الفصل الثالث

ميكانيك الجوامد والموائع

ان تجارب الميكانيك (في الحركة والسكون) والموائع (الساكنة والمتحركة) واسعة ومتباوتة في مستوى تعقيدها لذلك سوف نتطرق الى نماذج منها تصلح لمختلف المستويات في المرحلة المتوسطة والاعدادية والجامعية . بعضها يمكن تحضيره من صندوق الاجهزة والبعض الآخر يحتاج الى اعداد خاص .

(٣-١) توضيح أنواع القوى ودراسة خواصها

القوة هو كل ما يغير أو يحاول أن يغير حالة الجسم الحركية أو شكله وتقاس بالنيوتن . فالجسم الساكن أو المتحرك قد يتأثر بمجموعة قوى خارجية ، ولن نتطرق الى القوى التي تمسك جسيمات الجسم (قوى التماسك) فهي قوى داخلية متعادلة لا تؤثر في حالة الجسم الحركية ولكنها قد تغير من شكله . فالجسم المكعب الشكل أو اللولبي يبقى على شكله بتأثير قواه الداخلية ولا يتغير ما لم تسلط عليه قوى خارجية تمثل الجاذبية الارضية أو سحب الشخص لها (القوى العضلية) وخير جهاز لقياس القوة هو النابض الحلزوني (Helical spring) . فان استطالته تتناسب طرديا مع القوة المطبقة ضمن حدود المرونة . لذلك يدرج لقياس القوة أو ما يكافئها من الاوزان (mg) والتي تمثل قوة جذب الارض على الجسم . فاذا علقنا ثلاجة في القبان مجل وزنها ولكن اذا أريد وزن الثلاجة طافية في الماء انعدم وزن الثلاجة (لأن وزن الماء المزاح = وزن الثلاجة في الهواء) . بالرغم من ثبوت الكتلة ، فالكتلة لا تتغير ما لم تغير سرعة الجسم (اذا اقترب من سرعة الضوء). لذلك فان الكتلة تثبت في الظروف الاعتيادية .

Scanned with CamScanner

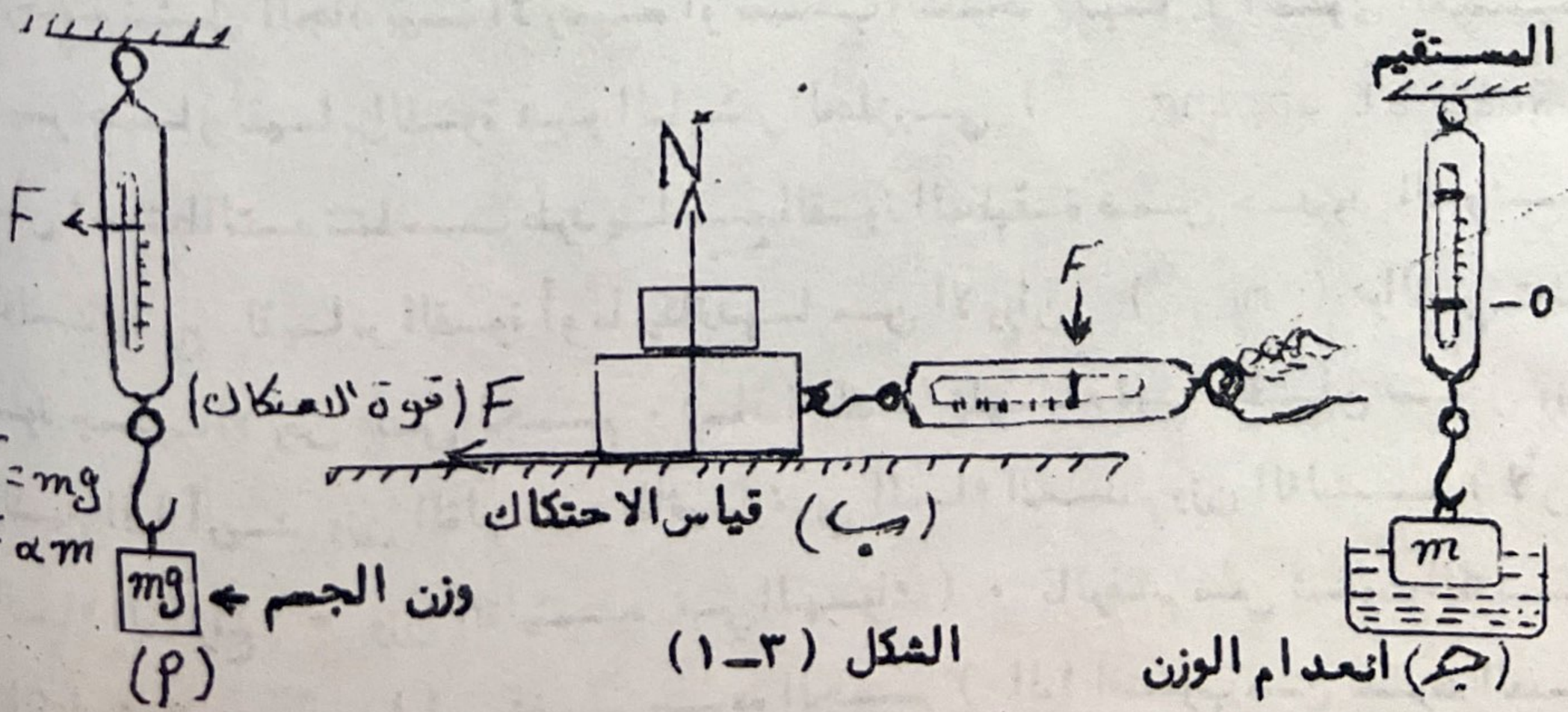
أ) قـوة الاحتكـــاك :

١ـ استخدم قبانا حلزونيا مدرجا ثم خمن وزن جسم قبل وزنه (الشكل ٣ـ١) .

٢ـ زن الجسم بالقبان تجد مدى خطأ الانسان في التخمين ويمكن التعبير من الوزن بالنيوتن أو بما يعادله من وزن الكتلة (نيوتن أو كلغم وزن) .

٣ـ ضاعف الوزن وراقب مضاعفة استطالة النابض وخلافا لذلك فقد يكون النابض قد خرج عن حدود المرونة أو ان الاوزان غير مضبوطة .

٤ـ قس قوة الاحتكاك الشروعي والانزلاقي باستخدام النابض ، وذلك بوضع مستطيل خشبي على سطح أفقي ، فان اقصى تسجيل للنابض قبل حركة الخشبة يمثل قوة الاحتكاك الشروعي . استمر بسحب الخشبة بسرعة ثابتة وسجل مقدار قراءة القبان فستجدها أقل من قوة الأحتكاك الشروعي وتسمى قوة الاحتكاك الانزلاقي . عين معامل الاحتكاك الشروعي والانزلاقي بيانيا برسم العلاقة بين رد الفعل العمودي N (الخشبة والاثقال فوقها) وبين قوة الاحتكاك F في كل حالة حيث ان معامل الاحتكاك لكل حالة يمثل ميل الخط المستقيم



الشكل (٣ـ١)

أحد التجربة على سطوح مختلفة ولا سيما السطح المائل (الشكل ٣ ـ ٣ جـ) وعين زاوية الاحتكاك .

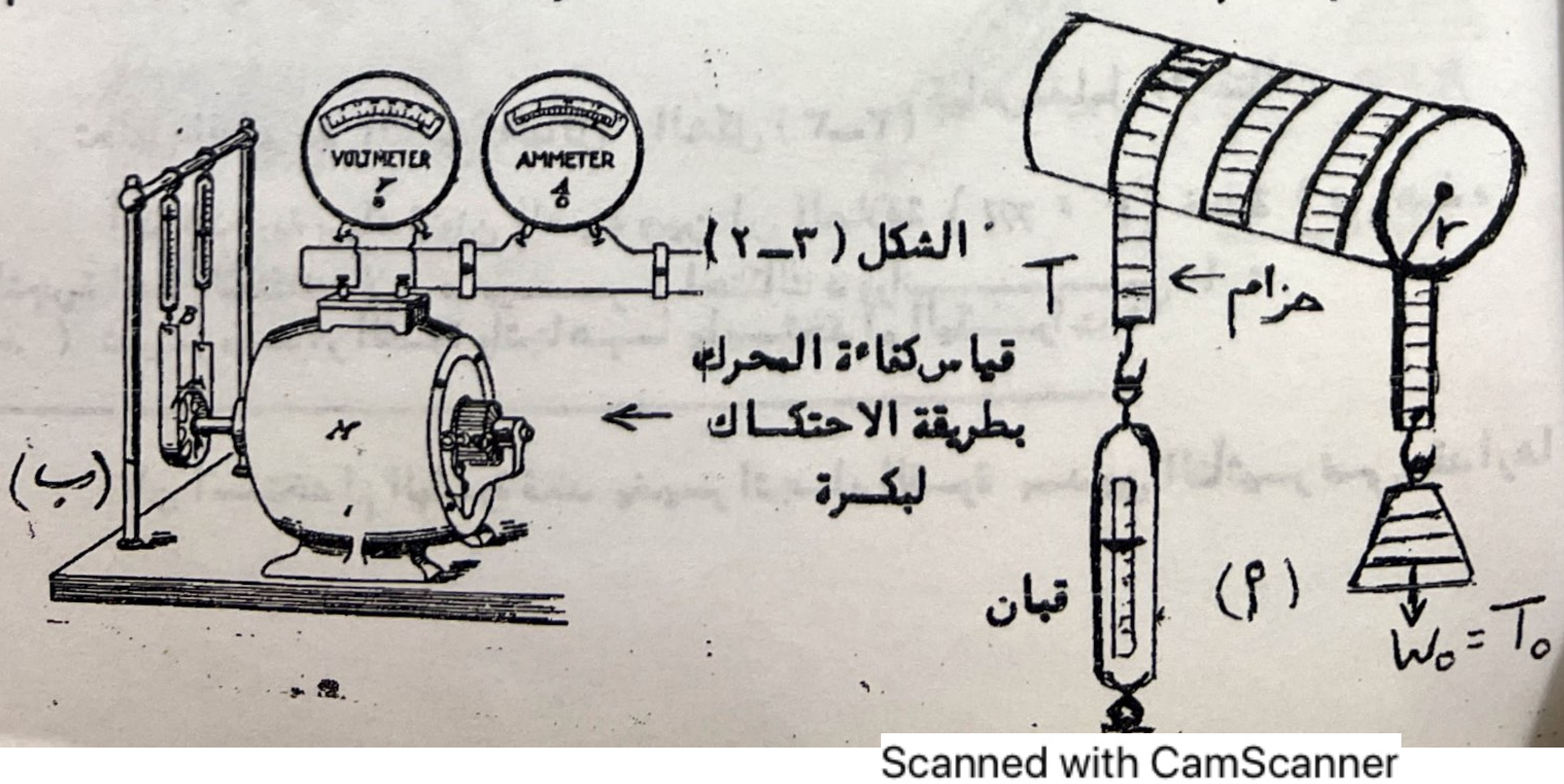
والاحتكاك من القوى المهمة في الميكانيك ذات التطبيقات الواسعة فلقد تطرقنا الى نوعيها الشروعي والانزلاقي . ولتبيان أهميتها بالنسبة لحبل أو حزام ملفوف حول اسطوانة خشنة معامل احتكاكها الشروعي مع الحبل (μ_s) فان الشد (T) عندما يصنع الحبل الملتف حولها زاوية γ يعبر عنه بالعلاقة (على الطالب اشتقاقها) .

$$T = T_0 e^{\mu_s \gamma}$$

حيث ان T_0 الشد في بداية الحبل ($\gamma = 0$) وان الزاوية $\gamma = 2\pi n$ حيث ان (n) عدد اللفات .

ويلعب الاحتكاك بين البكرات والاحزمة الناقلة دورا مهما في نقل الطاقة الميكانيكية .

ولتحقيق المعادلة أعلاه نلف حزاما (عرضه ٥ سم) حول اسطوانة خشنة نصف قطرها يقارب ١٠ ـ ٢٠ سم . ثم نعلق ثقلا (T_0) من أحد طرفي الحزام (الشكل ٣ ـ ٢أ) المتكون من عدد من اللفات (n) واجزائها . ثم نربط الطرف الاخر للحزام بقبان حلزوني ونسحب الحزام تدريجيا حتى يبدأ الحزام بالانزلاق ونسجل مقدار الشد (T) . وباستخدام قيم مختلفة لعدد اللفات (أو γ) نقيس (T) ونرسم



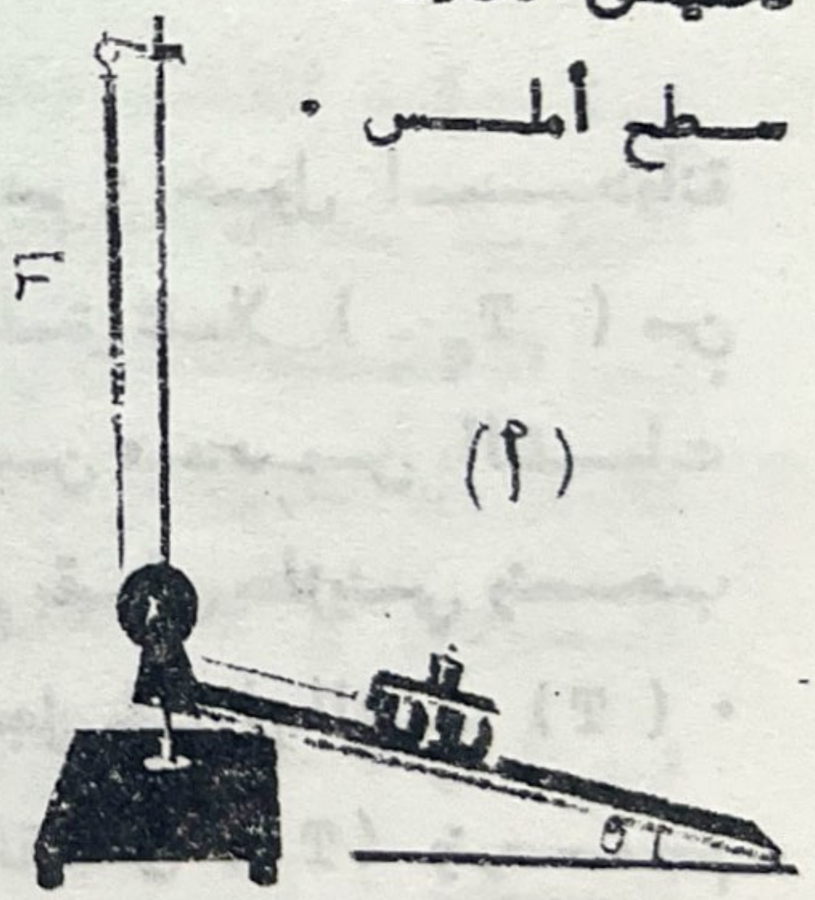
الشكل (٣ ـ ٢)

قياس كفاءة المحرك بطريقة الاحتكاك لبكرة

العلاقة بين $\frac{T}{T_5}$ ، μ فيجب الحصول على خط مستقيم على ورقة بيانية نصف لوغارتمية ومن ميله يحسب معامل الاحتكاك الشروحي (μ) بين الحزام وسطح الاسطوانة .

ب) تحليل القوى على السطح المائل :

في هذه الحالة تكون القوة هي الوزن . وذلك بوضع مربط خفيفة فيها شيء من الاثقال زن المجموعة (mg) . علق قبانا حلزونيا بوضع شاقولي واربطه من خلال خيط بالعربة . ثم سجل قراءة القبان (F) لاثقال عديدة (m) وقس (θ) حيث ان (θ) هو ميل السطح عن الافق (الشكل ٣-٢ أ) ومن (g) بيانيا من تحقيق العلاقة $F = mg\sin\theta$. وتصح العلاقة على سطح أملس .



تحليل القوى على السطح المائل الشكل (٣-٣) قياس معامل الاحتكاك

أعد التجربة بزيادة وزن العربة وبين ان العلاقة ($F \cdot m$) خطية (في هذه التجربة اهمل الاحتكاك لانه صغير - احتكاك دوراني) .

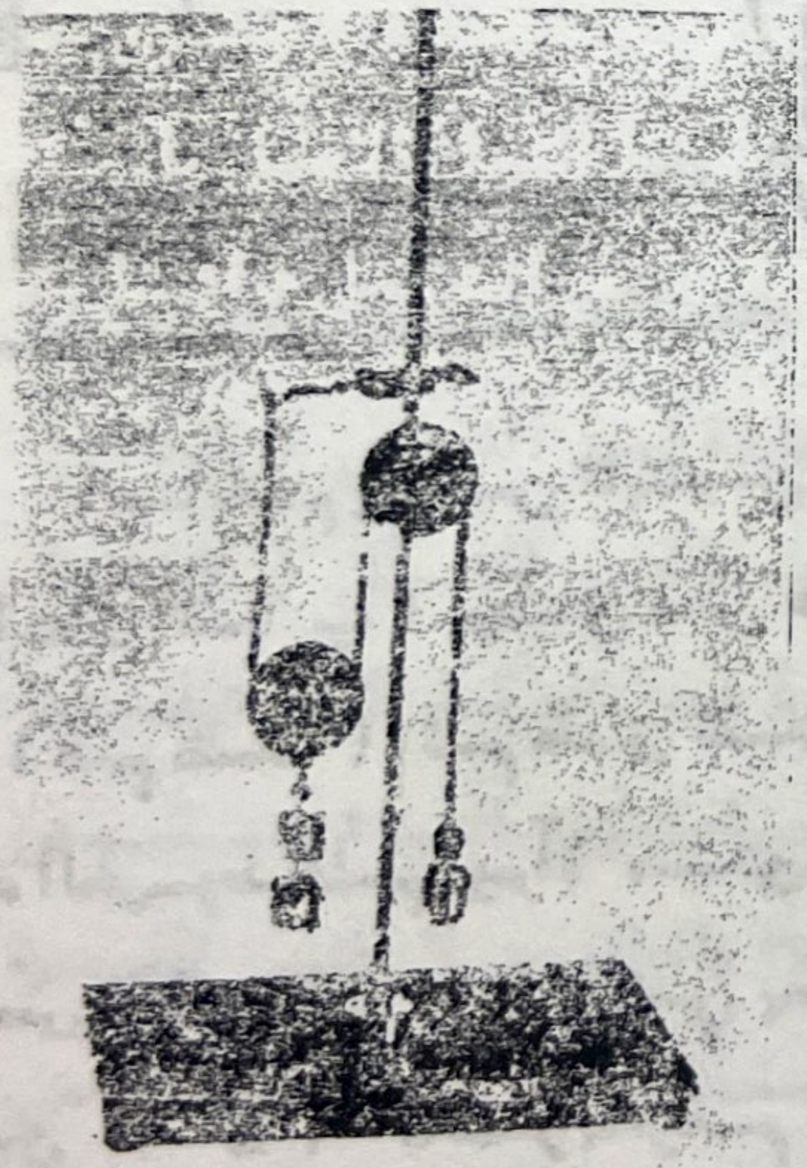
ج) تغيير مقدار القوة واتجاهها باستخدام البكرات :

ان استخدام البكرة قد يغير اتجاه القوة بدون التأثير في مقدارها

وهي ميزة مفيدة في كثير من الاعمال . كرفع الاثقال من الارض الى سطح البناية فالقوة الساحبة (F) تساوي مقدار الوزن (mg) فمن البكرة الثابتة (fixed pulley) الشكل (٣ـ٤ أ) وقياس (F) بالقبان أو بتعليق أثقال معلومة .

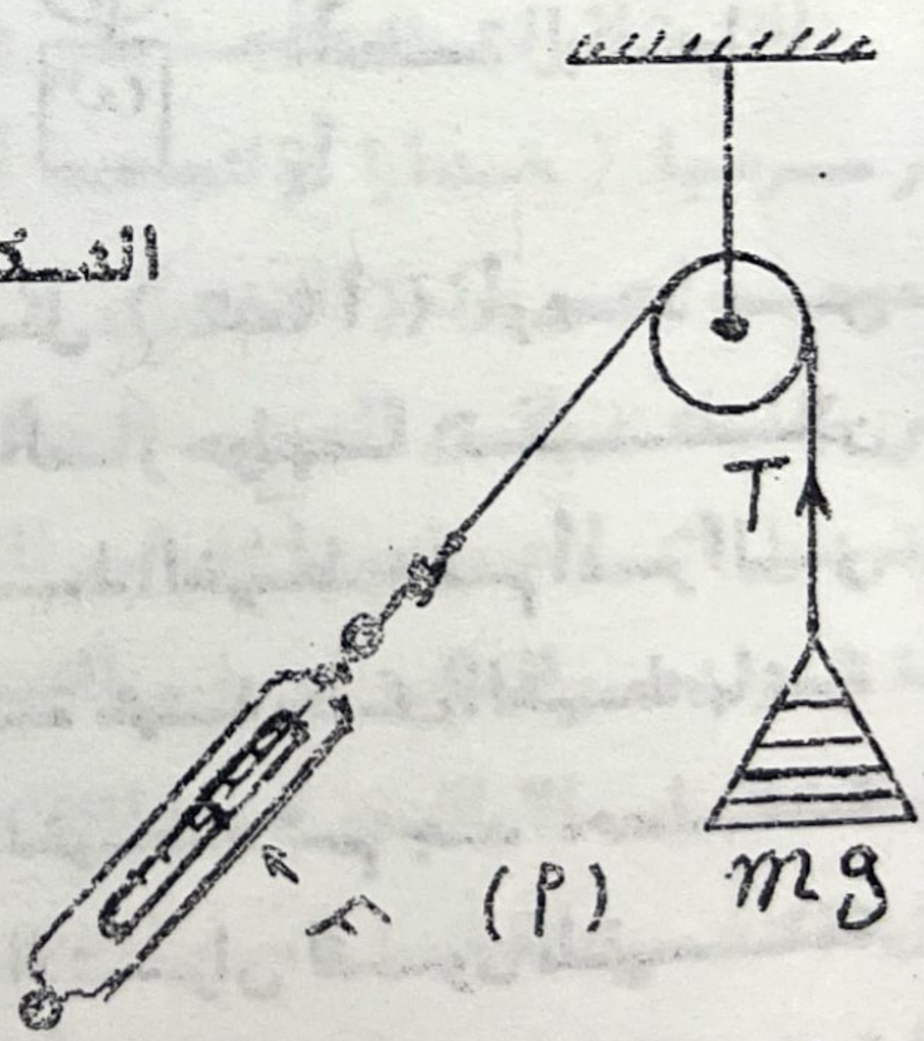
أما اذا أريد استخدام قوة قليلة للتغلب على مقاومة اكبر . فيمكن استخدام بكرة أو مجموعة بكرات متحركة (الشكل ٣ ـ ٤ ب) . فمن الشكل (٣ـ٤ ب) يكون الشد في الحبل متساويا . فلو فرض اهمال الاحتكاك والبكرات خفيفة . فالبكرة المتحركة في الشكل تحمل ثقل الوزن (2mg) تجريبيا باستخدام ثقل (mg) لان ثقله جزءان من الحبل (مقدار الشد في كل واحد mg) بجزءان من حبل الاتزان .

ونظرا لوجود وزن للبكرة المتحركة تجعل اضافة ثقل صغير مع القوة الساحبة للحصول على الاتزان .



بكرة ثابتة واخرى متحركة

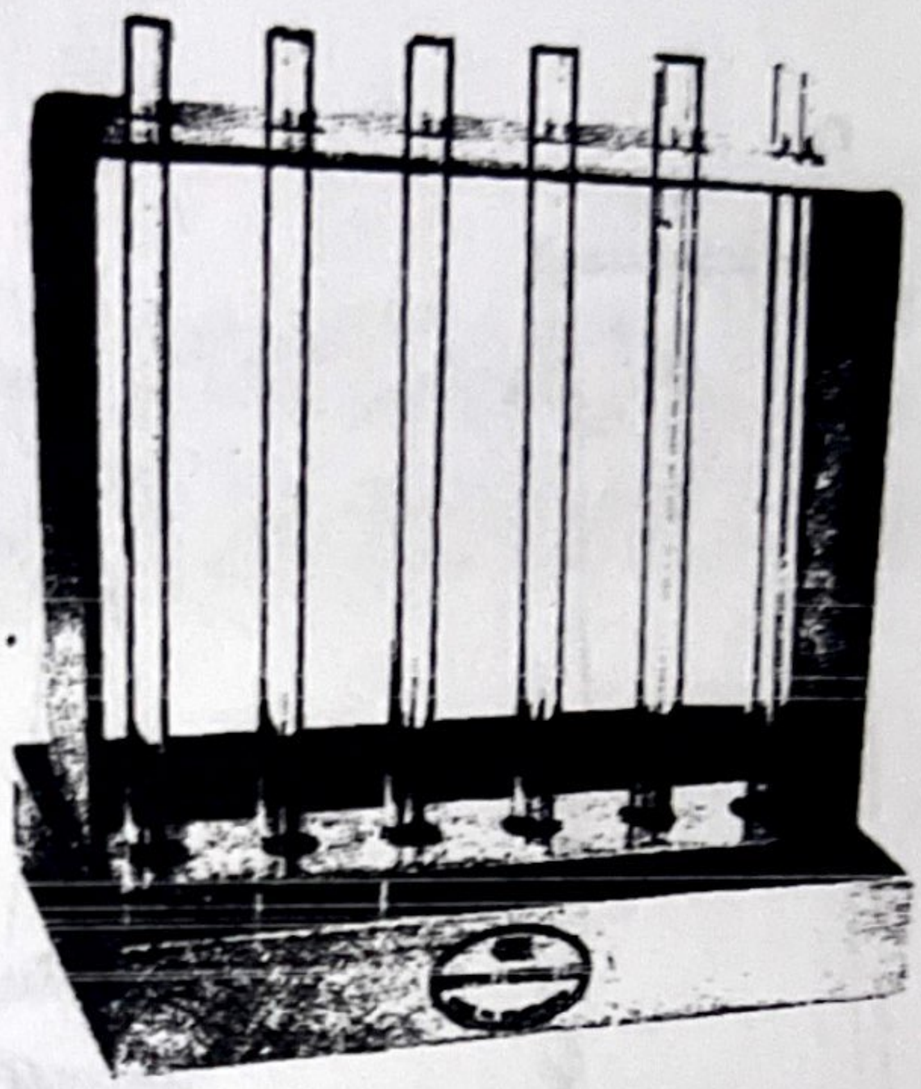
الشكل (٣ـ٤)



بكرة ثابتة

مرة ماء ومرة زئبق في حوض على شكل اسفين (اخدود) ضيق بين الصفيحتين فسوف نلاحظ كيف يرتفع الماء بارتفاعات مختلفة بينهما والعكس في حالة الزئبق .

(ب) صعود الماء في الصنائ

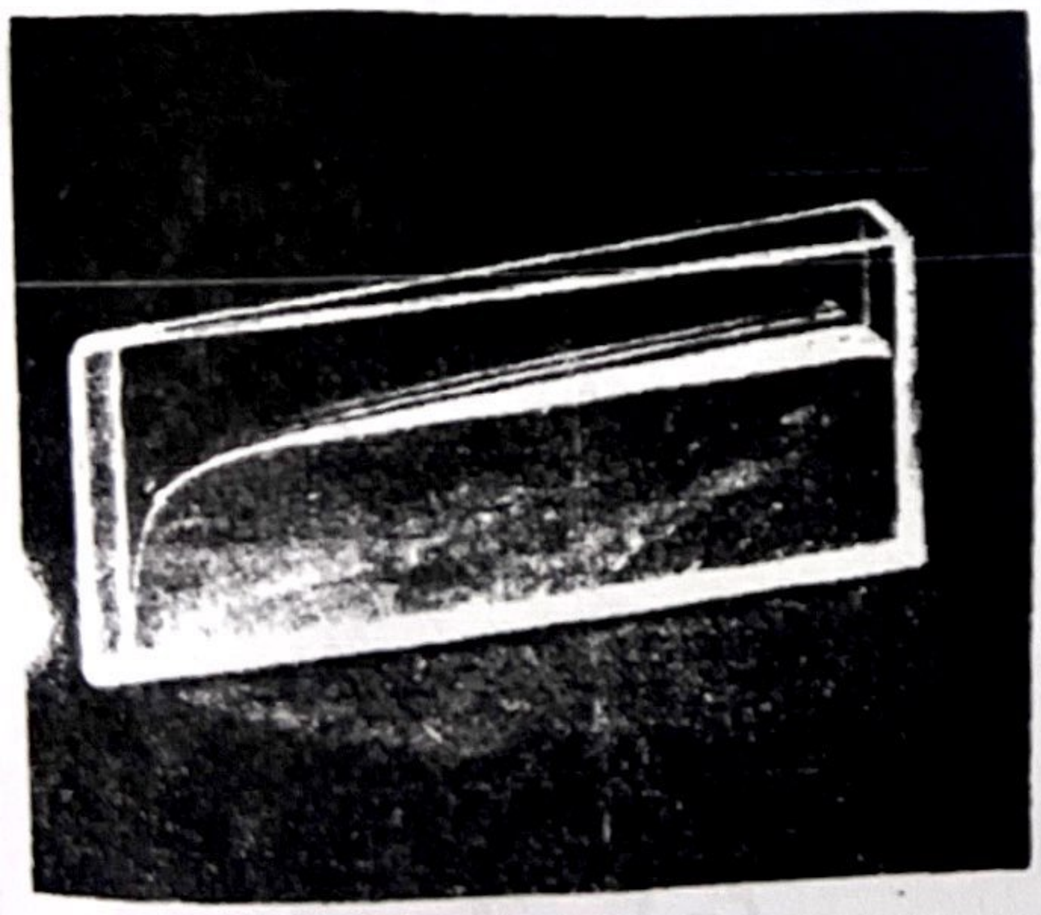


(أ) الانابيب الشعرية

الشكل (٣ـ٩)

ظواهر الخاصية الشعرية

من ظواهر قوى التلاصق



(ج) هبوط الزئبق في الصنائح الشعرية

(٣ـ ٢) العزوم (τ) وخواصها :

يعرف عزم القوة (τ) بانه حاصل ضرب القوة (F) في بعدها العمودي ($r \sin\theta$) (الذراع) من محور الدوران (o)

Scanned with CamScanner

الشكل (٣ ـ ١٠ جـ) ووحدته نيوتن . م (أو م . نيوتن) والوحدة لا تسمى جدلا لأن القوة والبعد (م) متعامدان في هذه الحالة وليسا في اتجاه واحد . والعزم كمية اتجاهية باتجاه محور الدوران ويخضع لقاعدة العقل (اليد اليمنى) الشكل (٣ـ ١٠ جـ) وللقوى الملتقية في نقطة (Concurrent forces) تكون محصلة عزومها حول نقطة الالتقاء = صفر ، لأن عزم كل قوة يساوى صفرا حول تلك النقطة أما اذا كانت القوى غير ملتقية في نقطة فليس من الضرورى أن تكون محصلة العزوم حول محور الدوران صفرا . فان حصل فالجسم متعادل اذا كانت محصلة القوى صفرا أيضا . أما اذا كانت محصلة العزوم لا تساوى صفرا فالجسم يدور باتجاه المحصلة وبتعجيل زاوى (α) طبقا لقانون نيوتن في الحركة .

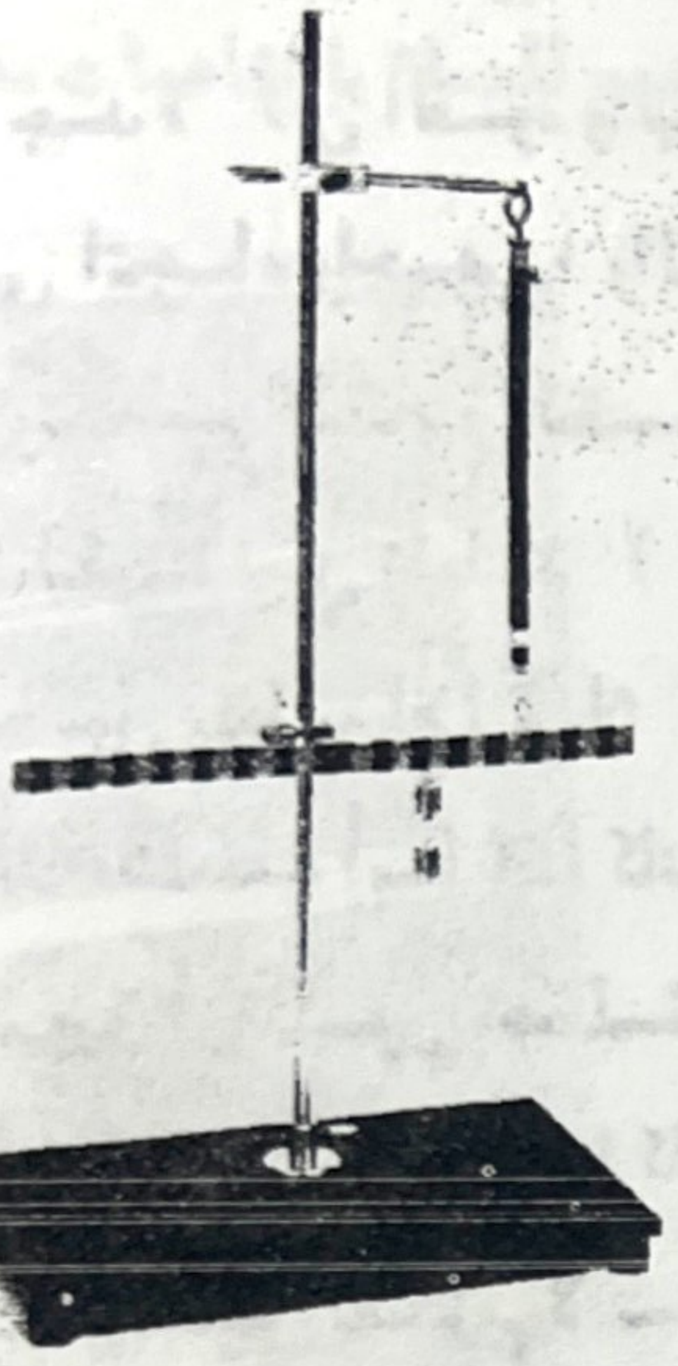
$$\sum \tau = I\alpha$$

أ ـ دراسة محصلة العزوم = صفر ($\sum \tau = 0$)

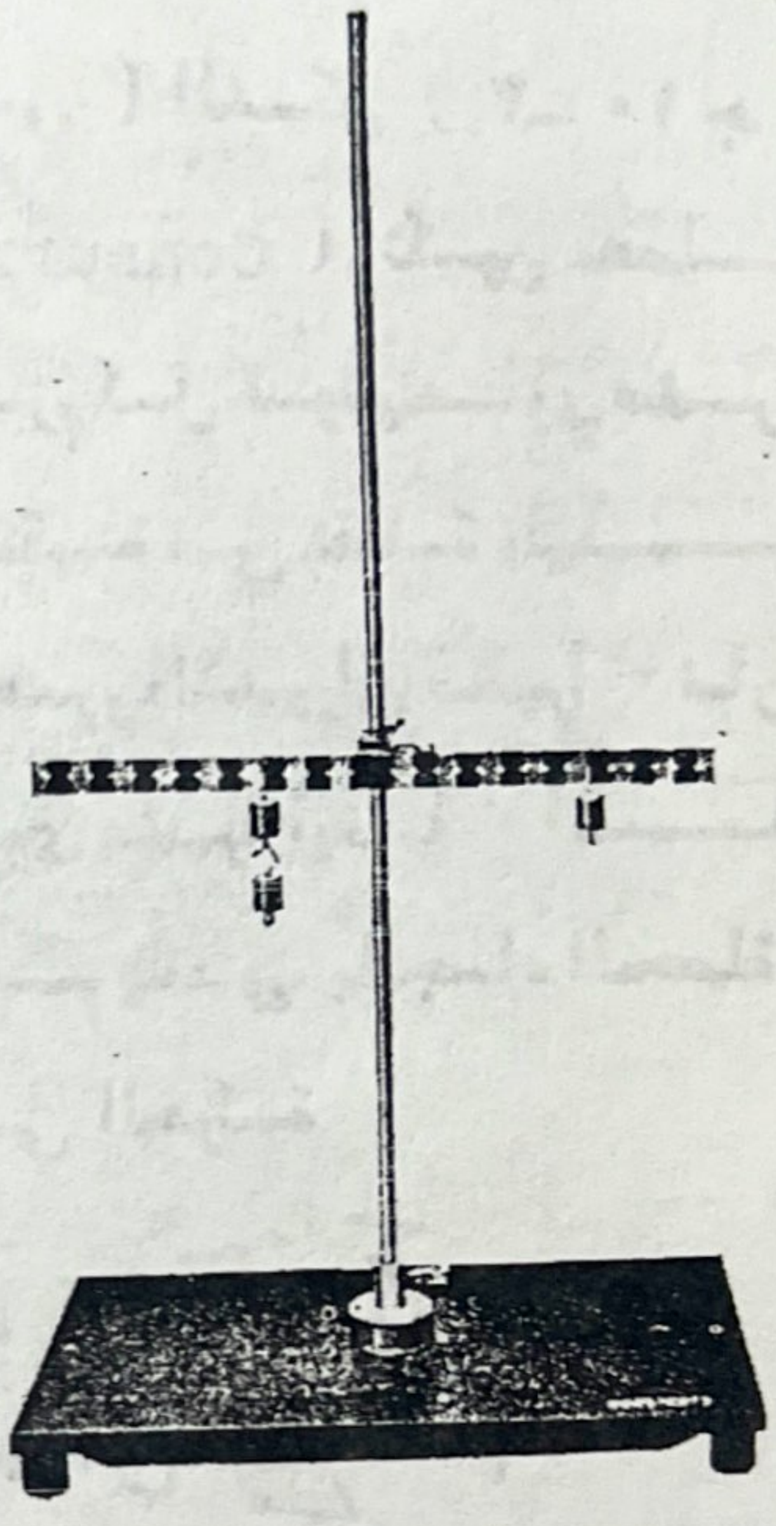
اذا اصطلحنا على اعتبار العزوم المدورة باتجاه عقرب الساعة (موجبة) فالعزوم المدورة عكس عقرب الساعة (سالبة) . فاذا قسنا العزوم بهذين الاتجاهين حول محور الدوران لجسم (مسطرة وأثقال) متزن فيجب أن يكون المجموع الجبرى للعزوم حول هذا المحور صفرا .

حقق هذه العلاقة باستخدام أثقال معلقة من مسطرة ، وباوضاع عشوائية بحيث تصبح المسطرة أفقية ، احسب العزوم المدورة باتجاه عقرب الساعة وبعكسها ، وتحقق من كون المحصلة = صفرا . الشكل (٣ ـ ١٠) .

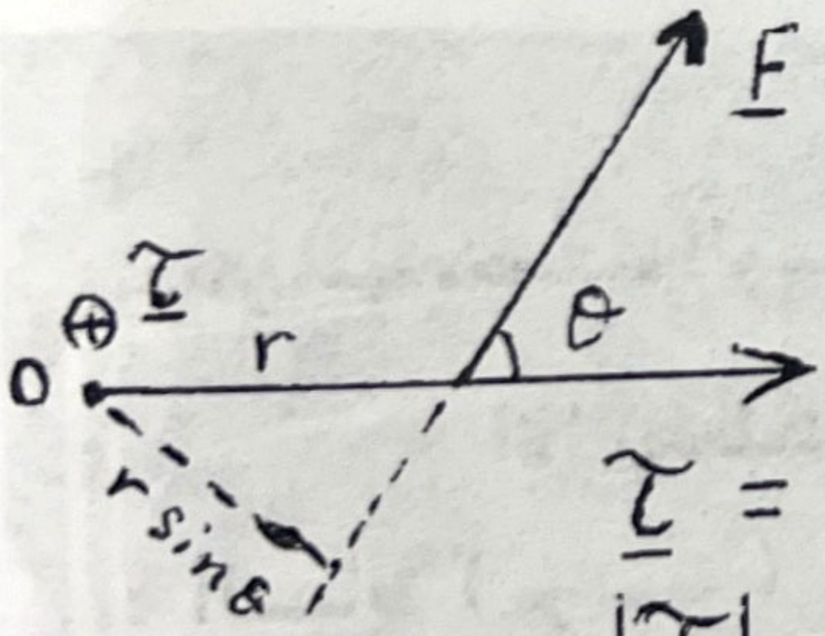
Scanned with CamScanner



(ب)



(أ)



$$\underline{\tau} = \underline{F} \wedge \underline{r}$$

$$|\tau| = F\, r \sin\theta$$

(جـ)

الشكل (٣ـ١٠)
تحقيق قانون العـــزوم المتعادلة

ونظـرا لكـون نقطـة استناد المسـطرة مـن وسـطها لذلـك فـان عزمـي نصفيهـا يتعـادلان أمـا اذا علقـت المسـطرة مـن نقطـة فـي أحـــد طرفيهـا فيجـب ادخـال تصحيـح عـزم وزنهـا فـي المعادلـــة . تأكـد مـن هـذه الحقيقـة فـي الحالـة (ب) فـي الشـكل (٣ـ ١٠) لاحـظ مـن الشـكل الاخيـر بأننـا يمكـن أن نسـتبدل بالقبـان خيطـا يمـر حـول بكـرة ثابتـة يتدلـى منهـا ثقـل يولـد شـدا فـي الخيـط يسـاوى قـراءة القبـان .

(٣ـ٣) الميـــزان (المكتلـــة)

ان العديـد مـن الموازيـن المستخدمة في حياتنـا اليوميـة يعتمـد عملهـا علـى تساوى العـزوم حـول محـور الـدوران ، فهـي لا تـزن بـل تقـارن بيـن كتلتيـن احداهما هـي الاثقـال والاخـرى تمثـل الكتلـة المطلوبـة . الميزان الحقيقية هـي ذات النابـض الحلزونـي ، أمـا الميـزان ذات الكفتيـن التـي تعمـل بمبـدأ العـزوم يفضـل تسميتها المكتلـة (أو القسطاس) . (الشـكل ٣ ـ ١١) وهنـاك تصاميم متنوعـة لهـذا النـوع مـن الموازيـن بعضهـا بكفتيـن وبعضهـا بكفة واحـدة ، بعضهـا تحتـاج الـى عيـارات للـوزن وبعضهـا لا يحتـاج بـل هنـاك اثقـال منزلقـة علـى مسطرة مدرجـة الـى غرامـات واجزائها . بعضهـا قليـل الحساسية يـزن لغايـة ١ غـم وبعضهـا دقيـق يـزن لغايـة مايكروغـرام . والاخيـر يستخدم منظومـة كهربائيـة وبصريـة معقـدة ، وتكـون هـذه الانـواع الحساسـة سـريعة العطـب لذلـك يجـب قفلهـا أثنـاء النقـل باستخدام قفلـة مناسبة في الجهـاز الشكل (٣ ـ ١١ هـ) ومـن المفضـل دائمـا وضـع العيـارات فـي الكفـة اليمنـى والجسـم فـي الكفـة اليسـرى (لمـاذا ؟) .

كذلـك يتطلـب اعـداد الميـزان بتسـوية قاعدتهـا بالاستعانة بقبـان التسـوية وتعـادل كفتيهـا (باستخدام مسـامير محويـة فـي طـرف كـل ذراع) . ولا يصـح استخدام العيـارات فـي عمليـة الموازنـة ابـدا . لأن العيـارات للـوزن فقـط . بـل تستخدم منظومـة العتـلات فـي كل ميـزان لتعادلهـا . ويجـب أن لا ننسـى قفلـة قفـل الميـزان الكهربائـي أثنـاء نقلهـا وتحريرهـا ضـد استخدامها حفظـا علـى المنظومـة البصريـة مـن العطـب .

وتعـد الميـزان مـن الأدوات المهمـة فـي المختبـر وفـي حياتنـا اليوميـة لذلـك يجـب معرفـة اجزائهـا بصـورة جيـدة والمحافظـة عليهـا مـن العطـب بالاستخدام الهـادئ ، وابعـاد المـواد القارضـة وتيـارات الحمـل

Scanned with CamScanner