الجامعة المستنصرية

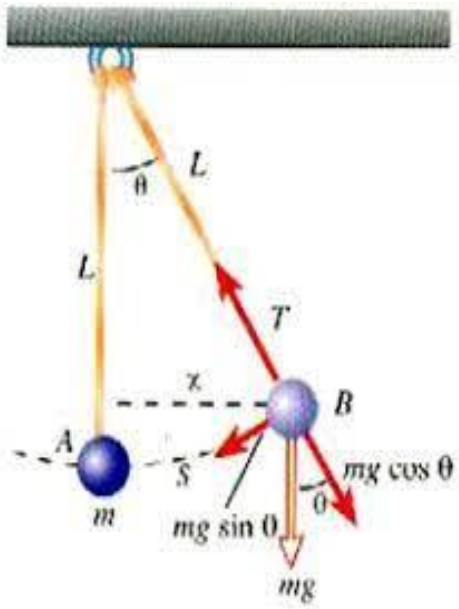
كلية العلوم

قسم الفيزياء

(الفيزياء العملية - مختبر ميكانيك - المرحلة الأولى)

(الدراسة الصباحية)

(2023-2024)



أشراف :د.أ.م مزهر باقر

اعداد: م.لؤي حامد، م. زينب حمزة ،م.زينب شاكر ، م. اشراق احمد

الفهرس

ت	اسم التجربة	رقم الصفحة
1	البندول البسيط	4
2	البندول المركب	9
3	النابض الحلزوني	15
4	العتلات ذات جانب واحد وذات الجانبين	19
5	السطح المائل	22
6	سقوط الاجسام بصورة حرة	26
7	معامل الأحتكاك الشروعي بين سطحين	30
8	ايجاد عزم القصور الذاتي لقضيب معدني بطريقة التعليق بفلر	35
9	عزم القصور الذاتي لأشكال مختلفة	39
10	ايجاد نصف قطر التدويم لأسطوانة تتدحرج على سطح مائل	43
11	توازن القوى	48
12	ايجاد التعجيل الأرضي بطريقة تقريبية بواسطة كرة تتدحرج على سطح مقعر	51
13	عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة	54
14	العزم المرجع لمحور اللي	57

المـــقـــدمة Introduction

لا يخفى على طلبتنا الاعزاء ما للفيزياء العملية من اهمية كبيرة في حياة الفرد فالنظرية العلمية وحدها لا تكون راسخة أو مقبولة أو مفيدة مالم تحققها وتسندها التجربة العملية .وقد صممت هذه الملزمة لتكون دليلاً للطلبة في مختبر الميكانيك، حيث سيقوم الطلبة بأجرائها بأنفسهم فيكتسبوا بذلك فوائد جمة ،منها التحقق من صحة بعض القوانين أو النظريات ،والتدريب على استخدام الاجهزة والوصول الى قياسات جيدة لمقادير علمية ثابتة، اضافة الى ان اقتران الدراسة النظرية بالدراسة العملية عامل مهم يتحقق به اهم عنصر من عناصر التربية العلمية الحديثة.

الرؤية The vision

تقديم افضل اشكال التعليم الجامعي في الفيزياء وتدريب الطلاب وتطوير مهاراتهم وقدراتهم العلمية والعملية من خلال اجراء التجارب في المختبر الذي يوضح المادة النظرية من جهة ويكسب الطالب مهارات تنفيذ التجارب والقياس والرصد وتحليل القياسات من جهة اخرى وهي امور محورية وهامة في المواضيع العلمية والتي تعتمد بشكل اساسي على استكشاف الامور من خلال التجربة

الرسالة The massage

اكساب الطالب خبرة عملية من خلال اجرائه لبعض التجارب المرتبطة بفروع الفيزياء العامة وخاصة في مادة الميكانيك .

الهدف The goal

ان الهدف من مختبر الميكانيك يتلخص بالنقاط التالية :

1- تعميق فهم المادة النظرية وذلك من خلال اجراء تجارب متعلقة بهذه المادة.

2- التعريف بالاجهزة والتعود على استخدامها وكيفية اجراء التجارب واكتساب مهارة الملاحظة والاستنتاج .

3- تطوير المهارات في العمل الذاتي والمقدرة على تحضير التجارب وتنفيذها وتحليل النتائج بشكل حسابي مع رسم العلاقات البيانية الملائمة .

4- تطوير مهارة كتابة التقرير العملي.

ان الطالب الذي يحرص على عدم ضياع الوقت والافادة في الحصول على معلومات اكثر بوقت اقصر يقرأ المعلومات الواردة خلال عرض التجربة ويتفهم جيداً ويجيب على جميع ما فيها من اسئلة ، اضافة الى ما يرد في ذهنه من خواطر اخرى قبل حضوره الى المختبر، وينبغي الا يمنعه ذلك من الاستفسار من اساتذته في المختبر ان وجدت بعض الصعوبات.

ارشادات عامة

متطلبات العمل في المختبر

من اجل ان يكون بالإمكان اجراء التجارب بشكل لائق والاستفادة من العمل في المختبر على كل طالب ان يتحضر بالشكل التالي :-

1- قراءة الشرح الموجود في الملزمة والمتعلق بالتجربة .

2- تحضير التقرير في البيت قبل اجراء التجربة ،ويتم احضاره الى المختبر في يوم اجراء التجربة.

ملاحظة [على كل طالب ان يحضر التقرير بشكل فردي ،وليس بشكل جماعي].

ويتضمن التقرير النموذجي العناصر الاساسية التالية:

الصفحة الاولى :

1- اسم الجامعة والكلية والقسم والمرحلة الدراسية والشعبة والمجموعة.

2- اسم المختبر / الفصل الدراسي / السنة الدراسية .

3- اسم الطالب واسم شريكة (ان وجد).

4- عنوان التجربة / باللغة العربية والانكليزية .

5- رقم التجربة.

6- تاريخ اجراء التجربة .

7- تاريخ تسليم تقرير التجربة.

الجامعة المستنصرية المرحلة الأولى

كلية العلوم الشعبة: ( )

قسم الفيزياء المجموعة: ( )

تجارب مختبر الميكانيك

الفصل الدراسي الأول

2024-2023

اسم الطالب :

اسم التجربة: (يكتب اسم التجربة باللغة العربية واللغة الانكليزية)

رقم التجربة:

أسماء الشركاء في إجراء التجربة:

تاريخ إجراء التجربة:

تاريخ تسليم التقرير:

اما الصفحات التالية فيكتب فيها :

1- الهدف من التجربة **Aim of the Experiment**

2- الاجهزة المستخدمة في التجربة**The devices used** / وصف للأجهزة والادوات التي تم استخدامها بالتجربة .

3- نظرية التجربة **Experience theory** / شرح المادة النظرية المتعلقة بالتجربة مع المعادلات والقوانين المتعلقة بالتجربة نفسها .

4- طريقة العمل والحسابات **Method work and calculations** / تكتب على شكل نقاط متسلسلة حسب التسلسل الفعلي للتجربة .

5- حساب نتائج التجربة والمتمثلة بالجداول وبالرسوم البيانية .

6- المناقشة **Questions about the experience** وتشتمل على حل الاسئلة الموجودة في كل تجربة.

تجربة (1)

البندول البسيط

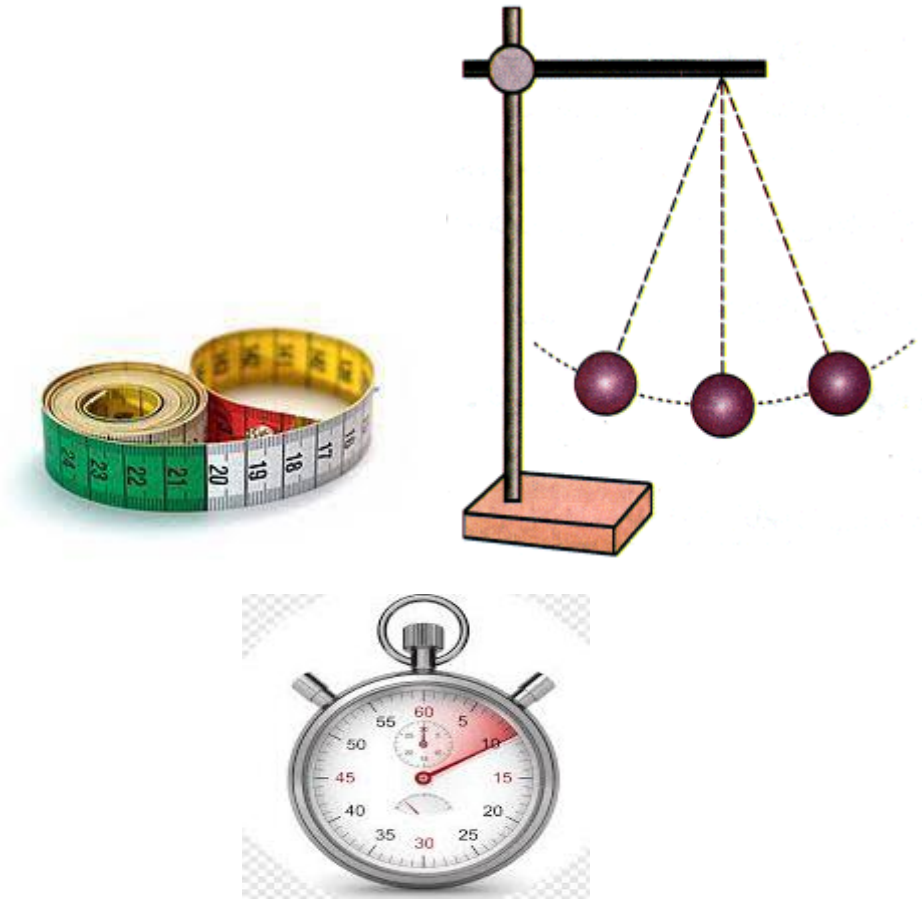
Simple Pendulum

الهدف من التجربة Aim of the experiment

1- دراسة الحركة التوافقية البسيطة للبندول البسيط 2 .- دراسة العلاقة بين الزمن الدوري وطول خيط البندول .3 - إيجاد التعجيل الارضي باستخدام البندول البسيط .

الأجهزة المستخدمة The devices used

1- كرة معدنية صغيرة.2- خيط. 3 - حامل مع ماسكة.4- شريط قياس .5-ساعة توقيت. كما في الشكل(1).



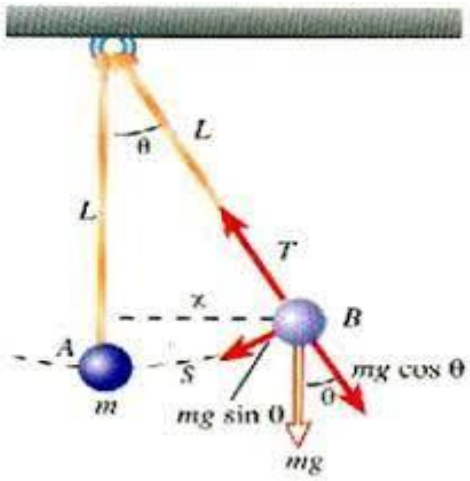
الشكل (1)

نظرية التجربة Experience theory

تعرف الحركة لتوافقية البسيطة بأنها الحركة التي تكرر نفسها خلال فترة زمنية ثابته .من الامثلة على الحركة التوافقية البسيطة :- 1 ـ حركة البندول البسيط. 2 ـ حركة كتلة معلقة بنابض.

يتكون البندول البسيط المثالي من كرة معدنية صغيرة كتلتها (m) معلقة بخيط كتلته مهملة وغير قابلة للتمدد.

بإهمال قوة الاحتكاك بين الخيط ونقطة التعليق فإن الكرة المعلقة تكون في وضع اتزان تحت تأثير قوتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين بالاتجاه، هما ثقل الجسم (قوة جذب الأرض 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 θ) التي تتساوى بالمقدار وتتعاكس بالاتجاه مع قوة شد الخيط المائلة على العمود بزاوية θ. والآخرى هي القوة المرجعة (قوة الاسترجاع) التي تسبب حركة الكرة تلقائيا باتجاه العودة لموضع توازنها وعند وصولها لموقع التوازن تكون قد اكتسبت طاقة حركية تجعلها تذهب إلى الطرف الآخر محدثتا بذلك حركة توافقية بسيط بسعة اهتزاز ثابته. سمي بالبندول البسيط لكون زاوية الازاحة بسيطة أقل من 10 درجات بحيث يمكن اعتبار (sin θ)يساوي θ كما في الشكل (2).



الشكل (2)

$$F = -mg \sin\theta \qquad (1)$$

وعندما تكون الزاوية (θ) صغيرة ومقدرة بالمقياس الدائري فأن

$$\theta = \sin\theta = \tan\theta = \frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}} = \frac{X}{L}$$

حيث ان (X) الازاحة عن موضع الاستقرار و(L) طول البندول

$$\therefore F = -mg\ \frac{X}{L} \qquad (2)$$

وعلى هذا الاساس تم استنتاج علاقة حساب الزمن الدوريT وأصبحت كما يلي:

$$T = 2\pi\ \sqrt{\frac{L}{g}} \qquad (3)$$

وعند تحويلها إلى معادلة خط مستقيم تصبح

$$\therefore T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g} \qquad (4)$$

حيث T الزمن الدوري ويقاس بوحدة الثانية (sec) ، L طول خيط البندول ويقاس بوحدة المتر (m) و g التعجيل الأرضي ويقاس بوحدة (m / sec^2).

من هذه العلاقة يتبين أن العوامل المؤثرة في الزمن الدوري هي :1- طول الخيط L : حيث الزمن الدوري يتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لطول الخيط 2- التعجيل الأرضي g : الزمن الدوري يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للتعجيل الارضي.

أي أن الزمن الدوري (T) لا يتأثر بقيمة كتلة الكرة المعلقة m سواء كانت ذات كتلة كبيرة أم صغيرة ولا بحجمها سواء كانت كبيرة الحجم أم صغيرة الحجم.

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- ثبت البندول من أعلى الحامل بحيث يكون طول الخيط l من نقطة التأرجح الى نقطة اتصاله بالكرة المعدنية 1 m.

2- قس قطر الكرة المعدنية D باستخدام القدمة ومن ثم جد نصف قطرها حيث يساوي $r = \frac{D}{2}$.

3- احسب طول البندول (الذي يمثل طول الخيط مضافاً له نصف قطر الكرة المعدنية) مقاساً بوحدة الـ (m) $L = (\ell + r)$

4- ازح الكرة ازاحة افقية صغيرة عن موضع استقرارها ثم اتركها تتذبذب ذبذبة كاملة (الذبذبة الكاملة هي حركة الكرة من نقطة A الى نقطة B ثم العودة الى A مرة اخرى)،انظر الشكل (2).

5- احسب زمن 5 ذبذبات بساعة توقيت وليكن (t) ثانية.

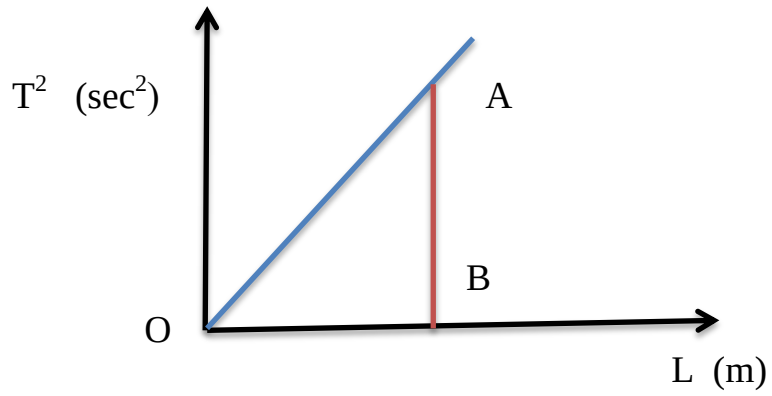
6- قصر طول الخيط بمقدار عشرة سنتميتر ولكل مرة جد قيمة (t) الى ان تحصل على قيم مختلفة لطول البندول.

7- جد زمن الذبذبة الواحدة (sec) $T = \frac{t}{5}$ لجميع الاطوال.

8 - دون القراءات كما في الجدول المبين ادناه :

طول البندول $L= (\ell+r) \times 10^{-2}$ m	زمن 5 ذبذبات t_5 sec	زمن الذبذبة الواحدة $T=\left(\frac{t_5}{5}\right)$ sec	قيمة T^2 sec^2

9- ارسم العلاقة البيانية بين (L) على محور السينات و (T^2) على محور الصادات كما في (الشكل 3) ستحصل على خط مستقيم ميله $slope = \frac{AB}{OB}$



الشكل (3)

10- استخدم قيمة الميل الذي حصلت عليه في الخطوة السابقة لإيجاد التعجيل الارضي (g) مقاساً بـ m/sec^2 من المعادلة (5) :

$$slope = \frac{4\pi^2}{g} \qquad (5)$$

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

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؟

4- ما الذي يسبب حركة الكرة تلقائياً.

5- ناقش الرسم البياني موضحا وحدة القياس التي يقاس بها كل محور .

6- اذكر الوحدة التي يقاس بها التعجيل الارضي.

7- ماالذي يسبب اتزان الكرة المعلقة عند اهمال قوة الاحتكاك بين الخيط ونقطة التعليق.

8- عرف:الحركة التوافقية البسيطة مع ذكر الأمثلة.

9- لماذا سمي بالبندول البسيط؟.

10- احسب الزمن الدوري واذكر العوامل المؤثرة عليه.

تجربة (2)

البندول المركب

Pendulum compound

الهدف من التجربة Aim of the experiment

تعيين التعجيل الارضي باستخدام البندول المركب.

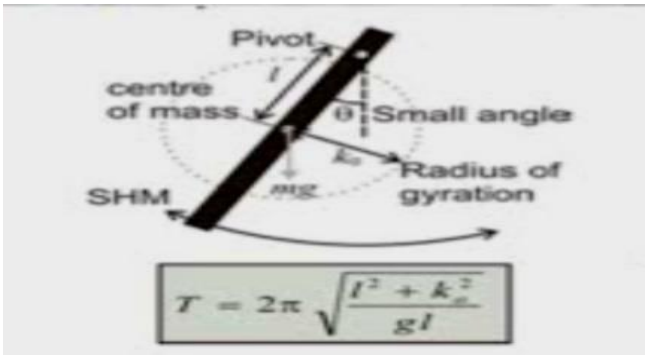
الأجهزة المستخدمة The devices used

1- مسطرة معدنية مثقبة بثقوب على ابعاد متساوية وتعلق بأمرار حافة مادة في احد الثقوب بحيث تكون حركتها حرة .2 - شريط قياس.3 – ساعة توقيت.

نظرية التجربة Experience theory

البندول المركب (البندول الفيزيائي) هو اي جسم يثبت بمحور افقي ويهتز بتأثير قوة الجاذبية.

يمثل الشكل (1) جسماً صلدا كتلته m معلقاً بمحور افقي يمر بالنقطة (0) التي تبعد عن مركز ثقله G مسافة h . فعند ازاحة الجسم عن موضع استقراره بزاوية صغيرة مقدارها θ ،يتولد عزم مرجع يحاول ارجاع الجسم الى موضع استقراره مقداره .



شكل (1)

التعبير عن زمن دورة البندول الفيزيائي يمكن ان يستنتج من معادلة الحركة التوافقية البسيطة:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} \qquad (1)$$

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

$$I_o = m\, k_o^{\,2} \qquad (2)$$

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

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

$$I = I_o + m\, h^2 \qquad (3)$$

حيث h هي المسافة بين المحورين. بتعويض المعادلتين (2) و(3) في المعادلة (1) تصبح :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{K_0^2 + h^2}{g\, h}} \qquad (4)$$

الزمن يعتمد 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 لأي جسم فان T لأي بندول هو دالة لـــ h فقط .

من المقارنة بين المعادلة (4) و معادلة (5) زمن دورة البندول البسيط الموضحة ادناه :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \qquad (5)$$

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 ($h_1 = S_1 - D$) وبتعويض هذه القيمة في المعادلة (4) نحصل على:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{K_0^2 + (S-D)^2}{g\,(S-D)}} \qquad (7)$$

نلاحظ ان رسم زمن الذبذبة مع المسافة يكون منحنيين متناظرين حول الخط الوهمي المرسوم عند مركز الثقل للبندول. فعند تحريك محور الدوران من النقطة (A) باتجاه (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 .ان الخط الافقي (AE) في الشكل(2) يقطع المنحنيين بأربع نقاط، نقطتان بكل جانب عندها تكون الازمان متساوية. لذا توجد قيمتان لـ h يكون عندهما زمن الدورة متساوي هما (h_1 وh_2) . لذا عند اختيار اي محور تعليق (A) توجد نقطة مرافقة (D)على الجانب الاخر لمركز الثقل تكون عندها ازمان الدوران حول المحاور المارة خلال (A وD)متساوية. تسمى النقطة (D) مركز الاهتزاز نسبة الى محور التعليق (A) لذا إذا تم تحديد مركز الدوران الى بندول فيز يائي فان بالإمكان عكسه وتعليقه عند النقطة (D) دون تغيير زمن الدوران، وهذه ميزة خاصة بالبندول المركب.

بالإمكان اثبات ان المسافة بينA (و D) مساوية الى (L) (طول البندول البسيط المكافئ). فبمساواة مربعات الأزمان حول النقطتين (A و D) نحصل على المعادلتين الآتيتين :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}\left(\frac{k_0^2+h_2^2}{h_2}\right) \quad , T^2 = \frac{4\pi^2}{g}\left(\frac{k_0^2+h_1^2}{h_1}\right) \qquad (8)$$

ومنها

$$\left(\frac{k_0^2+h_1^2}{h_1}\right) = \left(\frac{k_0^2+h_2^2}{h_2}\right) \qquad (9)$$

وبالتالي فأن :

$$h_1(k_0^2 + h_2^2) = h_2(k_0^2 + h_1^2) \qquad (10)$$

$$k_0^2 = \frac{h_2h_1^2 - h_1h_2^2}{h_1 - h_2} \qquad (11)$$

وعليه فأن

$$k_0^2 = h_1h_2 \qquad (12)$$

وبتعوضيها في معادلة مربع الزمن(8) نحصل على :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}(h_1 + h_2) \longrightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{h_1+h_2}{g}} \qquad (13)$$

وبالمقارنة مع المعادلة (5) فأن $h_1 + h_{2=}$ L أي ان المسافة بين S و O مساوية الى L .في الشكل اعلاه نلاحظ أن :

$$h_1 + h_{2=} \quad l_1 = l_2$$

حيث (I_2,I_1) هو عزم القصور الذاتي.

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- يعلق البندول من الثقب الاول القريب من احد طرفيه ثم يزاح بزاوية صغيرة $\theta \geq 5$ عن موضع استقراره ويترك ليتذبذب ثم يحسب زمن 5 ذبذبة (t_5 sec) ومنه يحسب زمن الذبذبة الوحدة sec .$T=\frac{t_5}{5}$

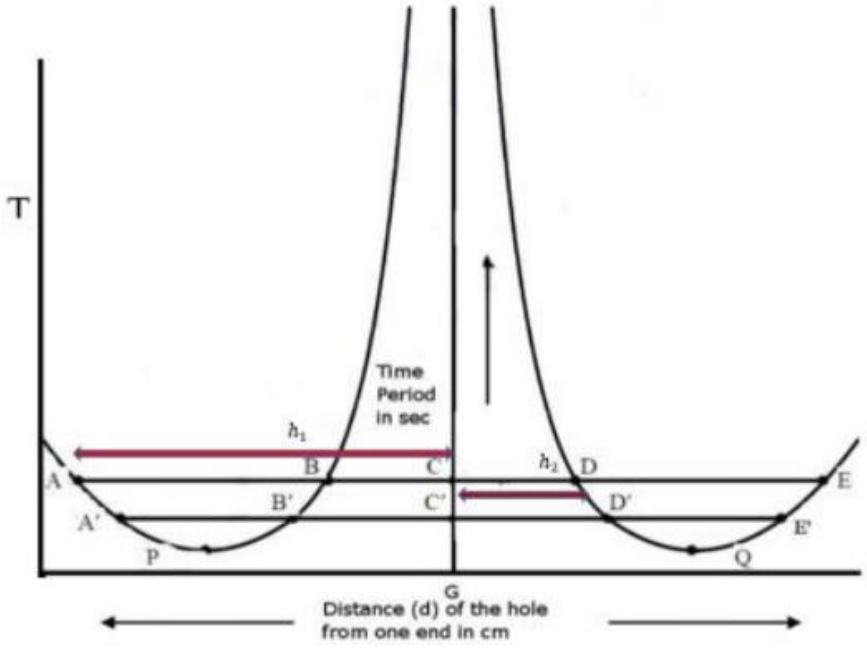
2- نكرر الخطوة (1) لجميع ثقوب البندول ابتداءً من الطرف A وانتهاءاً بآخر ثقب وهو القريب من الطرف B .

3 – نقيس المسافة d بين كل ثقب والطرف A .

4- رتب النتائج كما في الجدول التالي :

$\mathbf{d \times 10^{-2}\ m}$	t_5 sec	$T=\frac{t_5}{5}$ sec	$\frac{1}{T^2}$ sec^{-2}

5-ارسم العلاقة بينT على المحور الصادي والمسافة d على المحور السيني فنحصل على مخطط مشابه للشكل (2).



الشكل (2)

6- ارسم مستقيم افقي يقطع المنحني بأربع نقاط لنفس الزمن استخرج قيم AD و BE و PQ و AC وC D

7-احسب طول البندول البسيط المكافئ L حيث $L = \frac{1}{2}(AD + BE)$

8- قس $l_1 = AD$ و $l_2 = BD$ واوجد المعدل $L = \frac{l_1 + l_2}{2}$ عند الزمن الذي حددته وعوض بالمعادلة الاتية لتجد التعجيل الأرضي .

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

9- احسب نصف قطر التدويم K من العلاقة والذي يقاس بوحدة الـ (m) :

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

10 - احسب عزم القصور الذاتي باستخدام العلاقة والذي يقاس بوحدة الـ($Kg.m^2$) :

$$I = MK^2$$

حيث M كتلة المسطرة والتي تقاس بـ (Kg).

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- على ماذا يعتمد زمن البندول المركب ؟

2- لماذا سمي بالبندول المركب؟

3- ماهي تطبيقات البندول المركب؟

4- اذكر وحدة قياس كل مما يأتي: التعجيل الارضي ، عزم القصور الذاتي، نصف قطر التدويم، الكتلة.

5-عرف : عزم القصور الذاتي ، البندول الفيزيائي.

6- ناقش الرسم البياني موضحا وحدة القياس التي يقاس بها كل محور .

7- متى يسمى البندول البسيط بالبندول البسيط المكافئ.

تجربة (3)

النابض الحلزوني

Helical spring

الهدف من التجربة Aim of the experiment

1- تعيين التعجيل الارضي 2- ايجاد الكتلة المكافئة.

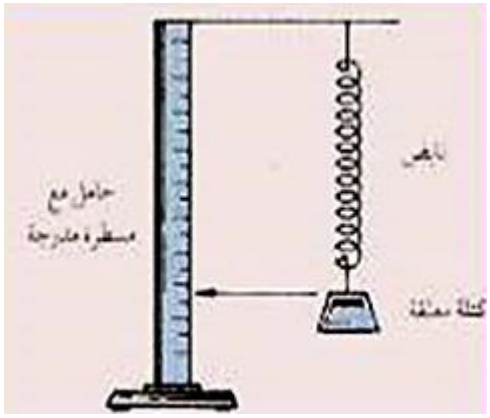
الأجهزة المستخدمة The devices used

1- نابض حلزوني 2- أثقال 3- حامل الأثقال 4- ساعة توقيت 5- حامل مع ماسك 6- مسطرة مترية.

نظرية التجربة Experience theory

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

(ΔL هي الفرق في طول النابض) كما في الشكل (1) .



الشكل (1)

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

والقوة المعيدة تحاول ان تعيد الجسم الى موضع استقراره فيتحرك الجسم والنابض حركة اهتزازية عمودية وان معادلة هذه الحركة تعطى بالمعادلة

$$M \frac{d^2x}{dt^2} = - \frac{x\,g}{n} \qquad (2)$$

معادلة الحركة التوافقية البسيطة (simple harmonic motion) تعطى بالمعادلة (3)

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{n\ M}\ x = 0 \qquad (3)$$

زمن ذبذبتها (T) :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M\,n}{g}} \qquad (4)$$

ان اشتقاق المعادلة (4) تم على فرض ان النابض الحلزوني عديم الوزن ولتصحيحها يجب اضافة الكتلة في المعادلة وتدعى هذه الكتلة (m) بالكتلة المكافئة للنابض الحلزوني (effective mass) وبذلك تصبح المعادلة بالشكل :

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

وبعد تربيع المعادلة (5) وترتيبها كما في المعادلة

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

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- ضع اثقال معينا في الكفة المعلقة بالنابض.

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

3- قس زمن عشر ذبذبات كاملة مستعينا بساعة توقيت .

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

5- هذه الخطوات تكرر لعدة اثقال ورتب القراءات كما في الجدول ادناه.

$M\ (Kg) \times 10^{-3}$	t_{10} (Sec)	$T = \frac{t_{10}}{10}$ (Sec)	T^2 (Sec^2)

6- ارسم العلاقة البيانية بين (T^2) على محور الصادات وبين (M) كتلة الاثقال على محور السينات ، فأن نتيجة الرسم ستكون خط مستقيم ذو قطع على الجزء السالب لمحور السينات والذي يمثل الكتلة المكافئة ،ومن الرسم البياني احسب الميل (Slope) كما في الشكل (2)

$$\frac{T^2}{M} = \frac{g}{4\pi^2 n} = \text{Slope} \qquad (7)$$

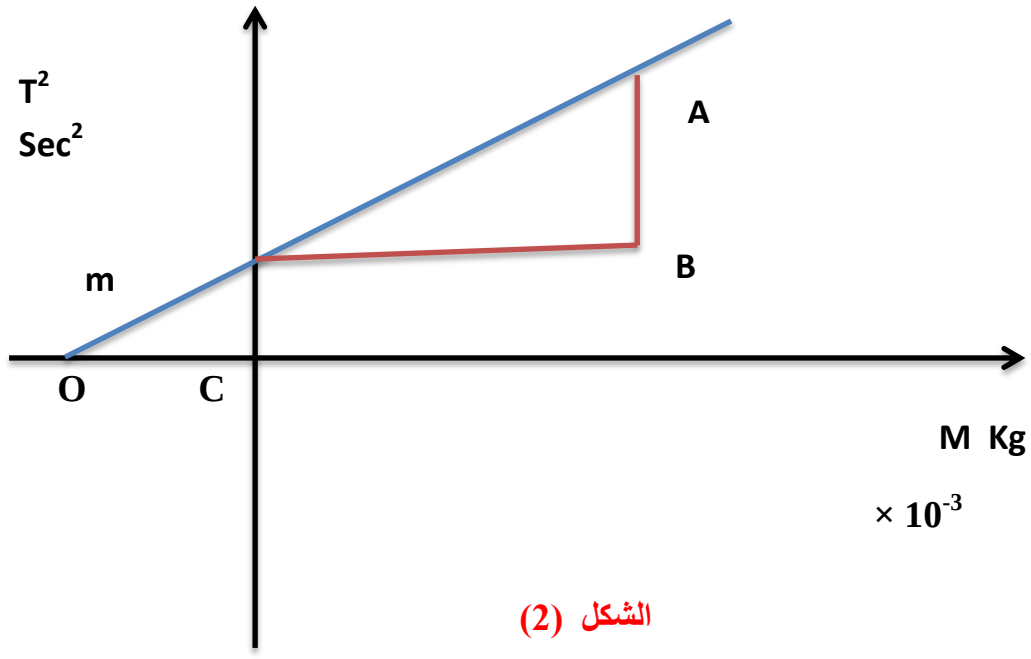
7- أحسب قيمة (n) حيث تمثل مقدار الاستطالة لوحدة الكتل حيث $n = \frac{\Delta L}{M}$

$\Delta L = L_1 - L_0$ ،حيث يؤخذ الفرق بين طولين لكتلة معينة . وتقاس بالوحدة Kg / m.

8- جد قيمة التعجيل الارضي كما في المعادلة (8) :

$$g = \frac{4\pi^2 n}{Slope} \qquad (8)$$

اما قيمة الكتلة المكافئة للنابض(m) فتمثل القيمة المطلقة للقطع | OC | في الرسم البياني كما مبين في الشكل (2).



الشكل (2)

9- قس الكتلة الحقيقية للنابض الحلزوني مستعينا بالميزان، ثم احسب الكتلة المكافئة والتي تساوي $\frac{1}{3}$ كتلة النابض الحقيقية وقارن بين الكتلة المكافئة التي حصلت عليها عمليا من الرسم البياني ونظريا من خلال تطبيق القانون :

الكتلة المكافئة $= \frac{1}{3}$ الكتلة الحقيقية

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- عرف : الحركة التوافقية البسيطة (simple harmonic motion) ، الكتلة المكافئة (effective mass)، القوة المعيدة (restoring force).

2- ناقش الرسم البياني موضحاً وحدة القياس التي يقاس بها كل محور .

3- اي جزء من الرسم البياني يمثل الكتلة المكافئة ؟ وبأي وحدة تقاس؟

4- ماهي الحركة الاهتزازية .

5- في المعادلة ادناه:

$g = \frac{4\pi^2 n}{Slope}$ ماذا يمثل n وكيف يتم حسابه وماهي الوحدة التي يقاس بها.

تجربة (4)

العتلات ذات جانب واحد وذات الجانبين

One –sided levers and two – sided levers

الهدف من التجربة Aim of the experiment

1- قياس القوة (F_1) لعتلة ذات جانب وذات جانبين كدالة للمقاومة (F_2). 2 - قياس القوة (F_1) لعتلة ذات جانب كدالة لذراع المقاومة (X_2) . 3- قياس القوة (F_1) لعتلة ذات جانب كدالة لذراع القوة X_1.

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- عتلة طولها (1m) .2- مجموعة اثقال وزن كل منها (50 gm).3- Dynamometer مقياس القوة[2N, 5N].4- قاعدة حامل .5- ماسك.

نظرية التجربة Experience theory

تعرف العتلة (lever) على انها جسم صلد يدور حول محور ثابت (يمر بنقطة عادة تسمى نقطة الارتكاز) والتي يمكن استخدامها لرفع وتحريك الاثقال.يسمى المقطعين الممتدين من المحورالى نقطتي تطبيق القوة والمقاومة بذراعي العتلة (وعلى وجه التحديد ذراعي القوة والمقاومة على التوالي)، في العتلة ذات الجانب الواحد تعمل القوة (F_1) والمقاومة (F_2) في اتجاهين متعاكسين على نفس الجانب من المحور وفي العتلة ذات الجانبين تعمل القوة (F_1) والمقاومة (F_2) في نفس الاتجاه على جانبي المحور المتعاكسين.

يطبق قانون العتلات [القوة× ذراعها = المقاومة ×ذراعها] على كلا نوعي العتلة (ذات جانب واحد وذات جانبين) .

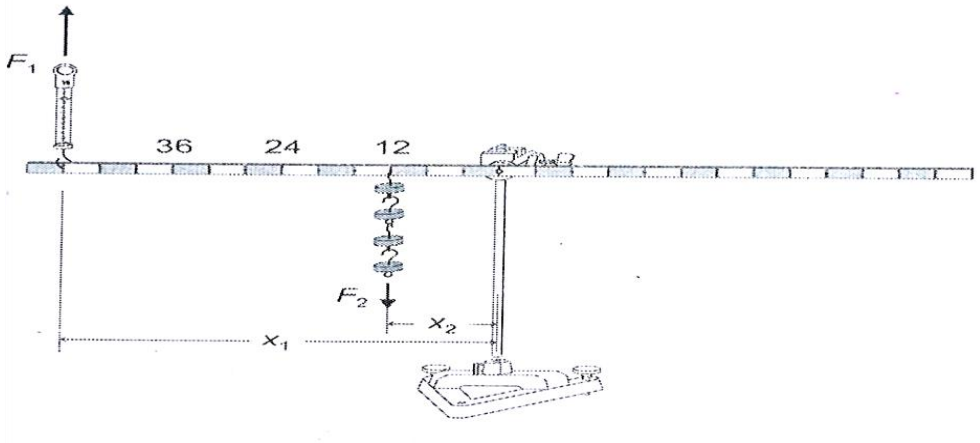
$$F_1.X_1 = F_2.X_2 \qquad (1)$$

حيث (X_1) يمثل ذراع القوة(X_2) يمثل ذراع المقاومة.

يمكن ان يفسر هذا القانون على اساس المفهوم الأعم لتوازن الزخوم الزاوية ويشكل الاساس لجميع انواع الثقل الميكانيكي للقوة، تدرس التجربة قانون العتلات (ذات جانب واحد وذات جانبين) والهدف من ذلك هو تحديد القوةF_1التي تحافظ على العتلة في حالة توازن كدالة للمقاومة F_2 وذراع المقاومة X_2 وذراع القوةX_1.يتم تطبيق المقاومة باستخدام اثقال وزن كل منها (50gm)، حيث تكون $F_2 = mg$.

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

اولا: في حالة العتلة ذات جانب واحد: ترتب التجربة كما في الشكل (1)



شكل (1)

1- **قياس القوة F_1 كدالة للمقاومة F_2**

علق (200gm,400gm,600gm) على التوالي عند $X_2 = 12cm$ ثم اربط مقياس القوة (2 N) عند $X_1 = 48cm$ومن ثم جد قيمة F_1 وفق المعادلة

$$F_1.X_1 = F_2.X_2 \qquad (1)$$

2- **قياس القوة F_1 كدالة لذراع المقاومة X_2**

علق 200gm عند $X_2 = (12cm, 24cm, 36cm)$ واربط مقياس القوة (2N)عند المسافة $X_1 = 48cm$ ثم جد قيمة F_1 وفق المعادلة

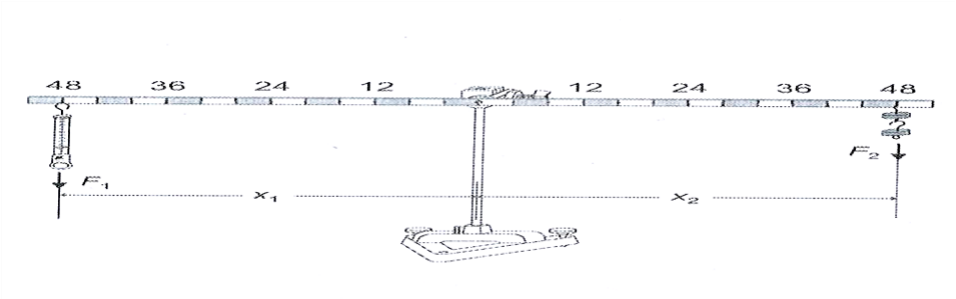
$$F_1.X_1 = F_2.X_2 \qquad (2)$$

3- **قياس القوة F_1 كدالة لذراع القوة X_1**

علق (150gm)عند $X_2 = 48cm$ واربط مقياس القوة (5N) عند $X1(12cm, 24cm, 36cm)$ثم جد قيمة F_1 وفق المعادلة

$$F_1.X_1 = F_2.X_2 \qquad (3)$$

ثانيا: في حالة العتلة ذات الجانبين : ترتب التجربة كما في الشكل (2)



شكل (2)

1- **قياس القوة F_1 كدالة للمقاومة F_2**

علق (100gm,200gm,300gm) عند المسافة $X_2 = 24cm$ واربط مقياس القوة (2N) عند $X_1 = 48cm$ ومن ثم جد قيمة F_1 وفق المعادلة

$$F_1.X_1 = F_2.X_2 \qquad (1)$$

2- **قياس القوة F_1 كدالة لذراع المقاومة X_2**

علق (200gm) عند $X_2 = (24cm, 36cm, 48cm)$ واربط مقياس القوة (2N) عند $X_1 = 48cm$ ومن ثم جد قيمة F_1 وفق المعادلة

$$F_1.X_1 = F_2.X_2 \qquad (2)$$

3- **قياس القوة F_1 كدالة لذراع القوة X_1**

علق (200gm) عند $X_2 = 48cm$ واربط مقياس القوة (5N) عند $X_1 = (24cm, 36cm, 48cm)$ ومن ثم جد قيمة F_1 وفق المعادلة

$$F_1.X_1 = F_2.X_2 \qquad (3)$$

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- عرف العتلة و اذكر انواعها.

2- ماهي وظائف العتلات وما اهميتها؟

3 - اكتب معادلة العتلة وتطبيقاتها في حياتنا اليومية.

4-عرف ذراعي العتلة.

5-اذكر وحدة قياس القوة والمقاومة.

6-على ماذا تعتمد العتلة؟

تجربة (5)

السطح المائل

Inclined plane

الهدف من التجربة Aim of the experiment

قياس القوة *F1* على طول المستوى والقوة *F2* على مستوى جسم على مستوى مائل كدالة لزاوية الميل.

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- سطح مائل .2- عربة. 3- مقياس القوة 1N.

نظرية التجربة Experience theory

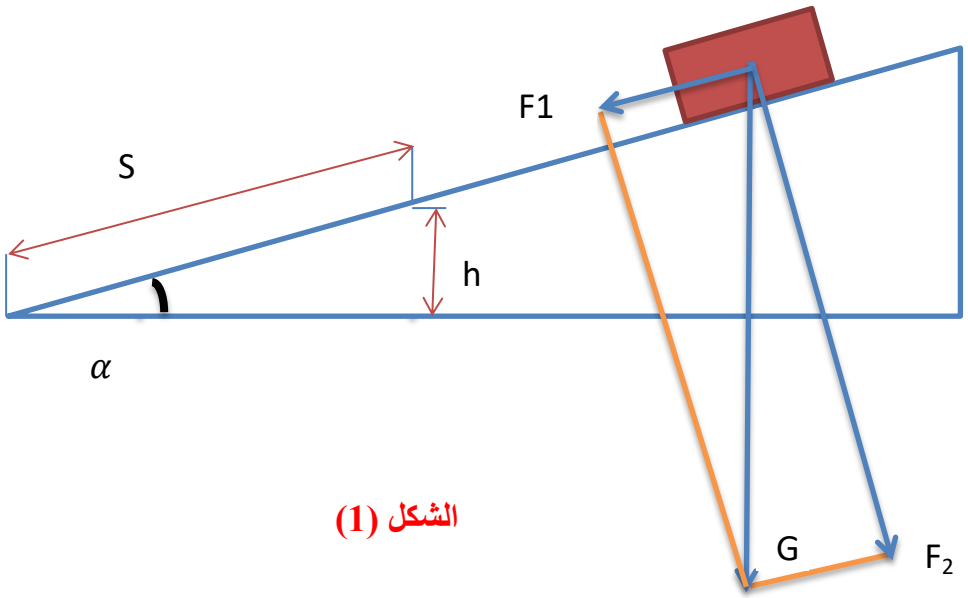
يمكن وصف حركة الجسم على مستوى مائل بسهولة أكبر عندما يتم تحويل القوة المؤثرة بواسطة الوزن (G قوة الجاذبية) على الجسم إلى قوة (**F1**)على طول المستوى وقوة (**F2**) طبيعية على المستوى. تعمل القوة على طول المستوى بالتوازي مع مستوى يميل بزاوية (α) ، وتعمل القوة العمودية على المستوى عموديًا على المستوى (انظر الشكل 1). بالنسبة للقيم المطلقة للقوى ، يمكننا القول

$$F1 = G \cdot \sin \alpha \qquad (1)$$

و

$$F2 = G \cdot \cos \alpha \qquad (2)$$

يتم قياس القوتان F1 ، F2 وزوايا ميل مختلفة باستخدام ديناموميتر الدقة. يمكننا تغيير زاوية الميل أ بتحريك دعامة بارتفاع h = 5 سم إلى مختلف المسافات s بين محور المستوى المائل ونقطة الدعم (انظر الشكل 1). يمكننا أن نقول



الشكل (1)

$$\sin \alpha = \frac{h}{s} \qquad (3)$$

and

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{h}{s}\right)^2} \qquad (4)$$

المعادلة (1) و(3) تعطي القوة على طول المستوي

$$F_1 = G \cdot \frac{h}{s} \qquad (5)$$

معادلة (2) ومعادلة (4) تعطي القوة الاعتيادية على السطح

$$F_2 = G \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{h}{s}\right)^2} \qquad (6)$$

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- قم بإعداد المستوى المائل وضع الدعامة (e) عند المسافة (s) تساوي 10 سم.

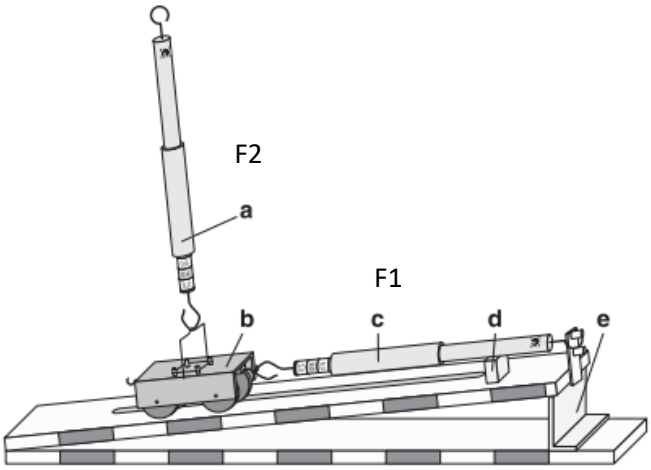
2- ضع العربة (b) على المستوى المائل وعلقها بمقياس القوة (الديناوميتر) F_1 (c)،ادعم مقياس القوة بالحاجز (d).

3- رتّب مقياس الديناموميتر F2 (a) بعناية بحيث يكون عموديًا قدر الإمكان على المستوى المائل وارفع العربة حتى بالكاد تلامس سطح المستوي.

4- سجل قيم F_1 و F_2 .

5- انقل دعامة المنحدر (e) إلى المواقع (s) تساوي (20,30.40,50) وفي كل مرة رتب الديناموميتر عمودياً على المستوي المائل وسجل قراءة كل من (F 1, F 2).

(الخطوات من 1 الى 5 موضحة في الشكل (2)).



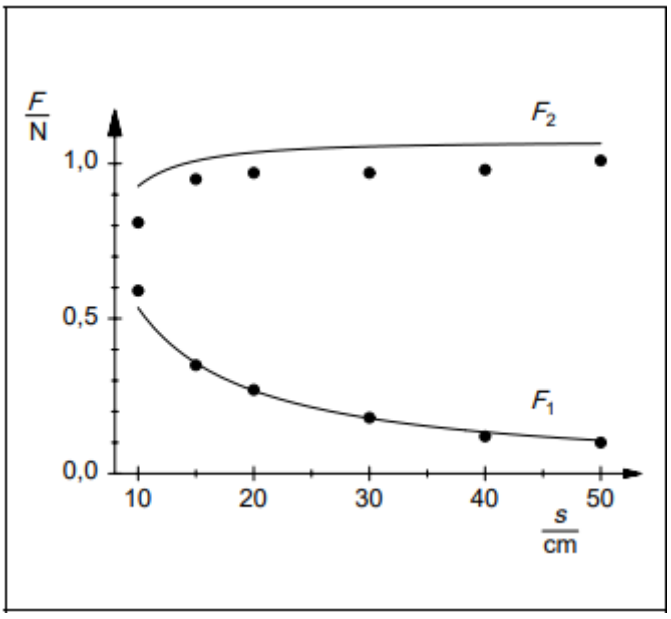
الشكل (2)

6- رتب جدول بالقراءات التي حصلت عليها كما موضح أدناه:

S (cm)	F_1 (Nt)	F_2 (Nt)
10		
20		
30		
50		

7- ارسم علاقة بيانية بين F 1 و F 2 على محور الصادات والمسافة (s) التي تمثل موقع الدعامة على محور السينات كما في الشكل (3).

8- احسب قوة الجاذبية من المعادلة (5) و(6) .



الشكل (3)

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- ناقش الرسم البياني موضحاً وحدة القياس التي يقاس بها كل محور.

2- اذكر وحدة قياس القوة.

3- ماهو السطح المائل وماهي اهميته؟

4- على ماذا يعتمد السطح المائل؟

5- ماذا يحدث لو قل طول السطح المائل؟

تجربة (6)

سقوط الاجسام بصورة حرة

Freely Falling Bodies

الهدف من التجربة Aim of the experiment

1- تحديد العلاقة الرياضية بين الإزاحة (S) التي يسقطها الجسم سقوطاً حراً وزمن سقوطه (t).

2- ايجاد متوسط السرعة (V_{ave}) لجسم يسقط إزاحة معينة مثل S .3- ايجاد قيمة التعجيل الأرضي (g).

الاجهزة المستخدمة The devices used

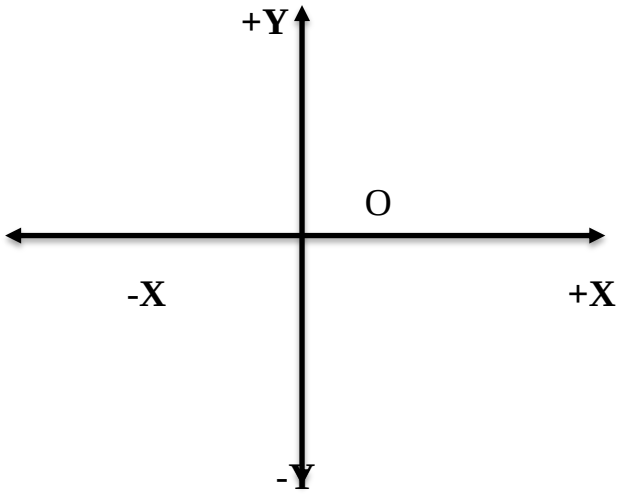
1- كرة معدنية تثبت على جهاز ممغنط. 2- مفتاح حساس للصدمة الميكانيكية. 3- ساعة الكترونية .

4- مسطرة مترية.

الشكل (1)

نظرية التجربة Experiment theory

عند سقوط الجسم من نقطة الاصل (O) نعتبر ان الازاحة فوق نقطة الاصل موجبة والى اسفلها سالبة كما في الشكل (2). أن التعجيل الارضي يتجه الى الاسفل دائماً لذا فأنه سالب الاشارة وعند اهمال مقاومة الهواء يكون تعجيل جميع الاجسام بغض النظر عن شكلها او كتلتها واحداً(نفس التعجيل) .



الشكل (2)

لكن هذا التعجيل يتغير من نقطة الى أخرى بالنسبة الى خطوط العرض او بالنسبة الى الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر او بالنسبة الى نوع قشرة الارض او ماموجود في باطنها ،ان سقوط الاجسام بصورة حرة (باهمال مقاومة الهواء) هو خير مثال على حركة الاجسام بتعجيل منتظم وعلى خط مستقيم .ومن معرفتنا السابقة فأن قوانين تلك الحركة هي :

$$V = V_0 + gt \qquad (1)$$

$$S = V_0\, t + \frac{1}{2}\, g\, t^2 \qquad (2)$$

$$V^2 = V_0^2 + 2gs \qquad (3)$$

عندما تكون الحركة من السكون فأن $V_o = 0$

$$S = \frac{1}{2}\, g\, t^2 \qquad (4)$$

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

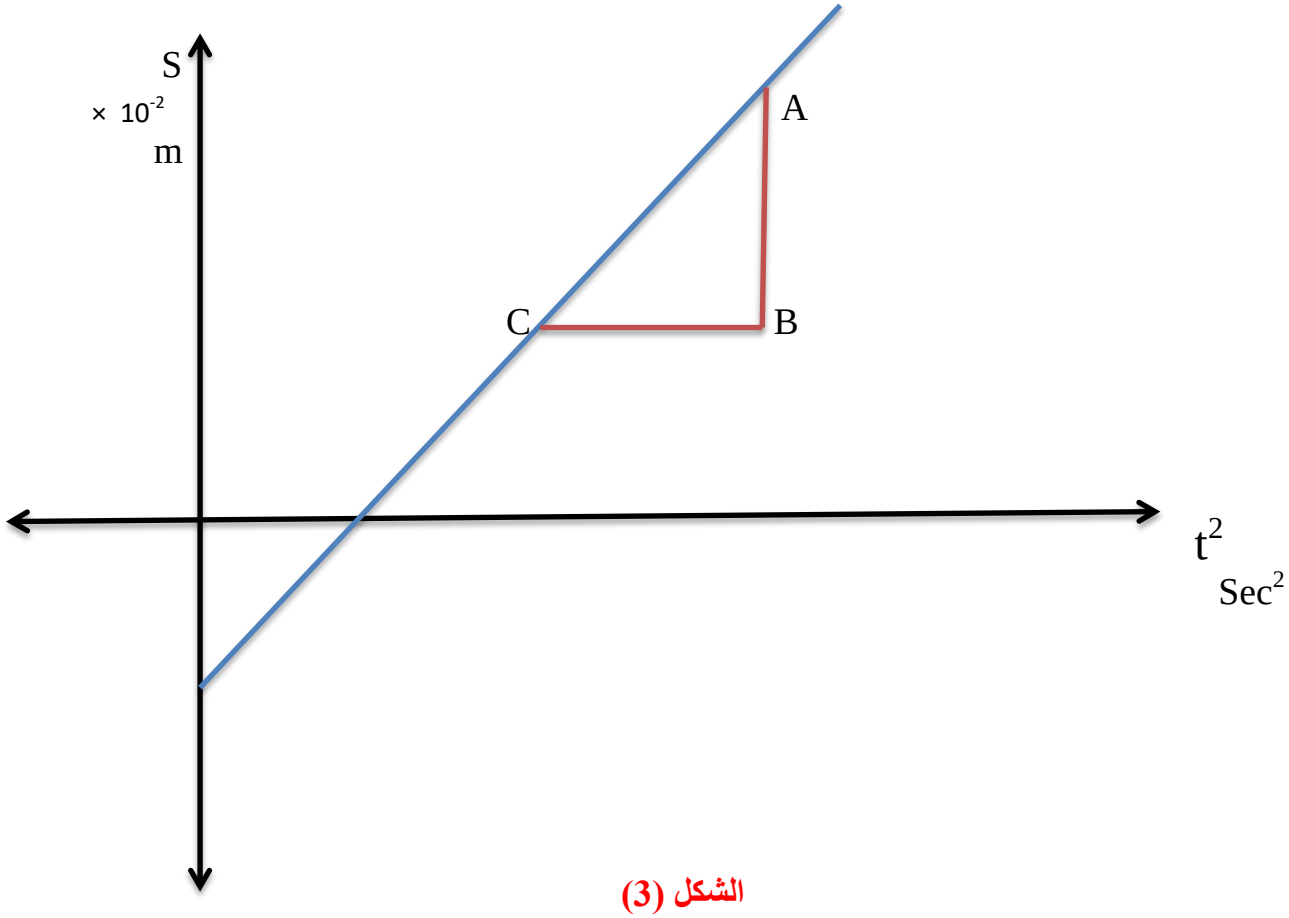
1- صفر الساعة الرقمية من الزر (o) ومن ثم ضع الساعة على وضع البداية (start).
2- ضع الكرة المعدنية على الماسك المغناطيسي .
3- اطلق الكرة بالضغط على المفتاح (E) وسجل الزمن للازاحة الاولى (100 (cm .
4- قلل الازاحة الى (100,90,80,70,60 cm) وفي كل مرة كرر الخطوات (1،2،3).

5- رتب القراءات كما في الجدول التالي :

$S \times 10^{-2}$ m	t sec	t^2 sec^2
100		
90		
80		
70		
60		

6- ارسم علاقة بيانية بين (S) على محور الصادات و (t^2) على محور السينات كما في الشكل (3) ومن الرسم جد قيمة الميل.

$$Slope = \frac{AB}{CB}$$



الشكل (3)

7- جد قيمة التعجيل الارضي بعد تغيير المعادلة (4) الى المعادلة (5) :

$$\frac{S}{t^2} = Slope = \frac{g}{2} \qquad (5)$$

حيث g (التعجيل الارضي) ويقاس بوحدة m/sec^2

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- عرف قوانين نيوتن الثلاث.

2- وضح تأثير كل من الخصائص التالية في سرعة سقوط الاجسام (الحجم ، الكتلة ، الوزن ، اللون ، الشكل).

3- ناقش الرسم البياني موضحاً وحدة القياس التي يقاس بها كل محور.

4- هل يتغير التعجيل الأرضي من نقطة الى اخرى ؟ وضح ذلك.

تجربة (7)

معامل الأحتكاك الشروعي بين سطحين

Coefficient of Static Friction between two Surfaces

الهدف من التجربة Aim of the experiment

1- دراسة الاحتكاك بين سطحين متلامسين.2- تعيين معامل الاحتكاك السكوني (الشروعي μ_s) بطريقة السطح الافقي. 3- تعيين معامل الاحتكاك الشروعي بطريقة السطح المائل. 4- تعيين معامل الاحتكاك الانزلاقي (الحركي μ_k).

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- جهاز معامل الاحتكاك. 2- قطعة من الخشب .3. - اثقال. 4- رمل ، 5- كفة ميزان.

نظرية التجربة Experiment theory

اذا اثرت قوة ساحبة صغيرة F نيوتن 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 الأحتكاك Force of friction واذا ازدادت القوة (F) تزداد معها قوة الاحتكاك حتى يشرع الجسم بالحركة وتدعى هذه القوة بقوة الاحتكاك الشروعي (F_s) a Force of static friction وبعد ان يشرع الجسم بالحركة من السكون تدعى القوة اللازمة لأدامة حركته بسرعة منتظمة وعلى خط مستقيم بقوة الاحتكاك الانزلاقي (F_k) Force of kinetic friction.

تنص قوانين الاحتكاك الشروعي بطريقة عملية على مايلي:-

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

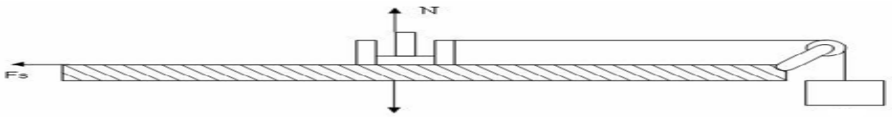
1- قوة الاحتكاك (F) تتناسب طردياً مع القوة الضاغطة بين الجسمين المحتكين أي ان $F = \mu N$ حيث (μ) كمية ثابتة تدعى معامل الاحتكاك و(N) نيوتن هي القوة الضاغطة {القوة العمودية على السطح الذي يسير عليه الجسم}.
2- لاتعتمد قوة الاحتكاك بين الجسمين على مساحة السطحين المتلامسين.

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

أ– ايجاد معامل الاحتكاك الشروعي μ_s بطريقة السطح الافقي

1- احسب كتلة القطعة الخشبية بواسطة الميزان ولتكن (M) Kgm.

2 - ضع القطعة الخشبية على السطح الافقي للجهاز واربط نهايته بخيط دقيق يمر على بكرة ملساء وينتهي الخيط بكفة ميزان كما مبين في الشكل (2).



شكل (2)

3- اضف الرمل في كفة الميزان المعلقة في نهاية الخيط والتي تمثل(M(Kgm حتى تتحرك القطعة الخشبية بسرعة منتظمة.

4-احسب قيمة القوة الساحبة = كتلة الكفة بما فيها من الرمل × التعجيل الأرضي كما في المعادلة (1) حيث :-

g يمثل التعجيل الأرضي. M كتلة كفة الميزان مع الرمل المضاف.F_1 تمثل القوة الساحبة .

$$F_1=M\times g \qquad (1)$$

5- ضع اثقالاً فوق القطعة الخشبية (A) فتكون كتلة الخشبة بما فوقها من الكتل كما في المعادلة (2) حيث M_2 تمثل كتلة قطعة الخشب (M_0) مضافاً اليها الكتلة الثانية التي تضاف اليها M_1.

$$M_2=M_0+M_1 \qquad (2)$$

6- جد القوة الضاغطية من المعادلة (3)

$$F_2=M_2\times g \qquad (3)$$

حيث M_2 كتلة قطعة الخشب مضاف اليها الاثقال، F_2 القوة الضاغطة.

7- كرر الخطوات (3،4،6،5) لقيم مختلفة من الكتل المضافة على قطعة الخشب وجد كل من القوة الضاغطة والقوة الساحبة والتي يقاس كل منهما بوحدة النيوتن.

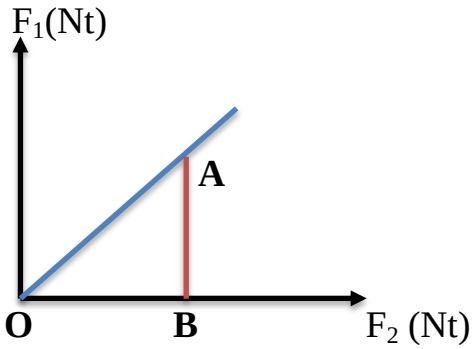
8-رتب القراءات حسب الجدول التالي :-

كتلة قطعة الخشب =

القوة الساحبة $F_1=M\times g$ **Nt**	**كتلة كفة الميزان بما فيها من رمل** $M \times 10^{-3}$ **Kgm**	**القوة الضاغطة** $F_2=M_2 \times g$ **Nt**	**كتلة قطعة الخشب مضاف اليها كتل اخرى** $M_2 \times 10^{-3}$ **Kgm**

9-ارسم العلاقة البيانية بين القوة الساحبة F_1 على محور الصادات والقوة الضاغطة F_2 على محور السينات ستحصل على خط مستقيم ميله يمثل معامل الاحتكاك الشروعي:

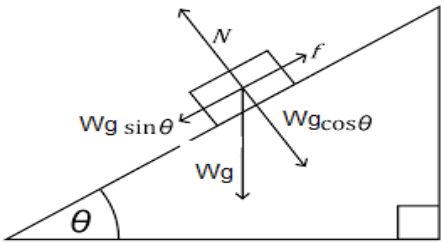
$$\mu_s = \frac{AB}{OB} = \text{Slope}$$



شكل (3)

ب- ايجاد معامل الاحتكاك الشروعي μ_sبطريقة السطح المائل

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



شكل (4)

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

$$\mu_S = \frac{F}{\mathrm{N}} = \frac{Wg\sin\theta}{\mathrm{W}g\cos\theta}$$

$$\therefore \mu_S = \tan\theta$$

حيث ان(μ_S) معامل الاحتكاك الشروعي.و (θ) زاوية الاحتكاك الشروعي.

ج- ايجاد معامل الاحتكاك الانزلاقي μ_K بطريقة السطح المائل

من الممكن ايجاد معامل الاحتكاك الانزلاقي بين القطعتين الخشبيتين بنفس الطريقة السابقة على ان يطرق اللوح الخشبي (B) قليلاً وبهدوء اثناء اجراء التجربة ومن ثم جد ظل الزاوية $\mu_K = \tan\theta$

حيث ان (θ) زاوية الاحتكاك الانزلاقي.

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

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

2- أيهما اكبر معامل الأحتكاك الشروعي أم الانزلاقي؟

3- هل الأحتكاك موجود فقط في المواد الصلبة؟

4- ناقش الرسم البياني موضحاً وحدة القياس التي يقاس بها كل محور

5- عرف : قوة الاحتكاك الشروعي (F_s) Force of static friction) ،معامل الاحتكاك (coefficient of friction)، قوة الاحتكاك الانزلاقي(F_k) Force of kinetic friction)،قوة الاحتكاك(Force of friction).

6- على ماذا تعتمد قوة الاحتكاك وعلى ماذا لاتعتمد؟

تجربة (8)

ايجاد عزم القصور الذاتي لقضيب معدني بطريقة التعليق لبفلر

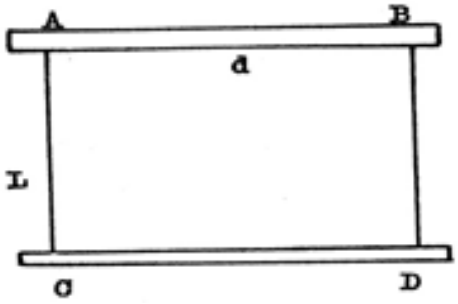
Determination of Moment of Inertia Using the Bifilar Suspension

الهدف من التجربة Aim of the experiment

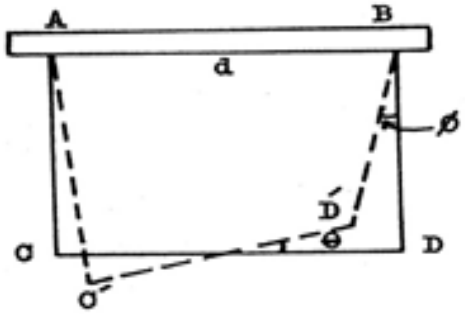
1- دراسة خواص معلق بفلر.2- ايجاد عزم القصور الذاتي لقضيب معدني حول محور عمودي على طوله ويمر من مركز ثقله.

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- قضيب معدني مقطعه العرضي منتظم وطوله حوالي (50cm). 2 - مسطرة مترية .3 - خيط .
4- ساعة توقيت 5- مسندين وماسكين .



شكل (1)



شكل (2)

نظرية التجربة Experiment theory

لو علق قضيب معدني كتلته (M) وعزم قصوره الذاتي (I) حول محور يمر بمركز ثقله بخيطين متوازين مثل AC وBD وكان طول كل من الخيطين (L) والمسافة بينهما (d) كما مبين في الشكل (1) ومن الواضح ان الشد في كل من الخيطين يساوي ($\frac{1}{2}Mg$) . فاذا أزيح القضيب المعدني افقيا من موضعه (CD) الى الموضع (**C'D'**) بزاوية صغيرة قدرها (θ) حول محوره المركزي فسيؤدي هذا الى ان كل من الخيطين سيزاح عن الوضع الشاقولي بازاحة زاوية قدرها (ϕ) كما مبين في الشكل (2). ولما كانت θ و ϕ زاويتين صغيرتين يكون

$$DD' = L\emptyset = \frac{1}{2}\ \Theta d \qquad (1)$$

في الموضع $\acute{C}\check{D}$ تنشأ قوى مرجعة تحاول ان تعيد القضيب الى موضعه الأصلي وهذه تساوي مركبة الشد الأفقية لاي من الخيطين وهي تساوي $\frac{1}{2}Mg\ \sin\phi$

ولما كانت ϕ صغيرة يكون $\sin\phi \cong \phi$ لذلك نحصل على

$$\frac{1}{2}\,M\,g\,\sin\emptyset\ \cong\ \frac{1}{2}\ M\,g\emptyset$$

ومن تعويض المعادلة (1) نجد أن

$$\frac{1}{2}\ M\,g\emptyset = -\frac{M\,g\,d}{4\,L}\ \Theta \qquad (2)$$

والعزم المرجع المؤثر على القضيب المعدني هو

$$\frac{Mgd}{4L}\,\theta.\,d = \frac{Mgd^2}{4L}.\theta$$

اذن معادلة الحركة للقضيب المعدني هي

$$I \propto= -\frac{Mgd^2}{4L} \qquad (3)$$

حيث (I) هو عزم القصور الذاتي للجسم و(α) التعجيل الزاوي له.

اي ان

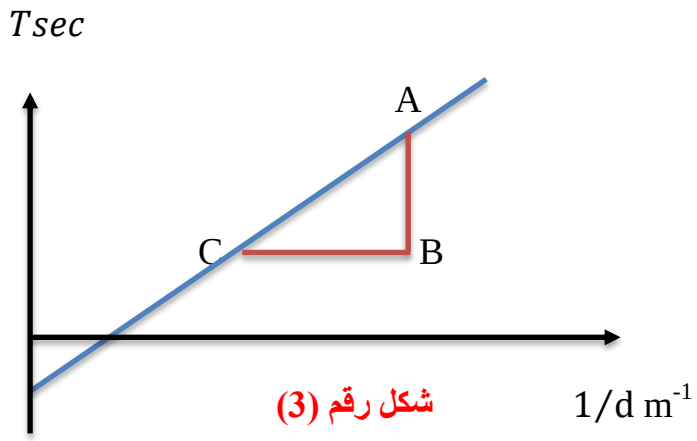
$$\alpha + \frac{Mgd^2}{4LI}\,\theta = 0$$

فالحركة اذن هي توافقية بسيطة زمن ذبذبتها

$$T=2\pi\sqrt{\frac{4LI}{M\,g\,d^2}} \qquad (4)$$

$$\therefore\ I\ = \frac{Mg}{16\pi^2 L} \times \left(\frac{AB}{OB}\right)^2 \qquad (5)$$

فعند رسم علاقة بيانية بين (T) على محور الصادات و (1/d) على محور السينات سنحصل على خط مستقيم (شكل رقم 3) .



شكل رقم (3)

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- علق القضيب المعدني بالمسطرة المترية بحيث يكون كل منهما افقيا كما هو مبين في الشكل رقم (1).
2- اربط الخيطان على بعد متساوي من طرفي القضيب المعدني.
3- قس طول احد الخيطين وليكن (L) ثم قس المسافة بينهما وليكن (d).
4- دور القضيب المعدني بزاوية صغيرة حول المحور المركزي واتركه يتذبذب كما في الشكل (2) ثم احسب زمن (5) ذبذبة وبعد ذلك جد زمن الذبذبة الواحدة (T) ذبذبة.
5- حرك كل من الخيطين مسافة (2)cm مبتعداً عن طرفي القضيب المعدني اي تصبح المسافة بين الخيطين اقل من السابق بـ cm (4) ثم كرر الخطوة (4).
6- كرر الخطوتان (4) و(5) لعدد مناسب من المرات بحيث تنقص المسافة بين الخيطين في كل مرة مسافة (4)cm.
7- قس الطول الاصلي للقضيب المعدني(d) وكذلك كتلته (M) بالاستعانة بميزان .

8- سجل القراءات كما في الجدول ادناه:

$d \times 10^{-2}$ m	t_5 sec	$1/d$ m^{-1}	$T = t_5/5$ Sec

9- جد قيمة عزم القصور الذاتي للقضيب المعدني عملياً حسب المعادلة التالية:

$$I = \frac{Mg}{16\pi^2 L} \times \left(\frac{AB}{CB}\right)^2 \qquad Kg.m^2$$

10-جد قيمة عزم القصور الذاتي للقضيب المعدني نظرياً من المعادلة التالية:

$$I = \frac{1}{12} M\, d^2$$

حيث M تمثل كتلة القضيب المعدني، d تمثل طول القضيب المعدني.

11- قارن بين قيمة I نظريا مع قيمة I عملياً.

Questions about the experience اسئلة حول التجربة

1- لماذا يجب ان تكون سعة الذبذبة قليلة ؟

2- ناقش العلاقة البيانية وماذا تستنتج منها ؟

3- ما العلاقة بين القصور الذاتي والكتلة ؟

4- عرف الحركة التوافقية البسيطة .

5-ناقش الرسم البياني موضحاً وحدة القياس التي يقاس بها كل محور.

6-اذكر الوحدة التي يقاس بها عزم القصور الذاتي.

7-في معادلة قياس عزم القصور الذاتي نظريا ماذا تمثل d؟

تجربة (9)

عزم القصور الذاتي لأشكال مختلفة

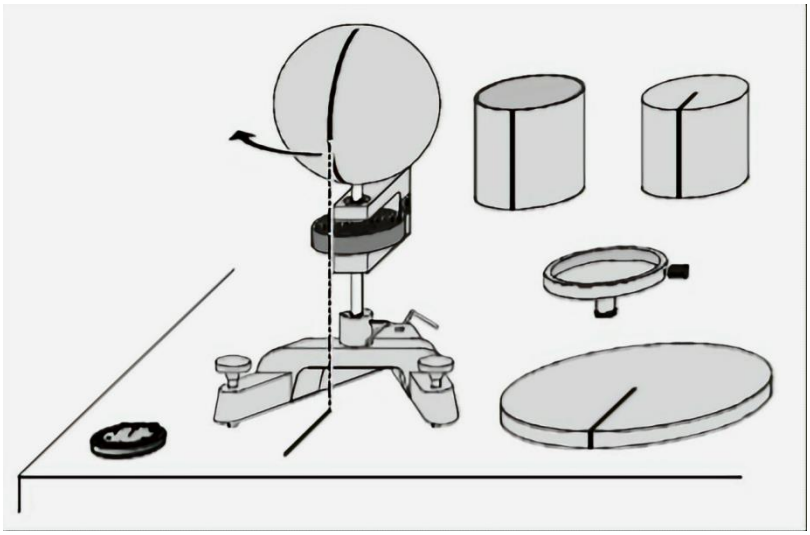
Determination of inertia of different forms

الهدف من التجربة Aim of the Experiment

ايجاد عزم القصور الذاتي لأشكال مختلفة مثل الكرة والقرص والأسطوانة الصلدة والأسطوانة المجوفة.

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- جهاز محور اللي .2- اشكال مختلفة (كرة ،قرص، أسطوانة صلدة ،اسطوانة مجوفة).3- ساعة توقيت.



شكل (1)

نظرية التجربة Experiment theory

في حالات الحركة الاهتزازية يعبر عن زمن الذبذبة الواحدة بالمعادلة (1)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}} \qquad (1)$$

حيث ان: (D) يمثل العزم المرجع

(I) يمثل عزم القصور الذاتي

يمكن حساب عزم القصور الذاتي عن طريق استخدام القانون في المعادلة (2) وهو القانون البسيط، حيثُ إنّ :I :يمثل عزم القصور الذاتي ويمكن التعبير عنه باستخدام الرمز (J) حيثُ تستخدمه بعض المراجع و Mيمثل كتلة الجسم .و R يمثل بُعد آخر نقطة في الجسم عن مركز الثقل، وتكون هذه المسافة مساويةً لنصف القطر للأشكال الدورانية وتساوي طول الأشكال المستقيمة.

$$I_1 = mr^2 \qquad (2)$$

ولكل شكل من الاشكال قانون خاص به ،حيث يقاس عزم القصور الذاتي لكرة صلدة نصف قطرها r كما في المعادلة (3) بينما يقاس عزم القصور الذاتي للأسطوانة صلدة والقرص نصف قطرهما r كما في المعادلة (4).

$$I = \frac{2mr^2}{5} \qquad (3)$$

$$I = \frac{mr^2}{2} \qquad (4)$$

اما عمليا فيقاس عزم القصور الذاتي للأشكال المختلفة كما في المعادلة (5)

$$I = \frac{T^2\bar{D}}{4\pi} \qquad (5)$$

حيث I يمثل عزم القصور الذاتي ويقاس بوحدة $Kg.m^2$

T^2 مربع زمن ذبذبة واحدة للجسم المراد قياس عزم القصور الذاتي له ويقاس بالـــ$\sec^2$.

والـــ$\bar{D}$ يمثل عزم الازدواج اللازم للي النابض (1 Rad) حيث ($1\text{Rad} = \frac{180}{\pi}$ deg)

ويقاس عزم الازدواج اللازم لي النابض بوحدة $N.m$.

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- قس عزم الازدواج اللازم للي النابض $\bar{D}$ (1 Rad) وذلك من خلال وضع القضيب المعدني على محور اللي وازح المنظومة بكاملها عن موضع استقرارها بزاوية 180^0 واتركها تتذبذب حول مركز الدوران .

2 - ضع ميزان القوة على اي موضع على القضيب عند المسافة (5,10)cm وامنع القضيب من العودة لتحافظ على وضع القضيب بزاوية 180 وخذ قراءة الميزان والمسافة .

3- احسب D_1 عزم الازدواج للنابض 180 درجة حيث $D_1 = F \times r$ وتقاس بوحدة $N.m$.

3- احسب $\overline{D}$ من خلال النسبة والتناسب كما موضح في المعادلة (6).

$\pi\ rad \qquad D_1$

1 rad $\qquad \overline{D}$

$$\overline{D} = \frac{D_1}{\pi} \qquad (6)$$

4- ضع الكرة على محور اللي وقم بتدوير الكرة بزواية صغيرة جداً.

5 – قس زمن 5 ذبذبات (t_5) بساعة التوقيت واحسب زمن الذبذبة الواحدة $T = \frac{t_5}{5}$ Sec.

6- احسب معادلة (5) لقياس عزم القصور الذاتي للكرة عمليا .

7- كرر الخطوات (4،5،6) للقرص والاسطوانة الصلدة والاسطوانة المجوفة.

8- رتب قراءتك كما في الجدول ادناه:

t_5 **Sec** للكرة	**T Sec** للكرة	T^2 **Sec**^{2} للكرة	$I = \frac{T^2\overline{D}}{4\pi}$ **Kg.m**^{2}
t_5 **Sec** للقرص	**T Sec** للقرص	T^2 **Sec**^{2} للقرص	$I = \frac{T^2\overline{D}}{4\pi}$ **Kg.m**^{2}
t_5 **Sec** للأسطوانة الصلدة	**T Sec** للأسطوانة الصلدة	T^2 **Sec**^{2} للأسطوانة الصلدة	$I = \frac{T^2\overline{D}}{4\pi}$ **Kg.m**^{2}
t_5 **Sec** للأسطوانة المجوفة	**T Sec** للأسطوانة المجوفة	T^2 **Sec**^{2} للأسطوانة المجوفة	$I = \frac{T^2\overline{D}}{4\pi}$ **Kg.m**^{2}

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- ماهو العزم المرجع؟ وماهوتأثيره على الاجسام؟

2- عرف الحركة الأهتزازية وماهي شروطها؟

3- على ماذا يعتمد عزم القصور الذاتي؟

4- اذكر وحدة قياس عزم القصور الذاتي ووحدة قياس عزم الازدواج.

5- عرف :عزم القصور الذاتي ، عزم الازدواج.

تجربة (10)

ايجاد نصف قطر التدويم لأسطوانة تتدحرج على سطح مائل

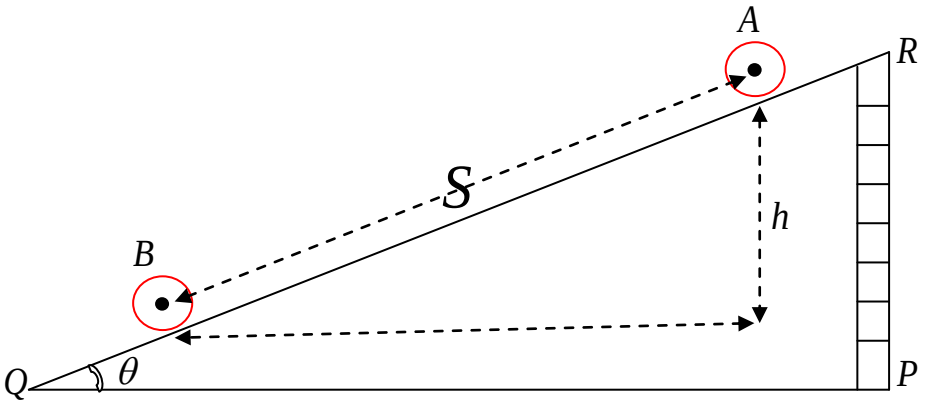
Determination of Radius of Gyration of a cylinder Rolling Down an Inclined Plane

الهدف من التجربة Aim of the Experiment

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

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- سطح مائل.2- اسطوانة معدنية أوبلاستكية.3- قطع خشبية على شكل متوازي مستطيلات.4- ساعة توقيت. 5- قدمة .6- شريط قياس.



شكل رقم (1)

نظرية التجربة Experiment 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 أرتفاع (h) كما مبين في الشكل (1) فأنها تمتلك طاقة كامنة مقدارها:

$$P.E. = Mgh \qquad (1)$$

فاذا تركت الاسطوانة تتدحرج من نقطة (A) الى نقطة (B) بتعجيل خطي (a) فانها تكتسب سرعة خطية مقدارها (V) وسرعة زاوية مقدارها (ω) أي انها ستكتسب طاقة حركية (K.E.) (انتقالية+دورانية) في آن واحد أي :-

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

وبما انه :

$$\sin\theta = \frac{h}{s}$$

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

وعندما تكون المسافة (S) مساوية الى طول السطح المائل فأن المعادلة (1) تصبح

$$P.E = M g S \sin\theta \quad (4)$$

ولما كانت الطاقة الكامنة للاسطوانة (P.E.) في بداية المسار تساوي طاقتها الحركية (K.E.) في نهاية المسار (باهمال الاحتكاك الدوراني) لذلك يتم تعويض المعادلة (4) في (2) فينتج :

$$M g S \sin\theta = \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (5)$$

وبما أن السرعة الزاوية (ω) للاسطوانة في نقطة B هي :

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (6)$$

حيث (v) تمثل السرعة الخطية للاسطوانة في نقطة B وكذلك عزم القصور الذاتي للاسطوانة هو

$$I=MK^2 \quad (7)$$

حيث ان (K) هو نصف قطر الدوران للاسطوانة المتدحرجة

$$Mg S \sin\theta = \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} M K^2 \frac{v^2}{r^2} \quad (8)$$

ومن معادلات الحركة الخطية لدينا

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

ولما كانت

$$v^2 = 2aS \qquad (10)$$

وبتعويض المعادلة (10) في (9) ينتج:

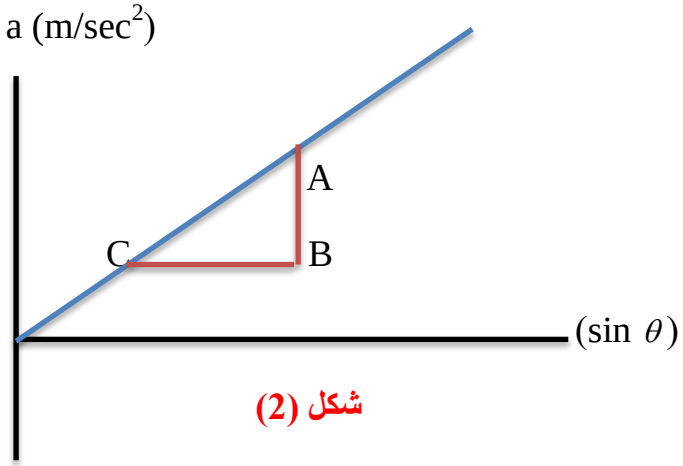
$$MgS\sin\theta = \frac{1}{2}as\left(1+\frac{K^2}{r^2}\right) \qquad (11)$$

اي ان

$$\therefore a = \frac{g}{1+\frac{k^2}{r^2}}\sin\theta \qquad (12)$$

اذا كان الزمن (t) اللازم لدحرجة الاسطوانة مسافة (S) يمكن حسابه من العلاقة $a=\frac{2s}{t^2}$ فعند رسم العلاقة البيانية بين $(\sin\theta)$ على محور السينات و(a)على محور الصادات كما مبين في الشكل (2) نحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الاصل ميله يساوي

$$\text{Slope} = \frac{AB}{CB} = \frac{g}{1+\frac{K^2}{r^2}} \qquad (13)$$



شكل (2)

ومن المعادلة التالية نجد قيمة (K)

$$K = r\sqrt{\frac{g}{Slope}-1} \qquad (14)$$

ان وحدة (K) تقدر بالـ(m).

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- رتب السطح المائل كما مبين في الشكل (1) بحيث يصنع زاوية صغيرة (θ) مع الافق وذلك بوضع قطع من الخشب.
2- ضع علامتين عند نهايتي السطح المائل مثل (A وB) وقس المسافة بينهما m (S) .
3- ضع الاسطوانة في بداية السطح المائل بحيث يقع مركزها شاقولياً فوق النقطة (A) ثم اتركها تتدحرج تلقائياً من السكون نحو الاسفل مارة بالنقطة (B) وقس بواسطة ساعة توقيت الزمن (t) اللازم لقطع المسافة .
4- سجل الارتفاع (h) أي ارتفاع قطع الخشب (PR) .
5- زد ميل السطح المائل وذلك بوضع قطع اضافية عند النقطة (P) ثم كرر الفقرتين (3) و (4) لقيم مختلفة للزاوية (θ).
6- سجل نتائجك كما في الجدول التالي:

S=…… meter A ⟶ B المسافة من

RQ =…….meter طول السطح المائل

ارتفاع القطع الخشبية PR=h cm	$\sin\theta = \frac{PR}{RQ} = \frac{h}{S}$	t Sec	$a = \frac{2S}{t^2}$ m/Sec^2
3			
6			
9			
12			
15			

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

8- ارسم العلاقة البيانية بين قيم ($\sin\theta$) على محور السينات وقيم التعجيل الخطي $(a \ \ m/\sec^2)$ على محور الصادات كما في الشكل (2) ومن خلال الرسم جد قيمة الميل $slope = \frac{AB}{CB}$

9 - جد قيمة نصف قطر الدوران للجسم الاسطواني (K) من المعادلة (14) .

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

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 موضحاً وحدة القياس التي يقاس بها كل محور .

5- اذكر الوحدة التي يقاس بها نصف قطر التدويم.

6- ماذا تشمل الطاقة الحركية التي اكتسبتها الاسطوانة عند تدحرجها من نقطةA الى نقطةB ولماذا؟

تجربة (11)

توازن القوى

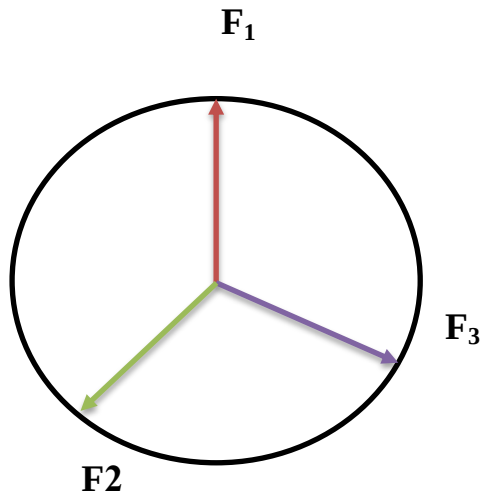
Equilibrium of Forces

الهدف من التجربة Aim of the experiment

1- تحقيق قانون متوازي اضلاع القوى (قانون الجيب تمام).2- تحقيق قاعدة لامي (قانون الجيوب).

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- لوحة توازن القوى (شكل 1).2- ورقة بيضاء كبيرة الحجم .3 - منقلة لقياس الزوايا. 4- مسطرة مترية.



شكل (1)

نظرية التجربة Experiment theory

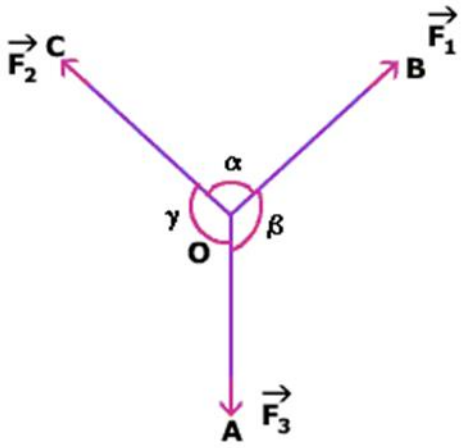
تصنف المقادير الفيزيائية الى:

1- **مقادير غير متجهة (scalars):** التي لها قيمة عددية فقط ، كالكتلة والحجم مثلاً وهذه تجمع جمعاً جبريا.

2- **مقادير متجهة (vectors)** :التي لها قيمة عددية واتجاه معين كالقوة وهذه تجمع جمعاً اتجاهياً ويتم ذلك بالاستعانة بمبدأ متوازي اضلاع القوى أو مثلث القوى.

ومعلوم انه اذا اثرت ثلاث قوى (تلتقي في نقطة واحدة) على جسم ما فان محصلة اي قوتين منهما تساوي القوة الثالثة بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه اي ان القوة الثالثة هي معادلة لمحصلة القوتين الاوليتين فاذا رسم مثلث القوى (للقوى الثلاثة) امكن تحقيق قانون الجيوب (قاعدة لامي):

$$\frac{F_1}{\sin\gamma} = \frac{F_2}{\sin\beta} = \frac{F_3}{\sin\alpha}$$

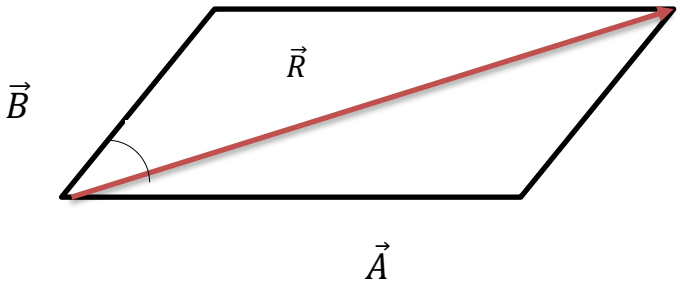


شكل (2)

فلو كانت $\vec{A}$ و$\vec{B}$ قيمتين اتجاهيتين تحصران بينهما زاوية θ كما موضح بالشكل (3) واكمل متوازي الاضلاع فان القطر R سيمثل المحصلة مقداراً واتجاهاً، ويمكن ايجاد قيمته حسابياً بتطبيق العلاقة (قانون الجيب تمام):

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\ \cos\theta}$$

ويمكن ايجاد محصلة القوى بطريقة الرسم وذلك بتمثيل المتجهين $\vec{A}$ و$\vec{B}$ بسهمين يبتدأن من نقطة واحدة طولهما يتوافق مع قيم هذين المتجهين وتحديد الزاوية بينهما واكمال متوازي الاضلاع فأن القطر يمثل المحصلة $\vec{R}$ كما في الشكل ادناه:



شكل (3)

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- ثبت الورقة البيضاء على القرص ومن ثم ثبت الحلقة والقبابين بواسطة المحززات على القرص واسحبها بقوى مختلفة واجعل قيم الزوايا مختلفة ايضا (على ان يكون مجموعها 360^0).

2- ضع نقطة على الورقة البيضاء في مركز الحلقة ثم حدد مكان كل قبان و اكتب بجواره قيمة القوة التي سجلتها (بالنيوتن).

3-ارفع القبابين ونصف حدود كل قبان في نقطتين على الاقل وصل بينهما بخطوط مستقيمة على ان تمر في نقطة المركز او قريب منها .

4- قس بواسطة المنقلة مقدار كل زاوية .

5-سجل مقادير القوى والزوايا على ورقة التقرير مع رسم تخطيطي مصغر لها.

6- جد محصلة كل قوتين بواسطة قانون الجيب تمام $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$ الذي يمثل الطريقة الرياضية.

7- مثل حسب مقياس الرسم كل قوتين مع الزاوية المحصورة بينهما وجد المحصلة .

8- قارن المحصلة التي حصلت عليها في الفقرتين 6 و 7 بالقوة الثالثة المتبقية.

9- كرر الفقرات 6 و 7 و 8 للحالتين المتبقيتين.

10- حقق قانون الجيوب (قاعدة لامي) وذلك بتطبيق العلاقة:

$$\frac{F_1}{\sin\gamma} = \frac{F_2}{\sin\beta} = \frac{F_3}{\sin\alpha}$$

7-اكتب اسمك واسماء شركائك بالعمل بعد الانتهاء من التجربة على الورقة الكبيرة وارفقها مع التقرير.

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- عرف محصلة القوى واذكر وحدة قياس القوة.

2- وضح الفرق بين الكميات المتجهة والكميات العددية.

3- عرف قاعدة لامي.

4- ناقش النتائج التي حصلت عليها من خلال اجراءك التجربة.

5- عرف المقادير المتجهة والمقادير غير المتجهة.

تجربة (12)

ايجاد التعجيل الأرضي بطريقة تقريبية بواسطة كرة تتدحرج على سطح مقعر

Approximate Determination of the Acceleration of Gravity by Means of a Sphere Rolling on a Concave Surface

الهدف من التجربة Aim of the Experiment

1- دراسة الحركة التوافقية البسيطة وتعيين قيمة (g) بتدحرج كرة على سطح مقعر.

2- استخدام جهاز قياس التكور(spherometer) لتعيين انصاف اقطار السطوح الكروية.

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- جهاز قياس التكور (spherometer) .2- سطح مقعر كبير او زجاجة ساعة كبيرة.3- كرة فولاذية صغيرة.4- قدمة او مايكروميتر.5- ساعة توقيت.

نظرية التجربة Experiment theory

اذا تدحرجت كرة من نقطة (A) الى نقطة (B) على المسار AB فأن الطاقة الكامنة في A تساوي مجموع الطاقتين (الحركية الانتقالية والحركية الدورانية) في نقطة B، ووفق قانون حفظ الطاقة وباهمال قوى الاحتكاك فأن

$$mgh = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \qquad (1)$$

حيث (m) كتلة الكرة .

(I) عزم قصورها الذاتي $I = \frac{2}{5}mR^2$

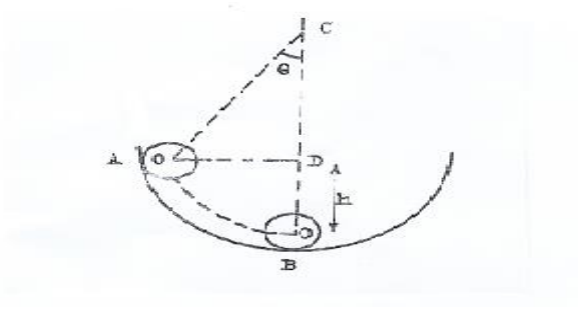
(h) الازاحة الشاقولية للكرة $h = R - r$

(V) سرعة الكرة الخطية في نقطة B

(ω) السرعة الزاوية للكرة في نقطة B

(R) نصف قطر تكور السطح المقعر

(r) نصف قطر الكرة المتدحرجة



$$mgh = \frac{1}{2}\, mV^2 + \frac{1}{2}\ \left(\frac{2}{5}\, mr^2 \frac{V^2}{r^2}\right)$$

$$\therefore mgh = \frac{7}{10}\, m\mathrm{V}^2 \qquad (2)$$

لوتصورنا ان كرة بندول تتذبذب بازاحة عمودية (h) أيضاً وحسب قانون حفظ الطاقة فأن

$$mgh = \frac{1}{2} m\acute{V}^2 \qquad (3)$$

$$\therefore \frac{1}{2} m\acute{V}^2 = \frac{7}{10}\, mV^2$$

$$\therefore \acute{V} = \sqrt{\frac{7}{5}}\, V \qquad (4)$$

اي ان سرعة الكرة في موضع استقرارها لو كانت بندولا بسيطاً تساوي $\sqrt{\frac{7}{5}}$ مرة بقدر سرعة الكرة المتدحرجة في الاناء المقعر وفي موضع الاستقرار ايضاً وبذلك يكون زمن الذبذبة المتدحرجة يساوي $\sqrt{\frac{7}{5}}$ مرة بقدر زمن ذبذبة البندول البسيط اي ان زمن الذبذبة للكرة المتدحرجة يساوي

$$\acute{T} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \sqrt{\frac{7}{5}}$$

وبما ان $L = R - r = h$ فأن

$$\acute{\mathrm{T}} = 2\pi \sqrt{\frac{7}{5} \times \frac{\mathrm{R-r}}{g}} \qquad (5)$$

ومن المعادلة (5) يمكن ايجاد قيمة التعجيل الارضي (m/sec^2).

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- نظف الكرة وزجاجة الساعة تنظيفاً جيداً.

2- ضع الكرة ملامسة للحافة العليا للسطح المقعر واتركها تتدحرج تلقائياً ستلاحظ ان حركتها هي حركة اهتزازية.

3-قس بساعة توقيت زمن عدد معين من الذبذبات $sec(t)$ ثم احسب زمن الذبذبة الواحدة $\sec(T)$،حيث زمن الذبذبة الواحدة يساوي الزمن الكلي/ عدد الذبذبات.

4-قس بواسطة القدمة او المايكروميتر قطر الكرة الفولاذية وليكن (D) ومن ثم احسب نصف قطرها $r = \frac{D}{2}$.

5-قس بواسطة الاسفيروميتر نصف قطر تكور السطح المقعر وليكن (R).

6-احسب قيمة التعجيل الارضي (g) بوحدة m/sec^2 وذلك من المعادلة (5) .

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- ماعلاقة نصف قطر الكرة بمدة الذبذبة لسطح مقعر معين ؟

2-اختيار الاناء الجيد التكور وجيد السعة واختيار الكرات الجيدة التكور مفيد ويعطي نتائج افضل. لماذا؟

3-افضل القياسات تكون عندما تبدأ بالعد في حالة مرور الكرة في قعر الاناء وليس في حافته. لماذا؟

4-ناقش نتائجك التي حصلت عليها من التجربة.

5-كيف يتم حساب زمن الذبذبة الواحدة؟

تجربة (13)

عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة

Moment of Inertia of a Flywheel

الهدف من التجربة Aim of the experiment

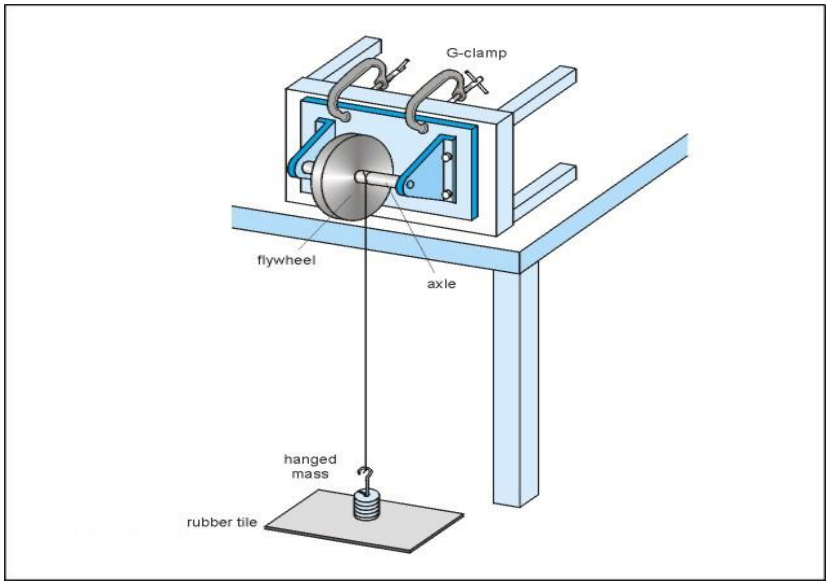
1- تعيين عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة.

الاجهزة المستخدمة The devices used

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

نظرية التجربة Experiment theory

لنفرض 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 شاقولية مقدارها (h)، واثناء هذه الحركة يكون الدولاب قد اكمل (n) من الدورات كما في الشكل (1) :



شكل (1)

عندئذ ومن قانون حفظ الطاقة نحصل على

$$\mathrm{mgh} = \frac{1}{2}\mathrm{m}v^2 + \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2 + \mathrm{nF} \qquad (1)$$

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 الارض ،اي نتركه ليبدد طاقته الدورانية $\left(\frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2\right)$ التي اكتسبها ، فاذا عمل(N) دورة لكي يصل حالة السكون واستغرق ذلك (t)ثانية، فعندئذ

$$\mathrm{NF} = \frac{1}{2}\ \mathrm{I}\ \omega^2$$

او

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

وعند استخدام العلاقة

$$\omega = \frac{\nu}{\mathrm{r}}$$

وبالتعويض في المعادلة (1) نحصل على

$$mgh = \frac{1}{2}v^2\left[m + \frac{I}{r^2}\left(1 + \frac{n}{N}\right)\right] \qquad (2)$$

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

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

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

او

$$I = mr^2\left(\frac{gt^2}{2h} - 1\right)\left(\frac{N}{N+n}\right) \qquad (3)$$

مع العلم ان وحدة (I) في النظام الدولي هي ($\mathrm{kg.m}^2$).

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1- اربط احد طرفي الخيط في كفة لحمل الاثقال ولف الطرف الثاني حول محور دولاب الموازنة على ان يكون طول الخيط تقريباً مساوياً 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- كرر التجربة مرتين باستخدام قيم مختلفة للكتلة (m) أو لنفس الكتلة اختر ارتفاعين مختلفين.

6- رتب القراءات كمافي الجدول التالي:

m_{kg}	h_m	t_{sec}	n_{rev}	N_{rev}	$I_{kg.m^2}$

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

8- طبق المعادلة (3) لحساب عزم القصور الذاتي لدولاب الموازنة في كل حالة ثم جد متوسط (I).

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1-عرف عزم القصور الذاتي.

2- ماالمقصود بنصف قطر التدويم؟

3-اين يستخدم دولاب الموازنة؟

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

تجربة (14)

العزم المرجع لمحور اللي

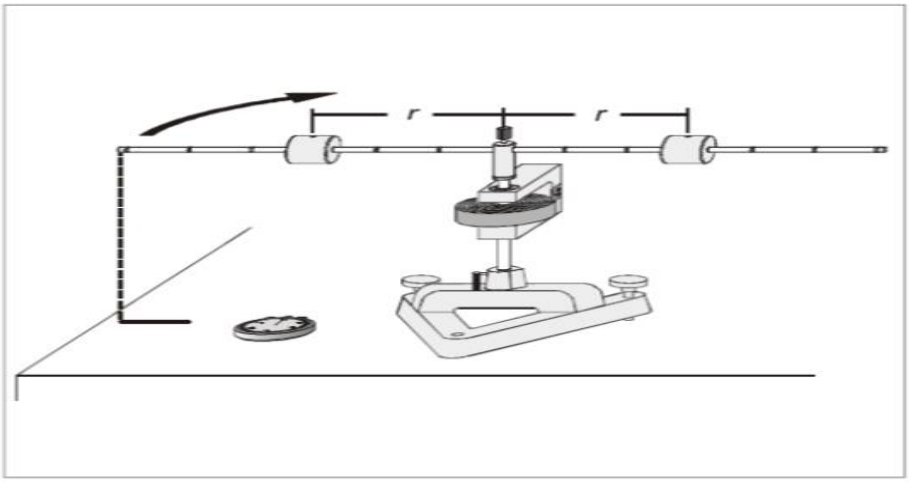
Restoring Torque of the Torsion Axle

الهدف من التجربة Aim of the experiment

ايجاد العزم المرجع لمحور اللي.

الاجهزة المستخدمة The devices used

1- جهاز محور اللي .2- اجسام صلبة منتظمة الشكل ذات كتل معلومة.3- ساعة توقيت.



شكل (1)

نظرية التجربة Experiment theory

في حالات الحركة الاهتزازية يعبر عن زمن الذبذبة الواحدة بالمعادلة (1)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{\mathrm{D}}} \qquad (1)$$

حيث ان

(D) يمثل العزم المرجع

(I) يمثل عزم القصور الذاتي

ويعبر عن عزم القصور الذاتي لجسم يتحرك في مسار دائري وبنصف قطر مقداره (r) بالمعادلة (2):

$$I_1 = mr^2 \qquad (2)$$

وعلى اعتبار ان الجسم نقطي (point like) فيكون عزم القصور الذاتي لكتلتين متساويتين مرتبطتين مع بعضهما بقضيب صلد ويبعدان بمسافة متساوية (r) عن محور الدوران حسب المعادلة (3):

$$I_2 = 2mr^2 \qquad (3)$$

ويلاحظ من كلتا الحالتين ان عزم القصور الذاتي يتناسب طردياً مع مربع المسافة وعند ازاحة المنظومة بكاملها عن موضع استقرارها فأنها تتذبذب بزمن ذبذبة (T) كما في المعادلة (1) وينتج عن ذلك :

$$I = D(T/2\pi)^2 \qquad (4)$$

ولما كان

$$I = 2mr^2 + I_0 \qquad (5)$$

حيث ان I_0هو عزم القصور الذاتي للقضيب المعدني

$$\therefore D(T/2\pi)^2 = 2mr^2 + D(T_0/2\pi)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

وبما ان T_0زمن الذبذبة الواحدة بدون اثقال، لذلك فأن :

$$T^2 = (8m\pi^2/D)r^2 + T_0^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

فعند رسم العلاقة البيانية بين(r^2) على محور السينات و (T^2)على محور الصادات يكون الشكل الحاصل خطاً مستقيماًميله هو:

$$a = (8m\pi^2/D) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

ومن العلاقة (8) يمكن استخراج قيمة العزم المرجع (D).

طريقة العمل والحسابات Method work and Calculations

1-ثبت الاثقال (الأجسام الصلدة) بشكل متناظر على مسافة ($30cm$) عند محور اللي.

2- حدد اشارة البدء على المنضدة.

3- ازح المنظومة بكاملها عن موضع استقرارها بزاوية 180^0 واتركها تتذبذب حول مركز الدوران.

4- قس زمن 5 ذبذبات بساعة توقيت واحسب زمن الذبذبة الواحدة $(T = \frac{t}{5})sec$.

5- خذ مسافات مختلفة لـ(r): $(5,10,15,20,25)cm$.

6- كرر الخطوة 4 لكل مسافة لايجاد زمن الذبذبة الواحدة sec (T).

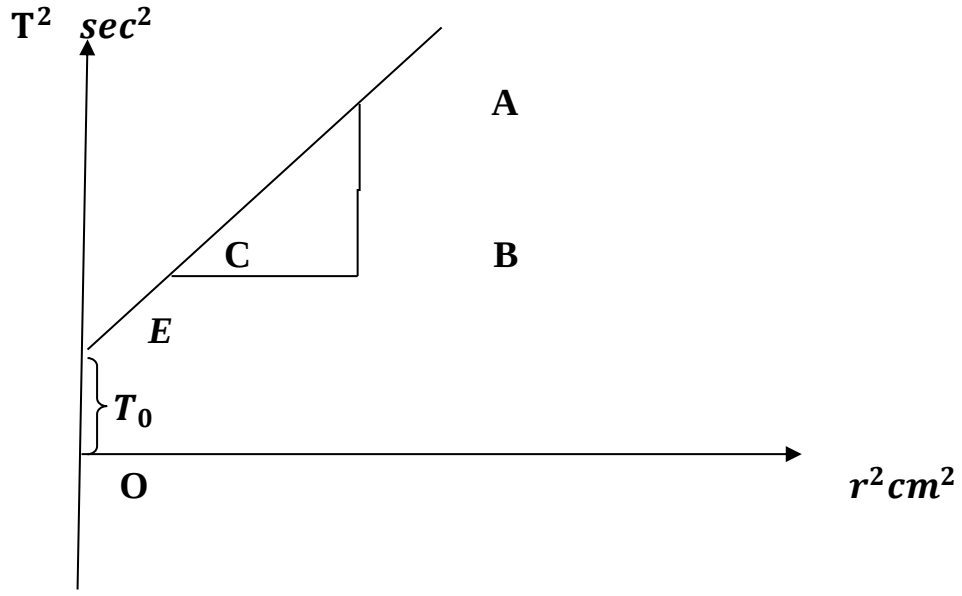
7- احسب زمن الذبذبة الواحدة للقضيب المعدني بدون أثقال sec (T_0) .

8- رتب القراءات حسب الجدول التالي:

$r\ cm$	T=(t/5)sec	$r^2 cm^2$	$T^2 sec^2$
30			
25			
20			
15			
10			
5			

9- ارسم علاقة بيانية بين r^2 على محور السينات وT^2 على محور الصادات (كما في الشكل 2) ستحصل على خط مستقيم ميله:

$$slope = \frac{AB}{CB} = \frac{T^2}{r^2} = a$$



شكل (2)

10-جد قيمة العزم المرجع (D) حسب المعادلة التالية:

$$D = \frac{8m\pi^2}{slope}$$

حيث ان m تمثل كتلة القضيب المعدني وتساوي($0.24Kgm$) ووحدة Dمقدرة بـ (Nm).

11- جد قيمة T_0عملياً وذلك من خلال قطع الخط المستقيم للمحور الصادي عند النقطة (OE).

12- قارن بينT_0 عمليا وT_0 نظرياً.

اسئلة حول التجربة Questions about the experience

1- مامعنى عزم القصور الذاتي؟

2- ماهو العزم المرجع؟ وماهوتأثيره على الاجسام؟

3- عرف الحركة الأهتزازية وماهي شروطها؟

4 -ناقش العلاقة البيانية بين r^2 و T^2، وماذا تستنتج من الرسم؟