

Révisions de physique - été

Tout d'abord, je souhaite vous féliciter pour votre admission au sein de la PCSI du lycée Monod ! Une année intense, mais riche en découvertes, vous attend ! Pour vous y préparer au mieux, je me propose ici de vous faire faire le point sur quelques techniques essentielles ainsi que sur des connaissances fondamentales de physique. Le document présenté ici est volontairement bref : à partir de Septembre, votre rythme de travail va devoir s'accélérer ; il faut que vous puissiez également profiter de vos vacances d'été avec sérénité. Je vous souhaite de bonnes révisions, et de bonnes vacances d'été !

Si vous avez des questions, vous pouvez me contacter (même pendant les vacances d'été) à l'adresse mail suivante : lucie.salle@ac-versailles.fr

I - Bagage attendu

I.1 Ce que vous devriez savoir

Le programme de physique de PCSI se base sur l'enseignement de physique de spécialité en classe de Terminale, qui est donc supposé avoir été suivi par les étudiants entrant dans la section. En pratique l'essentiel des notions de Terminale seront – certes rapidement – revues en PCSI, et approfondies. Si vos talents de physicien sont encore balbutiants, et que vous souhaitez faire quelques révisions avant la rentrée, je vous conseille de vous concentrer sur les axes suivants :

- **En mécanique** : revoir les lois de Newton, et leur application à l'étude du mouvement d'un objet soumis à un champ constant (pesanteur ou champ électrique).
Exercice type : Déterminer la position $z(t)$ d'une masse lancée, depuis le sol, à une vitesse verticale de 10m/s , les frottements de l'air étant négligés.
- **En thermodynamique** : connaître le modèle et la formule des gaz parfaits ($PV = nRT$), savoir définir le travail d'une force, l'énergie interne d'un système, connaître les principaux modes de transfert thermique.
- **Sur les ondes** : savoir ce qu'est une onde, connaître des exemples, savoir ce qu'est le phénomène d'interférence.
- **En optique** : Savoir ce qu'est une lentille, un miroir, connaître la relation de conjugaison au centre des lentilles minces. Savoir réaliser un tracé d'optique avec une unique lentille. Savoir ce qu'est la diffraction.
- **En électricité** : Savoir ce qu'est l'intensité d'un courant électrique, la tension électrique, un résistor, un condensateur, la loi des mailles, la loi des nœuds. Déterminer l'équation différentielle d'un circuit RC série.

I.2 Petit questionnaire de physique

Testez vos connaissances en répondant correctement aux questions suivantes. Une bonne compréhension des notions vues en Terminale (et avant) sera un atout. Ces questions pourront vous orienter vers des points que vous avez peut-être sous-estimés ou mal compris. Les réponses et quelques explications complémentaires se trouvent en fin de document.

1. En mécanique, pour qu'un corps se déplace, il doit être impérativement soumis à une force. Vrai ou Faux ?
2. On lâche une bille en liège et une bille en plomb de même taille, la première bien plus légère que la deuxième, du sommet d'un immeuble. On les vernis toutes les deux pour qu'elles offrent la même résistance à l'air. Laquelle arrive au sol en premier ?
3. Quelles sont les unités, dans le système international, de la masse, du poids, du volume ?
4. Comment définiriez-vous simplement la longueur d'onde d'une onde quelconque ? Quel lien a-t-elle avec la période ?
5. Quelle est la nature de la lumière ?
6. Pour quelle raison les microscopes optiques ne sont-ils généralement pas capables de distinguer des détails plus petit qu'un demi-micron environ ?
7. Comment prouver facilement que la lumière se propage en ligne droite ?
8. Comment convertir facilement des degrés en radians ?
9. Qu'est-ce qu'en pratique qu'un "bon" gaz parfait ?

10. Un enfant fait rouler un yo-yo avec adresse sur une table très lisse. Quelles sont les forces appliquées à ce yo-yo ?
Lesquelles ont un travail non-nul ?

II - Techniques utiles

N'ayez crainte, la plupart des notions indispensables à la compréhension des chapitres de votre année de PCSI seront systématiquement rappelées. Il y a cependant plusieurs points techniques, et mathématiques, dont la maîtrise vous aidera grandement.

II.1 Incertitudes expérimentales

Elles seront revues lors des premiers travaux pratiques de l'année. Simplement, il est important de se rappeler que toutes les mesures en physique sont faites "à une incertitude près" : la précision et la justesse absolues n'existent pas. On verra même que cela est physiquement impossible d'obtenir une mesure parfaite.

Des résultats exprimés sans marge d'erreur, ou avec une précision hallucinante, sont donc à éviter.

Pour évaluer l'incertitude qui existe sur une erreur, on a deux solutions :

- répéter l'expérience un grand nombre fois, et réaliser des statistiques détaillées (incertitudes de type A)
- sur une seule expérience, faire la liste des sources possibles d'erreur (variations de températures, lecture difficile d'une mesure, effets de diffraction...) et évaluer "comme on peut" l'erreur qu'ils nous font commettre (incertitudes de type B). Par exemple si l'on doit évaluer la largeur d'une tache lumineuse de diffraction, le "flou" présent aux bords de la tache est une source d'incertitude.

Ces évaluations sont essentielles, car elles permettent de savoir à quel point la mesure que l'on réalise est précise, et fiable. Cela permet également de comparer les résultats de deux expériences différentes, qui peuvent être compatibles même si elles ne donnent pas exactement le même résultat.

II.2 Chiffres significatifs

Rappels sur les chiffres significatifs

Pour compter le nombre de chiffres significatifs d'un résultat donné, il faut partir du premier chiffre du nombre qui n'est pas zéro (c'est le premier chiffre significatif) et compter les suivants – 0 y compris – même après la virgule. La méthode est la même avec les résultats écrits en écriture décimale.

Exemples : $X = 45,890$ a 5 chiffres significatifs, $Y = 0,12 \cdot 10^5$ en a 2.

Remarque : Ecrire un zéro à la fin d'un nombre en physique signifie que l'on connaît le résultat que l'on écrit jusqu'à la précision de ce chiffre. Ecrire $m = 8,0$ kg c'est dire que m ne vaut pas 7,9 kg ou 8,1 kg.

Quand on écrit le résultat d'une mesure ou d'un calcul en physique, une trop grande précision est de fait inutile, puisqu'une mesure est toujours réalisée à une incertitude près. Admettons que vous deviez mesurer la surface d'un cercle. Vous commencer par mesurer son rayon à la règle : $R = 8,10 \pm 0,10$ cm d'après votre lecture, qui est précise au millimètre près. Le calcul de l'aire se fait avec la formule : $S = \pi R^2$, et votre calculatrice affiche : $S = 206,119894002$ cm².

Cette écriture n'a pas de sens : puisque vous ne connaissez le rayon du cercle qu'au millimètre près, vous ne pouvez pas affirmer avoir calculé une surface avec une telle précision. La calculatrice donne un résultat mathématique, mais il est faux de dire qu'il est physiquement exact. Le même calcul fait pour un rayon de 8,0 cm donne : $S = 201,0619298297$ cm².

Le résultat change dès le troisième chiffre : on comprend dès lors que les autres chiffres n'apportent aucune information. Par ailleurs, il est très inconfortable dans une copie d'écrire des résultats numériques trop longs. Cela mène d'ailleurs facilement à des erreurs de recopie ou pire, d'unité ou de puissance de dix. Le bon usage des chiffres significatifs est donc également un usage pratique.

À retenir :

Comment utiliser correctement les chiffres significatifs pour présenter un résultat ?

- Quand vous réalisez une mesure directe avec un instrument, vous devez d'abord estimer l'incertitude. Cette incertitude sera écrite avec deux chiffres significatifs.

Dans notre exemple, elle vaut 1,0 mm.

Le résultat de la mesure sera écrit alors avec assez de chiffre significatifs **pour atteindre la même précision**.

Dans notre exemple, on écrira $R = 8,10$ cm. Le résultat est donc écrit ici avec 3 chiffres significatifs.

Le nombre de chiffres significatifs reflète **la précision de la mesure** : plus vous avez de chiffres significatifs utiles, plus la mesure est précise.

- Si vous réalisez un calcul à partir de données qui existent : réalisez les calculs avec les données complètes (en utilisant tous les chiffres significatifs possibles) puis écrivez le résultat avec autant de chiffres significatifs que la donnée qui en possède le moins.

Dans notre exemple, la surface dépend de π (que l'on connaît parfaitement) et de R que l'on connaît avec trois chiffres significatifs. On écrira donc le résultat du calcul avec seulement trois chiffres significatifs, et on arrondira les suivants. Ici, pour $R = 8,10$ cm, on écrira : $S = 206 \text{ cm}^2$

Application

Réalisez les calculs suivants et écrivez le résultat en utilisant le bon nombre de chiffres significatifs, d'après les données fournies.

1. $m = 80,0$ kg, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, calculer $P = mg$.
2. $R = 60\Omega$, $I = 2,79$ A, calculer $U = RI$.
3. $m = 70,0$ kg, $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, calculer $E = mc^2$.

II.3 Dérivées élémentaires

En physique nous aurons largement l'occasion de dériver des fonctions. La plupart du temps, ce sont des fonctions très simples que l'on a à dériver. Il arrive toutefois régulièrement que l'on ait à dériver des fonctions composées. Je vous réfère à votre cours de mathématique pour plus d'informations.

Dérivées de fonctions composées

On donne ici une méthode pour dériver facilement une fonction composée, c'est-à-dire une fonction $f(u)$ qui dépend d'une variable $u(t)$ elle-même dépendant de la variable t que l'on utilise pour la dérivation. Pour ce faire on adopte la notation "physicienne" de la dérivée d'une fonction f par rapport à la variable x . On note :

$$f'(x) = \frac{df}{dx}$$

Prenons l'exemple de la fonction $g(t) = \cos(\omega t)$. Si l'on pose $x = \omega t$, on voit bien que : $g(t) = \cos(x(t))$. On dérive :

$$g'(x(t)) = \frac{dg}{dt} = \frac{dg}{dx} \times \frac{dx}{dt}$$

Application

Dériver les fonctions suivantes, (ω , ϕ et τ sont constants)

1. Dériver, en fonction de x : $f(x) = x^2 + 4x + 2$.
2. Dériver, en fonction de x : $f = \frac{1}{x^2 - 4}$.
3. Dériver, en fonction de t : $f(t) = \cos(t)$.
4. Dériver, en fonction de t : $f(t) = \sin(\omega t + \phi)$.
5. Dériver, en fonction de t : $f(t) = 6e^{-\frac{t}{\tau}} \cos(\omega t)$.

| **Remarque** : Si cela est difficile pour vous, revoyez absolument la dérivation avant la rentrée

II.4 Intégrales élémentaires

Application

Réaliser les intégrales suivantes :

1. $I = \int_0^{10} f(x)dx$ avec $f(x) = x^2 + 4x + 2$.
2. $I = \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(t)dt$ avec $f(t) = \cos(t)$
3. $I = \int_a^b g(x)dx$ avec $g(x) = \frac{2}{x+3}$

| **Remarque** : Si cela est difficile pour vous, revoyez absolument la dérivation avant la rentrée

II.5 Equation différentielles du premier ordre

Théoriquement vous savez résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants, c'est-à-dire une équation de ce type :

$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{RC}u = \frac{E}{RC}$$

avec E , R et C des constantes. Ces calculs seront revus cette année, mais comme ils constituent l'un des ressorts mathématiques les plus délicats de la physique de PCSI, il est bon que vous vous y entraîniez dès cet été. On rappelle la méthode dans l'encadré suivant. En application, résoudre l'équation précédente sachant qu'à $t = 0$, $u(t = 0) = 0$.

Résolution d'une équation différentielle d'ordre 1

On a une équation de la forme :

$$\frac{df}{du}(u) + af(u) = b$$

avec a et b deux constantes.

1. On détermine une solution particulière de l'équation, c'est-à-dire on trouve une fonction f_0 qui vérifie l'équation ci-dessus. Dans le cas d'une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants, on peut choisir une solution constante. La plus simple ici est $f_p(u) = \frac{b}{a}$.
Un conseil : toujours vérifier la validité de la solution !
2. La solution de l'équation homogène que l'on recherche est de la forme Ae^{-au}
3. La solution finale est sous la forme : $\frac{b}{a} + Ae^{-au}$
4. Pour déterminer la valeur de A , on utilise une condition initiale ou une condition limite. Par exemple, si l'on connaît $f(0) = f_0$, alors on peut écrire :

$$f(0) = f_p(0) + A$$

$$\text{soit ici } A = -\frac{b}{a}$$

La solution totale est alors $f(u) = \frac{b}{a} (1 - e^{-au})$

III - Solutions

III.1 Problèmes de physique

1. C'est FAUX : c'est ce qu'on appelle principe d'inertie (ou première loi de Newton) : un corps qui possède un mouvement perdure dans ce mouvement jusqu'à ce qu'une force vienne le freiner. Il faut une force pour mettre en mouvement un objet au repos, mais une fois le mouvement acquis, plus besoin de force.
2. Si l'on néglige la résistance de l'air, les deux balles arriveront en même temps : c'est le principe de la chute libre, que vous avez étudiée en terminale. La durée d'une chute libre ne dépend pas de la masse de l'objet. Toutefois, si l'on tient compte de la résistance de l'air, ce n'est plus vrai : la balle la plus lourde tombera plus vite, car elle sera moins facilement freinée par l'air.
3. Dans l'ordre, le kilogramme, le newton, et le mètre cube.
4. Pour une onde quelconque, la longueur d'onde est la distance la plus petite qui sépare (dans l'espace donc) deux points où le signal porté par l'onde a la même valeur. C'est une période spatiale en quelque sorte. Elle est liée à la période temporelle par la relation : $\lambda = cT$ avec c la vitesse de l'onde.

5. La lumière est à la fois une onde (comme le prouvent les expériences de diffraction ou d'interférences par exemple) et une particule (ce qui explique des phénomènes spécifiques que nous verrons cette année).
6. C'est à cause de la diffraction de la lumière : quand la lumière rencontre un "obstacle" dont la taille est comparable à sa longueur d'onde, elle est diffractée, c'est-à-dire qu'elle est "réfléchie" dans des directions aléatoires. Cela empêche la lumière qui éclaire les objets au microscope de nous renvoyer une image de sujets trop petits.
7. Il suffit d'étudier les ombres des objets.
8. Avec une règle de trois : 180° valent π radian, donc x degrés valent $x \times \frac{\pi}{180}$ radian.
9. Un "bon" gaz parfait est un gaz pour lequel on peut négliger les interactions entre les particules : donc typiquement un gaz de faible pression. L'air ambiant est généralement considéré comme un gaz parfait.
10. Le yo-yo est soumis à son poids, à la réaction de la table (qui l'empêche de tomber) et à force de tension du fil. Seule cette dernière a un travail non nul car c'est la seule qui transmet de l'énergie (ou en reprend) au système.

III.2 Chiffres significatifs

1. $P = 785\text{N}$.
2. $U = 170\text{ V}$.
3. $E = 6,29 \cdot 10^{18}\text{ J}$

III.3 Dérivées élémentaires

1. $f'(x) = 2x + 4$
2. $f'(x) = -\frac{2x}{(x-4)^2}$
3. $f'(t) = -\sin(t)$
4. $f'(t) = \omega \cos(\omega t + \phi)$
5. $f'(t) = -\frac{6}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \cos(\omega t) - 6\omega e^{-\frac{t}{\tau}} \sin(\omega t)$

III.4 Intégrales élémentaires

1. $I = 553,333333333\dots$
2. $I = 1$
3. $I = 2 \ln\left(\frac{b+3}{a+3}\right)$