جامعة البصرة

كلية العلوم

قسم الفيزياء

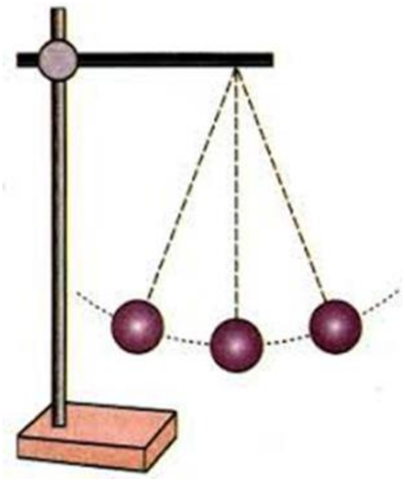
ملزمة التجارب العملية لمبادئ الميكانيك الكلاسيكي

ف 101

اعداد

ا.م.د خنساء عبد الله التميمي

2020-2021



أسماء التجارب

1. البندول البسيط
2. البندول المركب
3. ايجاد عزم القصور الذاتي لقضيب معدني بطريقة التعليق لبفلر
4. النابض الحلزوني
5. ايجاد معامل الاحتكاك الشروعي بين سطحين
6. عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة
7. ايجاد نصف قطر الدوران لأسطوانة تتدحرج على سطح مائل
8. التصادم

تجربة رقم واحد

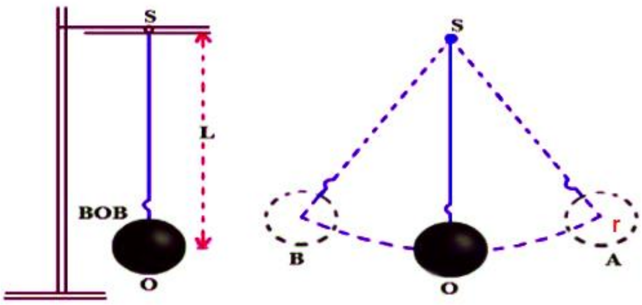
البندول البسيط (Simple Pendulum)

الهدف من التجربة: -

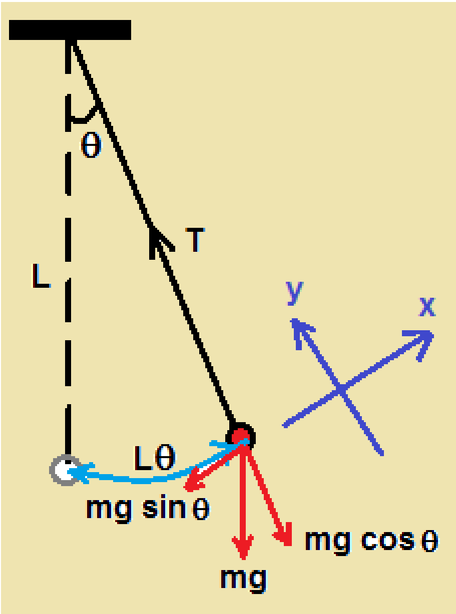
1 ـ دراسة الحركة التوافقية البسيطة للبندول البسيط.

2 ـ دراسة العلاقة بين الزمن الدوري وطول خيط البندول.

3 ـ إيجاد ثابت تسارع الجاذبية الارضية g.



الأجهزة المستخدمة: كرة بندول (كرة معدنية من النحاس أو الرصاص)، خيط، فكان معدنيان بمشد لولب، ماسك معدني، ساعة توقيت، مسطرة مترية



النظرية (Theory)

تعرف الحركة لتوافقية البسيطة بأنها الحركة التي تكرر نفسها خلال فترة زمنية ثابتة.

من الامثلة على الحركة التوافقية البسيطة:

1 ـ حركة البندول البسيط. 2 ـ حركة كتلة معلقة بنابض

ا.م.د. خنساء عبد الله التميمي

البندول البسيط: هو عبارة عن كتلة (كرة) صغيرة معلقة بشكل عمودي بخيط رفيع مهمل الكتلة وغير قابل للتمدد.

(بإهمال قوة الاحتكاك بين الخيط ونقطة التعليق فإن الكتلة (الكرة) المعلقة تكون في وضع اتزان تحت تأثير قوتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين الاتجاه.، هما ثقل الجسم (قوة جذب الارض للجسم باتجاه الاسفل) وقوة شد الخيط باتجاه الاعلى).

وعند إزاحة الكرة بزاوية بسيطة لا تزيد عن 10 درجات وتركها حرة الحركة فإن الكرة لم تعد متوازنة

وتتحلل قوة جذب الارض (mg) الى مركبتين أحدهما ($mg\cos\Theta$)التي تتساوى بالمقدار وتتعاكس بالاتجاه مع قوة شد الخيط المائلة على العمود بزاوية θ. والأخرى($mg\ sin\Theta$) التي تسبب حركة الكرة تلقائيا بإتجاه العودة لموضع توازنها وعند وصولها لموقع التوازن تكون قد اكتسبت طاقة حركية تجعلها تذهب إلى الطرف الاخر محدثتا بذلك حركة توافقية بسيط بسعة اهتزاز ثابته. سمي بالبندول البسيط لكون زاوية الازاحة بسيطة أقل من 10 درجات

بحيث يمكن اعتبار($sin\Theta$) يساوي θ. وعلى هذا الأساس تم استنتاج علاقة حساب الزمن الدوري Tوأصبحت كما يلي:

$$T = \boldsymbol{2\pi\sqrt{(L/g)}}$$

وعندما نقوم بتحويلها إلى معادلة خط مستقيم تصبح

$$\boldsymbol{T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}}$$

حيث T الزمن الدوري ويقاس بوحدة الثانية، L طول خيط البندول بوحدة المترm

وg تسارع الجاذبية الارضية بوحدة ($\frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{s^2}}$)

من هذه العلاقة يتبين أن العوامل المؤثرة في الزمن الدوري هي:

A- طول الخيط L: حيث الزمن الدوري يتناسب طردياً مع الجذر التربيعي لطول الخيط.

B- تسارع الجاذبية الارضية (g): الزمن الدوري يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لثابت تسارع الجاذبية الارضية.

أي أن الزمن الدوري لا يتأثر بقيمة كتلة الكرة المعلقة m أكانت ذات كتلة كبيرة أم صغيرة ولا بحجمها أكانت كبيرة الحجم أم صغيرة الحجم.

طريقة العمل

1- أختر طول معين للبندول و ليكن30 cm. وأجعل كرة البندول تهتز بقوس صغير (وتصنع زاوية صغيرة مع الشاقول) وقس زمن عشرة ذبذبات كاملة مستعينا بساعة توقيت مرتين ثم خذ معدل القراءتين

2- زد طول الخيط بمقدار 5cm أو 10cm و أعد الخطوة (1).

3- كرر الخطوة (2) لعدة أطوال

4- دون القراءات المختبرية كما في الجدول التالي:

L (cm)	$(t_{10})_1(sec)$	$(t_{10})_2(sec)$	$t_{av} = \frac{(t_{10})_1 + (t_{10})_2}{2}$	T	T^2

حيث (L)طول البندول من نقطة التعليق لغاية مركز الكره وحدته cm.

$(t_{10})_1$زمن 10 ذبذبات) يمثل المحاولة الأولى لحساب الزمن وحدته sec.

$(t_{10})_2$زمن 10 ذبذبات ويمثل المحاولة الثانية لحساب الزمن وحدته sec.

. t_{av}معدل الزمن ويقاس بالثانية

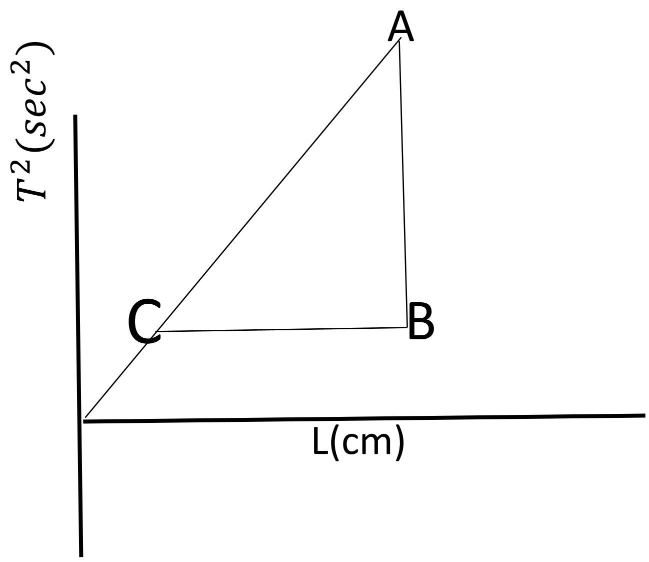
T يمثل زمن الذبذبة الواحدة وعادة يتم حسابه من تقسيم معدل الزمن على عدد الذبذبات, أي

$$T = \frac{t_{av}}{\text{عددالذبذبات}}$$

5- وبرسم العلاقة بين T^2على محور y وL على محور x وحساب الميل نستنتج قيمة تسارع الجاذبية من $g = 4\pi^2 \, {L}/{T^2}$

حيث ان ميل الخط المستقيم $slope = \frac{\Delta L}{\Delta T^2}$

$$\therefore g = \frac{4\pi^2}{slope} \qquad (\frac{m}{s^2})$$



اسئلة حول التجربة

1-هل يعتمد زمن الذبذبة الواحدة على طول البندول؟ وضح ذلك

2--بين تأثير تغيير أزاحه البندول على زمن الذبذبة الواحدة وهل تختار أزاحه صغيرة لحساب التعجيل الأرضي ام كبيرة ولماذا؟

3- يستخدم البندول لتنظيم سرعة بعض الساعات, فإذا كانت الساعة تقصر الوقت هل نقوم بتقصير طول البندول أم بزيادة طوله؟

تجربة رقم 2

البندول المركب (Compound Pendulum)

الهدف من التجربة: -

1- ايجاد القيمة الدقيقة للتعجيل الارضي في اي موقع على سطح الارض وبذلك يستفاد

منها في التقنيات والفحوص الجيوفيزيائية.

2- ايجاد عزم القصور الذاتي(I)لاي جسم مهما كان شكله.

3 – ايجاد نصف قطر الدوران.

الأجهزة المستخدمة

مسطرة مترية طولها متر او أكثر مثقبة طوليا بثقوب متساوية الابعاد تعلق بإمرار حافة حادة (مدببة) في أحد الثقوب، ساعة.

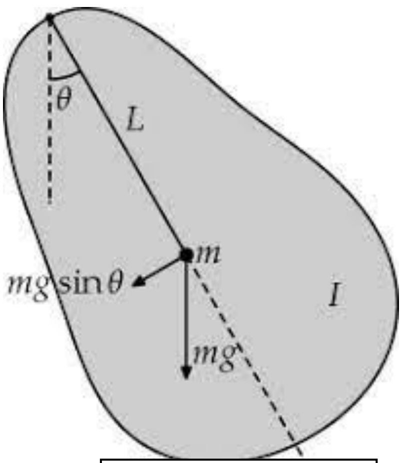
النظرية (Theory)

البندول البسيط يتألف من كرة صغيرة مربوطة بسلك طوله (L) أكبر بكثير من ابعاد الكرة. ووزن السلك مهمل مقارنة بوزن الكرة. فاذا كان زمن دورة واحدة للبندول T فان زمن الحركة التوافقية البسيطة له هو

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad --------- (1)$$

حيث g التعجيل الارضي.

عند عدم اهمال ابعاد الكرة مقارنة مع المسافة بين نقطة التعليق ومركز الكرة فان البندول يسمى بالبندول المركب او البندول الفيزيائي.



شكل رقم (1)

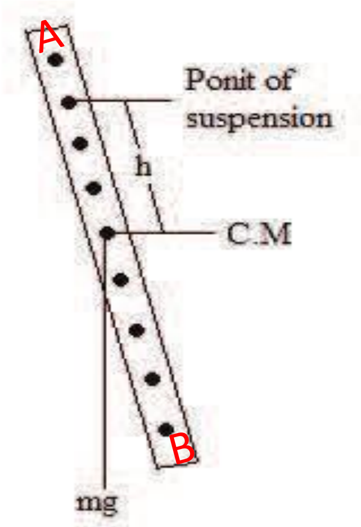
ا.م.د. خنساء عبد الله التميمي

اي ان البندول المركب هو (اي جسم يثبت بمحور افقي ويهتز بتأثير قوة الجاذبية).
التعبير عن زمن دورة البندول الفيزيائي يمكن ان يستنتج ويكون بالشكل:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgh}} \cdots ------(2)$$

حيث I هو عزم القصور الذاتي للبندول الفيزيائي حول نقطة التعليق، لكن يكون من الافضل التعبير عن هذا العزم بدلالة عزم القصور الذاتي I_0 حول مركز ثقل البندول. فاذا كانت كتلة البندول المركب m فان

$$I_o = mk_o^2 \qquad ----------(3)$$



شكل رقم (2)

حيث k_0 نصف قطر التدويم (radius of gyration) حول مركز ثقل البندول والذي يمكن حسابه عمليا لاي جسم غير منتظم.

عزم القصور الذاتي حول اي محور موازي لذلك المار بمركز الثقل يساوي

$$I = Io + mh^2 \qquad ----------- (4)$$

حيث h هي المسافة بين المحورين. بتعويض المعادلتين 3 و4 في المعادلة 2 تصبح

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{k_0^2 + h^2}{gh}} -------(5)$$

هذا الزمن معتمد على الشكل الهندسي ولا يعتمد على كتلة الجسم حيث يعتمد على توزيع الكتلة على الجسم من خلال الثابت k_0 وعلى موضع التعليق من خلال h.
ولان نصف قطر التدويم كمية ثابتة لاي جسم فان T لاي بندول هو دالة ل h فقط.

من المقارنة بين المعادلتين 1 و5 تبين ان زمن دورة البندول المركب المعلق على محور يبعد مسافة h من مركز ثقله مساوي الى زمن دورة البندول البسيط الذي طوله مساوي الى

$$L = \frac{k_0^2+h^2}{h} = \frac{k_0^2}{h} + h \qquad ------------- (6)$$

البندول البسيط الذي له نفس زمن دورة البندول الفيزيائي يسمى البندول البسيط المكافئ.

من المناسب تحديد موضع تعليق البندول بقياس المسافة s من نهاية احدى نهايتيه بدلا من المسافة h التي تمثل البعد عن مركز الثقل ; فاذا كانت D هي المسافة من النقطة A (التي تمثل بداية البندول) الى النقطة H التي تمثل مركز الثقل فان h_1 = $D - s_1$ كما مبين بالشكل(3) وبتعويض هذه القيمة في المعادلة 5 نحصل على

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{k_0^2 + (s-D)^2}{g(s-D)}} \quad ----------- (7)$$

من الشكل (3) نلاحظ ان رسم زمن الذبذبة مع المسافة يكون منحنيين متناظرين حول الخط الوهمي المرسوم عند مركز الثقل للبندول. فعند تحريك محور الدوران من النقطة Aباتجاه B كما في شكل رقم (2)يقل زمن الدوران ثم يبدأ بالزيادة حتى الوصول الى مركز الثقل. ثم يكرر الشكل نفسه بصورة متناظرة بعد مركز الثقل.

الخط الأفقي AE في الشكل(3) يقطع المنحنيين بأربع نقاط، نقطتان بكل جانب عندها تكون الازمان متساوية. لذا توجد قيمتان ل h يكون عندهما زمن الدورة متساوي هما h_1 و2h لاحظ الشكل اعلاه. لذا عند اختيار اي محور تعليق Aتوجد نقطة مرافقة D على الجانب الاخر لمركز الثقل تكون عندها ازمان الدوران حول المحاور المارة خلال A و Dمتساوية. تسمى النقطة D مركز الاهتزاز نسبة الى محور التعليق A. لذا إذا تم تحديد مركز الدوران لاي بندول فيزيائي فان بالإمكان عكسه وتعليقه عند النقطة D دون تغيير زمن الدوران. وهذه ميزة خاصة بالبندول المركب.

بالإمكان اثبات ان المسافة بين A وD مساوية الى L (طول البندول البسيط المكافئ). فبمساوة مربعات الازمان حول النقطتين A وD نحصل على المعادلتين الاتيتين

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}\left(\frac{k_0^2+h_2^2}{h_2}\right) \quad ; \qquad T^2 = \frac{4\pi^2}{g}\left(\frac{k_0^2+h_1^2}{h_1}\right)$$

ومنها

$$\frac{k_0^2+h_1^2}{h_1} = \frac{k_0^2+h_2^2}{h_2}$$

وبالتالي فان

$$h_2(k_0^2 + h_1^2) = h_1(k_0^2 + h_2^2)$$

ومنها

$$k_0^2 = \frac{h_2 h_1^2 - h_1 h_2^2}{h_1 - h_2}$$

وعليه فان

$$k_0^2 = h_1 h_2$$

وبتعويضها في معادلة مربع الزمن نحصل على

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}(h_1 + h_2) \quad \rightarrow \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{h_1 + h_2}{g}}$$

وبالمقارنة مع المعادلة 1 فان $h_1 + h_2 = L$ اي ان المسافة بين S وO مساوية الى L. في الشكل اعلاه نلاحظ ان $h_1 + h_2 = l_1 = l_2$

طريقة العمل

1- يعلق البندول من الثقب الاول القريب من احد طرفيه (الطرف Aمثلا) كما مبين بالشكل .(2)ثم يزاح بزاوية صغيرة ($\Theta \le 5^0$) من موضع الاستقرار ويترك ليتذبذب، احسب زمن 10 ذبذبات كاملة ومنه احسب زمن ذبذبة واحدة.

2- تكرر الخطوة (1) لجميع الثقوب ابتداء من الطرف **A**الى الطرف **B** حيث تقاس المسافة (d) بين كل ثقب والطرف A.

3- دون القراءات المختبرية كما في الجدول التالي:

d (cm)	$(t_{10})_1(sec$	$(t_{10})_2(sec)$	$t_{av} = \frac{(t_{10})_1 + (t_{10})_2}{2}$	$T\ (sec)$	$\frac{1}{T^2}$

ا.م.د. خنساء عبد الله التميمي

4 -ارسم العلاقة بين **T**على المحور الصادي والمسافة **d**على المحور السيني فنحصل على مخطط مشابه للشكل 3

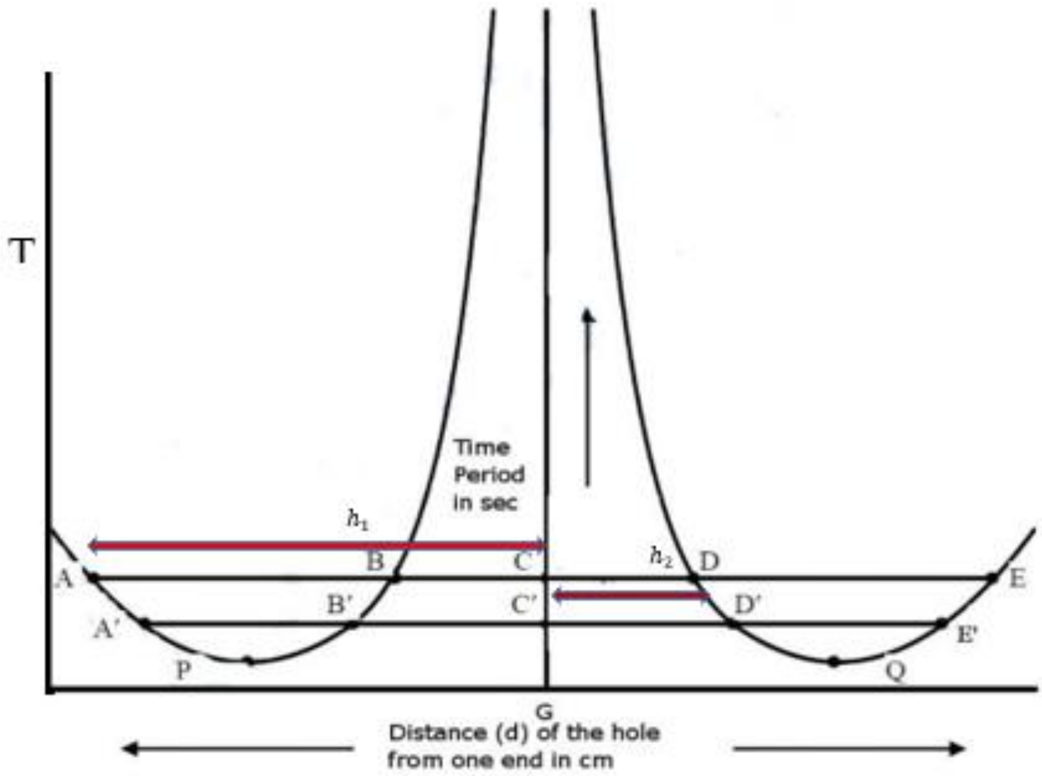
5- أرسم مستقيم افقي يقطع المنحني بأربع نقاط لنفس الزمن استخرج قيمAD وBE وPQ وACوCD

6 – احسب طول البندول البسيط المكافئ L حيث

$$L = \frac{1}{2}(AD + BE)$$

قِس $l_1 = AD$ و $l_2 = BD$ واوجد المعدل $L = \frac{l_1+l_2}{2}$ وعوض بالمعادلة الاتية لتجد التعجيل الأرضي.

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$



الشكل (3) يبين العلاقة بين زمن الذبذبة(T)والمسافة (d).

7 - احسب نصف قطر التدويم Kمن العلاقة:

$$K = \sqrt{AC \times CD} = \sqrt{h_1 h_2}$$

8 – احسب عزم القصور الذاتي باستخدام العلاقة:

حيث M كتلة المسطرة. $I = MK^2$

تجربة رقم 3

ايجاد عزم القصور الذاتي لقضيب معدني بطريقة التعليق لبفلر

(Determination Moment of Inertia by Bifilar)

الأجهزة المستخدمة

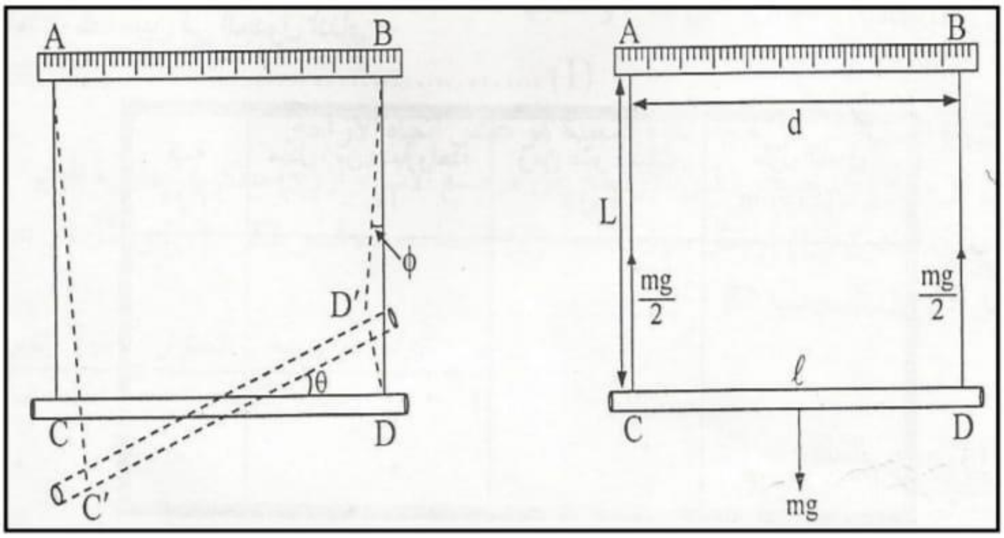
قضيب معدني منتظم الطول والمقطع، خيطين، مسندين، ماسكين، مسطرة وساعة توقيت.

النظرية (Theory)

ينص قانون نيوتن الاول : كل جسم يبقى على حالته الحركية من حيث السكون او الحركة بسرعة منتظمة في خط مستقيم ، مالم تؤثر عليه قوة تغير من حالته اي انه يمثل مقاومة الجسم للتغيير الطارئ على حالته الحركية ،و القوى التي تغير حركة الجسم يجب عليها ان تتغلب اولا على القصور الذاتي له و كلما كانت كتلة الجسم كبيرة كان من الصعب تحريكه او تغيير سرعته , حيث يفيد القصور الذاتي في قياس صعوبة تحريك الاجسام .و يطلق على قانون نيوتن الاول (**مبدأ القصور الذاتي**)، و نجد ما يمثل هذا المبدأ في الحركة الدورانية فالجسم قاصر عن تغيير حالته ساكناً كان ام متحركاً ما لم يؤثر عليه عزم خارجي، حيث يعرف **العزم** (على انه مقدرة الجسم على احداث حركة دورانية حول محور ثابت).

تستخدم طريقة التعليق بفلر لإيجاد عزم القصور الذاتي عملياً لقضيب معدني حول محور عمودي على طوله و يمر من مركز ثقله (منتصفه)بواسطة تعليقه بخطين متوازيين ومتساويين بالطول و موازيين الى هذا المحور (محور الدوران)، فلو علق قضيب معدني كتلته m و طوله L و عزم قصوره الذاتي حول محور عمودي على طوله و مارا من منتصفه هو(I)بخيطين متساويين بالطول و متوازيين مثل (AC),(BD) كان طول كل من الخيطين(L) و المسافة

بينهما(d) بحيث يكون القضيب افقيا فأن الشد في كل من الخيطين سيكون مساويا الى $(\frac{1}{2}\ mg)$حيث g هو التعجيل الأرضي، فلو ازيح القضيب افقيا من



شكل رقم 1

الموضع (CD) الى الموضع $\acute{C}\acute{D}$بزاوية صغيرة مقدارها (Θ) فأن كل من خيطي التعليق

يميل عن الشاقول بزاوية (Φ) كما مبين في الشكل1:

عندما يكون القضيب في هذا الوضع تنشأ قوة معيدة تحاول ان تعيده الى موضع استقراره و هذه القوة متمثلة بالمركبة الأفقية لكل من الخيطين و هي تساوي ($-\frac{1}{2}\ mg\emptyset$) و الإشارة السالبة تدل على ان اتجاه القوة المعيدة هو عكس اتجاه الازاحة الزاوية و عندما تكون θ و Φ صغيرتين فان:

$$\sin\theta = \theta \qquad --------1$$

$$\sin\Phi = \Phi \qquad --------2$$

والقوة المعيدة تصبح

$$-\frac{1}{2}\ mg\ \sin\theta\ \approx -\ \frac{1}{2}\ mg\theta\ \ ---------(3)$$

ا.م.د. خنساء عبد الله التميمي

ومن الشكل $$\boldsymbol{\sin\theta = \frac{D\acute{D}}{\frac{1}{2}d}} \quad ----------- (\mathbf{4})$$

$$\sin\emptyset = \frac{D\acute{D}}{L} \quad --------- (5)$$

وبتعويض المعادلة ***(1)* في المعادلة*(4)* نحصل على**

$$\boldsymbol{D\acute{D} = \frac{1}{2}\, d\theta} \quad ------- (\mathbf{6})$$

وبتعويض المعادلة ***(2)* في المعادلة***(5)* **نحصل على**

$$\boldsymbol{D\acute{D} = \emptyset L} -------- (\mathbf{7})$$

وبتعويض المعادلة ***(7)* في المعادلة***(6)* **ينتج:**

$$\emptyset = \boldsymbol{\frac{1}{2}\,\frac{d\,\theta}{L}} \quad ------- (\mathbf{8})$$

آن القوة المعيدة التي تولدت في كل من الخيطين ستشكل عزما مزدوجا(τ) يساوي حاصل ضرب القوة المعيدة في البعد بين الخيطين(d)

$$\tau = -\frac{1}{2}\, mg\, \emptyset d \quad -------- (9)$$

و اذا عوضنا عن قيمة$\emptyset$من المعادلة (8) في المعادلة (9) يصبح العزم:

$$\tau = -\frac{1}{2}\, mg \times \frac{1}{2}\,\frac{d\theta}{L}\, d = -\frac{1}{4L} mgd^2\theta \quad -------- (10)$$

و بما آن العزم يساوي حاصل ضرب عزم القصور الذاتي(I) في التعجيل الزاوي ($\propto$)

$$I \propto = \frac{mgd^2}{4L}\, mgd^2\theta \quad -------- (11)$$

ولكن

$$\propto = \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad ---------- (12)$$

حيث(t) هو الزمن .وعند تعويض المعادلة(12) في (11) ينتج

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{mgd^2}{4L}\theta ------(13)$$

آن المعادلة(13)تمثل معادلة حركة توافقية بسيطة، زمن ذبذبتها(T) هو:

$$\boldsymbol{T = 4\pi\sqrt{\frac{LI}{mgd^2}} \quad = 4\pi\sqrt{\frac{LI}{mg}}\ \frac{1}{d}\ ---------(14)}$$

طريقة العمل

1 - يعلق القضيب بالمسطرة المترية بحيث يكون كل منهما افقياً .

2- يربط الخيطان على بعد متساوي من طرفي القضيب

ويجب مراعاة ما يلي

اولا- اجعل الخيطين متساويين وثبت المسطرة بوضع أفقي، ولاحظ عند التعليق آن يكوّن القضيب أفقيا أيضا وان يكوّن كل من الخيطين عموديا على المسطرة والقضيب .

ثانيا- يجب آن تكوّن سعة الاهتزاز صغيرة ويجب آن تكوّن قيمتها متساوية في جميع القراءات

ثالثا- عند تذبذب القضيب يجب آن يكوّن مركز القضيب ثابتا في موضعه.

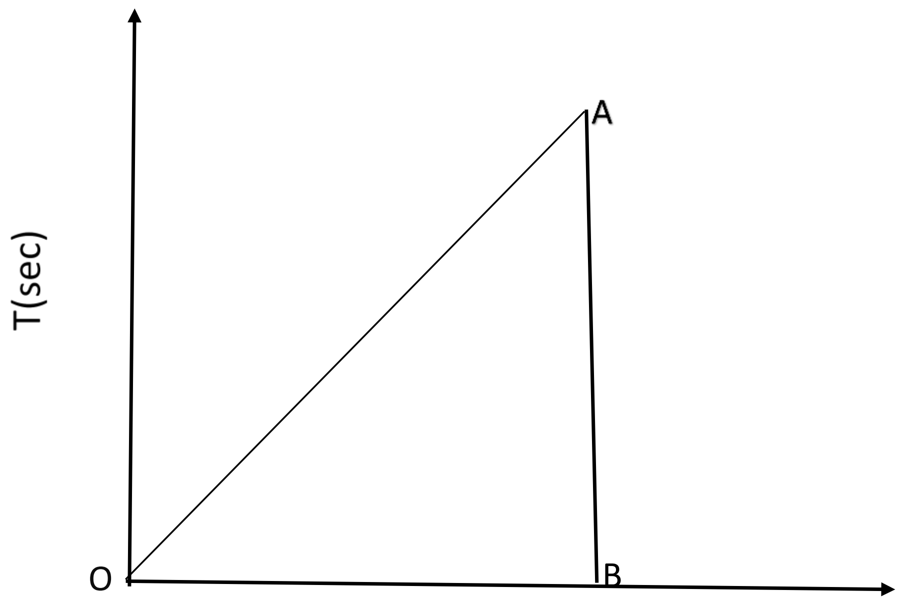
3- قس المسافة بين الخيطين و لتكن-d دور القضيب افقيا بزاوية صغيرة و اتركه يتذبذب و احسب زمن عشر ذبذبات و من ثم جد زمن الذبذبة الواحدة T, تكرر هذه الخطوة مرتين ومن ثم يؤخذ معدل القراءتين.

4 - قرب موقع كل من الخيطين 5cm نحو مركز القضيب واحسب زمن عشر ذبذبات كرر هذه الخطوة لعدة اطوال وفي كل مرة احسب زمن الذبذبة الواحدة

5 - دون النتائج كما في الجدول ادناه:

$\boldsymbol{d(cm)}$	$\boldsymbol{(T_{10})_1}$	$\boldsymbol{(T_{10})_2}$	$\boldsymbol{T = \frac{T_{av}}{10}\ (sec)}$	$\boldsymbol{\frac{1}{d}\ (cm)^{-1}}$

6 – **عند رسم** العلاقة البيانية بين T على محور الصادات و $\frac{1}{d}$ على محور السينات نحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الاصل ميله يساوي (Td) **كما في الشكل 2**



$\frac{1}{d}\ (cm)^{-1}$

شكل رقم 2

7 – نحسب عزم القصور من العلاقة 14:

$$T = 4\pi\sqrt{\frac{LI}{mg}}\ \ \frac{1}{d}$$

$$slope = \frac{AB}{OB} = Td = \ 4\pi\sqrt{\frac{LI}{mg}}$$

$$\therefore$$

$$I = \frac{mg}{16\pi^2}\ (slope)^2\ \ - - - - - (15)$$

8 - قس طول القضيب L ثم احسب القيمة النظرية لعزم القصور الذاتي للقضيب حول محور عمودي على طوله و يمر من مركز ثقله من العلاقة

$$I = \frac{1}{12} mL^2$$

9- قارن القيمة العملية مع القيمة النظرية لعزم القصور الذاتي.

أسئلة حول التجربة:

1- اذا استخدم قضيب اخر بنفس الطول ولكن بكتل مختلفة كيف نجد عزم القصور الذاتي بالمقارنة مع القضيب الاول وهل زمن الذبذبة لنفس الطول يتغير.

2 - في هذه التجربة ما المقصود بطريقة التعليق بفلر.

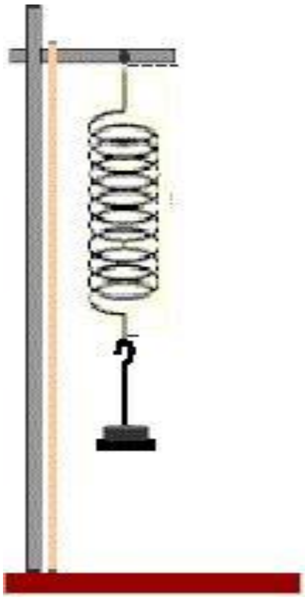
تجربة رقم 4

(النابض الحلزوني)

Spiral spring

الجزء الاول

تحقيق قانون هوك وايجاد قيمة ثابت النابض الحلزوني



الاجهزة المستخدمة

نابض حلزوني مثبت احد طرفيه شاقوليا في حامل ويتدلى من الطرف الاخر الى اسفل ومثبت في نهايته مؤشر لقراءة تدريج المسطرة الشاقولية المثبتة على الحامل بجوار النابض، أثقال، حامل الاثقال، ساعة توقيت، حامل مع ماسك، مسطرة مترية.

نظرية التجربة

لقد لاحظ العالم روبرت هوك عند تأثير قوة بصورة عمودية على جسم ما أن هناك علاقة بين الاجهاد (stress) والمطاوعة النسبية (strain) حيث يعرف الاجهاد على انه النسبة بين القوة العمودية المؤثرة على مساحة المقطع العرضي للجسم.

اما المطاوعة النسبية فتمثل النسبة بين التغير الحاصل في طول الجسم الى الطول الاصلي. وينص قانون هوك على ان النسبة بين الاجهاد والمطاوعة النسبية هي

كمية ثابتة تدعى بـ معامل المرونة او معامل يونكY ويكون الإجهاد ضمن حدود المرونة للنابض الحلزوني اي أن:

$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\Delta L / L_0} \quad ------ (1)$$

ا.م.د. خنساء عبد الله التميمي

حيث

:F القوة العمودية المؤثرة على النابض .

A : مساحة المقطع العرضي للنابض .

L_0 : الطول الاصلي للنابض .

ΔL: الفرق الحاصل في طول النابض

.اما ثابت القوةK فيعرف على انه القوة اللازمة لاستطالة النابض أو كبسه ويعطى بالمعادلة التالية

$$K = \frac{F}{\Delta L} = \frac{Mg}{\Delta L} ------(2)$$

ان ثابت القوة للنابض K (ثابت هوك) مقدار ثابت للنابض الواحد يعتمد على ابعاده ومادته. فاذا وضعت اثقال مختلفة في حامل الاثقال وقيست استطالة النابض

ورسمت علاقة بيانية بين الاثقال Mعلى محور السينات و ΔL على محور الصادات كانت نتيجة الرسم خط مستقيم يمر بنقطة الاصل كما في الشكل 2 ميله يساوي

$$Slope = \frac{AB}{CB} = \frac{\Delta L}{M} = \frac{g}{K} ------(3)$$

$$\therefore K = \frac{g}{Slope} ----(4)$$

طريقة العمل

1 - ثبت النابض الحلزوني والمسطرة المترية في وضع شاقولي بحيث يتحرك المؤشر المثبت في نهاية النابض بحرية ،ثم سجل الطول الاصلي للنابضL_0.

2- ضع كتلة معينة في كفة الاثقال ، وسجل القراءة الجديدة للزيادة في طول النابضL

3- كرر اضافة الكتل الى كفة الاثقال في كل مرة وحدد القراءة الجديدة للزيادة في طول النابض, في كل مرة احسب التغير في طول النابض$\Delta L = (L - L_0)$ **(الاستطالة)**

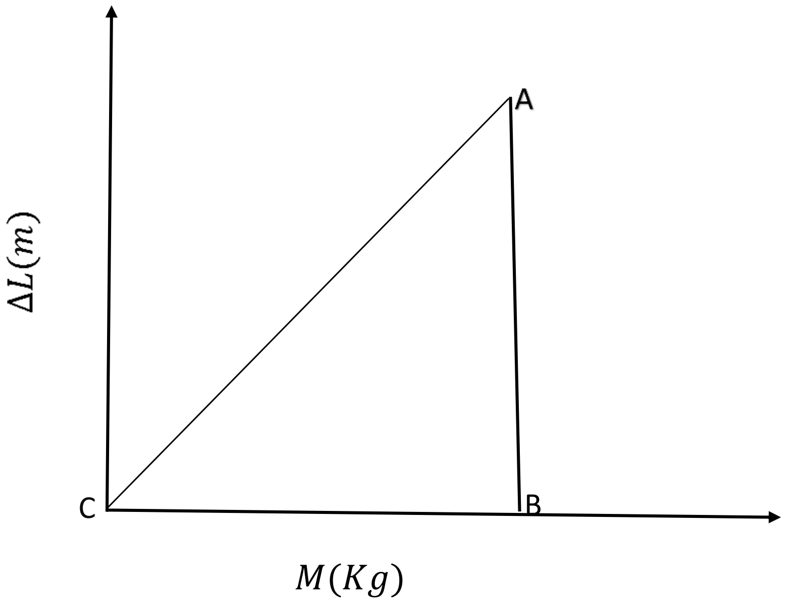
ملاحظة: (تأكد ان لا تزيد الكتلة كثيرا حتى لا يفقد النابض مرونته*)* .

4 - سجل نتائجك كما في الجدول ادناه:

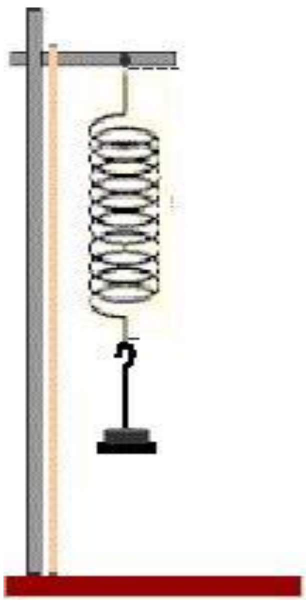
5- **ارسم العلاقة البيانية بين كتلة الثقل *M* على محور السينات و ΔLعلى محور الصادات ، ثم جد ميل الخط المستقيم كما في الشكل *2* ثم اوجد ثابت القوة للنابض الحلزوني *K* من المعادلة 4.**

كتلة الثقل المعلق M(kg)	**طول النابض الاصليL_0 (m) = ------ (m)**	
	طول النابض الحلزوني عند اضافة الاثقال $L(m)$	**مقدار الاستطالة في النابض الحلزوني $\Delta L = (L - L_0)(m)$**

ا.م.د. خنساء عبد الله التميمي



شكل رقم 2



الجزء الثاني: ا يجاد التعجيل الارضي باستخدام النابض الحلزوني وايجاد الكتلة المكافئة

نظرية التجربة

اذا علق جسم كتلته (M) في نهاية نابض حلزوني فانه سيحدث استطالة بمقدار (x) وان القوة المعيدة (force restoring) الناتجة ستمثل المقدار(n ,x) حيث n هي الاستطالة لوحدة الكتل

$$n = \frac{\Delta L}{M} \quad ---------(1)$$

حيث ΔL هي الفرق في طول النابض

وهذه القوة تحاول ان تعيد الجسم الى موضع استقراره فتتحرك المجموعة (الجسم والنابض) حركة اهتزازية عمودية وان معادلة تلك الحركة هي

$$M\frac{d2x}{dt^2} = -\frac{xg}{n} \quad -------- \quad (2)$$

اي ان $\frac{d2x}{dt^2} + \frac{g}{nM}x = 0$ ---------(3)

:هذه المعادلة هي معادلة حركة توافقية بسيطة motion harmonic simple

زمن ذبذبتها:(T)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{Mn}{g}} \text{ ------- } (4)$$

ان اشتقاق المعادلة (4) جاء على فرض ان النابض الحلزوني عديم الوزن وتصحيحها لهذا الفرض الخاطئ يجب اضافة الكتلة (m) في المعادلة وتدعى الكتلة المكافئة للنابض الحلزوني (mass effective)وبذلك تصبح هذه المعادلة بالشكل:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(M-m)n}{g}} \text{ ------- } (5)$$

وبعد تربيع المعادلة (5) وترتيبها بشكل صحيح

$$M = \frac{g}{4\pi^2 n}T^2 - m \quad \text{ ------ } (6)$$

طريقة العمل

1- ضع ثقلا معينا في الكفة المعلقة بالنابض.

2- ارفع الكفة الى الاعلى مسافة صغيرة واتركها تتذبذب شاقوليا.

3 - قس زمن عشرة ذبذبات كاملة مستعينا بساعة توقيت كرر المحاولة مرتين ثم خذ معدل القراءتين.

4 – زد مقدار الثقل المعلق وقس الزمن لعشر ذبذبات ثم جد زمن ذبذبة واحدة.

5 -كرر هذه الخطوات لعدة اثقال ورتب القراءات كما في الجدول ادناة.

M (Kg)	$(t_{10})_1(sec)$	$(t_{10})_2(sec)$	$t_{av} = \frac{(t_{10})_1 + (t_{10})_2}{2}$	T	T^2

5- *ارسم العلاقة البيانية بين كتلة الثقل* M *على محور السينات و* T^2 *على محور الصادات ، فأن نتيجة الرسم ستكوّن خط مستقيم ذو قطع على محور* (M) *ثم جد ميل الخط المستقيم كما في الشكل3.*

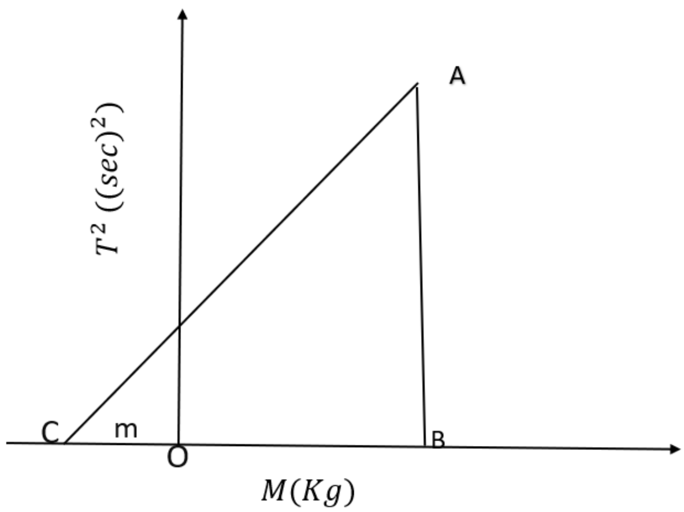
$$\frac{M}{T^2} = \frac{g}{4\pi^2 n} = slope \quad ------(7)$$

ومن هذه العلاقة يمكن ايجاد قيمة التعجيل الارضي*(g)* كالاتي :

$$g = 4\pi^2 \cdot n \cdot slope \quad ------(8)$$

حيث n يمثل مقلوب ميل الرسم البياني في الجزء الاول من التجربة.

اما قيمة الكتلة المكافئة للنابض *(m)* *فتمثل* القيمة المطلقة للقطع $|OC|$ في الرسم البياني كما مبين في *الشكل* (3).



شكل رقم 3

ا.م.د. خنساء عبد الله التميمي

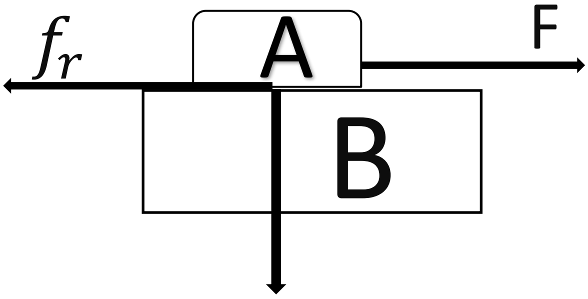
تجربة رقم 5

ايجاد معامل الاحتكاك الشروعي بين سطحين

Coefficient of Static Friction between two Surface

الاجهزة المستخدمة

صندوق من الخشب، بكرة، خيط مهمل الوزن، حامل اثقال واثقال



شكل رقم (1)

نظرية التجربة

اذا اثرت قوة ساحبة صغيرة(F) على جسم (A) موضوع على سطح (B) كما مبين في الشكل (1)ورغم عدم تحرك الجسم تتولد بين الجسمين قوة تساوي القوة الساحبة بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه وتدعى هذه القوة بقوة الاحتكاك(friction of Force(f_r)) واذا ازدادت القوة(F) تزداد معها قوة الاحتكاك حتى يشرع الجسم بالحركة وتدعى هذه القوة بقوة الاحتكاك الشروعي (friction static of Force)وبعد ان يشرع الجسم بالحركة من السكون تدعى القوة اللازمة لإدامة حركته بسرعة منتظمة وعلى خط مستقيم بقوة الاحتكاك الانزلاقي (f_k) (Force of kinetic friction)

تنص قوانين الاحتكاك الشرعي بطريقة عملية على ما يلي- :

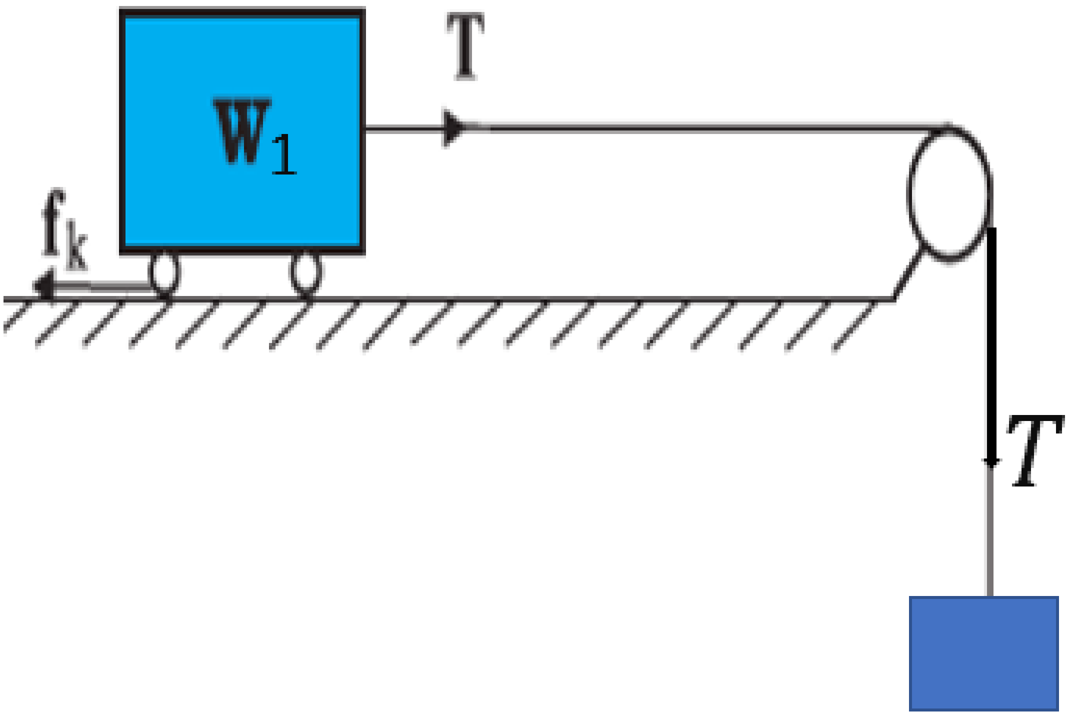
1 - قبل ان تصل قوة الاحتكاك منتهاها في القيمة تكون مساوية للقوة المؤثرة على الجسم (القوة الساحبة باتجاه حركة الجسم) .

2 - قوة الاحتكاك(f_r) تتناسب طردياً مع القوة الضاغطة بين الجسمين المحتكين أي ان$f_r = \mu N$ حيث

μ : كمية ثابتة تدعى معامل الاحتكاك

N: هي القوة الضاغطة (القوة العمودية على السطح الذي يسير عليه الجسم).

3 - لا تعتمد قوة الاحتكاك بين الجسمين على مساحة السطحين المتلامسين.



شكل رقم2

طريقة العمل

اولا: ايجاد معامل الاحتكاك الشروعيμ_s بطريقة السطح الافقي

1- احسب كتلة القطعة الخشبية بواسطة الميزان w_1 .

2 - ضع القطعة الخشبية على السطح الافقي واربط نهايته بخيط دقيق يمر

على بكرة ملساء وينتهي الخيط بحامل اثقال كما مبين في الشكل (2).

3 - اضف اثقال مناسبة في نهاية الحامل والتي تمثل$M(Kg)$حتى تتحرك القطعة الخشبية بسرعة منتظم.

4- احسب قيمة القوة الساحبة = كتلة الثقل المعلق × التعجيل ألرضي.

$$F = M \times g \quad (N) \;----(1)$$

5- ضع اثقالا فوق القطعة الخشبيةA فتكون كتلة الخشبة بما فيها من اثقال

$$W = (w_1 + w_2) \;\; (Kg) \;----(2)$$

حيث

w_1 كتلة الخشبة بالكيلوغرام.

w_2 كتلة الاثقال الموضوعة فوق القطعة الخشبية.

6- جد القوة الضاغطة من المعادلة:

$$N = (W \times g) \, (N) ----(3)$$

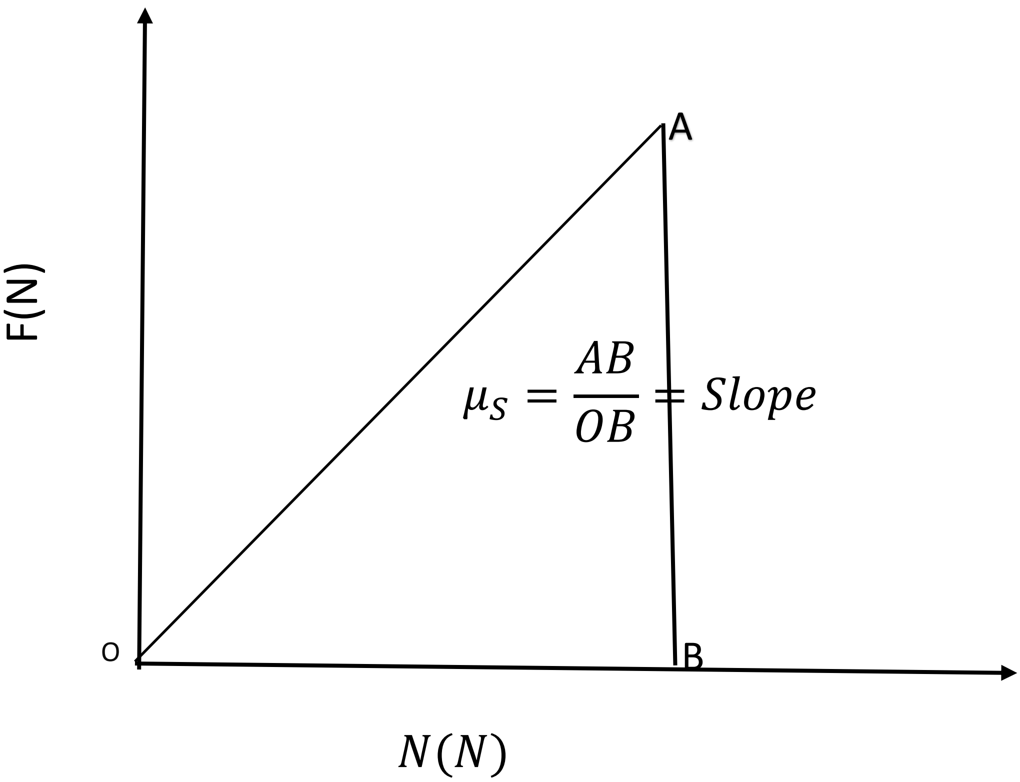
7 - كرر الخطوات 3,4لقيم مختلفة للثقل وجد ما يناظرها من M.

8- رتب نتائجك حسب الجدول التالي

القوة الضاغطة $N = W \times g$ (N)	كتلة العربة بما فيها من اثقال W(Kg)	القوة الساحبة $F = (M \times g)$ (N)	الكتلة المعلقة M(Kg)

ا.م.د. خنساء عبد الله التميمي

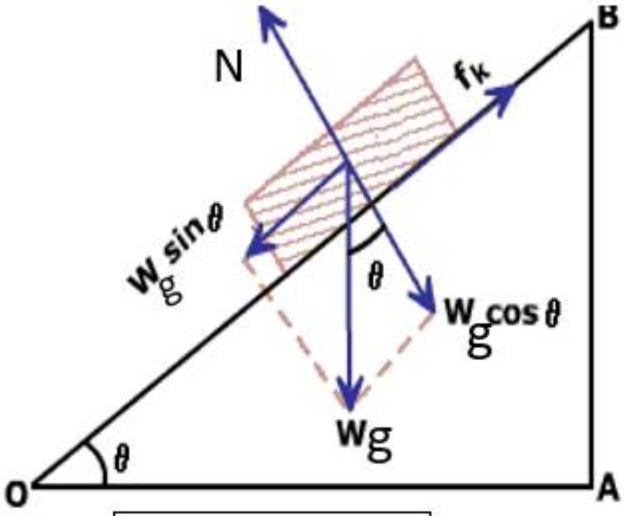
9- ارسم العلاقة البيانية بين القوة الساحبة(F) على محور الصادات والقوة الضاغطة (N) على محور السينات ستحصل على خط مستقيم ميله يمثل معامل الاحتكاك الشروعي كما في الشكل (3):



شكل رقم 3

ثانيا: ايجاد معامل الاحتكاك الشروعي μ_s بطريقة السطح المائل

1- يمكن ايجاد معامل الاحتكاك الشروعي بين القطعة الخشبية(A)واللوح الخشبي(B) وذلك بجعل اللوح*(* B)سطحاً مائلا كما مبين في الشكل(4*)*.



شكل رقم 4

2- زد ميل السطح (او اللوح الخشبي B) بزاوية قيمتها θ حتى يشرع الصندوق الخشبي بالحركة بسرعة منتظمة على اللوح الخشبي (B)ثم جد ظل الزاوية $\tan\theta$ حسب المعادلة ادناه:

$$\tan\theta \ = \frac{F}{N} \ = \frac{Wg \ \sin\theta}{Wg \ \cos\theta} \ ----(4)$$

$$\therefore \tan\theta = \mu_s \ ----(5)$$

حيث ان(μ_s) معامل الاحتكاك الشروعي.

و(θ) هي زاوية الاحتكاك الشروعي.

ثالثا: ايجاد معامل الاحتكاك الانزلاقي بطريقة السطح المائل

من الممكن ايجاد معامل الاحتكاك الانزلاقي بين القطعتين الخشبيتين بنفس الطريقة السابقة على ان يطرق اللوح الخشبي*(B)* قليلا وبهدوء اثناء اجراء التجربة ومن ثم جد ظل الزاوية

$$\mu_k = \tan\theta \quad ----(6)$$

حيث ان:

(θ) هي زاوية الاحتكاك الانزلاقي.

الأسئلة

1-هل ان معامل الاحتكاك الشروعي يختلف بزيادة الاثقال فوق القطعة الخشب ام لا؟

2-أيهما اكبر معامل الاحتكاك الشروعي أم الانزلاقي؟

3-هل الاحتكاك موجود فقط في المواد الصلبة؟

4 -ناقش العلاقه البيانية بين القوة الساحبة والقوة الضاغطة وماذا تستنتج من الرسم البياني.

تجربة رقم 6

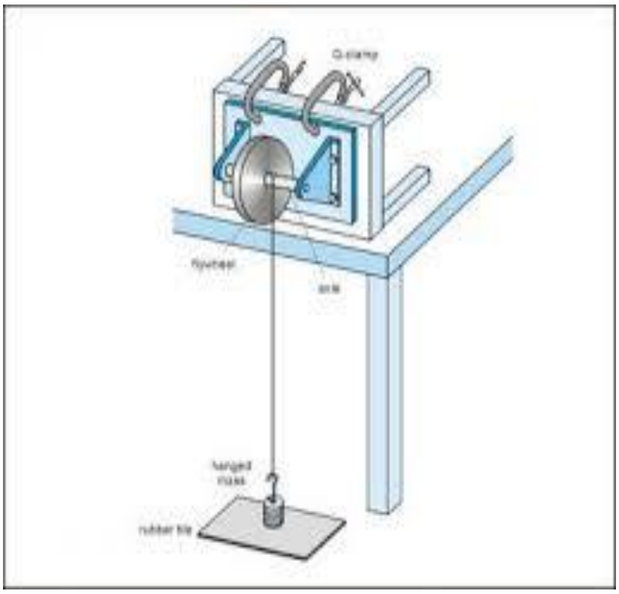
عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة

Moment of Inertia of a Flywheel

الهدف من التجربة: تعيين عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة

الاجهزة المستخدمة

1- دولاب موازنة مثبت للدوران حول محور عمودي على جدار المختبر
2- اثقال 3 - خيط 4- ساعة توقيت 5 - مسطرة مترية 6- ورنية .



شكل رقم 1

نظرية التجربة

نفرض ان عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة حول محور عمودي على سطحه ويمر من مركزه هو (I) وان نصف قطر محوره هو (r).

فاذا لف احد طرفي خيط حول محور الدولاب وعلق جسم كتلته (m) في طرفه الاخر ثم ترك ليهبط بسرعة خطية مقدارها (v) وكانت سرعة الدولاب الزاوية (ω) لحظة وصول الجسم الى الارض بعد ان قطع مسافة شاقوليه مقدارها (h)

اثناء هذه الحركة يكون الدولاب قد أكمل (n) من الدورات كما في الشكل رقم1.

عندئذ ومن قانون حفظ الطاقة نحصل على

$$mgh = \frac{1}{2}\, mv^2 \;+ \frac{1}{2}\, I\omega^2 + nF \;\; ----(1)$$

حيث (F) تمثل الشغل المنجز ضد الاحتكاك لكل دورة يدورها الدولاب على فرض ان هذا الشغل يعتمد على انطلاق الدولاب.

ولحساب (F) نترك الدولاب يدور بعد ان يصل الجسم الى الارض، اي نتركه ليبدد طاقته الدورانية $(\frac{1}{2}\, I\omega^2)$ التي اكتسبها، فاذا عمل (N) دورة لكي يصل حالة السكون واستغرق ذلك (t) ثانية، فعندئذ:

$$NF = \frac{1}{2}\, I\omega^2 \;\; ----(2)$$

او

$$F = \frac{I\, \omega^2}{2N}$$

وعند استخدام العلاقة

$$\omega = \frac{v}{r} \quad --- \; (3)$$

وبالتعويض بالعلاقة واحد نحصل على:

$$mgh = \frac{1}{2}\, v^2 \left[m + \frac{1}{r^2}\,(1 + \frac{n}{N})\right] \;\; ---------(4)$$

ولما كان التعجيل ثابتاً فسرعة الكتلة (m) المعلقة في الخيط عند وصولها الى الارض هي ضعف معدل سرعتها خلال حركتها من السكون حتى وصولها الارض، اي ان:

$$v = \frac{2h}{t}$$

$$\therefore mgh = \frac{2h^2}{t^2}\left[m + \frac{I}{r^2}\left(1 + \frac{n}{N}\right)\right] \quad -------(5)$$

او

$$I = mr^2\left(\frac{gt^2}{2h} - 1\right)\left(\frac{N}{N+n}\right) \text{ ------(6)}$$

طريقة العمل

1-اربط احد طرفي الخيط في كفة لحمل الاثقال ولف الطرف الثاني حول محور دولاب الموازنة على ان يكون طول الخيط مساويا للمسافة بين المحور وسطح الارض .

2- اترك الكتلة (m) تسقط خلال مسافة معينة من سطح الارض الى ارتفاع ثابت مثل (h) حتى تصطدم بالارض وقس الزمن الذي استغرقته من لحظة حركتها حتى وصولها الارض وليكن (t).

3 - احسب عدد الدورات (n) التي يصنعها الدولاب حتى تصل الكتلة (m)الى سطح الارض.

4 - بعد اصطدام الكتلة (m) بسطح الارض حيث يترك الخيط محور الدوران احسب عدد الدورات (N) التي يدورها الدولاب حتى يتوقف عن الحركة.

5- قس قطر محور الدولاب D من عدة اماكن باستخدام الورنية ثم احسب المعدل ، ومن ثم جد نصف قطر محور الدولاب $r = \frac{D}{2}$

6- كرر التجربة مرتين باستخدام قيم مختلفة للكتلة(m) .

7 - رتب القراءات كما في الجدول التالي:

m (Kg)	h(m)	t(sec)	N(rev)	n(rev)	$I(Kg.m^2)$

8- طبق المعادلة (6) لحساب عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة في كل حالة ثم جد المعدل لعزم القصور الذاتي(I) .

ملاحظات

1- يجب ان يكون الخيط خفيفاً وقوياً بحيث يتحمل الثقل المعلق .

2 - يجب ان يلف الخيط حول المحور بحيث لا يحدث تراكب اللفات بعضها على البعض الاخر.

3 - لا يتم تشغيل الساعة مالم يلاحظ ان الثقل قد ابتدأ بالنزول.

4 - من الضروري تقليل الاحتكاك بوضع زيت عند محلات التلامس.

الاسئلة

1- عرف عزم القصور الذاتي.

2 - ما المقصود بنصف قطر التدويم؟

3- اين يستخدم دولاب الموازنة؟

4- ماذا يحدث للطاقة الكامنة عندما يبدأ الخيط بفك لفاته من المحور؟

5- ماهي مصادر الخطأ المحتملة في هذه التجربة؟

تجربة رقم 7

ايجاد نصف قطر الدوران لأسطوانة تتدحرج على سطح مائل

Determination of Radius of Gyration of a cylinder Rolling Down an Inclined Plane

الهدف من التجربة:

تعيين نصف قطر الدوران أو التدويم (K) لأسطوانة تتدحرج على سطح مائل.

الأجهزة المستخدمة

1- سطح مائل - 2اسطوانة معدنية أو بلاستكية 3 - قطع خشبية على شكل متوازي مستطيلات 4 – ساعة توقيت 5- قدمة 6 - شريط قياس او مسطرة.

النظرية (Theory)

اذا وضعت اسطوانة نصف قطرها (r) وكتلتها (M) وعزم القصور الذاتي لها حول محورها هو (I) على سطح يميل عن الافق بزاوية مقدارها (θ) وكانت على ارتفاع(h) كما مبين في الشكل (1) فأنها تمتلك طاقة كامنة مقدارها

$$P.E = Mgh ----(1)$$

فاذا تركت الاسطوانة تتدحرج من نقطة (A) الى نقطة(B) بتعجيل خطي(a) فأنها تكتسب سرعة خطية مقدارها(V) وسرعة زاوية مقدارها(ω)

أي انها ستكتسب طاقة حركية (K.E) (انتقالية+ دورانية) في آن واحد.

$$K.E = \frac{1}{2} MV^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 \quad ------ (2)$$

ومن الشكل رقم (1) بما ان:

$$\sin \Theta = \frac{h}{S}$$

$$\therefore \quad h = \sin\theta \;\; S \;\; ------(3)$$

واذا كانت S *تمثل* طول السطح المائل فان المعادلة 1 *تصبح بالشكل التالي*

$$P.E = MgS\sin\theta \quad ----- (4)$$

وبما ان الطاقة الكامنة للأسطوانة(P.E) *في بداية المسار تساوي طاقتها* الحركية (K.E) *في نهاية المسار، وبإهمال الاحتكاك الدوراني (لذلك يتم تعويض المعادلة* (4) *في المعادلة* (2) *فينتج:*

$$MgS\sin\theta \; = \frac{1}{2}\; MV^2 + \frac{1}{2}\; I\omega^2 ------(5)$$

وبما ان السرعة الزاوية للأسطوانة عند نقطة Bتساوي

$$\omega = \frac{V}{r} \;\; -------- (6)$$

حيث V *تمثل السرعة الخطية للأسطوانة عند نقطة* B

كما ان عزم القصور الذاتي يساوي

$$I = MK^2 \;\; ------(7)$$

حيث K هو نصف قطر الدوران للأسطوانة المتدحرجة.

$$MgS\sin\theta = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}MK^2\frac{V^2}{r^2} \;\; ---------(8)$$

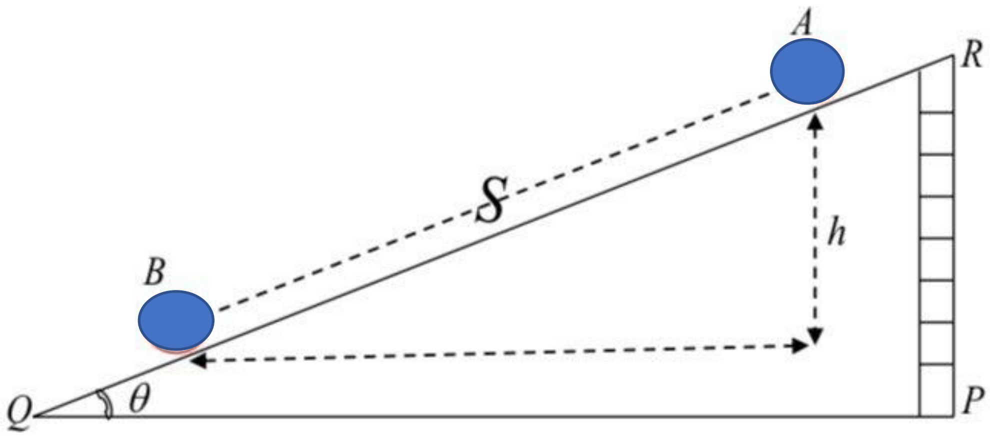
$$\therefore MgS\sin\theta = \frac{1}{2}MV^2\left(1 + \frac{K^2}{r^2}\right) \;\; -------- (9)$$

وبما ان من معادلات الحركة $V^2 = 2aS \; ----- (10)$

تعوض المعادلة *10* بالمعادلة *9* نحصل على:

$$MgS \sin\theta = MaS\left(1 + \frac{K^2}{r^2}\right) \; -------- (9)$$

$$\therefore a = \frac{g \sin\theta}{1 + \frac{K^2}{r^2}} ------ (11)$$



شكل رقم 1

طريقة العمل

1 - رتب السطح المائل كما مبين في الشكل (1)بحيث يصنع زاوية صغيرة مقدارها (Ө)وذلك بوضع قطع من الخشب .

2 - حدد طول السطح المائل ,حيث نعتبر النقطة (A) بداية طول السطح المائل و (B) نهاية طول السطح . حيث نقوم بقياس المسافة بينهما فيكون $AB =$ $S(m)$ هو طول السطح المائل .

3 - ضع الاسطوانة الخشبية في بداية السطح المائل بحيث يقع مركزها شاقولياً فوق النقطة(A) ثم اتركها تتدحرج تلقائيا من السكون نحو الاسفل مارة بالنقطة (B) وقس بواسطة ساعة توقيت الزمن (t) اللازم لقطع المسافة(S) .

4- سجل الارتفاع(h) أي (PR) .

5 - زد ميل السطح المائل وذلك بوضع قطع اضافية عند النقطة((P) ثم كرر الفقرتين (3)و (4) لقيم مختلفة للزاوية(θ) وسجل نتائجك كما في الجدول ادناة .

<table>
<tr><td colspan="3">طول السطح المائل(m) $RQ = ---$</td><td>$S = ---$ $(\boldsymbol{m})$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$a = \frac{2S}{t^2} (\frac{m}{s^2})$</td><td rowspan="2">$t(sec)(A \to B)$</td><td rowspan="2">$\sin\theta = \frac{PR}{QR} = \frac{h}{S}$</td><td>ارتفاع السطح المائل
$h(PR)m$</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

6 - قس قطر الاسطوانة D) m) بواسطة القدمة ومن ثم جد قيمة r)m) نصف قطر الاسطوانة ,حيث $(r = \frac{D}{2}\ (m))$.

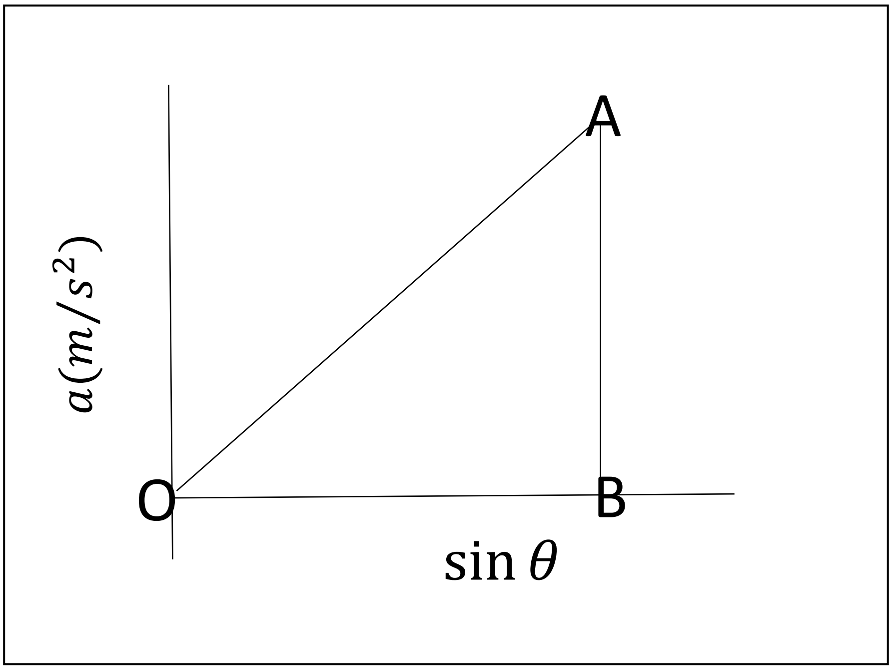
7 -ارسم العلاقة البيانية بين قيم $\sin\theta$ وقيم التعجيل الخطي $a(\frac{m}{s^2})$

حيث يمكن حساب التعجيل الخطي كما يلي

اذا كان الزمن(t) هو الزمن اللازم لدحرجة الاسطوانة مسافة (S) اذن يمكن حساب(a) من العلاقة$(a = \frac{2S}{t^2})$.

وعند رسم العلاقة بين $(\sin\theta)$على محور السينات و(a)على محور الصادات كما مبين في (الشكل2)نحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الاصل ميله يساوي:

$$slope = \frac{AB}{OB} = \frac{g}{1+\frac{K^2}{r^2}}$$



شكل رقم

9- وعند تعويض ميل الرسم البياني بالعلاقة (11)نحصل على

$$K = r\sqrt{\frac{g}{slope} - 1}$$

وهذا يمثل نصف قطر الدوران للأسطوانة.

الاسئلة

1- لماذا تكون حركة الاسطوانة على السطح المائل خالية من الانزلاق ونهمل القراءات التي تتضمن ذلك؟

2- ماهي الحركة المنتظمة؟

3- عرف نصف قطر التدويم لجسم ؟

4- ناقش الرسم البياني الذي حصلت عليه من نتائج التجربة.

تجربة رقم 8

التصادم

الهدف من التجربة :

1 - المقارنة بين الكتلتين المتصادمتين.

2- ايجاد معامل الارتداد.

الاجهزة المستخدمة:

كرتان معدنيتان مختلفتان في الكتلة, خيوط للتعليق, مسطرة مترية, مغناطيس كهربائي وحامل.

النظرية:

عند ارتطام جسمين بعضهما ببعض بحيث يؤثر كل جسمٍ على الآخر بقوة كبيرة ويحدث ذلك في زمنٍ صغيرٍ جداً مثالاً على التصادم بين جسمين. سوف نتناول في هذة التجربة التأثير الميكانيكي للصدمة على الجسم (النظام) المتحرك، أي معرفة حركته قبل وبعد تصادمه مع جسمٍ آخر.

اذا كان لدينا جسمين أملسين (كرتين)، كتلتاهما (M) و(m) معلقتين كل واحدة منهما بخيط مهمل الوزن،كما في الشكل (1) . لو تم سحب احدى الكرتين ولتكن الكرة ذات الكتلة الكبيرة (M)الى الموقع(A)ليصنع خيطها زاوية مقدارها (θ_1) مع العمود ثم تركت لتعود وتصطدم بالكرة الساكنة ذات الكتلة الصغيرة (m)الموجودة في النقطة (B) .

من الشكل اعلاة نلاحظ ان الكرة الكبيرة كانت تمتلك طاقة كامنة مقدارها(Mgh) عندالنقطة (A) (حيث M تمثل كتلة الكرة الكبيرة عند النقطة A ,g و يمثل التعجيل الارضي اما h تمثل ارتفاع الكرة عند هذة النقطة) والتي تحولت الى طاقة حركية عند تحركها من نقطة (A) الى نقطة (B) حيث مقدار هذة الطاقة قبل لحظة التصادم $\left(\frac{1}{2}Mu_1{}^2\right)$ حيث u_1 تمثل سرعتها قبل لحظة التصادم.

وباستخدام قانون حفظ الطاقة بالنسبة للكرة الكبيرة:

$$\frac{1}{2}Mu_1{}^2 = Mgh \quad ----(1)$$

$$\therefore\ u_1 = \sqrt{2gh} \quad --------- (2)$$

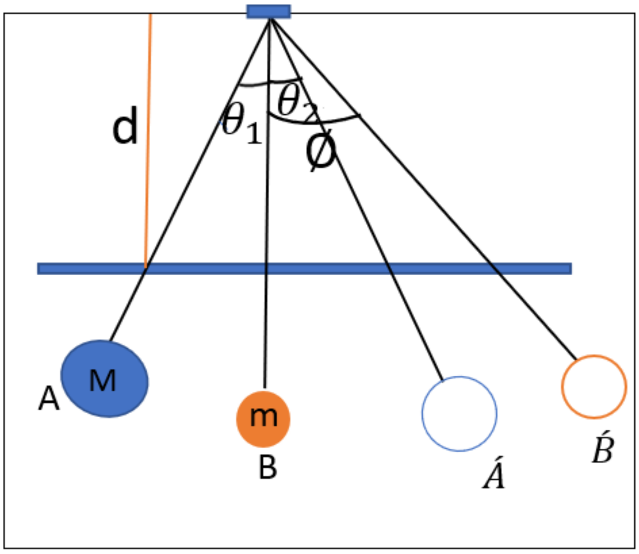
من الشكل رقم (1)

$$\cos\theta_1 = \frac{L-h}{L} ----(3)$$

حيث L يمثل طول الخيط

$$\therefore\ h = L(1-\cos\theta_1) = 2L\sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right)^2 \quad --- (4)$$

$$u_1 = 2\sqrt{gL}\ \sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) \quad ------ (5)$$



شكل رقم (1)

بعد حصول التصادم تصل الكرتان الى الموقعين $\acute{A}$ و $\acute{B}$ وخيطاهما يصنعان الزاويتين θ_2 و $\emptyset$ مع العمود.

اذا فرضنا ان سرعة الكرة الاولى (الكبيرة) قبل التصادم مع الكرة الصغيرة الساكنة هي u_1 واصبحت سرعتها بعد التصادم u_2، اما بالنسبة للكرة الصغيرة m فسرعتها قبل التصادم تساوي صفر لأنها ساكنة اما سرعتها بعد التصادم تساوي v.

$$u_2 = 2\sqrt{gL}\ \sin\left(\frac{\theta_2}{2}\right) \quad ------ (6)$$

$$v = 2\sqrt{gL}\ \sin\left(\frac{\emptyset}{2}\right) \quad ------ (7)$$

1 – المقارنة بين الكتلتين

من الشكل رقم(1) نرى أن الكرة الكبيرة تتحرك باتجاه الكرة الصغيرة الساكنة وان لكل من الكرتين سرعتها وزخمها الخاص بها (وهذا قبل التصادم)، وعندما تصطدم الكرتين فإن كلا منهما تؤثر في الأخرى بقوة مما يؤدي إلى تغير زخمهما . ونتيجة لهذا التصادم فإن الكرتين تتحركان باتجاهين متعاكسين وبسرعتين وزخمين مختلفين.

ملاحظة: إن القوتين اللتين تؤثر بهما كل كرة في الأخرى F_{AB} و F_{BA}متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه، على الرغم من اختلاف حجمهما وسرعتيهما، وذلك استنادا إلى قانون نيوتن الثالث في الحركة.

بالعودة إلى نظرية الدفع – الزخم التي درسناها سابقا فإن التغير في الزخم يساوي الدفع، ومنه فإن التغير في الزخم لكل من الكرتين كما يلي ;

بالنسبة للكرة الكبيرة

$$p_{Af} - p_{Ai} = F_{AB}\Delta t \;----(8)$$

اما فيما يخص الكرة الصغيرة

$$p_{Bf} - p_{Bi} = F_{BA}\Delta t \;---\;(9)$$

حيث يمثل p_{Ai} و p_{Af} زخم الكرة الكبيرة قبل وبعد التصادم على التوالي،

اما بالنسبة للكرة الصغيرة فان p_{Bi} يمثل زخمها قبل التصادم ويساوي صفر لانها ساكنة اما زخمها بعد التصادم p_{Bf} .

من قانون حفظ الزخم:

مجموع زخم الكرتين قبل التصادم يساوي مجموع زخمهما بعد التصادم. وهذا يعني أن الزخم المكتسب من الكرة الثانية يساوي الزخم المفقود من الكرة الأولى.

نستنتج مما سبق أنه إذا كان النظام يتكون من كرتين فقط ودون تأثير قوى خارجية فإن زخم النظام يكون ثابتا أو محفوظا.

$$p_{Af} - p_{Ai} = \; -\,(\,p_{Bf} - p_{Bi}\,) \;-----\;(10)$$

$$Mu_2 - Mu_1 = -mv \quad ------(11)$$

وبتعويض قيم u_1 و u_2 و v في المعادلة(11)نحصل على:

$$\frac{M}{m} = \frac{v}{u_1 - u_2} = \frac{sin(\frac{\emptyset}{2})}{sin(\frac{\theta_1}{2}) - sin(\frac{\theta_2}{2})} --- (12)$$

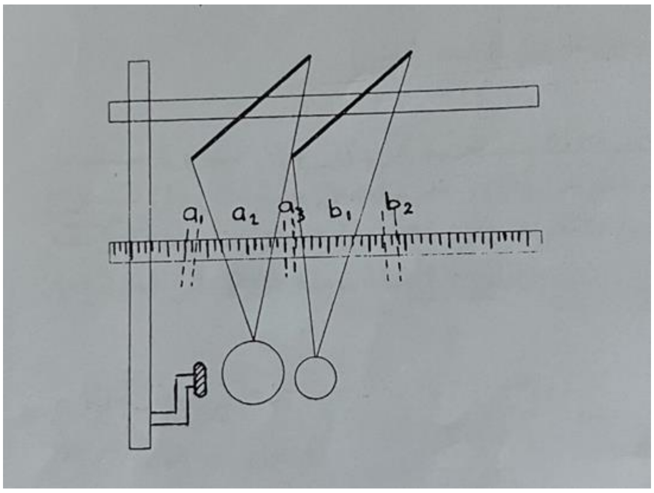
2- معامل الارتداد

يعرف معامل الارتداد بين جسمين متصادمين بأنه النسبة بين المركبة العمودية للسرعة النسبية بعد التصادم مباشرة الى المركبة العمودية للسرعة النسبية قبل التصادم مباشرة أي:

$$e = \frac{v - u_2}{u_1 - 0} = \frac{v - u_2}{u_1} ------ (13)$$

$$e = \frac{\sin(\frac{\emptyset}{2}) - \sin(\frac{\theta_2}{2})}{\sin(\frac{\theta_1}{2})} ------ (14)$$

حيث يمثل *e* معامل الارتداد للجسمين المتصادمين ولكل نوع من التصادمات معامل الارتداد الخاص به وتتراوح قيمته بين *(0-1)*.



شكل رقم (2)

طريقة العمل

1-تعلق الكرتان المختلفتان في الكتلة بحيث تكونان متماساتن مع بعضهما ويكون مركزهما على نفس الارتفاع, نسجل موقع الخيطين عند النقطتين a_2 وb_1 على المسطرة المترية كما في الشكل *(2)*.

2-اوصل التيار الكهربائي الى المغناطيس ثم اسحب الكرة الكبيرة الى الخلف بحيث تصنع زاوية مقدارها(θ_1) الى النقطة (a_1) عندما تمسك الكرة بواسطة المغناطيس الكهربائى.

3- اقطع التيار (ازل المغناطيس) فتتحرر الكرة وتصطدم بالكرة الساكنة, سجل موقع النقطتان (a_3 و b_2) *اللتان تصل اليهما الكرتان بعد التصادم.*

4 -كرر الخطوة 2 و3 عدة مرات فتحصل على عدة قراءات لكل منa_3 و b_2

ومنها نحسب المعدل .

5 – قس المسافة العمودية (d) *من القضيب الذي يثبت بة الخيطان الى الحافه العليا للمسطرة المترية.*

6- دون القراءات المختبرية كما في الجدول التالي:

7-احسب الزوايا (θ_1 و θ_2 و ∅) باستخدام العلاقات التالية:

$$\theta_1 = \tan^{-1}(\frac{a_2 - a_1}{d})$$

$$\theta_2 = tan^{-1}(\frac{a_3 - a_2}{d})$$

$$\emptyset = tan^{-1}(\frac{b_2 - b_1}{d})$$

8 – قارن بين الكتلتين باستخدام المعادلة(12) *ثم اوجد معامل الارتداد باستخدام المعادلة* (14).

$a_1(cm)$	$a_2(cm)$	$b_1(cm)$	d(cm)	$a_3(cm)$	$b_2(cm)$	$a_3(av)$	$b_2(av)$

الأسئلة

1- ما مقدار معامل الارتداد في الحالات الآتية:

-التصادم التام المرونة؟

-التصادم غير المرن (عديم المرونة) ؟

-التصادم المرن (غير تام المرونة) ؟

2- ما مصادر الخطأ في التجربة؟ كيف يمكن تقليل نسبة الخطأ؟

3- ناقش نوع التصادم من خلال قيمة معامل الارتداد.