



Erreur et incertitude

Laboratoire de physique

Le calcul d'erreur a pour but d'estimer les erreurs de mesures et de calculer leurs conséquences dans les résultats

La différence entre la valeur expérimentale et la valeur «vraie» est l'erreur absolue

L'erreur absolue ne suffit pas à elle seule à caractériser la qualité d'une mesure...

La mesure d'une distance de cent mètres à un centimètre près est de meilleure qualité que la mesure de un mètre à un centimètre près

La précision d'une mesure s'obtient en comparant l'erreur absolue à la grandeur mesurée, ce qui fournit l'erreur relative

Toute mesure est entachée d'erreur. Il est impossible d'effectuer des mesures rigoureusement exactes. Pour rendre compte du degré d'approximation auquel nous travaillerons, nous devons estimer les erreurs commises dans les diverses mesures et nous devons calculer leurs conséquences dans les résultats obtenus. C'est le but du calcul d'erreur ou calcul d'incertitude. L'erreur absolue d'une grandeur mesurée est l'écart entre le résultat et la «vraie» valeur. L'erreur relative – quotient de l'erreur absolue par la «vraie» valeur – indique la qualité du résultat obtenu. Elle s'exprime généralement en pour cent. Le mot «erreur» est en relation avec quelque chose de juste ou de vrai. Nous ne parlerons d'erreur que si nous avons à disposition une valeur de référence que nous pourrions considérer comme «vraie». Pour la plupart des mesures que nous effectuerons, nous ne posséderons pas de valeur de référence et nous ne saurons pas quelle est la valeur exacte de la grandeur mesurée. Nous parlerons alors d'incertitude. L'indication complète du résultat d'une mesure comportera donc la valeur m que nous estimerons la plus probable et l'intervalle à l'intérieur duquel nous sommes sûrs de trouver la «vraie» valeur. Nous appellerons *incertitude absolue* la demi-longueur m de celui-ci.

résultat d'une mesure: $m \pm m$

L'incertitude absolue m résulte donc toujours d'une estimation. Elle dépend non seulement des moyens utilisés mais aussi du jugement que porte l'expérimentateur sur ces moyens. La qualité – ou précision – d'une mesure est donnée par l'*incertitude relative*. C'est le quotient de l'incertitude absolue par la grandeur mesurée:

$$\text{incertitude relative : } \frac{\Delta m}{m}$$

En physique, les grandeurs que nous mesurerons sont généralement utilisées pour déduire des résultats par des calculs. Nous devons donc savoir comment les incertitudes des mesures se répercutent sur les incertitudes des résultats. Examinons les différentes opérations. Si s est une grandeur obtenue par l'*addition* de deux grandeurs mesurées a et b , l'incertitude absolue sur s est la somme des incertitudes absolues sur a et sur b :

• addition $s = a + b$ $s = a + b$

Si d est une grandeur obtenue par la *soustraction* de deux grandeurs mesurées a et b , l'incertitude absolue sur d est la somme des incertitudes absolues sur a et sur b :

• soustraction $d = a - b$ $d = a + b$

Si p est une grandeur obtenue par la *multiplication* de deux grandeurs mesurées a et b , l'incertitude relative sur p est la somme des incertitudes relatives sur a et sur b :

• multiplication $p = a \cdot b$ $\frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$

Si q est une grandeur obtenue par la *division* de deux grandeurs mesurées a et b , l'incertitude relative sur q est la somme des incertitudes relatives sur a et sur b :

• division $q = \frac{a}{b}$ $\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$

Expérience

Mesurez la longueur, la largeur et la hauteur de l'objet qui vous sera proposé.

Estimez l'incertitude absolue et relative de chacune de vos mesures.

Calculez:

- la longueur des arêtes de l'objet;
- la surface de l'objet;
- le volume de l'objet;

Donnez les résultats de vos calculs avec leurs incertitudes absolues et classez-les par ordre décroissant de qualité.

Exercices

1. Pour mesurer l'épaisseur d'un cylindre creux, vous mesurez les diamètres intérieur (D_1) et extérieur (D_2) et vous trouvez $D_1 = 19.5 \pm 0.1$ mm et $D_2 = 26.7 \pm 0.1$ mm. Donnez le résultat de la mesure et sa précision.

2. Calculez l'aire S d'un cercle dont le rayon vaut $R = 5.21 \pm 0.1$ cm. Quelle est la précision du résultat obtenu?

3. Vous mesurez la longueur, la largeur et la hauteur de la salle de physique et vous obtenez les valeurs suivantes:

- longueur 10.2 ± 0.1 m
- largeur 7.7 ± 0.08 m
- hauteur 3.17 ± 0.04 m

Calculez:

- le périmètre
- la surface du sol
- le volume de la salle

et donnez les résultats de vos calculs avec leurs incertitudes absolues.

4. Pour déterminer la masse volumique d'un objet vous mesurez sa masse et son volume. Vous trouvez $m = 16.25$ g à 0.001 g près et $V = 8.5 \pm 0.4$ cm³. Calculez la masse volumique et la précision du résultat.

5. La mesure de la hauteur et du diamètre d'un cylindre à l'aide d'un pied à coulisse a donné $h = D = 4.000 \pm 0.005$ cm. Celle de sa masse a conduit au résultat $m = 392.05 \pm 0.05$ g. Calculez le volume du cylindre et sa masse volumique.

6. Vous mesurez la longueur l et la période T d'un pendule. Vous obtenez $l = 1 \pm 0,005$ m et $T = 2 \pm 0,01$ s. Vous calculez l'accélération terrestre donnée par $g = 4 \pi^2 l / T^2$. Quelle est l'erreur absolue maximale qui affecte votre résultat, et quelle est l'erreur relative?

Questions

- Expliquez en quelques mots quel est le but du calcul d'erreur.
- Dans quels cas parle-t-on d'erreur et dans quels cas parle-t-on d'incertitude?
- Définissez l'incertitude absolue et l'incertitude relative.
- Comment définit-on la précision d'une mesure?