الجمهوريـة الجزائـريـة الديمقراطيـة الشعبيـة
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف - ميلة
معـهـد العلــــــوم والتـكنولوجيا
قـــســم العـــلــوم و التــقــنيــات

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila
Institut des sciences et de la technologie
Département des Sciences et Techniques

أعمـال تطبـيقـيـة فيـزيـاء 1

لطلبة السنة أولـى علـوم و تكنولوجـيـا

إعـداد:

الدكتور محمد لدرع

أستاذ محاضر "أ"

الطبعة الأولى

2018

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

مقدمـة

تعتبر الفيزياء من أهم فروع العلوم التي تهتم بالظواهر الطبيعية. لفهم ظاهرة فيزيائية يجب أولا إيجاد نظرية للحصول على استنتاجات و لإختبار صحة هذه الاستنتاجات يجب القيام بإجراء تجارب واقعية لكن هذه الاستنتاجات تستند عادة إلى ظاهرة مثالية بسيطة نظريا حيث تقتضي اختبار صحتها باللجوء إلى تحقيقها في هذا الكون المعقد.

إننا بدراسة الفيزياء التجريبية إنما ندرس أولا و قبل كل شيء صحة النظرية و ذلك بإجراء قياسات معينة أو بتعبير آخر فإننا بالتجربة نتأمل في طبيعة العلاقة بين النظرية و التجربة. نظرا لأهمية التجربة في الفيزياء وأهمية حصص الأعمال التطبيقية كعنصر أساسي مكمل للمحاضرات و الأعمال التوجيهية بالإضافة إلى كونها الطريقة المثلى التي تسمح للطالب باكتساب فهم علمي واقعي و دقيق لمختلف الظواهر الفيزيائية، ارتأينا أن نعطي لهذه الحصص أهميتها الحقيقية و أن نعوّد الطلبة على إعطائها اهتماما أكبر و حرصا أكثر.

تأتي هذه المطبوعة كخطوة عملية لتجسيد الأهداف المذكورة أعلاه و لتساعد طلبتنا عموما و طلبة سنة أولى علوم و تكنولوجيا، علوم المادة و هندسة الطرائق على إنجاز تجاربهم المخبرية في الفيزياء بكل نجاح و تقدم لهم الطرق الصحيحة لاستيعاب المفاهيم الأساسية في الفيزياء الأساسية و الميكانيك وكتابة تقرير علمي واضح و سليم.

للإشارة تم استعمال محتوى هذه المطبوعة لتدريس مادة **أعمال تطبيقية فيزياء1** لطلبة سنة أولى علوم و تكنولوجيا على مستوى قسم العلوم و التقنيات بالمركز الجامعي عبد الحفيظ بو الصوف ـ ميلة لمدة ثلاث سنوات متتالية (2015-2016، 2016-2017 و2017- 2018).

تتكون هذه المطبوعة من جزء نظري متعلق بمدخل إلى الأعمال التطبيقية فيزياء1 و خمسة أعمال تطبيقية: القياسات الفيزيائية و الارتيابات، السقوط الحر، قانون نيوتن ، التسارع الزاوي و عزم العطالة و أخيرا النواس البسيط. لقد تم تحيين و تحسين العمل التطبيقي الرابع و إضافة العمل التطبيقي الخامس للموسم الجامعي 2018 - 2019.

مدخل إلى الأعمال التطبيقية فيزياء 1

1 . الهدف:

يهدف هذا الجزء النظري إلى تقييم النتائج العددية المتحصل عليها ،تحصيل بعض القواعد الأساسية لتقدير حدود مجال الخطأ وكيفية رسم منحنى بياني عند القيام بأي تجربة فيزيائية.

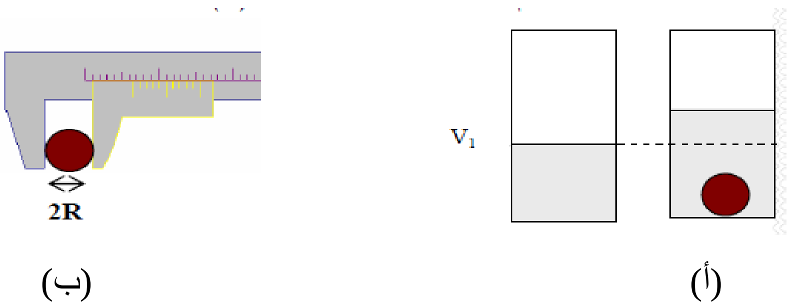
2 . مقدمة:

يهتم علم الفيزياء بدراسة الظواهر الطبيعة و يهدف لفهم أسرار الكون. لفهم أي ظاهرة فيزيائية يجب أولا إيـجاد نظرية التي من خلالها نستطيع الحصول على استنتاجات و لاختبار صحة هذه الاستنتاجات نقوم بإجراء تجارب فيزيائية واقعية و إرفاق قيمة عددية بالمقدار الفيزيائي المراد معرفته، هذا التقدير الكمي بالغ الأهمية في علم الفيزياء، تسمى الكميات التي يمكن قياسها بالمقادير الفيزيائية.

3 . القياس:

القياس الفيزيائي هو تحديد القيمة العددية لمقدار فيزيائي (الطول، الكتلة، الزمن، الطاقة، الخ) بالنسبة لمعيار القياس (وحدة القياس) .تكون القيمة العددية الناتجة عن القياس من مضاعفات المعيار، مثلا عندما نقيس طول طاولة فنجده 1.6 م هذا يعني أن هذا القياس هو 1.6 مضروب بوحدة المعيار 1 متر.

إذا تم قياس المقدار الفيزيائي بصفة مباشرة فيسمى **قياسا مباشرا** مثلا لقياس حجم كرة نستعمل أنبوبة مدرجة (الشكل 1ـ أ : نقرأ الحجم مباشرة) أما عندما لا يتسنى لنا ذلك، فنقيس المقدار الفيزيائي عن طريق قياس مقدار أو مقادير أخرى مرتبط بعلاقة رياضية فيسمى هذا القياس **بالقياس الغير المباشر**. كمثال على ذلك نريد قياس حجم الكرة السابقة و لكن في هذه المرة نستعمل قدم قنوية، فنقيس قطر الكرة ثم نحسب حجم الكرة عن طريق العلاقة الرياضية التي تربط حجم الكرة بنصف قطرها (الشكل.1 ب).



الشكل 1 : قياس حجم كرة: (أ) قياس مباشر بقراءة التدريجة عل الأنبوبة،
(ب) قياس غير مباشر بقياس قطر الكرة بالقدم القنوية.

4 . الخطأ و الإرتياب:

إن للخطأ و الارتياب مفهومان مختلفان تماما، سنحاول فيما يلي توضيح الفرق بينهما.

- **الخطأ :** إذا كانت القيمة الحقيقية معلومة مسبقا فبعد القياس يمكن معرفة الخطأ المرتكب و الذي هو الفرق بين القيمة المقاسة و القيمة الحقيقية لهذا المقدار.
- **الارتياب:** عندما نقيس مقادير فيزيائية و نحن نجهل قيمها الحقيقية، لا يمكن تحديد الخطأ المرتكب في القياس. نعرّف الارتياب على أنه المحاولات العلمية لتقدير الخطأ المرتكب أثناء القياس، حيث نقدر مجال الخطأ الموجود بداخله القيمة الحقيقية لهذا المقدار الفيزيائي.

5 . الأخطاء في القياس:

لا يمكن تحديد القيمة الحقيقية لأي مقدار فيزيائي دون ارتكاب أي خطأ و من ثم فأي نتيجة عددية مرفقة بمقدار فيزيائي ناتجة عن قياس تكون محصورة في مجال تقريبي أين تكون القيمة الحقيقية للمقدار الفيزيائي المقاس. تتعلق نتيجة القياس بكفاءة المجرب في تحديد مجال الخطأ في القياس. توجد ثلاثة أنواع من الأخطاء التي يمكن ارتكابها أثناء التجربة: أخطاء غير مشروعة، أخطاء نظامية و أخطاء عشوائية.

5 . 1. الأخطاء الغير مشروعة:

الأخطاء الغير المشروعة هي الأخطاء التي تنتج عن القيام بتجربة خاطئة أوعدم توفير الشروط اللازمة لإجرائها. مثلا عند اجراء تجربة ما، يشترط أن تكون الطاولة التي تجرى عليها التجربة مستوية تماما وبعدم تركيز المجرب تجرى على طاولة مائلة، ففي هذه الحالة سوف ترتكب أخطاء عل النتيجة المتحصل عليها. هذا النوع من الأخطاء لا يمكن تقديرها بأرقام، ولكن يمكن تفاديها بجدية و تركيز المجرب بتوفير كل الشروط اللازمة لإنجاح التجربة.

5 . 2. الأخطاء النظامية:

ينتج هذا النوع من الأخطاء عموما من الأجهزة المستعملة في القياس حيث يظل ثابتا في جميع القراءات و يكون له نفس التأثير على النتيجة بالقيمة من نقصان أو زيادة مثلا وجود عيب في جهاز القياس (مسطرة فيها عيب حيث بعض التدريجات الأولى متآكلة، جهاز قياس لم يتم ضبطه على الصفر)، فتؤخذ هذه الأخطاء بعين الاعتبار بعد اكتشافها و ذلك بزيادتها أو طرحها من النتيجة النهائية المتحصل عليها.

5 . 3. الأخطاء العشوائية:

الأخطاء العشوائية ليست لها قيمة ثابتة بالنسبة لجميع القياسات، تزيد و تقل من قياس لآخر، و هي الأخطاء الناتجة عن دقة الأجهزة المستعملة و الأخطاء التي يرتكبها المجرب مثل عدم التركيز في أخذ القيمة أو الوضعية أثناء القراءة على الجهاز. يستحيل تفادي الأخطـاء العشوائية، و لكن يمكن فقط التقليل منها باختيار الأجهزة المناسبة و بتكرار القياس و أخذ قراءات عديدة.

6. الارتياب المطلق و الارتياب النسبي:

6 . 1. القياس المباشر الغير متكرر:

ليكن المقدار الفيزيائي المراد معرفة قيمته هو X ، نتيجة القياس هي X_{mes} و الارتياب هو ΔX فتكون القيمة الحقيقية لهذا المقدار محصورة في المجال $[X_{mes}-\Delta X, X_{mes}+\Delta X]$ $X \in$ و نكتب:

$$X = X_{mes} \pm \Delta X \qquad (1)$$

نسمي القيمة ΔX **بالارتياب المطلق** و يكون له نفس أبعاد المقدار المقاس.

مثال 1:

$$X = (366 \pm 2)m \quad \Leftrightarrow \quad 364m \leq X \leq 368m$$

$$X = (2.58 \pm 0.03)Kg \quad \Leftrightarrow \quad 2.55Kg \leq X \leq 2.61Kg$$

الارتياب المطلق لا يمنح فكرة عن **نوعية** القياس و لكنه يعطي فقط المجال الذي تكون بداخله قيمة المقدار الفيزيائي المقاس. لتحديد دقة القياس نلجأ لحساب **الارتياب النسبي** ε والذي يساوي قيمة الارتياب المطلق على القيمة المقاسة. يكون الارتياب النسبي بدون وحدة و يعبر عنه عموما بـالنسبة المئوية (%):

$$\boldsymbol{\varepsilon\ (\%) = 100 \times (\Delta X / X_{mes})} \qquad (2)$$

مثال 2:

$$X = (366 \pm 2)m \quad \Rightarrow \varepsilon(\%) = \frac{\Delta X}{X_{mes}} \times 100 = \frac{2}{366} \times 100 = 0.5\%$$

$$X = (2.58 \pm 0.03)Kg \quad \Rightarrow \varepsilon(\%) = \frac{\Delta X}{X_{mes}} \times 100 = \frac{0.03}{2.58} \times 100 = 1.2\%$$

يمكن القول بأن القياس الأول أدق من القياس الثاني (نوعية القياس الأول أحسن من القياس الثاني).

ملاحظة: في التحليل السابق كان **القياس مباشرا** وأخذ **مرة واحدة** (لم تتكرر عملية القياس)

6 . 2. القياس المباشر المتكرر:

لتقييم الارتياب تقييما موضوعيا يجب إعادة القياس عدة مرات وأخذ **القيمة المتوسطة** لهذه القياسات كقيمة تقريبية للمقدار الفيزيائي المقاس. تعطى القيمة المتوسطة للقياس بالعبارة التالية:

$$X_{moy} = \frac{(X_1 + X_2 + ...X_n)}{n} \qquad (3)$$

حيث X_i القيم المقاسة و n عدد القياسات.

يحدد **الارتياب المطلق** بالعلاقة:

$$\Delta X = MAX(|X_i - X_{moy}|) = MAX(\Delta X_i) \qquad (4)$$

ويعطي **الارتياب النسبي** بالعلاقة:

$$\varepsilon(\%) = \frac{\Delta X}{X_{moy}} \times 100 \qquad (5)$$

مثال 3 : في إحدى التطبيقات قام كل طالب بقياس القطر D لكرة فكانت النتائج كالآتي:

5	4	3	2	1	**الطالب**
120.0	**118.9**	**119.7**	**119.0**	**120.5**	**القطر $D_i(mm)$**

فكانت القيمة المتوسطة لهذه القياسات هي D_{moy}=119.62 mm و حسب الارتياب المطلق ΔD_i:

|0.38|	**|-0.72|**	**|0.08|**	**|-0.62|**	**|0.88|**	$\Delta D_i(mm) = \|D_i - D_{moy}\|$

و منه يكون قطر الكرة هو $D = (119.62 \pm 0.88)mm$

و الارتياب النسبي هو $\varepsilon = \frac{0.88}{119.62} \times 100 = 0.74\%$.

6 . 3. القياس الغير مباشر و الغير متكرر:

لا يمكن في بعض الأحيان قياس المقدار الفيزيائي مباشرة. فمثلا لا يمكن قياس حجم الكرة مباشرة بالرجل القنوية بل يتوجب قياس قطرها D ثم حساب الحجم من خلال العلاقة $V = \frac{4}{3}\pi \cdot R^3$ حيث $R=D/2$. في هذه الحالة يكون الخطأ المرتكب في قياس القطر D و ليس في قياس الحجم V لكن الهدف هو تحديد الخطأ المرتكب في قياس الحجم V . لهذا الغرض توجد طريقتين، طريقة **التفاضل التام** و طريقة **اللوغاريتم**. نكتفي في هذا الفصل بطريقة اللوغريتم لبساطتها.

ندخل اللوغاريتم على عبارة الحجم فيكون لدينا:

$$\ln V = \ln(\frac{4\pi}{3}R^3) = \ln\left(\frac{4\pi}{3}\right) + \ln R^3 = \ln\left(\frac{4\pi}{3}\right) + 3\ln R$$

نفاضل العبارة السابقة:

$$\frac{dV}{V} = \frac{d4}{4} - \frac{d3}{3} + \frac{d\pi}{\pi} + 3\frac{dR}{R}$$

فيكون لدينا $\frac{d4}{4} = \frac{d3}{3} = \frac{d\pi}{\pi} = 0$ لأنها قيم ثابتة وعليه نحصل على ما يلي:

$$\frac{dV}{V} = 3\frac{dR}{R}$$

نحول التفاضل إلى فرق Δ فنصل على عبارة الارتياب النسبي في قياس حجم الكرة :

$$\frac{\Delta V}{V} = 3\frac{\Delta R}{R} \qquad (6)$$

حيث ΔR هو الارتياب في قياس R .

في الأخير يمكن إيجاد مباشرة الارتياب المطلق من العبارة السابقة:

$$\Delta V = V\left(3\frac{\Delta R}{R}\right) \qquad (7)$$

ملاحظة : بعد المرور من التفاضل إلى الفرق يجب استبدال أي إشارة سالبة بالإشارة الموجبة

6 . 4. القياس الغير المباشر المتكرر:

بنفس التحليل السابق حيث كان قياس غير مباشر و غير متكرر لحجم الكرة و ذلك بقياس قطر الكرة مرة واحدة و كما أسلفنا الذكر لتقيم الارتياب في القياس تقييما سليما يجب إعادة القياس عدة مرات فنتبع في هذه الحالة الخطوات التالية:

- تحسب جميع الإرتيابات المطلقة المرتكبة في كل قياس ΔX_i ثم نأخذ الارتياب المطلق الأكبر $\Delta X_{\max}$ على أنه الارتياب المطلق للقياس أي:

$$\Delta \boldsymbol{X} = \Delta \boldsymbol{X}_{\boldsymbol{max}} \qquad (8)$$

- تحسب القيمة المتوسطة X_{moy} للقياسات المأخوذة وذلك باستعمال العلاقة (3) فتكون القيمة الحقيقية للمقدار المقاس في المجال $X \in [X_{moy} - \Delta X \ , \ X_{moy} + \Delta X]$ ويحسب الارتياب النسبي بالعلاقة (5).

7 . الرسم البياني:

للرسوم البيانية أهمية بالغة في الفيزياء التجريبية حيث يتم من خلالها تعيين قيم بعض المقادير الفيزيائية كتقاطع خط مستقيم مع أحد المحاور، حساب مقدار فيزيائي بحساب ميل المنحني عند نقطة معينة،... الخ. يسمح الرسم البياني بتخزين مقادير كبيرة من المعلومات كما يسهل على القارئ فهم الظاهرة الفيزيائية. للوصول إلى رسم بياني ذي قيمة علمية يحقق الأهداف السالفة الذكر يجب إتباع الخطوات التالية:

1- القيام بجميع القياسات بكل عناية وتسجيل القيم في جدول.

2- الاختيار السليم لمبدأ المحاور (ليس من الضروري أخذ مبدأ المحاور عند $x = 0, y = 0$)

3- اختيار السلم المناسب للرسم حيث من الأفضل أن تكون أكبر قيمة للتابع x في نهاية المحور OX وأكبر قيمة للتابع y في نهاية المحور OY

4- تسمية المحاور مع تبيان الوحدة (المسافة $x(m)$, السرعة $V(m/s)$....)

5- تعيين النقاط على الرسم الموافقة للقيم المقاسة مع تعيين عوارض الأخطاء في كل نقطة على شكل مستطيلات، مربعات أو قطع مستقيمة.

6- تعيين أرقام صحيحة على كل محور مع مراعاة سلم الرسم (القيم المأخوذة في القياس لا يجب بأي حال من الأحوال أن تكون معينة على المحاور)

7- رسم المنحنى $y = f(x)$ حيث يشمل جميع عوارض الارتياب و أن يكون المنحنى محسنا (لا تربط النتائج مع بعضها البعض بخط منكسر إلا في بعض الحالات الخاصة).

8 – من الأحسن أن يكون سلم الرسم مبيننا على المحاور و أن لا يمثل على ورقة الرسم.

8 . المخطط العام للتقرير:

1 . 8 الهدف:

يذكر في هذا العنصر الهدف الأساسي التي أنجزت من أجله التجربة.

2 . 8 المقدمة:

لا تتجاوز المقدمة صفحة واحدة و تشمل تقديم بسيط للعمل التجريبي المنجز بحيث يسمح للقارىء أخذ فكرة عامة عن التجربة. يمكن في بعض الحالات إدراج نبذة تاريخية مختصرة للظاهرة المدروسة.

8 . 3 الدراسة النظرية:

تحتوي الدراسة النظرية على كل ما له صلة بالتجربة كالعلاقات الرياضية، المفاهيم الفيزيائية المرتبطة بذلك....إلخ. يجب أن يراعى فيه الاختصار، الدقة و الوضوح.

8 . 4 الدراسة التجريبية:

8 . 4 .1 الأجهزة المستعملة:

تذكر قائمة الأجهزة المستعملة في إنجاز العمل التطبيقي و في بعض الأحيان يذكر مبدأ عملها و يوضح التركيب المستعمل في التجربة.

8 . 4 . 2 عرض النتائج:

يتم شرح خطوات العمل المتبعة و ترتيب النتائج سواء في جداول أو على منحنيات بيانية أو كليهما معا وذلك حسب الحاجة أو حسب ما هو مطلوب. يستحسن تأطير النتائج النهائية الرئيسية المطلوب حسابها دون نسيان وحدات القياس. نؤكد مرة أخرى على ضرورة رسم المنحنيات البيانية بعناية .

8 . 4 . 3 حساب الارتيابات:

يحسب الارتياب المطلق ΔX الناتج عن الأسباب المذكورة في الفقرات الأولى و تكتب النتائج على شكلها الصحيح $X = X_{mes} \pm \Delta X$ حيث تسمح الصيغة الأخيرة بمقارنة القيمة التجريبية بالقيمة النظرية حيث تساعد على مناقشة النتائج بطريقة صحيحة.

8 . 4 .4 مناقشة النتائج:

بعد عرض النتائج و ترتيبها و حساب الأخطاء المرتكبة، تأتي خطوة مهمة جدّا و هي مناقشة هذه النتائج: هل هي منطقية من الناحية الفيزيائية أم لا؟ هل كانت متوقعة؟ هل كانت متفقة مع النتائج النظرية ضمن حدود الأخطاء المرتكبة؟ كل ذلك مع ذكر الأسباب الممكنة لتعليل كل حالة.

8 . 5 الخلاصة:

يختتم التقرير بخلاصة موجزة يركز فيها على أهم النتائج المتحصل عليها و الفائدة العلمية للتجربة مع ذكر بعض الإقتراحات أو التعديلات الضرورية لتحسين إنجاز التجربة في المستقبل.

8 . 6 المراجع:

يذكر إسم المؤلف، عنوان الكتاب ، إسم المطبعة، مكان الإصدار، سنة الطبع.

9. ملاحظات و نصائح حول سير حصص الأعمال التطبيقية

من أجل ضمان السير الحسن لحصص الأعمال التطبيقية والإستفادة منها، نقدم بعض الإرشادات و النصائح مرفقة بطريقة كتابة تقرير علمي، منهجي و دقيق:

- على الطالب أن يقرأ جيدا نص التجربة الذي يقدم له مسبقا على شكل مطبوعة، و أن يراجع الدرس الخاص بها، كما يجب عليه تحضير التقرير مسبقا (العنوان، الهدف، الأجهزة المستعملة، طريقة العمل، تحضير الجداول ...إلخ.) و يبقى عليه أثناء الحصة العملية القيام بالقياسات المطلوبة و إنجاز المنحنيات البيانية و مناقشة النتائج.
- على الطالب أن يركز على فهم طريقة عمل الأجهزة حتى يستطيع التعرف عليها أثناء الحصة و يحاول بنفسه القيام بالتركيب اللازم و أن ينجز التجربة دون الاستعانة بالأستاذ إلا عند الضرورة.
- تحضر الأسئلة و تحل التمارين التي قد تعطى أحيانا في المطبوعة و الإجابة عليها في تقرير التجربة في أوراق منفردة و مفصولة عن التجربة.
- يجب على الطالب تسجيل كل الملاحظات أثناء الحصة، و أن يستغل أوقات الفراغ لمراجعة نتائجه و التأكد من صحتها حتى إذا اكتشف خطأ ما تداركه قبل نهاية الحصة.
- عند رسم المنحنيات البيانية، يستحسن أن ترسم أولا في أوراق جانبية (مسودات) و لا تستعمل الأوراق المليمترية إلا بعد التأكد من صحة النتائج كما يجب أن يرسم البيان في ورق مليمتري بقلم رصاص مبري جيدا، و توضح عارضات الخطأ عند الضرورة، و كذا سلم الرسم و المتغيرات على المحاور دون أن ننسى الوحدات.
- يعوّد الطالب نفسه على مواجهة أي مشكل يصادفه عند القيام بتجربة فيزيائية بطريقة علمية هادفة منطقية و سريعة.

10. تصحيح التقارير:

عند تصحيح التقارير المقدمة من طرف الطلبة، يؤخذ بعين الاعتبار الشكل، التنظيم، الشكل العام للتقرير، طريقة رسم المنحنيات و ملء الجداول الحسابية، وضوح الخط، الوحدات و تحديد الأخطاء التجريبية، اللغة، التعبيرو تسلسل الأفكار، سير العمل أثناء الحصة، حساب الأخطاء التجريبية و كتابة النتائج النهائية، مناقشة النتائج و المقارنة مع القيم النظرية.

العمل التطبيقي الأول: القياسات الفيزيائية و الارتيابات

الاسم واللقب				الفوج	العلامة
الاسم واللقب					

تاريخ إجراء التجربة:... **التوقيت:**... **رقم المخبر:**...........................

I. الهدف:

- قياس أبعاد كرة باستعمال الرجل القنوية أو البالمر و حساب مختلف الارتيابات الناتجة عن القياسات

II. التجربة:

لحساب أبعاد كرة يقوم كل طالب بقياس القطر D ثم تسجل النتائج في الجدول التالي:

الطالب	1	2	3	4	5
$D_i(mm)$					

1. ما نوع هذا القياس؟

2. أكتب عبارة القيمة المتوسطة D_{moy} لهذه القياسات:

3. أحسب القيمة العددية للقيمة المتوسطة D_{moy} (mm) لهذه القياسات:

4. أكتب عبارة الارتياب المطلق ΔD_i:

5. أكمل ملأ الجدول التالي:

$\Delta D_i\ (mm)$					

6. أكتب عبارة الارتياب المطلق$\Delta \boldsymbol{D}$:

7. أحسب القيمة العددية للإرتياب المطلق $\Delta \boldsymbol{D}$ ***(mm)***:

8. أكتب عبارة الارتياب النسبي (%) ε:

9. أحسب القيمة العددية للإرتياب النسبي (%) ε:

10. أكتب عبارة حجم الكرة ***V*** التي قطرها ***D***:

11. أحسب القيمة العددية لحجم الكرة ***V*** ***(mm^3)*** التي قطرها ***D***:

12. أوجد عبارة الارتياب النسبي في قياس حجم الكرة **ΔV/V** بدلالة ***D*** و ***ΔD***:

13. أحسب القيمة العددية للإرتياب النسبي في قياس حجم الكرة **ΔV/V**:

14. أحسب الارتياب المطلق $\Delta V\ (mm^3)$ في قياس حجم الكرة من العبارة السابقة:

15. أكتب عبارة الكتلة الحجمية ρ لهذه الكرة ذات الكتلة M:

16. لمعرفة الكتلة M نزن الكرة ثم نسجل قيمتها:

17. أحسب الكتلة الحجمية $\rho\ (g/mm^3)$:

الخلاصة:

العمل التطبيقي الثاني: السقـوط الحـر

I. الهدف:

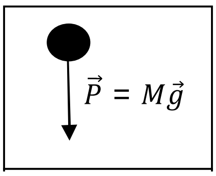
- دراسة تجريبية لحركة السقوط الحر الشاقولي لجسم صلب في الهواء بدون سرعة ابتدائية
- إيجاد القيمة العددية لتسارع الجاذبية الأرضية الموافق للمكان الذي يتم فيه السقوط.

II. مقدمة:

نقول بأن مركز عطالة جسم صلب يقوم بحركة سقوط حر في مرجع أرضي إذا كان هذا الجسم لا يخضع لأية قوة خارجية ما عدا قوة جذب الأرض له حيث يتحقق هذا في الفراغ أي في مكان لا يحتوي على أي مائع. إذا تم هذا السقوط في الهواء فإننا نفرض بأن قوة احتكاك الهواء تكون مهملة أمام قوة الثقل، و نقول الشيء نفسه بالنسبة لدافعة أرخميدس.

III. الدراسة النظرية:

يمثل الشكل 1 الأسفل سقوط حر شاقولي لجسم صلب في مرجع أرضي مع إهمال قوة احتكاك الهواء و دافعة أرخميدس أمام قوة الثقل:



الشكل 1: سقوط حر لجسم صلب

بتطبيق قانون نيوتن الثاني نجد:

$$\sum \vec{F}_i = M\vec{\gamma} \Rightarrow \vec{P} = M\vec{\gamma} \Rightarrow \vec{g} = \vec{\gamma} \qquad \text{(TP2-1)}$$

أثناء السقوط الحر لجسم صلب، فإن شعاع التسارع لمركزعطالته يساوي شعاع تسارع الجاذبية الأرضية الموافق للمكان الذي يتم فيه السقوط و هذه النتيجة لا تتعلق بكتلة الجسم.

بما أن التسارع ثابت غير معدوم $(\gamma = g = cte \neq 0)$ و باعتبار أن الجسم الصلب ينطلق بدون سرعة ابتدائية، تعطى المسافة المقطوعة h على الشكل التالي:

$$h = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t^2 \Rightarrow \gamma = \frac{2h}{t^2} \qquad \text{(TP2-2)}$$

العلامة	الفوج				الاسم واللقب
					الاسم واللقب

تاريخ إجراء التجربة:... **التوقيت:**... **رقم المخبر:**.........................

VI. الدراسة التجريبية:

1. حقق التركيب التجريبي الموضح في الشكل 2 الأسفل ثم نقيس الزمن t لمسار كويرة ذات كتلة M أثناء السقوط الحر انطلاقا من مبدئها بدلالة الارتفاع h .

الشكل 2 : تركيب تجربة السقوط الحر

2. أكمل ملأ الجدول أسفله بوضع النتائج بنفس عدد الأرقام بعد الفاصلة و ذلك باستعمال العلاقات التالية:

$$g = \frac{2h}{t_{moy}^2} \qquad \text{(TP2-3)}$$

$$\Delta g = |g - g_{moy}| \qquad \text{(TP2-4)}$$

h (cm)	h (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	$t = t_{moy}$ (s)	t^2 (s^2)	g (m/s^2)	g_{moy} (m/s^2)	Δg (m/s^2)	Δg_{max} (m/s^2)

3. أرسم $h = f(t^2)$

4. أحسب قيمة الميل ***P*** للمنحنى البياني مع تحديد الوحدة.

5. حدد نوع الحركة مع التعليل.

6. أوجد العبارة $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

7. أوجد العلاقة بين تسارع الجاذبية الأرضية g و الميل $\boldsymbol{P}$؟

8. اعتمادا على جواب السؤال 7، أستنتج قيمة تسارع الجاذبية الأرضية g_{exp} مع تحديد الوحدة؟

9. قارن بين القيم g_{moy} ، g_{exp} و $g_{Th} = 9.80\ \text{m/s}^2$ علما أن:

$$\varepsilon_{g_{moy}}(\%) = 100 \times |g_{Th} - g_{moy}| / \min(g_{Th} - g_{moy})$$

$$\varepsilon_{g_{exp}}(\%) = 100 \times |g_{Th} - g_{exp}| / \min(g_{Th} - g_{exp})$$

g_{moy} (m/s^2)	$\varepsilon_{g_{moy}}$ (%)

g_{exp} (m/s^2)	$\varepsilon_{g_{exp}}$ (%)

V. الخلاصة:

العمل التطبيقي الثالث: قانون نيوتن

I. الهدف:

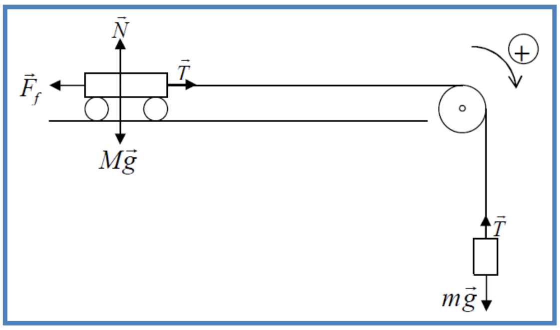
- التحقق من قانون نيوتن وتحديد قيمة تسارع الجاذبية الأرضية.

II. مقدمة:

عند ربط عربة موضوعة على مستوي بجسم آخر بواسطة حبل عن طريق بكرة (الشكل 1) تتحرك العربة إلا أنه توجد عوامل خارجية تؤثر على سرعتها كاحتكاك عجلاتها على المستوي أو احتكاك الحبل الحامل للكتلة عل البكرة وهذا ما يستلزم اختيار كتلة تتناسب مع كتلة العربة .

III. الدراسة النظرية:

نضع عربة ذات كتلة ***M*** على سكة أفقية، ونربطها بكتلة ***m*** بواسطة خيط مهمل الكتلة و عديم الإمتطاط يمر على محز بكرة مهملة الكتلة، عند نزول الكتلة ***m*** تنزلق العربة ***M*** باعتبار أن الكتلة ***m*** هي المسؤولة عن تحريكها وفق الإتجاه المبين على الشكل 1.



الشكل 1: تركيب توضيحي لقانون نيوتن

بتطبيق قانون نيوتن الثاني بالنسبة لكل كتلة نحصل على ما يلي:

$$\sum \vec{F}_i = M \cdot \vec{\gamma} \rightarrow T = M \cdot \gamma + F_f \qquad \text{(TP3-1)}$$

$$\sum \vec{F}_i = m \cdot \vec{\gamma} \rightarrow m \cdot g - T = m \cdot \gamma \qquad \text{(TP3-2)}$$

بتعويض المعادلة (1) في المعادلة (TP3- 2) نجد:

$$\gamma = \frac{mg - F_f}{M+m} \qquad \text{(TP3-3)}$$

باعتبار أن العربة تنطلق بدون سرعة ابتدائية و $\gamma = cte \neq 0$ ، تعطى المسافة المقطوعة ***h*** كما يلي:

$$h = \frac{1}{2}\gamma \cdot t^2 \rightarrow \gamma = \frac{2h}{t^2} \qquad \text{(TP3-4)}$$

الاسم واللقب				الفوج	العلامة
الاسم واللقب					

تاريخ إجراء التجربة:.................................. التوقيت:.................................. رقم المخبر:..............

IV. الدراسة التجريبية:

1. حقق التركيب التجريبي الموضح في الشكل 2 الأسفل ثم قس الزمن t لمسار العربة ذات كتلة M أثناء انسحابها انطلاقا من مبدئها بدلالة الارتفاع h .

الشكل 2 : تركيب تجربة قانون نيوتن

2. أكمل ملأ الجدول أسفله بوضع النتائج بنفس عدد الأرقام بعد الفاصلة و ذلك باستعمال العلاقات التالية:

$$\gamma = \frac{2h}{t_{moy}^2} \qquad \text{(TP3-5)}$$

$$\Delta\gamma = |\gamma - \gamma_{moy}| \qquad \text{(TP3-6)}$$

h (cm)	h (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	$t = t_{moy}$ (s)	t^2 (s^2)	γ (m/s^2)	γ_{moy} (m/s^2)	$\Delta\gamma$ (m/s^2)	$\Delta\gamma_{max}$ (m/s^2)

.3 أرسم $h = f(t^2)$

.4 أحسب قيمة الميل $\boldsymbol{P}$ للمنحنى البياني مع تحديد الوحدة.

.5 حدد نوع الحركة مع التعليل.

.6 أوجد العبارة $h = \frac{1}{2}\,\gamma \cdot t^2$

7. أوجد العلاقة بين التسارع γ و الميل P؟

8. اعتمادا على جواب السؤال 7، أستنتج قيمة التسارع γ_{exp} مع تحديد الوحدة.

9. باستعمال العلاقة 3 و اهمال قوى الاحتكاك استنتج عبارة تسارع الجاذبية الأرضية.

10. قارن بين القيم g_{moy} ، g_{exp} و $g_{Th} = 9.80\ m/s^2$ علما أن: $M = 210\ g$ و $m = 11\ g$

$$\varepsilon_{g_{moy}}(\%) = 100 \times |g_{Th} - g_{moy}| / \min(g_{Th}, g_{moy})$$

$$\varepsilon_{g_{exp}}(\%) = 100 \times |g_{Th} - g_{exp}| / \min(g_{Th}, g_{exp})$$

γ_{moy} (m/s^2)	g_{moy} (m/s^2)	$\varepsilon_{g_{moy}}$ $(\%)$

γ_{exp} (m/s^2)	g_{exp} (m/s^2)	$\varepsilon_{g_{exp}}$ $(\%)$

V. الخلاصة:

العمل التطبيقي الرابع: التسارع الزاوي وعزم العطالة

I. الهدف:

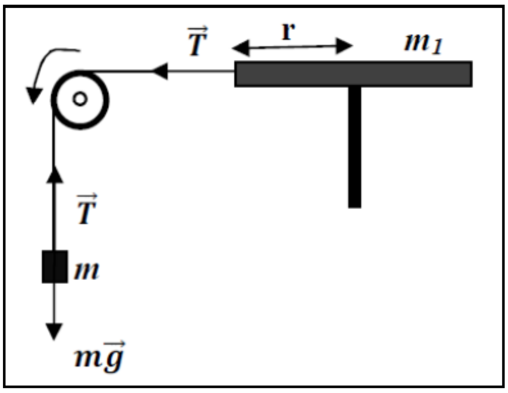
1. التحقق من تطبيق قانون نيوتن بالنسبة للحركة الدورانية.
2. تحديد تجريبيا زاوية الدوران و التسارع الزاوي بدلالة الزمن
3. تحديد تجريبيا عزم عطالة قرص.

II. مقدمة:

إذا دار جسم صلب حول محور ثابت فإن جداء عزم عطالته بالنسبة لهذا المحور في تسارعه الزاوي يساوي مجموع عزوم القوى الخارجية فيه بالنسبة للمحور نفسه

III. الدراسة النظرية:

نلف خيط ،عديم الإمتطاط ومهمل الكتلة،عدة مرات على محز قرص كتلته m_1 و نصف قطره r ثم نصله بالكتلة m مرورا بمحز بكرة صغيرة و مهملة الكتلة (الشكل 1).عند نزول الكتلة m يدور القرص فتكون الحركة متسارعة بانتظام باعتبار أن الكتلة هي المسؤولة عن تحريكه وفق الاتجاه المبين على الشكل 1.



الشكل 1: تركيب توضيحي لحركة دورانية

تعطى العلاقة بين العزم الحركي $\vec{L}$ والعزم $\overrightarrow{\mathcal{M}}$ للقوى الخارجية المؤثرة على القرص الذي يدور بسرعة زاوية ω وعزم عطالته J بالنسبة للمحور العطالي الرئيسي (محور الدوران) كما يلي:

$$\left\{\begin{array}{l} \overrightarrow{\mathcal{M}} = \dfrac{d\vec{L}}{dt} \\ \vec{L} = J\,\vec{\omega} \end{array}\right\} \Rightarrow \overrightarrow{\mathcal{M}} = J\,\frac{d\vec{\omega}}{dt} \qquad \text{(TP4-1)}$$

يكون الشعاع $\vec{\omega}$ في هذه التجربة موازيا للمحور العطالي الرئيسي (محور الدوران) و بالتالي يكون للشعاع $\vec{L}$ مركبة واحدة $L = L_Z$ حيث يمكن كتابة العلاقة (TP4-1) كما يلي:

$$\mathcal{M} = J\,\frac{d\omega}{dt} = J\alpha \qquad \text{(TP4-2)}$$

حيث α هو التسارع الزاوي.

من جهة أخرى يكتب العزم $\overrightarrow{\mathcal{M}}$ للقوى الخارجية المؤثرة على القرص كما يلي:

$$\overrightarrow{\mathcal{M}} = \vec{r} \wedge \vec{T} \Rightarrow \left\|\overrightarrow{\mathcal{M}}\right\| = \left\|\vec{r} \wedge \vec{T}\right\| \Rightarrow \mathcal{M} = Tr\sin(\theta) \quad \text{(TP4-3)}$$

حيث θ هي الزاوية المحصورة بين نصف قطره $\vec{r}$ وتوترالخيط $\vec{T}$. في هذه التجربة يكون $\vec{r}$ و $\vec{T}$ متعامدين ومنه يكون لدينا ما يلي :

$$\mathcal{M} = Tr = J\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{Tr}{J} = \frac{Tr}{\left(\frac{m_1 r^2}{2}\right)} = \frac{2T}{m_1 r} \quad \text{(TP4-4)}$$

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الكتلة $\boldsymbol{m}$ نحصل على ما يلي:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{\gamma} \Rightarrow mg - T = m\gamma = mr\alpha \quad \text{(TP4-5)}$$

بتعويض العبارة $\alpha = \frac{2T}{m_1 r}$ (الموجودة في TP4-4) في المعادلة (TP4-5) نحصل على عبارة التوتر:

$$T = \frac{m}{1+2\frac{m}{m_1}} g \quad \text{(TP4-6)}$$

في حالة $m_1 \ll m$ يمكن كتابة العبارة (TP4-6) كما يلي :

$$T = mg \quad \text{(TP4-7)}$$

بتعويض عبارة $\boldsymbol{T}$ الأخيرة في العلاقة $\alpha = \frac{Tr}{J}$ الموجدة في المعادلة (TP4-4) نحصل على ما يلي :

$$\alpha = \frac{mgr}{J} \quad \text{(TP4-8)}$$

نلاحظ من العلاقة (TP4-8) بأن التسارع الزاوي α ثابت فالحركة تكون اذن متسارعة بانتظام وبالتكامل و من أجل الشرط الإبتدائي ($\boldsymbol{\omega(0)} = \mathbf{0}$) نحصل على عبارة السرعة الزاوية كما يلي:

$$\omega(t) = \alpha t \quad \text{(TP4-9)}$$

وبالتكامل نحصل على عبارة زاوية الدوران :

$$\varphi(t) = \frac{1}{2}\alpha t^2 \quad \text{(TP4-10)}$$

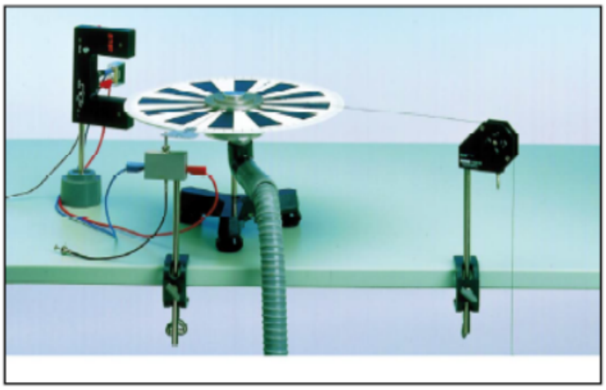
الاسم واللقب				الفوج	العلامة
الاسم واللقب					

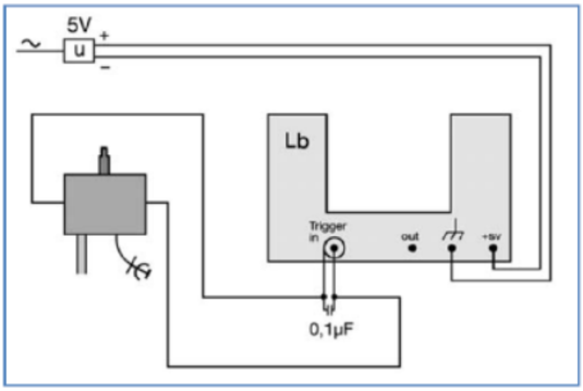
تاريخ إجراء التجربة:.. **التوقيت:**.. **رقم المخبر:**..............

IV. الدراسة التجريبية:

1. خطوات العمل و تسجيل النتائج:

أ. حقق التركيب الموضح في الشكل 2.





الشكل 2: تجربة التسارع الزاوي وعزم عطالة قرص

الشكل 3: تركيب الحاجز الضوئي

ب. أوصل الحاجز الضوئي بجهاز الاطلاق حسب الشكل 3.

ج. اضبط مفتاح الحاجز الضوئي على النمط .

د. ضع الحاجز الضوئي في موضع زاوية الدوران المختارة φ بالنسبة لجهاز الاطلاق ثم اضغط على هذا الأخير فيخرج مسمار ليثبت القرص في الوضعية المختارة.

ه. أضغط على الزر "Reset" لوضع العداد في وضعية الصفر

و. شغل الجهاز الناسف للهواء (أختر الوضعية بين 5 و 6)

ز. حرر القرص فيبدأ العداد بالحساب ثم اضغط مباشرة على جهاز الاطلاق قبل وصول الصفيحة المثبتة على القرص الى الحاجز الضوئي

ح. عند عبور الحاجز الضوئي من طرف الصفيحة المثبتة على القرص يتوقف العداد.

ط. أقرأ النتيجة ثم سجلها في الجدول الموجود في الأسفل.

ي. كرر التجربة ثلاث مرات لكل وضعية مختارة.

ك. أجمع النتائج في الجدول التالي علما: $\Delta J = \left|J - J_{moy}\right|$

$g = 9.8\ m/s^2,\ m_1 = 990\ g,\ m = 10\ g,\ r = 15\ mm,\ \Delta\varphi = 1°,\ \Delta t = 1\ ms$

φ (°)	φ (rd)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$t = t_{moy}$ (s)	t^2 (s^2)	α (rd/s^2)	J ($Kg.m^2$)	J_{moy} ($Kg.m^2$)	ΔJ ($Kg.m^2$)	ΔJ_{max} ($Kg.m^2$)
30											
60											
90											
120											
150											
180											

.2 أرسم البيان $\varphi(rd) = f(t^2)$

.4 أحسب قيمة الميل P للمنحنى البياني مع تحديد الوحدة.

.5 حدد نوع الحركة مع التعليل.

6. أوجد العبارة $\varphi(t) = \frac{1}{2}\alpha t^2$

7. أوجد العلاقة بين التسارع الزاوي α و الميل P؟

8. اعتمادا على جواب السؤال 7، أستنتج قيمة التسارع الزاوي α_{exp} مع تحديد الوحدة.

9. أكمل ملأ الجدول التالي علما:

$$\varepsilon\ (\%) = 100 \times |J_{exp} - J_{moy}| / \min(J_{exp}, J_{moy})$$

α_{exp} (rd/s^2)	J_{exp} ($Kg.m^2$)	J_{moy} ($Kg.m^2$)	ε (%)

V. الخلاصة:

العمل التطبيقي الخامس: النواس البسيط

I- الهدف:

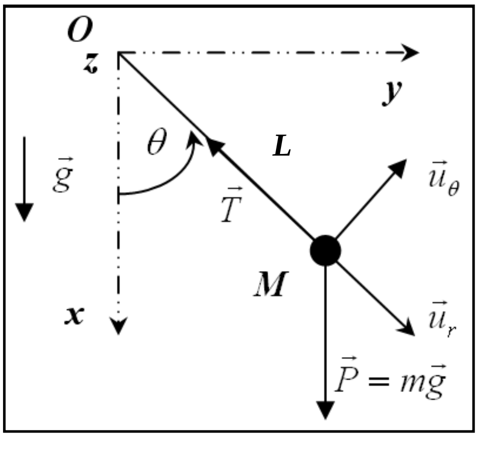
- قياس دور الاهتزازات الحرة بدلالة طول النواس البسيط لإيجاد قيمة تسارع الجاذبية الأرضية g.

II- مقدمة:

النواس الثقلي هو كل جسم صلب كتلته M يمكنه الاهتزاز حول نقطة أو محور دوران أفقيّ ثابت عمودي على مستواه ولا يمر من مركز عطالته حيث أنه عندما يزاح عن وضع توازنه يرجع اليه مرة أخرى بالاهتزاز تحت تأثير ثقله.

III- الدراسة النظرية:

يتكون النواس البسيط من جسيم كروي صغير متصل بطرف خيط خفيف ورفيع وثابت الطول وطرفه الآخر مثبت بإحكام بنقطة ثابتة كما في الشكل 1. نفرض أن طول النواس من نقطة التعليق إلى مركز الجسيم يساوي L وان كتلة الجسيم m وان شدة الجذب الأرضي يتمثل بالتسارع الأرضي g في حالة الاستقرار أي عندما يكون النواس في حالة التوازن تكون قوة الجذب الأرضي على كتلة النواس هي mg و متجهة نحو مركز الأرض وقوة رد الفعل المساوية لها بالمقدار والمعاكسة لها في بالاتجاه هي قوة الشد (Tension) بالخيط T. تكون في هذه الحالة محصلة القوى المؤثرة في النواس معدومة. نفرض أن النواس مقيد بالحركة في مستوى واحد وليكن مستوى الورقة فإذا أزيح الجسيم قليلا عن موضع توازنه بزاوية θ_0 ثم تركه لحاله دون سرعة ابتدائية فانه ينجز اهتزازات دورية حرة حول شاقول نقطة تعليقه (الشكل 1).



الشكل 1: النواس البسيط في وضع مزاح بزاوية θ عن موضع التوازن.

بتطبيق قانون نيوتن نحصل على ما يلي:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{\gamma} \qquad \text{(TP5-1)}$$

بالإسقاط على الأساس $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ نحصل على ما يلي:

$$mgcos\theta - T = m\gamma_r \qquad \text{(TP5-2)}$$

$$-mgsin\theta = m\gamma_\theta \qquad \text{(TP5-3)}$$

نهتم بهذه المعادلة الأخيرة (TP5-3) التي تقودنا في حالة الاهتزازات الصغيرة ($Sin\ \theta \approx \theta$) إلى المعادلة التفاضلية التالية:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \cdot \theta = 0 \qquad \text{(TP5-4)}$$

نلاحظ بأن المعادلة التفاضلية تكتب على النمط التالي:

$$\ddot{\theta} + \omega^2\theta = 0 \qquad \text{(TP5-5)}$$

الحل العام يكون على الشكل:

$$\theta = Acos(\omega t + \delta) \qquad \text{(TP5-6)}$$

حيث A و δ عبارة عن ثوابت التكامل و هي مرتبطة بالشروط الابتدائية.

إذا تركنا النواس بدون سرعة ابتدائية و بزاوية ابتدائية صغيرة θ_0 و اعتبرنا أن $\delta = 0$ فإننا نحصل على حل من الشكل التالي:

$$\theta = \theta_0 cos(\omega t) \qquad \text{(TP5-7)}$$

نحصل اذن على اهتزاز توافقي جيبي دوره يعطى بالعبارة التالية:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad \text{(TP5-8)}$$

الاسم واللقب				الفوج	العلامة
الاسم واللقب					

تاريخ إجراء التجربة:.. **التوقيت:**.. **رقم المخبر:**..................

IV- التجربة:

نريد دراسة تأثير الطول L على قيمة الدور T لهذا الغرض نزيح النواس عن وضع توازنه بزاوية θ_0 ثم نتركه لحاله و نقيس الزمن t_i الموافق لعشر اهتزازات كاملة ثم نكرر القياس ثلاث مرات.

1. أكمل ملأ الجدول التالي علما أن: $T=t_{moy}/10$ و.................... = $\theta_0\ (°)$

L (cm)	L (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_{moy} (s)	T (s)	T^2 (s^2)

2. أرسم البيان $T^2=f(L)$

3. تكتب العلاقة بين طول النواس البسيط L و الدور T كما يلي: $T^2 = C \cdot L$ أوجد بيانيا قيمة الثابت C.

4. أكتب العبارة النظرية لدور ***النواس البسيط*** T بدلالة تسارع الجاذبية الأرضية g وطول الخيط L

5. استنتج عبارة C

6. أوجد القيمة التجريبية لتسارع الجاذبية الأرضية g_{exp}

6. أحسب الخطأ النسبي $\varepsilon(\%)$ بين g_{exp} و القيمة النظرية $g = 9,81\ m/s^2$

V- الخلاصة:

المراجع

1. "الفيزياء العملية"، ج. ل. سكوايرز، دار ماكجروهيل "McGraw-Hill " للنشر (المملكة المتحدة) ليمتد، الطبعة العربية 1978.
2. "الفيزياء العملية"،طالب ناهي الخفاجي، شاكر محسن زلزلة، الطبعة الأولى، مطبعة كلية العلوم، جامعة بغداد، العراق، 1978
3. "أساسيات منهجية الفيزياء التجريبية"، محمد لدرع، عبد الواحد شالة، قسم الفيزياء، كلية العلوم و العلوم الهندسية، جامعة بسكرة، 2003- 2004
4. الفيزياء العامة، الانزو- فين، ترجمة طشوعة عيسى، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1990
5. TP-1، Mesures et incertitudes، TP de Physique 1، LMD - ST- SM، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة بومرداس، 2008-2009
6. https://www.nikhef.nl/~h73/kn1c/praktikum/phywe/LEP/Experim/1_3_07.pdf
7. www.phywe.com
8. www.phywe-maghreb.com
9. www.3bscientific.com
10. http://res-nlp.univ-lemans.fr/NLP_SC_M16_G03/co/Contenu_21b.html
11. http://uel.unisciel.fr/physique/outils_nancy/outils_nancy_ch10/co/sexercer_07.html

الفهرس