تسمى بارومتر وهو أنواع

البارومتر ذو الطست - هو جهاز (تورشلى) موضوع بكيفية بها يمكن قياس الضغط فى أى وقت من أوقات اليوم ولتكون الدلالات المأخوذة من البارومتر حقيقية يلزم أن يكون الجزء العلوى من الأنبوبة ويسمى الخزنة البارومترية  $h$  من الشكل المتقدم ٦٧ خاليا عن كل غاز وبخار لان وجود شئ فيها يحدث انخفاض العمود الزئبقى بشدة مروته ولهذا الغرض تؤخذ أنبوبة من زجاج طولها ٨٥ سنتيمتر تقريبا متسعة بقدر الامكان كي تكون الظواهر الشعرية قليلة الوضوح فيها ثم يسد احد طرفيها ويلحم بالطرف الاخر كرة ثم علا هذه الكرة



ش ٦٩

بالزئبق النقى ثم توضع على مصبع من شبكة معدنية موضوعة بالميل كما فى (شكل ٦٩) ويوضع على هذا المصبع جرم متقد بحيث يغلى جميع أجزاء العمود الزئبقى على التعاقب من أعلى الى أسفل وبهذه

الواسطة تطرد الرطوبة والفقاغات الهوائية التى تكون فى الزئبق والتى تكون ملتصقة بجدران الأنبوبة ومضى ظهر سطح الزئبق لما عاينوا صلا من جميع أجزائه تترك الأنبوبة لتبرد ثم تفصل الكرة ب عن الأنبوبة حيث لم يبق لها عمل لان وضعها انما كان لمنع الزئبق عن

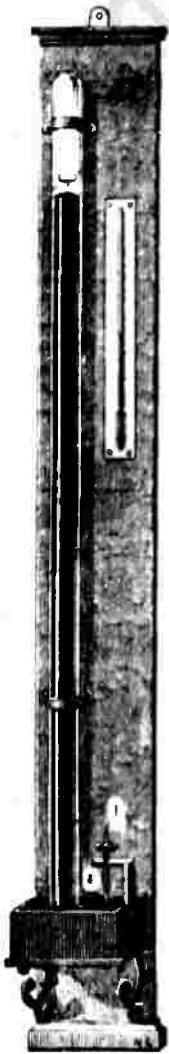
الخروج من الابوبة ثم يسد بالاصبع طرف الابوبة المفتوح وتنكس في الطست ويعلم أن الابوبة وما فيها من الزئبق تنجردا عن الهواء والرطوبة بامالتها فان كانت الخزانة البارومترية خالية عن الهواء والابخرة امتلأت بالزئبق امتلاء كلياً وسمع للزئبق عند مصادمته اقعة الابوبة صوت جاف معدني

ولمعرفة الضغط الجوي بهذا الجهاز في المنازل يوضع على قائمة من خشب مدرجة بالمليمتر والسنتيمتر بحيث يكون صفر التدريج في محاذاة سطح الزئبق في الطست ويؤخذ ارتفاع العمود الزئبق في الدرجة التي يصل اليها قمة عمود الزئبق في الابوبة وفي هذه الحالة ارتفاع عمود الزئبق

في الطست مفروض ثابت لا يتغير مع أنه في الحقيقة يتغير باختلاف الضغط الجوي فبازيادة الضغط يرتفع سطح الزئبق في الابوبة فينخفض سطحه في الطست وبانخفاض الضغط ينخفض سطح الزئبق في الابوبة فيرتفع في الطست وبذلك يكون صفر التدريج متغيراً يرتفع احياناً وينخفض أخرى ولذلك كانت الدلالات المأخوذة غير محكمة

وفي المعامل يستعمل البارومتر ذو الطست (شكل ٧٠) وهو لا يختلف عن الذي ذكرناه الا في كون الطست من الحديد الزهري باحد جوانبه قطعة منحنية على هيئة زاوية قائمة يمر فيها مسمار برمة اه ينتهي كل طرف من طرفيه بقطعة مذبذبة من العاج وطول هذا المسمار من الطرف المذبذب الى الآخر ثابت يعلم بقياسه مرة واحدة

ولقياس ارتفاع الزئبق من هذا الجهاز يبدأ بتحريك المسمار الى أن تصير قته السفلى ملاصقة لسطح الزئبق وهذا يكون متى رأى الصانع ان الطرف المذبذب السفلي للمسمار في ملاصقة صورته المنعكسة في الزئبق وبعد ذلك يقاس الارتفاع بين الطرف العلوي ا للمسمار وقعة العمود الزئبق في الابوبة بواسطة كتيونومتر ويضاف اليه طول المسمار فيكون المجموع هو طول العمود الزئبق من سطح الزئبق في الطست الى قمة الزئبق في الابوبة



ش ٧٠

والكتيونومتر آلة تتركب على الخصوص من مسطرة مدرجة يوضع وضعا عموديا وعليها تنزلق نظارة يمكن معها رؤية سطح الزئبق والابرة من بعد وفي حالة انزلاق النظارة تكون في مستويات يوازي بعضها بعضا

١٢٧ - بارومتر (فورتن) - البارومتر المسمى بهذا الاسم نسبة لمخترعه هو بارومتر ذو طست ولكنه سهل النقل وبه يمكن عمل مشاهدات محكمة ويختلف عن البارومتر المتقدم المذكور بأن قاعدة طسته من جلد الاروى يرتفع وينخفض على حسب الارادة وبذلك يتأتى جعل سطح الزئبق في الطست مقابلا لصفرة التدريج وهذا الطست مكون كما ترى من (شكل ٧١)



ش ٧١

من أسطوانة من زجاج ب قطرها ٤ سنتيمتر تقريبا وارتفاعها ٣ وجزؤها العلوى مغلق بقرص من خشب يعالوه غطاء من نحاس م ومن وسط هذا القرص والغطاء تمر الانبوبة البارومترية ه ه وطرفها المنفر في زئبق الطست مسحوب والانبوبة والطست منضم بعضهم الى بعض بجلد الاروى ج ه ه بواسطة رباطين شديدين أحدهما في ج ه مثبت في اختناق في الانبوبة والاخر في ك ه مثبت في انبوبة من نحاس مثبتة في مركز الغطاء وهذا الارتباط كاف في منع خروج الزئبق من الطست عند انقلاب وضع البارومتر ولا يمنع ضغط الهواء الجوى عن الزئبق فان هذا يحصل من خلال مسام جلد الاروى على زئبق الطست

والجزء السفلى من الاسطوانة ب يلتصق باسطوانة من الخشب ز ز وعلى حافة هذه الاخيرة في ي ي مثبت جلد الاروى م ن المكون لقعر الطست وفي مركز هذا الجلد زر من الخشب ح يرتكز عليه مسمار برمة د وهو الذى يادارته الى اليمين أو اليسار ينخفض أو يرتفع الزئبح ومعها الجلد م ن فيرتفع أو ينخفض الزئبق فاذا أريد عمل

مشاهدة أدير المسمار الى أن يصير سطح الزئبق مماسا لجسم مذهب من العاج ا مثبت في قعر الغطاء ويعرف تماس سطح الزئبق مع هذا المسمار حين تكون ذبابة هذا الجزء مماسة لذبابة صورته المنعكسة على سطح الزئبق وجميع الجزء السفلى من الطست مغمد في غمد من النحاس ق وهذا الغمد مرتبط بغطاء الطست بثلاثة مسمار ك ك ك

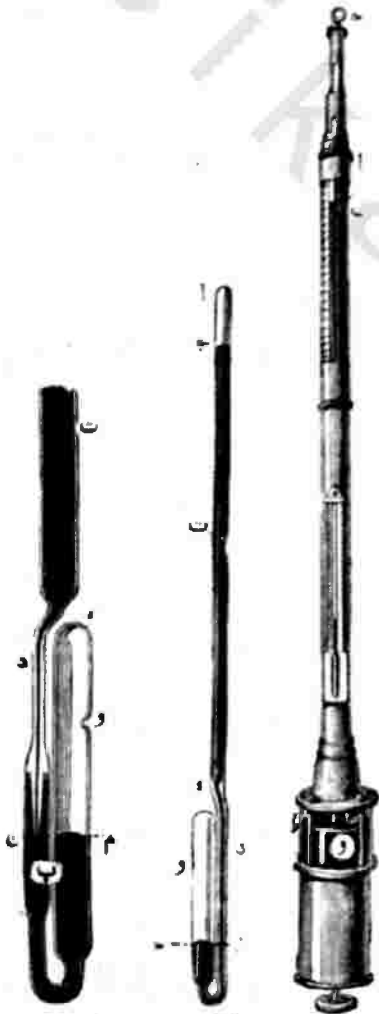
أما الانبوبة البارومترية فمحفوظة في غمد من نحاس لوقايتها وهو كافى (شكل ٧٢) الذى هو رسم البارومتر محكما مشقوق من جزئه العلوى وبه كوتان مستطيلتان متقابلتان منهما يرى الزئبق في الانبوبة وعلى هذا الغمد مسطرة مدرجة بالمليمترات صفرها يقابل الجزء المذهب من الجسم العاجى و يتحرك على الغمد بواسطة مسمار حلقة معدنية هي فرييه معها يؤخذ

ارتفاع الزئبق في الأنبوبة بحيث إن هذا الارتفاع لا يختلف عن الحقيقة بأكثر من عشر ملليمتر بأن تجعل الحافة السفلى لهذه الحلقة مماسة لسطح الزئبق وتكون دلالة هذا البارومتر صحيحة يلزم أن تكون الأنبوبة موضوعة وضعا عموديا فإن كانت مائلة كان الارتفاع البارومتري أكثر من الارتفاع الحقيقي ولنقل هذا الجهاز من مكان إلى آخر يرفع بواسطة المسمار البرمة جلد الاروى الى أن يملأ الزئبق الأنبوبة والطست واذنالك يمكن نقله بل وقلبه من غير أن يخشى دخول الهواء فيه

١٢٨ - البارومتر المص - هذا البارومتر يتركب من أنبوبة منخنية الى فرعين متوازيين قطرها واحداً أحدهما طويل والآخر قصير والطويل مغلق والقصير ذو فتحة صغيرة بها يضغط الهواء على سطح الزئبق

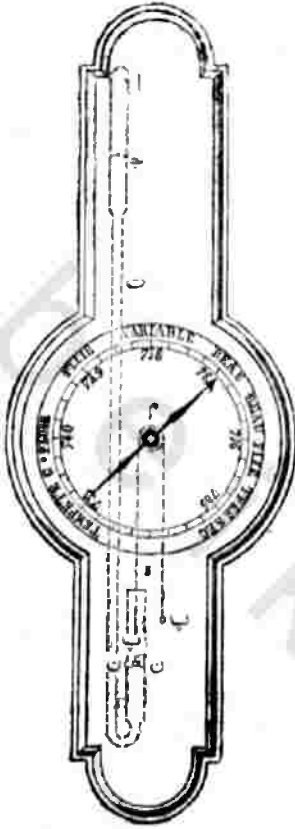
وقد ضم (غيلوسالك) الفرعين ١ و ٢ (شكل ٧٣) بأنبوبة شعرية د ليصعب دخول الهواء في الخزانة البارومترية عند قلب الجهاز ويضغط الهواء على سطح الزئبق من الفتحة و

وارتفاع عمود الزئبق المعادل للضغط الجوي هو المسافة الغمودية جو بين سطحي الزئبق في الأنبوبتين ويقاس هذا الارتفاع بمقياس مدرج بالملليمترات تدريجيين أحدهما صاعد والآخر نازل صفرهما مشترك موضوع في وسط الارتفاع فتجمع المسافة بين صفر التدريجين ووسط الزئبق في إحدى الأنبوبتين الى المسافة بين الصفر ووسط الزئبق في الأخرى وقد نوع (بوتين) أحد صناعات آلات البارومتر المص لغيلوسالك بأن أنهى الطرف الطويل جهة الفرع القصير بمنحني مستدق ب (شكل ٧٤) وغلفه بانتفاخ في أنبوبة شعرية وبذلك تنحبس فقاعات الهواء التي تتمكن من الدخول في الأنبوبة الشعرية بين



ش ٧٢ ش ٧٣ ش ٧٤ جدار الجزء المستدق وجدر الأنبوبة الشعرية فلا تنصل الى الخزانة البارومترية فيختل الجهاز وهذا البارومتر سهل النقل ولنقله يمال بالتدريج والاحتباس الى أن يمتلئ فرعه الطويل بالزئبق ثم يوضع في غمد من نحاس وهذا في غمد من الجلد أو علبه من الخشب

١٢٩ - البارومتر ذو وجه الساعة - هو بارومتر مص (شكل ٧٥) فرعه القصير



ش ٧٥

مفتوح بالكلية وفيه أنبوبة من زجاج فيها قليل من الزئبق حتى تكون بذلك ثقيلًا يسبح على سطح الزئبق الموجود في الفرع القصير مع انغمار جزء منه فيه وهذا الثقيل ب معلق في خيط من الحرير ملتف على بكرة م خفيفة سهله الحركة ينتهي هذا الخيط بثقل آخر ب وزنه أقل من وزن الثقيل الاول قليلا وفي محور البكرة عقرب مثبت فيه من مركز ثقله وبين العقرب والبكرة وجه ساعة أمامه يتحرك العقرب فإذا زاد الضغط الجوى انخفض الزئبق في الفرع القصير من المص فينخفض الثقيل الذي فيه لزيادة وزنه عن وزن الثقيل الخارج عن هذا الفرع فيحدث بانخفاضه دوران العقرب في أحد الاتجاهات وإذا نقص الضغط الجوى ارتفع الزئبق في الفرع القصير فيرتفع الثقيل وبارتفاعه يتحرك العقرب في اتجاه مضاد للاول

ويدرج هذا البارومتر بمقارنته ببارومتر (فورتن)

١٣٠ - البارومتر المعدني لبوردن - كثيرا ما يستعمل

بارومترات لا تحتوي على الزئبق وبارومتر (بوردن) من أبسط هذه البارومترات وهو أنبوبة من النحاس الأصفر أ م ب (شكل ٧٦) مرنة



ش ٧٦

رقيقة الجدران خالية عن الهواء (قطاعها مرسوم على عين الشكل) منحنية في هيئة دائرة ومثبتة من م في علبة موضوعة فيها والطرفان المرسلان أ و ب متصلان برافعتين تحركان قوسا معدنيًا مسننًا ق وحركة هذا الأخير تنتقل معظمة إلى محور و يحمل ابرة حد تتحرك على وجه مدرج فبازدياد الضغط الجوى تتقارب اطراف الانبوبة بعضها إلى بعض فتنتقل هذه الحركة إلى القوس ثم إلى الابرة وينقصانه تباعدا فتحصل

حركة الابرة في اتجاه مضاد للاول وتدرج هذا البارومتر يحصل بمقارنته مع بارومتر (فورتن)

١٣١ - تعديل دلالات البارومتر - لتكون الدلالات المأخوذة من البارومتر محكمة يلزم تعديلها بالنسبة للحرارة والشعرية وبدون ذلك لا يحصل على ضغط الهواء الجوى بالدقة فاما بالنسبة للحرارة فلانها بتغيرها تغير كثافة الزئبق فيتغير طول العمود الزئبقى ولذلك جرت العادة برّد جميع الدلالات الى ما تكون عليه الحرارة في درجة الصفر وستقف على كيفية اجراء هذا التعديل عند دراسة تعدد الاجسام

وأما بالنسبة للشعرية فلانها تحدث انحناء طافى العمود الزئبقى يكون عظيما كلما كان قطر الانبوبة صغيرا كما رأينا ذلك فى شرح الظواهر الشعرية ويكاد هذا الانحناء يكون معدوما متى كان قطر الانبوبة الداخلى ازيد من ٢,٥ سنتيمتر ولذلك كان اجراؤه غير ضرورى فى الدلالات المأخوذة من البارومتر الثابت ذى الطست لكبر قطر انبوتيه

واجراء هذا التعديل يستلزم معرفة قطر الانبوبة وسهم الهلالى أى المسافة بين سطحين متوازيين احدهما ماز بقمّة الهلالى والاخر بقاعدته وقد وضعت جداول منها يعرف مقدار هذا التعديل متى عرف قطر الانبوبة وسهم الهلالى وهالك جدول لا يحتوى على التعديلات اللازم عملها فى دلالات البارومتر بالنسبة لاقطار الانبوبة وأطوال سهم الهلالى الواردة فيه

جدول تعديل دالات البارومتر  
بالنسبة للشعرية

| طول السهم بالمليمتر |              |              |              |              |              |              |              |              | طول الشعرة<br>بالانچ |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| مليمتر<br>١٠٠       | مليمتر<br>٩٠ | مليمتر<br>٨٠ | مليمتر<br>٧٠ | مليمتر<br>٦٠ | مليمتر<br>٥٠ | مليمتر<br>٤٠ | مليمتر<br>٣٠ | مليمتر<br>٢٠ | ملى                  |
| ٢٣٥                 | ٢٢١          | ٢٠٥          | ١٨٦          | ١٦٥          | ١٤١          | ١١٦          | ٩٧           | ٦٠           | ٢٠                   |
| ١٩٨                 | ١٨٣          | ١٧١          | ١٥٤          | ١٣٦          | ١١٦          | ٩٥           | ٧٢           | ٤٩           | ٢٢                   |
| ١٦٨                 | ١٥٧          | ١٤٤          | ١٢٩          | ١١٤          | ٩٧           | ٧٩           | ٦٠           | ٤٠           | ٢٤                   |
| ١٤٤                 | ١٣٣          | ١٢٢          | ١٠٩          | ٩٦           | ٨١           | ٦٦           | ٥٠           | ٣٤           | ٢٦                   |
| ١٢٤                 | ١١٤          | ١٠٤          | ٩٣           | ٨٤           | ٦٩           | ٥٥           | ٤٣           | ٢٩           | ٢٨                   |
| ١٠٧                 | ٩٩           | ٩٠           | ٨٠           | ٧٠           | ٥٩           | ٤٨           | ٣٦           | ٢٤           | ٣٠                   |
| ٩٣                  | ٨٦           | ٧٨           | ٦٩           | ٦٠           | ٥١           | ٤١           | ٣١           | ٢١           | ٣٢                   |
| ٨١                  | ٧٥           | ٦٨           | ٦٠           | ٥٢           | ٤٤           | ٣١           | ٢٧           | ١٨           | ٣٤                   |
| ٧١                  | ٦٥           | ٥٩           | ٥٢           | ٤٦           | ٣٨           | ٣١           | ٢٣           | ١٦           | ٣٦                   |
| ٦٢                  | ٥٧           | ٥٢           | ٤٦           | ٤٠           | ٣٤           | ٢٧           | ٢١           | ١٤           | ٣٨                   |
| ٥٥                  | ٥٠           | ٤٦           | ٤٠           | ٣٥           | ٣٠           | ٢٤           | ١٨           | ١٢           | ٤٠                   |
| ٤٩                  | ٤٥           | ٤٠           | ٣٦           | ٣١           | ٢٦           | ٢١           | ١٦           | ١١           | ٤٢                   |
| ٤٥                  | ٤٠           | ٣٦           | ٣٢           | ٢٧           | ٢٣           | ١٩           | ١٤           | ٩            | ٤٤                   |
| ٣٨                  | ٣٥           | ٣٢           | ٢٨           | ٢٤           | ٢٠           | ١٦           | ١٢           | ٨            | ٤٦                   |
| ٣٤                  | ٣١           | ٢٨           | ٢٥           | ٢٢           | ١٨           | ١٥           | ١١           | ٧            | ٤٨                   |
| ٣١                  | ٢٨           | ٢٥           | ٢٢           | ١٩           | ١٦           | ١٣           | ١٠           | ٧            | ٥٠                   |

ولاستعمال هذا الجدول يبحث في النهر الاول الرأسى عن الرقم المساوى لقطر الانبوبة وفي  
النهر الاول الافقى عن الرقم المساوى لطول سهم الهلالى فالعدد الكائن فى تقاطع النهرين  
المبدؤين بهذين العددين هو مقدار المليمترات المطلوب اضافتها الى طول العمود الزئبقى  
لتعديل ما حصل فيه من الانحطاط بسبب الشعرية مثلاً اذا كان ارتفاع العمود الزئبقى

في البارومتر قبل التعديل هـ وكن شعاع الانبوبة ٥ ملليمتر وطول السهم ٦.٠ ملليمتر فان  
الارتفاع البارومتري يصير هـ + ١٩.٠ ملليمتر

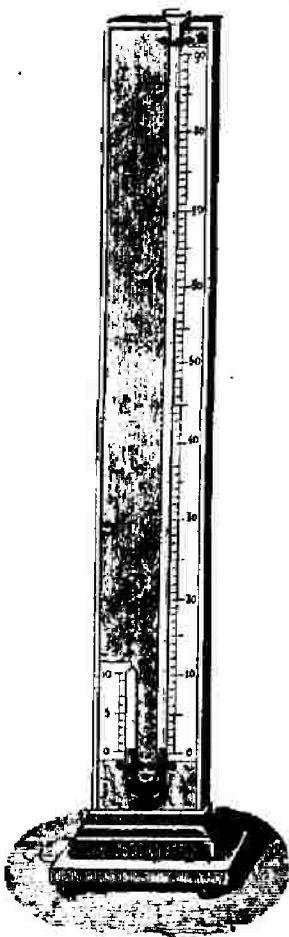
### قانون ماريوط

١٣٣ - قانون ماريوط - حجوم كتلة معينة من الغازات تكون على النسبة العكسية  
من الضغط الواقع عليها بشرط عدم تغير الحرارة

هذا هو القانون المعروف بقانون ماريوط وهو قانون عرفه (بويل) من لوندرة و (ماريوط)  
من فرنسا

ولتحقيق هذا القانون تستعمل الانبوبة المسماة بالانبوبة (ماريوط) اذا اريد تحقيق القانون  
والضغط أكبر من الضغط الجوي أو يستعمل بارومتر ذو حوض اذا اريد تحقيقه والضغط  
أصغر من الضغط الجوي

١٣٣ - تحقيق قانون ماريوط والضغط أكبر من الضغط الجوي - تؤخذ أنبوبة ماريوط



ش ٧٧

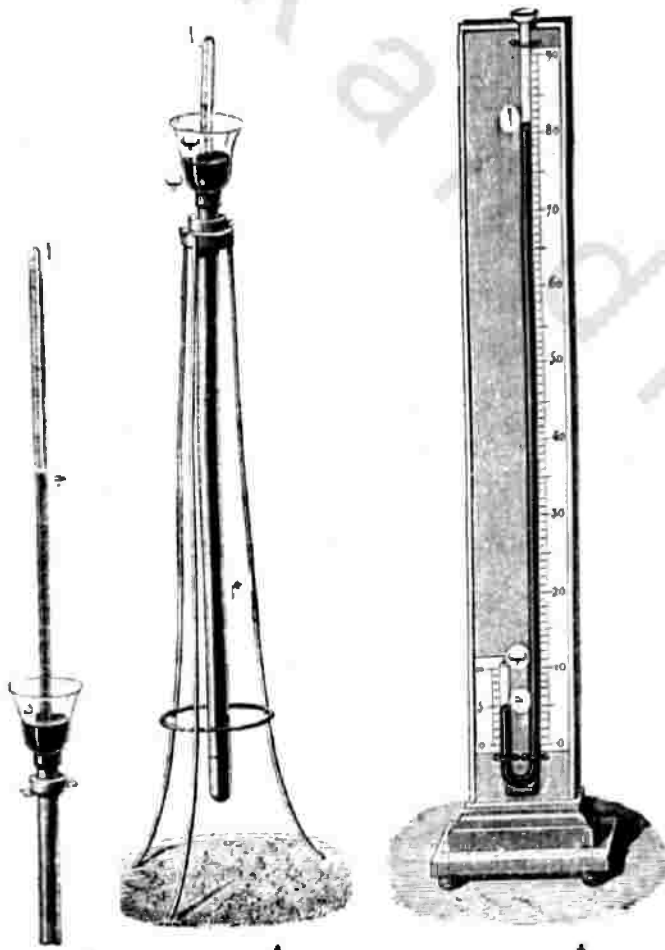
(شكل ٧٧) وهي أنبوبة منخنية ذات فرعين غير متساويين  
أقصرهما مسدود ومثبتة على لوح من خشب ويقابل الفرع  
القصير تدريج يبدل على ساعات متساوية وفي محاذاة الفرع  
الطويل تدريج يؤخذ منه الضغط بالسنتيمتر وصفر التدريج يمين  
على خط أفقي واحد

فيوضع من فتحة الانبوبة الطويلة زئبق الى أن يصير ارتفاع  
السائل واحدا في الفرعين محاذيا لصفر التدريج يمين كافي  
الشكل المتقدم فيكون ضغط الهواء المحبوس في الفرع القصير  
الواقع على سطح الزئبق في هذا الفرع مساويا لضغط الهواء  
الجوي الواقع على سطح الزئبق في الفرع الطويل بدليل أن  
السطحين في مستواقي واحد وهذا لا يتم الا اذا تساوى الضغط  
على السطحين واذا يكون في الفرع القصير كتلة غازية معلومة  
الحجم والضغط الواقع عليها معلوم أيضا هو الضغط الجوي وقت  
التجربة فيدخل في الانبوبة زئبق من فتحة الفرع الطويل  
الى أن تصبح المسافة المشغولة بالهواء من الفرع القصير نصف  
ما كانت فان كانت المسافة ب > المشغولة بالهواء ١٠

ستتيمر مكعب وضع الزئبق الى أن يصير هـ ستتيمر مكعب كافي (شكل ٧٨) ثم تقاس المسافة بين هـ و ا أي بين سطحي الزئبق في الفرع الطويل والقصير فيشاهد أنه مساو لضغط الجو وقت التجربة أي ان ضغط عمود الزئبق هـ ا يساوي جوا واحدا فإذا أضيف اليه الضغط الجوي كان الضغط الواقع على الكتلة الغازية المحصورة في الفرع القصير مساويا لجوين وهو الذي أحال حجمها الى نصف ما كانت فلما صار الضغط ضعف ما كان آل حجم الغاز الى نصف ما كانت عليه كذلك ولو كبر الضغط الى أن صار مساويا لاربعة جوا للصغر حجم الغاز وصار ربع ما كان والضغط الواقع عليه يساوي جوا واحدا

١٣٤ - تحقيق قانون (ماريوط) والضغط أصغر من الضغط الجوي - لتحقيق هذا القانون والضغط أصغر من الضغط الجوي يمدد الغاز بتعريضه لضغط أخد في الساقص ولذلك تؤخذ أنبوبة متساوية القطر في جميع طولها على قدر الامكان مقسمة الى أجزاء متساوية

الطول ثم يملأ منها بالزئبق ثلاثة أرباعها مثلا وتنكس على حوض عميق كالحوض بـ م (شكل ٧٩) وبعد ذلك تدخل هذه الانبوبة في الحوض الى أن يصير سطح الزئبق داخلها في محاذة سطحه خارجها فبذلك يكون محبوسا في الانبوبة حجم ا ب من الهواء على الضغط الجوي فتقاس المسافة التي شغلها حجم الهواء ثم ترفع الانبوبة الى أن يصير حجم الهواء ا ح (شكل ٨٠) ضعف ما كان قبل بسبب نقصان الضغط فيرى ارتفاع الزئبق في الانبوبة وان هذا الارتفاع د ح يساوي نصف الارتفاع البارومتري وقت التجربة



ش ٧٨ ش ٧٩ ش ٨٠

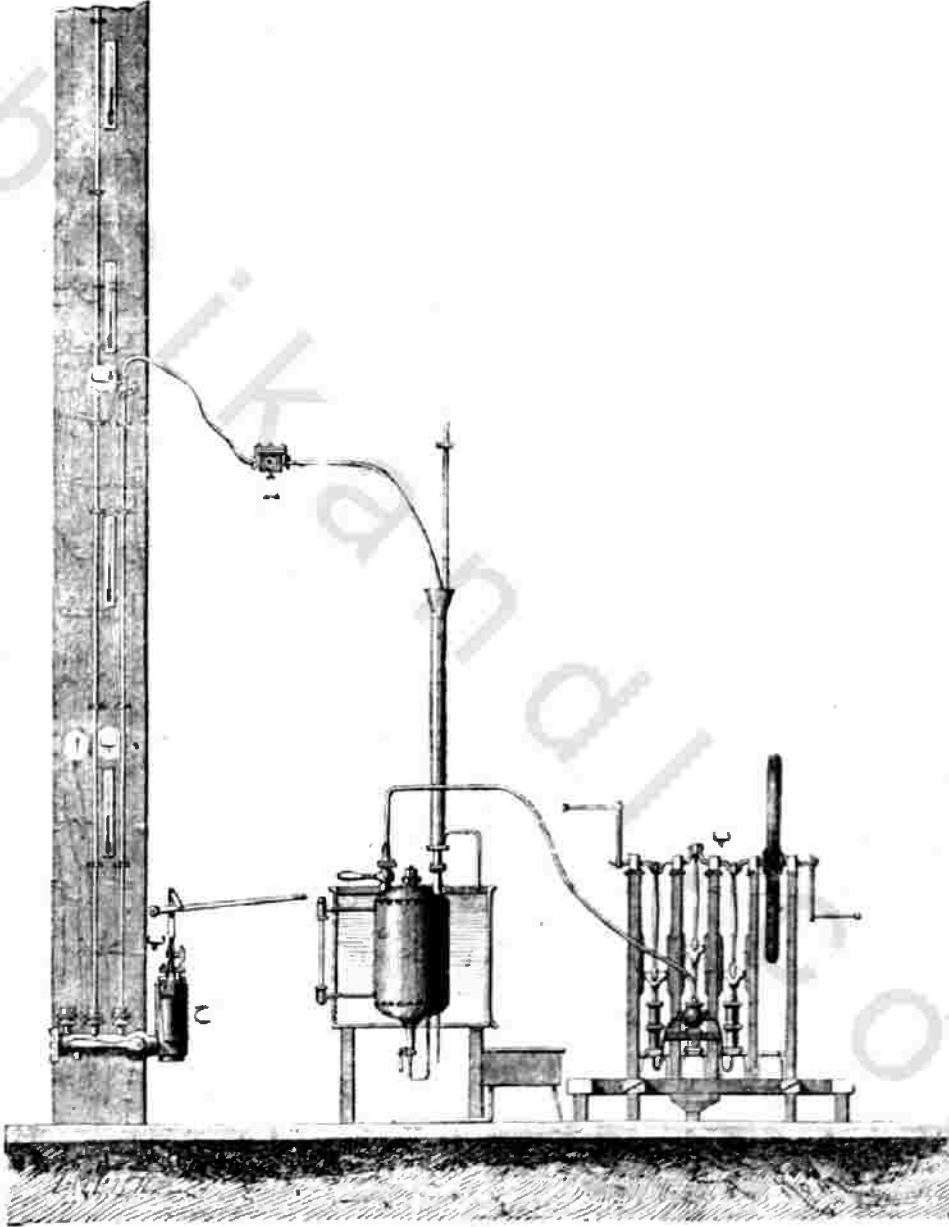
في الانبوبة وان هذا الارتفاع د ح يساوي نصف الارتفاع البارومتري وقت التجربة

فالهواء

فالهواء الذي صار حجمه ضعف ما كان لم يكن ضغطه الانصف جوقاً فمجموع قوة مرونته  
وثقل عمود الزئبق  $h$  يعادل ضغط الجوى والعمود  $h$  وحده يساوى نصف جوى

١٣٥ - دراسة محكمة لقانون ماريوت - لا يمكن في الاجهزة المتقدمة تغيير الضغط  
والحجم الا الى حد معين ولاحظ (فرداي) أن بعض الغازات كالنوشادر والسيانوجين  
والاندريد كبريتوز متى ضغط ضغطاً قوياً يستحيل الى سائل وان حجمهما متى قرب من السيولة  
يصغر بالضغط صغراً أكثر مما يدل عليه قانون (ماريوت) فاستعمل (ديسبرنس) أجهزة بها  
يمكن ضغط الغازات ضغطاً عظيماً فثبت أن عدة من الغازات اذا ضغطت ضغطاً واحداً اخذاً  
في الازدياد صغرت حجوماتها صغراً مختلفاً فالاندريد كبريتيك والايديروجين المكبرت والنوشادر  
والسيانوجين تنضغط أكثر من ضغط الهواء الجوى والايديروجين ينضغط أقل كالهواء  
فاذا زاد الضغط عن ضغط  $10$  جواً كان انضغاطه أقل وحقق (بوليه) نتائج (ديسبرنس)  
باستعمال جهاز افييه يمكن وضع غازين كالهواء والاندريد كبريتيك تحت ضغط واحد وضغطهما  
في آن واحد ضغطاً واحداً وبذلك ثبت أن قانون (ماريوت) ليس قانوناً عاماً فبحث  
(ديلون) و(أرجو) عما اذا كان هذا القانون ينطبق على الغاز الواحد فاستعمل جهازاً أمكنهما  
توصيل ضغط الهواء فيه الى ضغط  $27$  جواً فثبت لهما أن الهواء ينضغط أكثر مما يدل عليه  
قانون (ماريوت) غير أن الفرق قليل جداً بحيث يصح نسبته الى الغلط العادى لهذه التجارب  
وفي سنة ١٨٤٧ نشر الشهير (رينبول) تجاربه في قابلية الغازات للضغط وكان لهذه التجارب  
صيت وشهرة واستعمل في هذه التجارب جهازاً يختلف كثيراً عن الذي استعمله (ديلون)  
و(أرجو) غير أن فيه عدة محاسن واستعمله بطريقة معها يمكن احتساب أسباب الغلط التي  
لا تسلم منها هذه التجارب وهو (شكل ٨١) يتركب من أنبوبين متوازيين  $a$  و  $b$   
ركب عليهما من أسفل طلبية زئبق  $p$  وبينهما وبين هذه الطلبية حنفية تمنع اتصالهما  
بالطلبية حتى لا يختل عمود الزئبق وتتصل الأنبوبة  $p$  من أعلى بحنفية  $f$  معها يمكن  
حفظ الغاز زمناً مضغوطاً بعدة جواء وتتصل بواسطة أنبوبة معدنية  $m$  بمستودع موضوع  
في ماء متجدد درجة حرارته ثابتة ضغط الغاز فيه بعدة جواء بالآلة  $p$  وطول الأنبوبة  $b$   
ثلاثة أمتار وهي من البلور متساوية القطر في جميع طولها مدرجة الى أعلى بالمليمترات  
وتحمل علامتين تقسمان الأنبوبة قسمين متساويين السعة الاول من الحنفية  $f$  الى  
العلامة العليا في الأنبوبة والثاني من العلامة العليا الى السفلى وسير هذا الجهاز هو أن يضغط  
بالطلبية  $b$  الزئبق بالماء الموجود في المستودع  $c$  فاذا بلغ الزئبق في الأنبوبة  $p$

العلامة العليا أغلقت الحنفية الكائنة بينها وبين الطلبة وفتحت الحنفية ف سيدخل في الانبوبة جزء من الغاز المضغوط فاذا بلغ انخفاض الزئبق الى العلامة السفلى أغلقت الحنفية ف وقيس ضغط الغاز بالفرق بين ارتفاع الزئبق في الانبوتين وبعد ذلك يضغط الزئبق بالطلبة الى أن يصل سطحه الى العلامة العليا فيصل بذلك حجم الغاز الى النصف



ش ٨١

فيقاس ضغطه بالفرق بين سطح الزئبق في الانبوتين فيعلم بذلك هل كانت نسبة هذا الضغط الى ما قبله كالنسبة العكسية للحجوم أولا وان وجد فرق بين نتيجة التجربة وما يؤخذ من قانون (ماريوت) علم قدره واتجاهه وللعمل على ضغط أكبر من المتقدم تفتح الحنفية ف ليدخل

ليدخل مقدار من الغاز المضغوط حتى ينخفض سطح الزئبق الى العلامة السفلى ثم تغلق حنفية ف وتفتح الحنفية بين الطلبة والابوبتين ويتم العمل كما تقدم وهكذا حتى يحصل على أعظم ضغط تسمح الانبوبة الطويلة بالحصول عليه

وكانت تجارب (رينبول) على الهواء والازوت والاندريد كربونيك فتيين أن حجوم الغازات الثلاثة تنقص بازدياد الضغط أكثر مما يدل عليه القانون وأن هذا الفرق بين نتيجة التجربة ومدلول القانون قليل في الهواء والازوت كثير في الاندريد كربونيك أى كثير مع الغاز القابل للسيولة بسهولة فإنه عند ما وصل الضغط الى ١٥ جوا صار حجم الاندريد كربونيك  $\frac{1}{11}$  من حجمه الاصلى فمن جميع هذه التجارب يستدل على أن الغازات كلما قاربت درجة سيولتها بعدت عن قانون (ماريوط) أما الايدروجن فإنه يبعد عن قانون (ماريوط) ولكن في اتجاه مصادل للغازات الاخر بمعنى أنه بازدياد الضغط ينقص حجمه مقدارا أقل مما يدل عليه قانون (ماريوط) وقد أثبت كل من (مندولف) و (كريستوف) أن الهواء يبعد أيضا عن قانون (ماريوط) اذا نقص الضغط الواقع عليه بكيفية محسوسة الى أن يصير الضغط خمسة أعشار المليمتر وأن هذا البعد يكون أشد وضوحا كلما كان الضغط أضعف وأنه في اتجاه مصادل لآراء (رينبول) من بعد انقياد الهواء بازدياد الضغوط أى انه كلما تناقصت الضغوط تناقصا خفيا أخذ في الازدياد يزداد حجم الهواء زيادة أقل مما يدل عليه القانون

١٣٦ - تطبيق قانون (ماريوط) - اذا كان ح حجم كتلة غازية تحت ضغط ضه و ح حجمها اذا كانت تحت الضغط ضه كانت العلاقة الآتية مدلول قانون (ماريوط)

$$\frac{\text{ضه}}{\text{ح}} = \frac{\text{ضه}}{\text{ح}}$$

وبطرد المقامات

$$\text{ح ضه} = \text{ح ضه} \quad (١)$$

وحيث أن ضه ضغط مهما كان فن البين أنه لو كان الضغط صه وحجم الكتلة الغازية نفسها المقابل لهذا الضغط ح فإنه يكون أيضا ح ضه = ح ضه بحيث يصبح أن يكون مدلول القانون هكذا

$$\text{ح ضه} = \text{ح ضه} = \text{ح ضه} = \dots$$

ومعنى هذه المعادلة أن حاصل ضرب حجم كتلة غازية في الضغط الواقع عليها كمية ثابتة مهما كان هذا الضغط

ورأينا في التجربة بانبوبة (ماريوط) أن كتلة الهواء لم تتغير وحيث يكون وزنها ثابتا دائما

فإذا كان وزن الغاز و  $ك$  حجمه ووزنه النوعي والضغط  $ص$  و  $ع$   $ك = ع$   $ص$  ومن ذلك

$$ع = ك = ع \quad \text{أو} \quad \frac{ك}{ع} = \frac{ع}{ك} \quad (١)$$

وحيث أن

$$\frac{ع}{ك} = \frac{ص}{ص} \quad \text{يكون} \quad \frac{ك}{ع} = \frac{ص}{ص} \quad (٢)$$

ومنطوق المعادلة (١) أن كثافة كتلة غازية تكون على العكس من حجمها فكلما صغر حجم هذه الكتلة ازدادت كثافتها وكلما اتسع حجمها قلت كثافتها ومنطوق الثانية أن كثافة كتلة غازية تكون متناسبة مع الضغط الواقع عليها فكلما زاد هذا الضغط ازدادت كثافتها

وبقانون (ماريوت) نحل هاتان المسئلتان

الاولى - إذا علم حجم كتلة غازية مضغوطة بضغط معلوم معين وأريد معرفة حجمها وهي مضغوطة بضغط آخر مثال ذلك كتلة غازية حجمها عشرة لترات والضغط الواقع عليها يساوي ٥٨٤ ملليمتر وأريد معرفة حجمها والضغط الواقع عليها يساوي ٢٩٢ ملليمتر حيث أن الحجم يكون على العكس من الضغوط يكون الحجم المجهول مساويا  $١٠ \times \frac{٥٨٤}{٢٩٢} = ٢٠$  لتر الثانية - إذا علم قوة مرونة كتلة غازية حجمها معلوم وأريد معرفة قوة مرونة هذه الكتلة متى أخذت حجما آخر كان ذات قوة مرونة كتلة غازية وحجمها عشرة لترات تساوي ٥٨٤ ملليمتر وأريد معرفة قوة مرونة هذه الكتلة وحجمها يساوي عشرين ليتر حيث أن الضغط على العكس من الحجم يكون  $٢٩٢ = \frac{١}{٢} \times ٥٨٤$

١٣٧ - تعيين حجم كتلة غازية والضغط عادي - لمقارنة عدة كميات غازية تقاس حجوماتها ولا تكون النتائج قابلة للمقارنة إلا إذا قيست الحجم وضغطها واحد وليس من السهل التصرف في الضغط بحيث يجعل واحد في عدة غازات غير أنه إذا علم حجم وضغط كل غاز أمكن معرفة حجوماتها بالحساب عندما يكون ضغطها وضغط معين واحد في جميع الغازات وقد جرت العادة بتقدير حجومات الغازات والضغط الواقع عليها يساوي ٧٦٠ ملليمتر وهو متوسط ضغط الهواء الجوي وهذا الضغط هو المسمى بالضغط المعتاد

فإذا فرضنا أن غازا في مخبر مدرج إلى أجراء متساوية السعة موضوع على الحوض الزئبقي وأنه يمكن رفع المخبر وخفضه حتى يصير سطح الزئبق داخله في محاذة سطحه خارجه فن تدريج المخبر يعلم حجم الغاز  $ع$  والضغط  $ص$  هو ضغط الجو وقت التجربة وهذا يعلم بالبارومتر

فلهذا

فلهذا كان الحجم  $\bar{C}$  الذى يشغله الغاز اذا كان الضغط اعتياديا (٧٦٠) ملليمتر يؤخذ من المعادلة  $\bar{C} = C \frac{P}{760}$

فاذا كان حجم المخبار والحوض لا يسمعان بجعل سطح الزئبق داخل المخبار وخارجه فى مستو واحد وكان سطح الزئبق داخل المخبار أعلى منه خارجه فان قوة مرونة الغاز تساوى ضغط الجو  $\bar{C}$  ناقص طول المسافة بين سطحى الزئبق داخل المخبار وخارجه  $\bar{C}$  وهذا يعلم من تدريج المخبار فحجم الغاز  $\bar{C}$  يكون حينئذ

$$\bar{C} = C \frac{P - \bar{C}}{760}$$

### المانومتر

المانومتر آلة معدة لقياس قوة مرونة الغازات والابخرة وهو أنواع

١٣٨ - المانومتر ذو الهواء المطلق - هو أنبوبة من البلور (شكل ٨٢) مثبتة على لوح من خشب منحنية انحناءين ينتهى أحدهما طرفها بانتفاخ  $A$  فيه زئبق متصل بأنبوبة  $B$  وهذه توصل بالاناء المغلق المحتوى على الغاز أو البخار المراد معرفة قوة مرونته ولتدريج هذا المانومتر ترك  $B$  مفتوحة فى الهواء فيكون اذذاك سطح الزئبق فى الانبوبة  $B$  د وفى المستودع  $A$  فى مستو واحد فى وضع فى محاذاة سطحه فى أنبوبة  $B$  د رقم ١ للدلالة على أنه متى كان سطح الزئبق فى هذه النقطة كان الضغط مساويا للضغط الجوى وفوق هذه النقطة بمسافة طولها ٧٦٠ متر يوضع رقم ٢ ثم فوق هذه بمسافة ٧٦٠ متر يوضع رقم ٣ وهكذا حيث ان كل ارتفاع من عمود الزئبق طوله ٧٦٠ متر يساوى ضغط جو  $\bar{C}$  ثم تقسم المسافة بين كل درجة وما بعدها الى عشرة أقسام ليستدل بها على اجزاء الضغط التى تكون أقل من الوحدة فاذا حصل اتصال بين الانبوبة  $B$  واناء محتو على بخار وارتفع الزئبق فى الانبوبة الى خمس درجات كان ذلك دليلا على أن الضغط يساوى خمسة جواء وهكذا وقد يوضع داخل الانبوبة ثقل يتصل بنظيره خارجها أمام مسطرة مدرجة الى ستمترات من أعلى الى الأسفل بخيط يمر على بكره فاذا ارتفع الزئبق فى الانبوبة رفع الثقل فينخفض نظيره فى الخارج بقدر ارتفاع الآخر فلا نحتاج قراءة الدرجات ابعتها



ش ٨٢

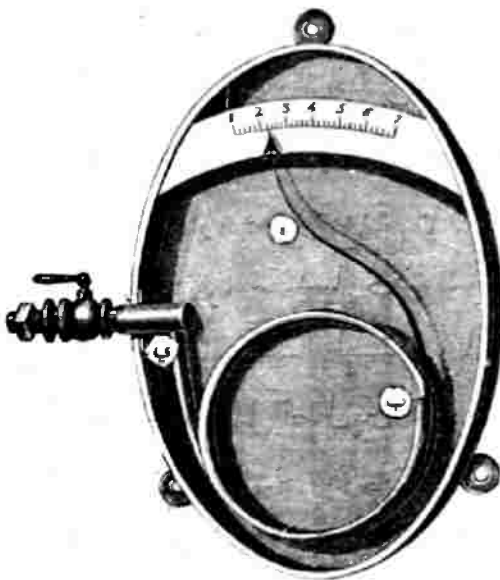
١٣٩ - المانومتر ذو الهواء المضغوط - المانومتر ذو الهواء المطلق لا يستعمل للقياس ضغط لا يتعدى خمسة أو ستة جواء عادة فإذا أريد قياس قوة مرونة أكبر من ذلك استعمل



ش ٨٣

المانومتر ذو الهواء المضغوط وهو (شكل ٨٣) يتركب من أنبوبة مغلقة أحد الاطراف طرفها الثاني مغور في مستودع من الحديد مملوء زيتا ومغلق من جميع الجهات وفيه فتحة جانبية ١ بها يوصل المانومتر بالاناء المراد معرفة ضغط الغاز والبخار الموجود فيه وتدرج هذا المانومتر يكون بمقارنته بعد حبس مقدار مناسب من الهواء فيه بمانومتر ذي هواء مطلق بان يوصل المانومتران باناء فيه هواء مضغوط بطلمية زيت بقا إذا كان سطح الزئبق في الانبوبة والمستودع في كلا المانومتريين في مستو واحد وضع على الانبوبة في محاذاة سطح الزئبق رقم ١ فإذا بلغ ارتفاع سطح الزئبق في أنبوبة المانومتر ذي الهواء المطلق ٧٦٠ متر وضع على أنبوبة المانومتر ذي الهواء المضغوط في محاذاة سطح الزئبق فيها رقم ٢ فإذا بلغ ٧٦٠ × ٢ متر وضع في محاذاة سطح الزئبق في أنبوبة المانومتر ذي الهواء المطلق رقم ٣ وهكذا

١٤٠ - المانومتر المعدني - هذا المانومتر لا زئبق فيه وهو (شكل ٨٤) يتركب من



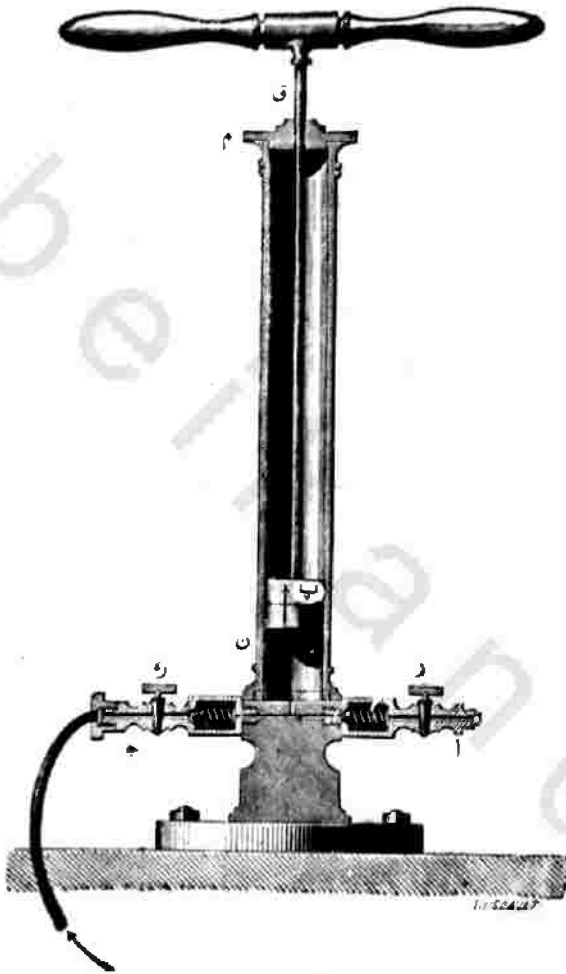
ش ٨٤

أنبوبة من النحاس الاصفر رقيقة الجدران قابلة للانثناء قطاعها س على يسار الشكل ملفوفة لفاحل زونيابعضها على بعض لفة ونصف لفة طرفها ي مفتوح يتصل بأنبوبة ذات خنفية م بها يتصل المانومتر بالاناء المحتوى على البخار أو الغاز المراد معرفة ضغطه والطرف الآخر مغلق مرسل يتصل بآبرة ه فإذا اتصلت هذه الانبوبة باناء فيه بخار فان ضغطه يحدث فك لف الانبوبة فيتحرك طرفها المرسل من اليسار الى اليمين ومعه الابرة وامام هذه قوس مدرج يعلم

منه مقدار الضغط المحدث لهذه الحركة أما هذا التدرج فيكون بمقارنة الجهاز بمانومتر ذي هواء مطلق بان يوصل المانومتران باناء يحتوى على غاز مضغوط كما سبق ذكره في المانومتر المتقدم

## الآلات المفرغة

١٤١ - طلبية اليد - طلبية اليد تتركب من أنبوبة أسطوانية (شكل ٨٥) تسمى



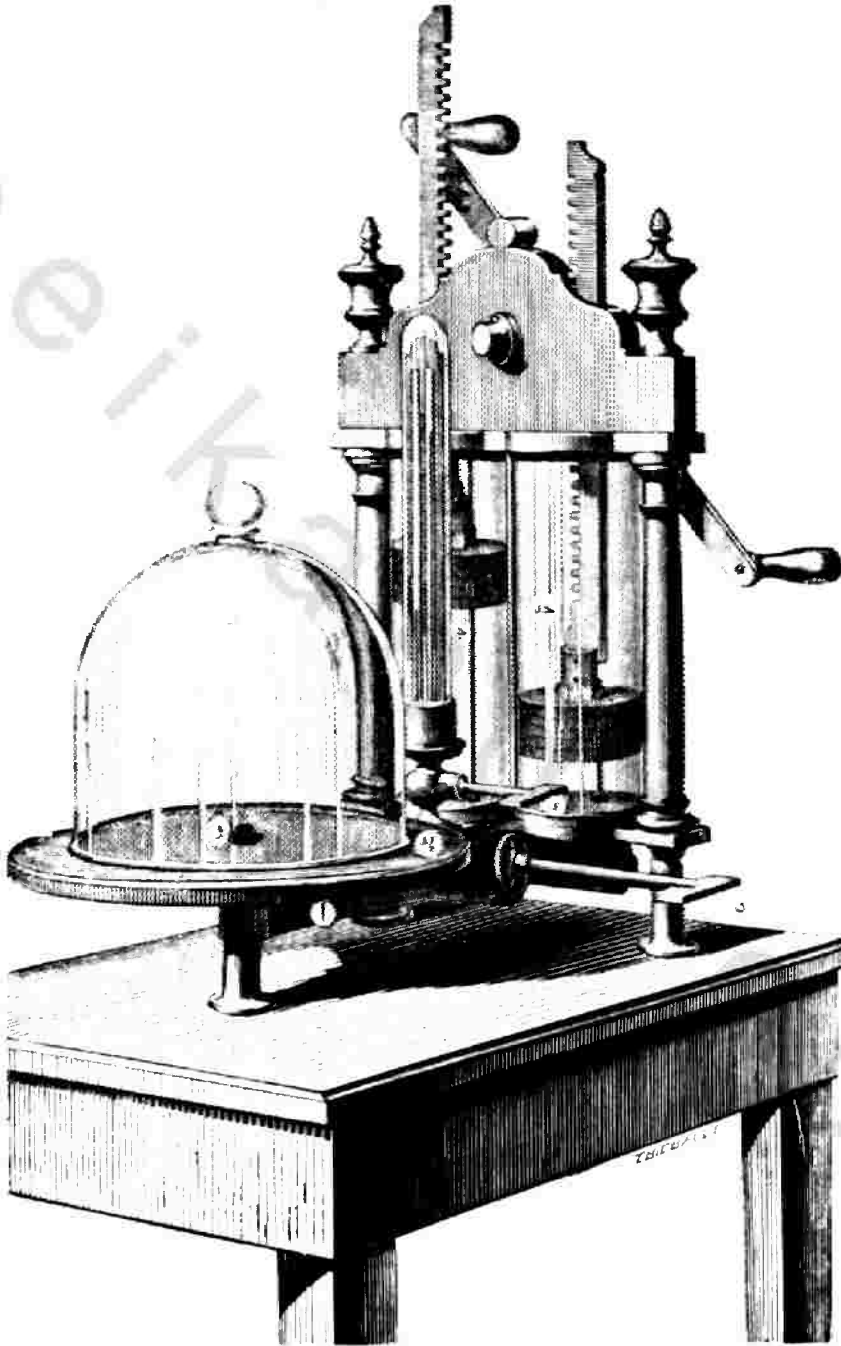
ش ٨٥

جسم الطلبية من يتحرك فيها مكبس ب مغلف بالجلد بواسطة ساق ذات يد ق وفي الجزء السفلي من جسم الطلبية أنبوتان جانبيتان أ و ح في كل واحدة منهما صمام مغلق بخروط معدني يدخل بإحكام في فتحة مصنوعة في محور الأنبوبة ولكل مخروط ساق صغيرة معدنية يحيط بها زنبرك حلزوني به عيمل المخروط دائماً الى الانطباق على الفتحة وهذان الصمامان موضوعان بكيفية بها ينفتح احدهما بزيادة الضغط داخل جسم الطلبية والاخر بزيادة خارجها فاذا فرضنا اتصال ج بدورق مملوء هواء على الضغط الجوي ورفع المكبس فان الضغط ينقص في جسم الطلبية والصمام الكائن بين حنفية

ره وجسم الطلبية ينفتح من الخارج الى الداخل مع كون نظيره مغلق من الخارج الى الداخل فحينئذ ينتشر جزء من غاز الدورق في جسم الطلبية فاذا خفض المكبس ضغط الغاز الذي في جسم الطلبية فينفتح ضغط الصمام بين ر وجسم الطلبية وينغلق الاخر بعد أن كان مفتوحاً فيخرج بالضغط جزء من الهواء الذي كان في جسم الطلبية ويستمر العمل هكذا فيخرج في كل كبسة كمية مما كان في الدورق من الهواء

١٤٢ - الآلة المفرغة - تتركب هذه الآلة (شكل ٨٦) من جسمي طلبية جه و ج من البلور معنق بصنعة مالىكونا أسطوانتين يدخل في كل واحد منهما مكبس وهما يتصلان من أسفل بقناة واحدة من الحديد الزهر أ وينتهي طرف هذه القناة و في مركز قرص

الآلة به به وهو قرص مستدير من البلور دعى وجهه العلوى بالصنفرة ليصير مستويا  
فاذا أريد وضع شئ فى الفراغ وضع على هذا القرص وغطى بالنافوس ب حافته محكوكه  
أيضا بالصنفرة بعدد هذه الحافات بدهن حتى لا يكون بينها وبين القرص فضاء وفى طرف

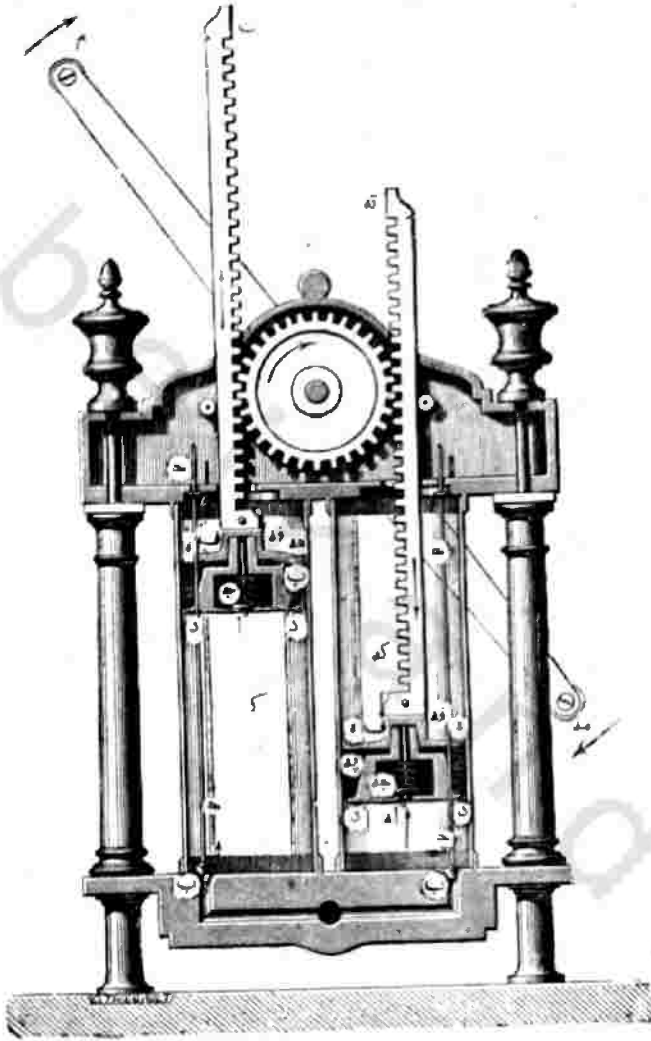


ش ٨٦

القناة و برمة عليها يمكن تركيب الآلات المراد عمل الفراغ فيها والنايب التى يقصد بها  
توصيل الاجهزة بالآلة المفرغة اذا لم يمكن وضع الاجهزة على الآلة مباشرة

ولنكتف

ولنكتف بشرح أحد جسمي الطلبية لتشابه الاثنين فنقول ان المكبس مكون من دوائر من  
الجلد مضغوطة بين دائرتين معدنيتين د د و ه ه (شكل ٨٧) ضم بعضها الى بعض



ش ٨٧

وفي طرفها العلوى مانع به يتكئ الساق على القاعدة العليا لجسم الطلبية متى تحرك المكبس الى  
أعلى قليلا لينع حركة الساق

ويتحرك كل مكبس بساق مسنن يتعشق في طارة مسننة موضوعة في قطعة معدنية تعلو  
الاسطوانتين وهذه الطارة تتحرك بيد ذات فرعين لكل واحد منهما قبضة مر مر وبحركة  
الطارة يرتفع أحد المكبسين حال انخفاض الاخرى على التعاقب

ولبيان سير هذه الآلة نفرض أن أحد المكبسين منخفض لقرع جسم الطلبية ثم أخذ في رفعه  
فان الزر المعدني يرتفع قليلا عن الفتحة ب وبعد قليل تقف الساق ح ح عن الحركة  
للامسة المانع المنتهية به من أعلى الى القاعدة العليا لجسم الطلبية فيتحرك المكبس وحده

فيشغل الهواء المحصور تحت الناقوس بسبب تباعد الزرع فتحته وحصول الاتصال بين الناقوس وجسم الطلبة مجما آخذاً في الازدياد ولهذا تأخذ مروته في النقصان وفي هذا الزمن يكون القرص  $\delta$  مغلقاً للفتحة  $\alpha$  حيث أنه يحمل من أعلى ضغط الهواء الجوي وهو أعظم من الضغط الحاصل عليه من أسفل وهو ضغط هواء الناقوس فإذا وصل المكبس إلى منتهى سيره وأخذ في العودة أي السقوط إلى أسفل فإن الساق  $\delta$  تحرّك معه فيسد الزرّ الفتحة  $\beta$  فتقطع المواصلات بين الناقوس وجسم الطلبة وتأخذ مرونة الغاز الذي انحصر في جسم الطلبة تحت المكبس في الازدياد بسبب أخذ المسافة التي يشغلها في النقصان فإذا زادت عن ضغط الهواء فإن القرص  $\delta$  يفارق الفتحة  $\alpha$  فيخرج جزء من الهواء إلى أن يصل المكبس إلى منتهى سيره وتحصل هذه الظواهر كلما صعد المكبس وزل أي في كل كبسة

١٤٣ - قانون تناقص المرونة باعتبار الآلة المفرغة محكمة - في كل دفعة يرتفع فيها المكبس في جسم الطلبة فإن جزءاً من الهواء يأتي إلى جسم الطلبة ويخرج منه عند نزول المكبس وبذلك يخرج في كل كبسة جزء من الهواء الذي بقي بعد الكبسة السابقة وعلى ذلك لا يتأق استخراج الهواء من الناقوس بتمامه ولو فرضت الآلة محكمة

فإذا رمزنا بالحجم الناقوس والقنوات الموصلة بين الناقوس وجسم الطلبة بالحرف  $\delta$  وبالطرف  $\delta$  لجسم الطلبة متى كان المكبس في أعلى مكان منه وبالطرف  $\epsilon$  للضغط الجوي فبرفع المكبس في المرة الأولى فإن الهواء الذي كان شاغلاً للحجم  $\delta$  تحت الضغط  $\epsilon$  يشغل الحجم  $\delta + \epsilon$  وإذا رمزنا للضغط في هذا الوقت بالحرف  $\epsilon$  فإنه يكون مطابقاً للعلاقة الآتية بناء على قانون (ماريوت)

$$\frac{\epsilon}{\delta + \epsilon} = \frac{\epsilon}{\delta} \quad \text{ومنها} \quad \epsilon = \epsilon \frac{\delta}{\delta + \epsilon}$$

أي أنه يلزم للحصول على قوة المرونة بعد الكبسة الأولى ضرب مرونة الهواء قبل الكبسة في الكسر  $\frac{\epsilon}{\delta + \epsilon}$  ويلزم للحصول على الضغط  $\epsilon$  بعد الكبسة الثانية ضرب  $\epsilon$  في  $\frac{\epsilon}{\delta + \epsilon}$  فيكون  $\epsilon$   $\left(\frac{\epsilon}{\delta + \epsilon}\right)^2$  وهكذا

وعلى العموم إذا رمزنا بالحرف  $\epsilon$  لقوة مرونة الهواء بعد  $m$  كبسة يكون

$$\epsilon = \epsilon \left(\frac{\epsilon}{\delta + \epsilon}\right)^m$$

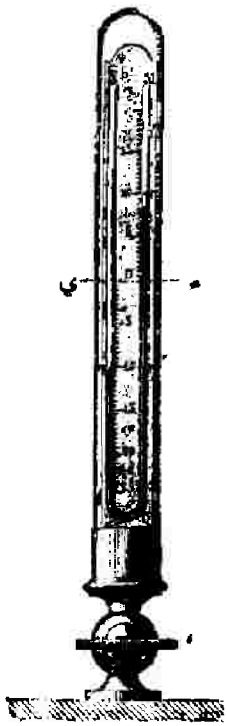
وحيث أن  $\frac{\epsilon}{\delta + \epsilon}$  أقل من الوحدة فقيمة  $\epsilon$  تكون آخذة في التناقص كلما ازدادت  $m$  فإذا صار  $\epsilon$  كافياً يصير  $\epsilon$  صغيراً بقدر ما يراد وحينئذ يمكن تصغير قوة المرونة كثيراً بزيادة عدد المكبس لكن من غير انعدامها

١٤٤ - المسافة المضرة - مهما كان احكام ضغط الآلة المفرغة فإنه يبقى دائماً بين المكبس وقعر جسم الطلبية متى كان المكبس في منتهى سيره من أسفل مسافة فارغة تسمى بالمسافة المضرة فإذا أمكن عمل الفراغ الى أن يصير الهواء الشاغل لجسم الطلبية بحيث لا تزيد مرونته عن مرونة الهواء الجوي متى كان المكبس في منتهى سيره من أسفل فإن انخفاض المكبس لا يحدث فتح الصمام > فينقطع خروج الهواء ولكل آلة مسافة مضرة وبذلك يكون لها نهاية ضغط لقوة المرونة لا يمكن تعديها وتكون أصغر كلما صغرت نسبة حجم المسافة المضرة الى حجم جسم الطلبية

١٤٥ - تأثير دخول الهواء - أكبر عيب في معظم الآلات هو وجود فجوات يدخل منها الهواء خصوصاً حول الصمام الكائن في المكبس ويكون دخول الهواء من هذه الفجوات بسرعة كلما كان ضغط الهواء في جسم الطلبية ضعيفاً وقد يصير مقدار ما يدخل من الهواء بقدر ما يخرج بالكبس مهما كانت سرعة المكبس فلا يكون في استمرار تشغيل الآلة فائدة وإذا أريد إيقاف العمل مع حفظ الفراغ الذي عمل وجب منع الاتصال بين الناقوس وجسم الطلبية وهذا يحصل بالحنفية د الكائنة في القناة أ فيها يمكن عمل المواصلات بين الناقوس وجسم الطلبية أ وبين الهواء الخارج والناقوس

١٤٦ - مزية وجود جسمي طلبية - في الآلات التي فيها جسم الطلبية واحد كطلبية اليد يلزم في كل مرة رفع فيها المكبس مقاومة الفرق بين الضغط الحاصل على سطح المكبس من أعلى والحاصل عليه من أسفل أما في الآلة المفرغة ذات جسمي الطلبية فان المكبس ينحرف على السطح العلوي لضغطى الهواء لكنتهما في اتجاهين مختلفين وهذا لا يستدعي المقاومة الفرق بين الضغطين الحاصل على سطحيهما السفليين وهو الفرق بين قوتي مرونة الهواء المتخلل في جسمي الطلبية

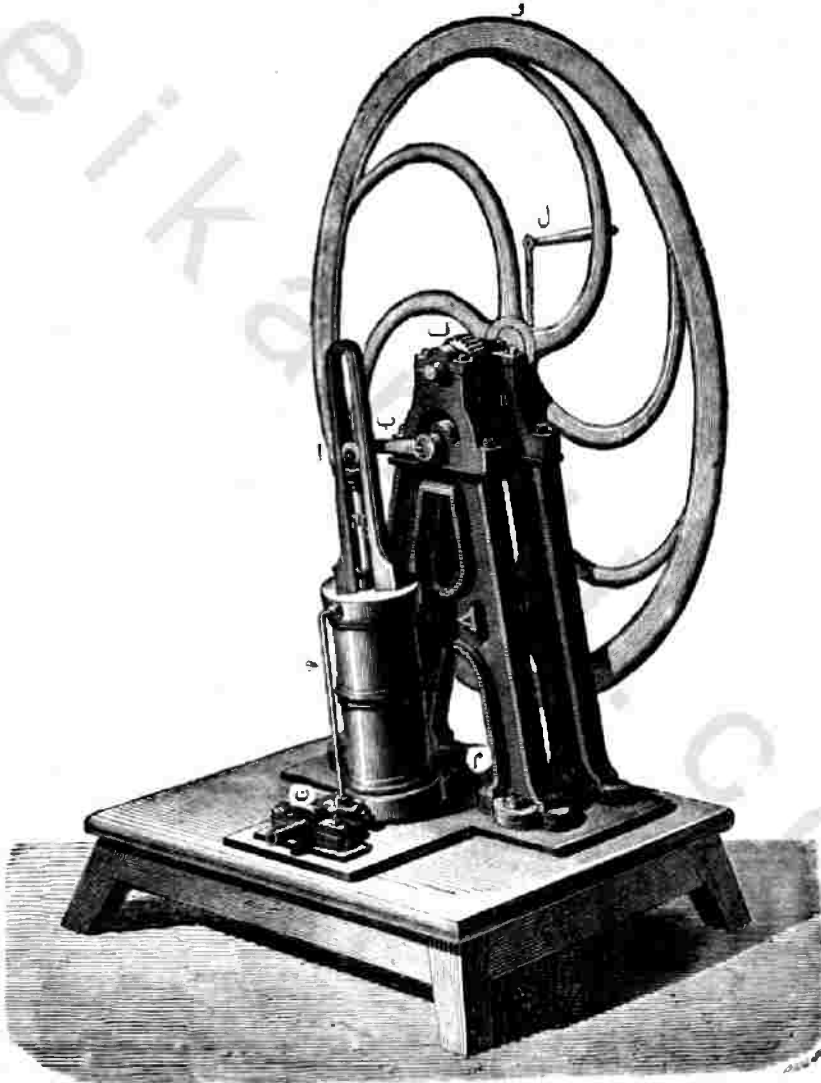
١٤٧ - مانومتر الآلة المفرغة - يصحب الآلة المفرغة مانومتر مع معرفته مرونة ما يبقى تحت الناقوس من الهواء في كل وقت وفي الغالب يكون هذا المانومتر (شكل ٨٨) من أنبوبة من زجاج منحنية الى فرعين أحدهما مغلق وهي موضوعة على مسطرة مدرجة معدنية تحت ناقوس متصل بقناة الآلة المفرغة بمنحنية تملأ هذه الأنبوبة بالزئبق كما عيلاً مانومتر محص وحيث ان طول الفرع لا يتعدى ٢ ديسيمتر فان الهواء بضغطه على سطح الزئبق في الفرع المفتوح يجعل الزئبق



ش ٨٨

مثال للفرع المغلق واصلا قمته فاذا صغر الضغط صغرا واضحا فان الزئبق ياخذ في الانخفاض في الفرع المغلق والارتفاع في الفرع الآخر فاذا صار الضغط معدوما فان سطحى الزئبق يصيران فى الفرعين فى مستوا واحد ى ى وقد رأينا أن الضغط لا يصل قط الى العدم وتقاس قوة المرونة بعمود الزئبق كما يقاس الضغط الجوى فى البارومتر المص بأن يستعمل تدريجان صفرهما مشترك فى المستوى ى ى

١٤٨ - الالة المفرغة لبيانكى - هذه الالة (شكل ٨٩) تتركب من جسم طلمبة

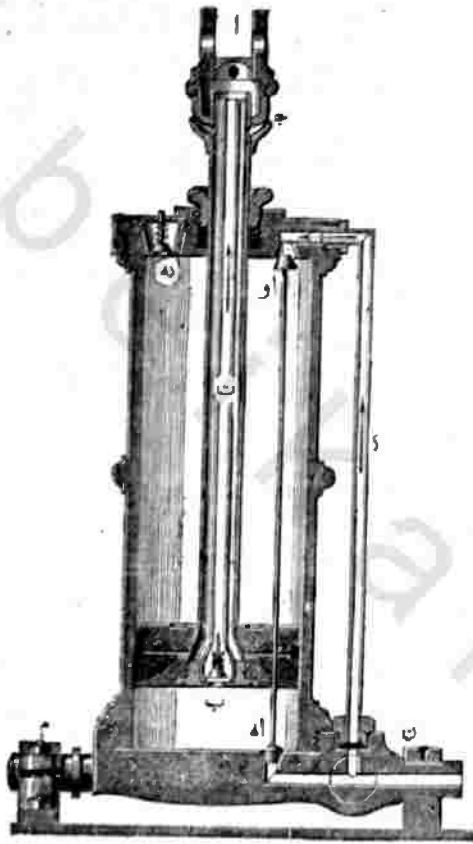


ش ٨٩

ذات عمل مزدوج ولولا كانت اسطوانتها واحدة وفيها جميع مزاياء الطلمبة ذات الجسمين فالمكبس يتحرك بطارة وتنتقل حركتها لطاريتين مستنيتين رف وهما يكسبان الساق ى

حركة

حركة ذهاب وإياب بواسطة القطعة ب وفي هذا الوقت تنذب الاسطوانة حول المحور م وتتصل الاسطوانة بالاجهزة المختلفة المراد تخلل الهواء فيها بأنبوبة من الصمغ المرن سمكة حتى لا يبطبها الهواء بمحصول الفراغ فيها وتوضع في الطرف ن للقناة المصنوعة في المحور م ن وهواء الناقوس يأتي للاسطوانة اما بالفتحة له (شكل ٩٠) أو بالفتحة أ و وكلتا الفتحتين تغلق على التعاقب باحد الزرين اللذين ينتهي بهما طرفا الساق أ و له وهي ساق تمر باحتكاك ضعيف في المكبس وفي ب و به صمامان كالوجودين في مكبس الآلة المفرغة الاعتيادية



ش ٩٠

فبانخفاض المكبس كما في (شكل ٩٠) يصل هواء الناقوس الى الجزء العلوى من جسم الطلبة بالانبوبة ك والفتحة أ و وفي هذا الوقت وقت انحصار الهواء تحت جسم الطلبة يطرد هذا الهواء من الصمام ب فيخرج من التجويف المفعول في باطن الساق ت كما يشير اليه السهم

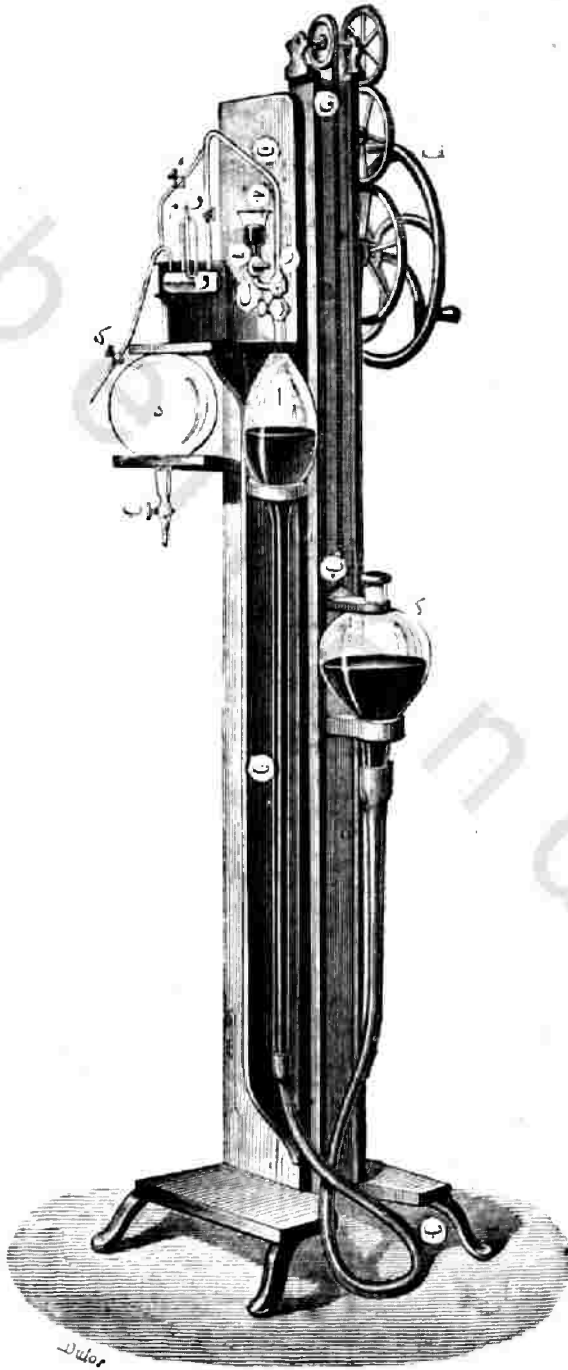
واذا ارتفع المكبس فان او يتغلق بالزرفيطر د ما ينحصر من الهواء أعلى المكبس بالصمام به وفي الوقت نفسه يصل هواء الناقوس الى الجزء السفلى من جسم الطلبة بالفتحة له ويكون الصمام ب مغلقا بضغط الهواء الجوى

فالمكبس يقسم جسم الطلبة الى قسمين يعملان عمل جسمي طلبة

١٤٩ - الآلة المفرغة الزئبقية - هي آلة معدة لعمل فراغ أشد مما تفعله الآلات الاخرى وهي تتركب (شكل ٩١) من أنبوبة بارومترية ت منقذة في جزئها العلوى تعمل عمل بارومتر خزائنه البارومترية أ وتتصل هذه الانبوبة بواسطة أنبوبة ثخينة من الصمغ المرن ب بمحوض ك مفتوح في الهواء والانبوبة ت موضوعة مع ما جاورها من الانابيب وضعا ثابتا على لوحة وضعت وضعا رأسيًا أما المحوض ك فيمكن الاتيان به بواسطة السلسلة ب ق التي تحركها الطارة ف الى الجزء أ و العلوى من الجهاز وذلك بإدارة الطارة

في اتجاه أو في آخر والخنفية ر التي تعلو التجويف ا هي حنفية ذات ثلاث طرق

(شكل ٩٢) تأخذ زمن العمل  
وضعين مختلفين هما و ر ففي  
كانت في الوضع و فانها توصل  
بين التجويف ا وبين الانابيب  
التي تعلوه ومتى كانت في الوضع ر  
فانها تمنع هذا الاتصال وتجعله بين  
التجويف ا والانبوبة الجانبية  
المنتهية بالحوض ه الذي يملأ  
زئبقا

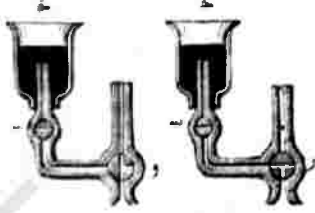


ش ٩١

وقبل استعمال الآلة في عمل الفراغ  
يطرد ما يكون في الانبوبة  
البارومترية من الزئبق بان توضع  
الحنفية في الوضع ر ويجعل  
الحوض ل في منتهى ارتفاعه  
فيسيل الزئبق من ل الى ا  
ويضغط الهواء ومتى حصلت  
الموازنة في كتلة السائل فان الهواء  
المضغوط بين سطح الزئبق والحنفية  
س يكون في ضغط أكبر من ضغط  
الجو فتفتح الحنفية س بلطف  
فيخرج هذا الهواء الى الخارج  
مارا من الحوض ه وبذلك يكون  
الزئبق الذي في الجزء ب ا قد

ملا التجويف ا بتمامه الى الحنفية س فتقفل س وينزل الحوض الى منتهى انخفاضه  
فيسيل الزئبق من ا الى ك فيحدث ذلك فراغ بارومترية في الجزء العلوي من ا وبذلك  
تكون الآلة مستعدة للعمل بها

وفي العادة يبدأ بعمل الفراغ في الاجزاء المرادة لهذا العمل بالآلات المفرغة الاعتيادية ثم بعد ذلك توصل بالانبوبة كه وذلك للسرعة فقط ثم توضع الحنفية في الوضع و (شكل ٩٢) مع فتح الحنفية كه فيمر جزء من غاز الجهاز في الخزنة



ش ٩٢

البارومترية فيحدث هذا الغاز انخفاض الزئبق فاذا صار في حالة موازنة جعلت الحنفية في الوضع والحوض ك في منتهى ارتفاعه لينضغط الغاز الذي شغل التجويف ا ثم يطرد هذا الغاز بفتح الحنفية

وبتكرير العمل هكذا وادخال جزء من غاز الجهاز في الآلة ثم طرده منها الى الهواء يتوصل الى جعل ضغط الغاز والجهاز ضعيفا جدا حتى أن البارومتر لا يدل الا على فرق قليل في سطح الزئبق في الفرعين

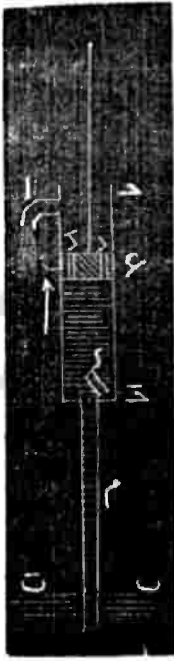
أما الحوض و الموضوع بين الآلة والاجهزة المراد عمل الفراغ فيها فيحتوى على حمض الكبريتيك حتى لا يدخل في الجهاز الهواء جاف فيكون الجهاز جافا على الدوام والدورق لا يستعمل الا نادرا فانه لا يستعمل الا واسطة عندما يكون الغاز المراد استخراج منه من الجهاز مؤثرا في الزئبق فعند ذلك يستعمل الدورق بأن يعمل فيه الفراغ ثم يوصل بالجهاز المراد تفريغه فيؤخذ جزء من غازه ثم يطرد هذا الغاز من الدورق بتيار من الهواء ويعمل فيه الفراغ ويوصل بالجهاز وهكذا

## الطلبات

الطلبات مستعملة لرفع السوائل وهي ثلاثة أنواع ماصة وكابسة وماصة كابسة

١٥٠ - الطلبة الماصة - تتركب من جسم طلبة ح (شكل ٩٣) يتحرك فيه مكبس ء وله أنبوبة يسيل منها الماء ا وأنبوبة امتصاص م نازلة من جسم الطلبة الى مستودع الماء المراد رفعه ب ب وفي محل اتصال جسم الطلبة لهذه الانبوبة صمام يفتح من أسفل الى أعلى د وهو قرص معدني مغلف بالجلد يتحرك حول مفصل وفي خلال المكبس نفسه صمامان دد ينفتحان أيضا من أسفل الى أعلى ويتسلط عادة على الساق المتصل بالمكبس رافعة بها يسهل خفض المكبس ورفع

فإذا فرضنا ان الأنبوبة م موضوعة في مستودع الماء ومملوءة بالهواء والمكبس في منتهى انخفاضه فإذا رفع هذا المكبس فإنه يحدث محله فراغا من أعلى الى أسفل فيضغط الهواء على الصمامين د د فيجعلهما مغلقين أما الصمام د فإنه يفتح بسبب ضغط الهواء عليه من أسفل لا على فينتشر جزء من هذا الهواء في جسم الطلمبة فتتقص قوة مرونته كلما ارتفع المكبس فيرتفع ماء المستودع في الأنبوبة الى أن يصير ضغطه على السطح ب ب وضغط ما يعلو من الهواء مساويا للضغط الجوي ولنفرض انه بوصول المكبس لا على ارتفاعه لا يكون الماء قد وصل للصمام د فعند وقوف المكبس تكون موازنة قوة المرونة للهواء قد عمت وصارت في أعلى الصمام ك أسفل فينسد لسقوط قرصه بقله فإذا أنزل المكبس فان ما انحصر من الهواء أسفل ينضغط فتزيد مرونته الى أن تصير أكثر من مرونة الهواء فيفتح الصمامان د د فيخرج جزء من الهواء المحصور الى الخارج زمن نزول المكبس



ش ٩٣

فإذا بلغ المكبس منتهى نزوله انغلق هذان الصمامان لتساوى الضغط أعلاه وأسفلهما وصارت الطلمبة كما كانت قبل غير أنه ارتفع في الأنبوبة الموضوعة فوق المستودع جزء من الماء وحل محل الهواء فإذا كبس المكبس مرة ثانية ارتفع هذا الماء أكثر مما ارتفعه في الحالة الأولى والثالثة أكثر من الثانية وهكذا الى أن يدخل في جسم الطلمبة وحينئذ يمر من الصمامين د د في كل خفضة للمكبس مقدار من الماء يساوي سعة جسم الطلمبة ويسيل من أنبوبة السيلان ويدخل جزء من الماء في جسم الطلمبة في كل مرة رفع فيها المكبس وهكذا

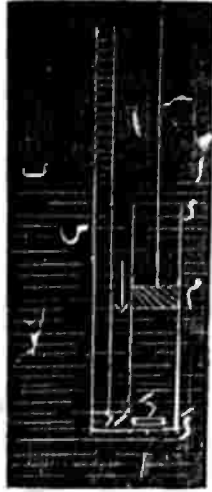
ولارتفاع السائل الى أنبوبة الفيضان يلزم نظريا أن لا يتعدى طول أنبوبة المستودع وجسم الطلمبة ١٠ امتار ولكن دل العمل على أنه لتسير الطلمبة سيرا منتظما يجب أن لا يكون الطول أكثر من ٧ أو ٨ امتار وذلك اما لكون المكبس لا يصل الى آخر جسم الطلمبة أو لكون الصمامات لا تتحكم الغلق فيدخل قليل من الهواء

١٥١ - الطلمبة الكابسة - في الطلمبة الكابسة جسم الطلمبة د د (شكل ٩٤) مغور في ماء المستودع ويتصل جزءه السفلي بأنبوبة الفيضان والمكبس م مكبس مصمت فإذا رفع حصل تحته فراغ فيفتح الماء بضغطه الصمام د د ويملا جسم الطلمبة فإذا انخفض

المكبس فان هذا الصمام ينغلق وينفتح الصمام د بالضغط الحاصل من الماء بالمكبس فيدخل الماء في أنبوبة الفيضان ويرتفع فيها ومتى وصل الى حافات الانبوبة وذلك بعد عدة كبسات فانه يسيل منها في انخفاض المكبس مقدار من الماء مساو لعدة جسم الطلبة



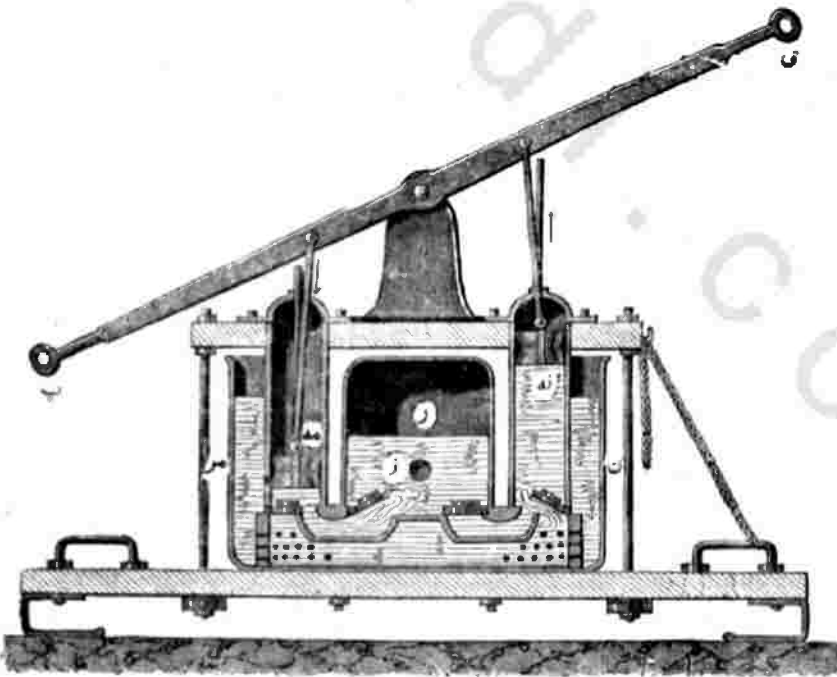
٩٥



ش ٩٤

١٥٢ - الطلبة الماصة الكابسة - هي المتحد من الطلبتين الماصة والكابسة جسم الطلبة لها د د (شكل ٩٥) يتلى بالمص عند رفع المكبس ويندفع ما فيه من الماء الى أنبوبة الفيضان ا بانخفاض المكبس فالجهاز حينئذ يعمل مع التعاقب كطلبة ماصة ثم كابسة

١٥٣ - طلبة الحريق - هي (شكل ٩٦) وهي كالآلة المفرغة الاعتيادية

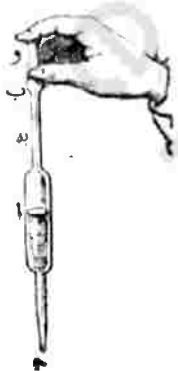


ش ٩٦

تتركب من جسمي طلبة بعضهما بجانب بعض في حوض من الخشب مرن مملوء دائما بالماء مدة تشغيلها والمكبسان م م و نه يتحركان بواسطة ذراعين يحركهما ثمانية رجال

وبامتصاص أحد المكابس للماء من الصندوق فإن الآخر يقذفه الى مستودع ر وهو مستودع الهواء فينضغط هذا بقوة مروته يقذف الماء ويلزمه الخروج من الفتحة ز في أنبوبة مستطيلة من الجلد يوجه بها الماء الى النار وفي عمل هذا الهواء أيضا تنظيم خروج الماء فلا يخرج متقطعا لان ما يدخل في هذا المستودع من الماء أكثر مما يخرج منه فينضغط الهواء وتزيد مروته وهي تلزم الماء بالخروج في كل وقت حتى في لحظة وقوف الآلة التي بها تتغير حركة المكابس

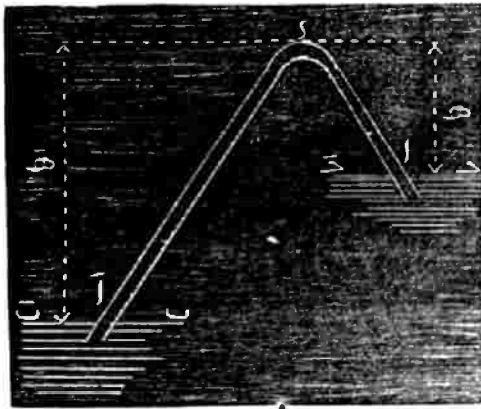
١٥٤ - البيبيت - هي أنبوبة (شكل ٩٧) ينقل بها السائل من مكان الى آخر



ش ٩٧

وقد تكون هذه الأنبوبة مدرجة ليكون نقل السائل بحجم معلوم فاذا غمر الطرف ح لهذه الأنبوبة في السائل المراد نقله ومص ما فيها من الهواء من الطرف الآخر و فان السائل يرتفع فيها لنقص الضغط على سطحه فاذا وضع الاصبع على الفتحة التي استخلص منها الهواء ونزعت الأنبوبة عمودية عن السائل فإنه يبقى فيها بضغط الهواء عليهما من أسفل الى أعلى الى أن يرفع الاصبع فيدخل الهواء فيسيل السائل

١٥٥ - المص - هو أنبوبة منحنية (شكل ٩٨) تستعمل لنقل السوائل فيغير

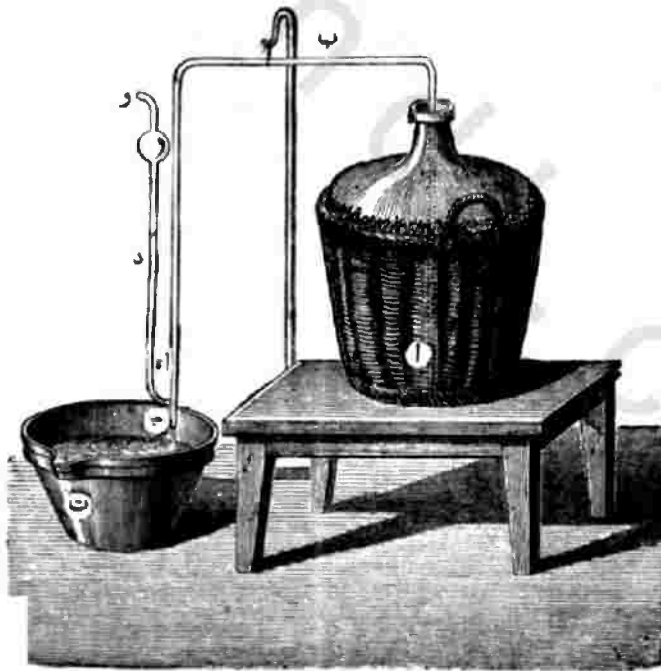


ش ٩٨

طرفها القصير في السائل المراد نقله ويمص الهواء من طرفها الطويل فتتلى بالسائل فاذا تركت وشأنها سال منها السائل مادامت فتحة السيلان منخفضة على سطح السائل في الاناء المنقول منه وبيان ذلك نبحث عن الضغط الحاصل في طرفي عمود السائل في ١ و ٢ (شكل ٩٨) فنجد أن الطبقة ١ من سطح السائل ح ح تحمل ضغطا من أسفل لآعلى

هو ضغط الهواء الجوي ه ومن أعلى لاسفل هو ضغط عمود السائل الذي يعاوها وحيث ان نقطة د هي النقطة الأكثر ارتفاعا يكون الضغط الحاصل على ١ من أعلى لاسفل مساويا لوزن عمود من السائل طوله ه فيكون الضغط الحاصل في طبقة ١ عبارة عن ه ه واتجاهه ا د وهو ينقل في كتلة السائل بتمامه أيضا

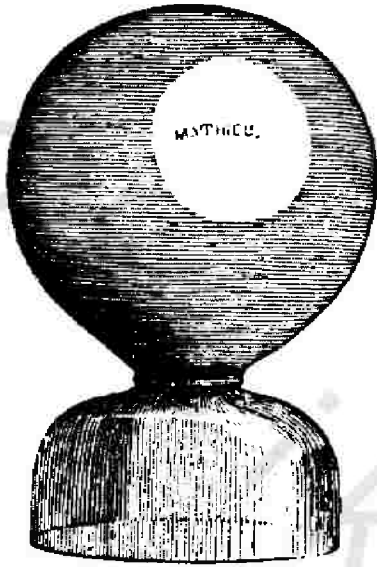
والطبقة أ تحمل ضغطاً من أسفل هو ضغط الهواء الجوي هـ ومن أعلى لاسفل تحمل ضغطاً مساوياً للوزن ما يعلوه من السائل وطوله هـ ويكون حينئذ الضغط الحاصل عليها هو هـ هـ واتجاهه أ د وهذا الضغط ينتقل لجميع كتلة السائل الكائنة في الممص أيضاً فهذه الكتلة ان لم تحمل ضغطين غير متساويين وفي اتجاهين متضادين أحدهما هـ هـ في الاتجاه أ د والآخر هـ هـ في الاتجاه أ د فتتحرك في اتجاه أصغرهما وهو أ د بقوة مقدرة بموود من السائل قطره الممص ويساوى الفرق بين الضغطين هـ هـ وهـ هـ أى هـ هـ ولنقل السوائل بهذا الممص يملاً أولاً بالسائل أو يغمر طرفه القصير في السائل ثم يص بالقم من فتحة الطرف الطويل حتى اذا ملا ترك وشأنه كما ذكرنا هذا اذا كان لا تأثير للسائل على القم والاستعمل ممص يسمى بالمركب والاول يسمى بالبسيط فهذا فيه بالقرب من الفتحة ج (شكل ٩٩) أنبوبة جانبية د ولاستعماله يغمر الفرع القصير في السائل ويص منه الهواء بالفتحة و بعد غلق الفتحة ج بالاصبع فاذا بلغ السائل أ هـ ترك الممص وشأنه



ش ٩٩

١٥٦ - المحاجم - هي نواقيس من زجاج توضع على أجزاء من البدن بعد عمل الفراغ فيها كثيراً أو قليلاً فيحمرو ينتفخ جزء الجلد الذي قل الضغط فوقه بسبب هروغ الدم وسوائل البنية اليموت تسمى هذه العملية بالمحجامة ويقال لها جافة لعدم خروج دم من البنية فيها بخلاف

ما اذا فعل في هذا الجزء تشاريط قبل وضع الناقوس عليها فتفتح بعض الاوعية فيسيل الدم بكثرة وفي هذه الحالة يقال للحجامة رطبة



ش ١٠٠

ولخلخله الهواء في المحاجم يلهب فيها قليل من الورق أو يسخن على مصباح كوثى فاذا امتلأ المحجم بالهواء الحار وضعت على الجزء المراد حجামته فتسقى مروتته بالتبريد وقد يكون بالمحجم أنبوبة يركب عليها طلببة يتخلل بها الهواء ويسمى هذا المحجم بنى الطلببة والمرسوم (شكل ١٠٠) محجم بسيط في استعماله فهو قليل الارتفاع وفي جزئه العلوى أنبوبة يركب عليها كرة مخوفة ممسكة الجدران من الصمغ المرن وللعمل به تضغط بين الاصابع فيطردها فيها من الهواء وحينئذ توضع على المكان المراد عمل الحجامة فيه ثم يضبط في هذا المكان ويمنع تحامل الاصابع عن كرة الصمغ المرن فيتخلل الهواء لكونه يشغل مسافة أوسع مما كان يشغلها والحمد لله على التمام والصلاة والسلام على من هو للأنبياء ختام

وكان الفراغ من طبع هذا الجزء بالمطبعة الكبرى الاميرية في أوائل شعبان المعظم سنة ١٣٠٥ هجرية