المركز الجامعي لميلة
معهد العلوم و التكنولوجيا
قسم العلوم و تقنيات

السنة الجامعية 2015 - 2016
السنة الأولى علوم و تكنولوجيا
المادة : أعمال تطبيقية فيزياء 1

القياسات و الارتيابات

1 . الهدف

يهدف هذا التطبيق (النظري) لتحصيل بعض القواعد الأساسية لتقدير حدود مجال الخطأ، تقييم النتائج العددية المتحصل عليها وكيفية رسم منحنى بياني عند القيام بأي تجربة فيزيائية المراد منها قياس المقادير الفيزيائية.

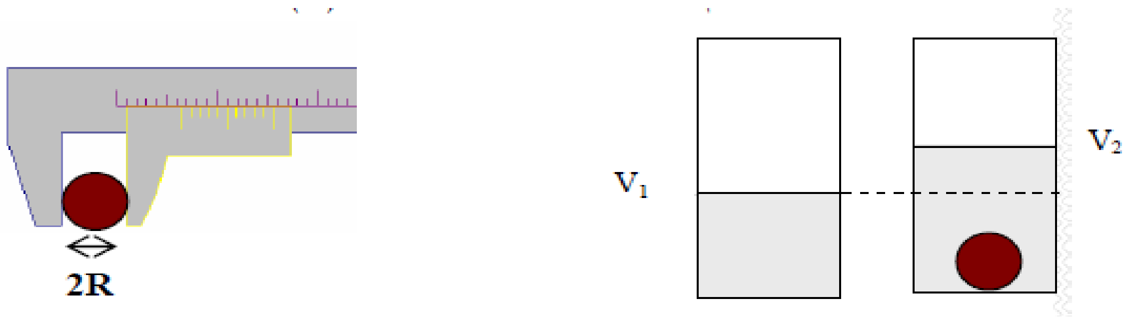
2 . مقدمة

يهتم علم الفيزياء بدراسة الظواهر الطبيعة و يهدف لفهم أسرار الكون. لفهم أي ظاهرة فيزيائية يجب أولا إيجاد نظرية التي من خلالها نستطيع الحصول على استنتاجات و لاختبار صحة هذه الاستنتاجات نقوم بإجراء تجارب واقعية. الهدف من كل تجربة فيزيائية هو إرفاق قيمة عددية بالمقدار الفيزيائي المراد معرفته، هذا التقدير الكمي (التعبير عن المقدار الفيزيائي بعدد) 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 (نقرأ الحجم مباشرة) الشكل 1ـ أ، 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.



(ب) (أ)

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

1 . 3 الأخطاء في القياس

لا يمكن تحديد القيمة الحقيقية (المطلقة) 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. أهمية نتيجة القياس تتعلق 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.

1 . 1 . 3 الأخطاء الغير مشروعة

الأخطاء الغير المشروعة هي الأخطاء التي تنتج عن القيام بتجربة خاطئة أو عدم توفير الشروط اللازمة لإجراء التجربة. كمثال: في تجربة ما، يشترط أن تكون الطاولة التي تجرى عليها التجربة مستوية تماما وبعدم تركيز المجرب تجرى التجربة على طاولة مائلة، وعليه سترتكب 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.

2 . 1 . 3 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 كمثال: وجود عيب في جهاز القياس (مسطرة فيها عيب حيث بعض التدريجات الأولى متآكلة)، فتؤخذ هذه الأخطاء بعين الاعتبار بزيادتها أو طرحها من النتيجة المتحصل عليها.

3 . 1 . 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.

2 . 3 . الخطأ و الإرتياب

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

- **الخطأ :** هو الفرق بين القيمة المقاسة و القيمة الحقيقية لهذا المقدار. إذا كانت القيمة الحقيقية معلومة مسبقا فبعد القياس يمكن معرفة الخطأ المرتكب.
- **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.

4. الارتياب المطلق و الارتياب النسبي

1 . 4. القياس المباشر الغير متكرر

من الضروري تحديد مجال الارتياب في القياس. ليكن المقدار الفيزيائي المراد معرفة قيمته هو X ، نتيجة القياس هي X_{mes} و الارتياب هو ΔX . تكون القيمة الحقيقية لهذا المقدار محصورة في المجال $X \in [X_{mes} - \Delta X, X_{mes} + \Delta X]$ و نكتب $X = X_{mes} \pm \Delta X$. نسمي القيمة ΔX **بالارتياب المطلق** و يكون له نفس أبعاد المقدار المقاس:

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

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

الارتياب المطلق لا يمنح فكرة عن **نوعية** القياس، يعطي فقط المجال الذي تكون بداخله قيمة المقدار الفيزيائي المقاس. لتحديد دقة القياس نلجأ لحساب **الارتياب النسبي** الذي هو نسبة الارتياب المطلق إلى القيمة المقاسة. الارتياب النسبي بدون وحدة و يعبر عنه عموما بـالنسبة المئوية (%) و يرمز له بـالرمز ε :

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

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

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

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

2 . 4 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 بالعبارة التالية:

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

حيث X_i القيم المقاسة و n عدد القياسات.

يحدد **الارتياب المطلق** بالعلاقة $\Delta X = MAX\left(\left|X_i - X_{moy}\right|\right) = MAX\left(\Delta X_i\right)$ ويعطي **الارتياب النسبي** بالعلاقة $\varepsilon(\%) = \frac{\Delta X}{X_{moy}} \times 100$.

مثال: في إحدى التطبيقات طلب من خمسة طلبة حساب قطر كرة ***D*** فكانت النتائج كالآتي:

الطالب	1	2	3	4	5
القطر ***D***$\boldsymbol{D_i(mm)}$	120.5	119.0	119.7	118.9	120.0

القيمة المتوسطة لهذه القياسات هي D_{Moy}=119.62 mm و من ثم نحسب ΔD_i :

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

و منه يكون قطر الكرة: $D = (119.62 \pm 0.88)mm$ وتكون دقة القياسات (الارتياب النسبي) هي $\varepsilon = \frac{0.88}{119.62} \times 100 = 0.74\%$.

3. 4 القياس الغير مباشر و الغير متكرر

في بعض الأحيان لا يمكن قياس المقدار الفيزيائي مباشرة. في المثال الأول (قياس حجم كرة بالقدم القنوية) لا يمكن قياس حجم كرة مباشرة، بل يتوجب قياس قطرها ثم حساب الحجم من خلال العلاقة: $V = \frac{4}{3}\pi \cdot R^3$. في هذه الحالة كان الخطأ المرتكب في قياس نصف القطرR ، لكن الهدف هو تحديد الخطأ المرتكب في قياس الحجم V . لهذا الغرض توجد طريقتين، طريقة **التفاضل التام** و طريقة **اللوغاريتم**. نكتفي بطريقة اللوغريتم لبساطتها.

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

نقوم بالتفاضل: $\frac{dV}{V} = \frac{d4}{4} - \frac{d3}{3} + \frac{d\pi}{\pi} + 3\frac{dR}{R}$ فيكون لدينا طبعا $\frac{d4}{4} = \frac{d3}{3} = \frac{d\pi}{\pi} = 0$ لأنها قيم ثابتة وعليه $\frac{dV}{V} = 3\frac{dR}{R}$.

نحول التفاضل إلى فرق Δ فنصل على العبارة التالية $\frac{\Delta V}{V} = 3\frac{\Delta R}{R}$ التي تعطي الارتياب النسبي في قياس حجم الكرة حيث ΔR هو الارتياب في قياس R . في الأخير يمكن إيجاد مباشرة الخطأ المطلق من العبارة السابقة: $\Delta V = V\left(3\frac{\Delta R}{R}\right)$

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

4 . 4 القياس الغير المباشر المتكرر

بنفس التحليل السابق حيث كان قياس حجم الكرة (قياس قطر الكرة) مرة واحدة و كما أسلفنا الذكر لتقيم الارتياب في القياس تقييما سليما يجب إعادة القياس عدة مرات. في هذه الحالة:

- نحسب جميع الإرتيابات المطلقة المرتكبة في كل قياس ΔX_i ثم نأخذ الارتياب المطلق الأكبر $\Delta X_{\max}$ على أنه الارتياب المطلق للقياس.
- نحسب القيمة المتوسطة X_{moy} للقياسات المأخوذة.

تكون القيمة الحقيقية للمقدار المقاس محصورة في المجال $X \in [X_{moy} - \Delta X \ , \ X_{moy} + \Delta X]$ ويأخذ الارتياب النسبي على الشكل $\frac{\Delta X}{X_{moy}}$.

5 . 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 (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 (على شكل مستطيلات، مربعات أو قطع مستقيمة) في كل نقطة.

7- 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)

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

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

6 . المخطط العام للتقرير:

6 . 1 الهدف: يذكر في هذا العنصر الهدف الأساسي التي أنجزت من أجله التجربة.

6 . 2 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.

6 . 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.

6 . 4 الدراسة التجريبية:

6 . 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.

6 . 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. نـؤكد مرة أخرى على ضرورة رسم المنحنيات البيانية بعناية .

6 . 4 . 3 حساب الارتيابات: يقدرالارتياب ΔX الناتج عن الأسباب المذكورة في الفقرات الأولى. تكتب النتائج على شكلها الصحيح $X = X_{mes} \pm \Delta X$. تسمح الصيغة الأخيرة بمقارنة القيمة التجريبية بالقيمة النظرية حيث تساعد على مناقشة النتائج بطريقة صحيحة.

6 . 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.

6 . 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.

6 . 6 المراجع: يذكر إسم المؤلف، عنوان الكتاب ، إسم المطبعة، سنة الطبع.