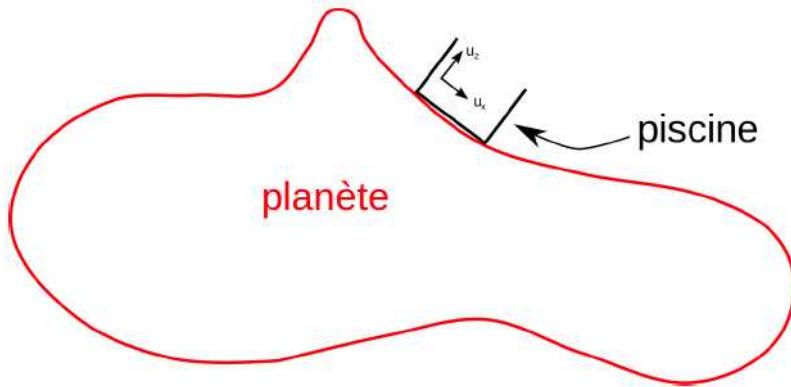


Sujet 1

On considère une piscine parallélépipédique sur une planète de forme bicornue.



1. Est-il possible que l'accélération de la pesanteur dans la piscine soit de la forme $\vec{g} = -(g_0 + \alpha x)\vec{u}_z$. Proposer une modification minimale de \vec{g} pour obtenir une expression correcte.
2. Dans la suite on suppose $\vec{g} = -\alpha z\vec{u}_x - (g_0 + \alpha x)\vec{u}_z$, où le fond de la piscine est défini à $z = 0$. On remplit lentement la piscine d'eau. Que voit-on ?
3. Une fois que la piscine contient un peu d'eau, on pose un petit bateau à sa surface au milieu de la piscine. On continue ensuite le remplissage lentement, que voit-on ?
(Note : le jury recommandait une approche énergétique au problème, une approche alternative en faisant un bilan des forces étant aussi possible mais plus délicate. Par ailleurs, on considérait dans ce problème que le bateau ne s'inclinait pas par rapport à la surface de l'eau.)
4. Une fois la piscine bien remplie, on la vide lentement. Qu'arrive-t-il au bateau ?
- 5.* La piscine étant assez peu remplie, un passager à bord du bateau peut-il provoquer des allers-retours du bateau d'un bord à l'autre de la piscine selon la direction x , sans toucher l'eau?
- 6.* Quelle est l'énergie minimale que le passager doit dépenser pour faire un tel aller-retour?
- 7.* On suppose maintenant que à la surface de l'eau, $\|\vec{g}\|$ est une fonction oscillante de x (strictement positive). Que doit faire le passager pour faire avancer le bateau selon x ?

Sujet 2

1. On considère une goutte d'eau à l'équilibre avec sa vapeur. Combien de molécules passent la phase gaz à la phase liquide en 1s ? (Indication : On fera l'hypothèse que les molécules d'eau en phase vapeur restent collées si elles arrivent sur la goutte.)
2. En déduire une formule approchée du flux d'évaporation de l'eau dans les conditions usuelles et donner un ordre de grandeur.

3. On suppose une goutte de volume V_g initialement à la température T_0 dans une grande enceinte adiabatique vide de volume $V \gg V_g$. Quel est l'état d'équilibre final de ce système ?
4. Quel est le flux de chaleur reçu par une goutte sphérique de rayon r_0 en fonction de sa température T_g et de celle de son environnement à l'infini T_∞ ? En régime stationnaire, comment ce flux est-il relié à l'évaporation ? En utilisant la solution du problème de diffusion de particules (résultat donné par l'examinateur), donnez l'équation quasi-statique régissant la température de la goutte. En déduire une expression approchée des flux de chaleur surfacique et d'évaporation pour les grands rayons r_0 et comparer l'ordre de grandeur obtenu à la première estimation du flux d'évaporation.

Données fournies

- Chaleur latente de vaporisation : $L_v = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$
- Coefficient de diffusion de l'eau (gaz) dans l'air : $D = 3 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Conductivité thermique de l'air humide : $K = 0,024 \text{ W.m}^{-1}.K^{-1}$
- Pression de vapeur saturante de l'eau (wikipedia)

Température (°C)	Pression de vapeur (kPa)	Pression de vapeur (mmHg)	Température (°C)	Pression de vapeur (kPa)	Pression de vapeur (mmHg)	Température (°C)	Pression de vapeur (kPa)	Pression de vapeur (mmHg)
0	0.6	4.5	20	2.3	17.3	30	4.2	31.5
3	0.8	6.0	21	2.5	18.8	32	4.8	36.0
5	0.9	6.8	22	2.6	19.5	35	5.6	42.0
8	1.1	8.3	23	2.8	21.0	40	7.4	55.5
10	1.2	9.0	24	3.0	22.5	50	12.3	92.3
12	1.4	10.5	25	3.2	24.0	60	19.9	149.3
14	1.6	12.0	26	3.4	25.5	70	31.2	234.1
16	1.8	13.5	27	3.6	27.0	80	47.3	354.9
18	2.1	15.8	28	3.8	28.5	90	70.1	525.9
19	2.2	16.5	29	4.0	30.0	100	101.3	760.0

Sujet 3

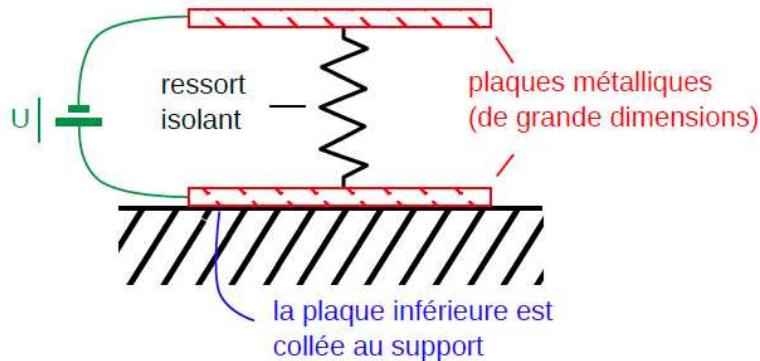
1. Quel est le champ électrique au sein d'un fil métallique de section circulaire soumis à un très fort courant ?
2. Que peut-on dire de la distribution des charges au sein du conducteur ?

Indications

- écrire de principe fondamental de la dynamique pour un électron
- inclure une force de frottement effective modélisant l'effet Joule et la force de Lorentz magnétique.

Sujet 4

On considère le dispositif suivant:



1. On augmente lentement la tension U . Que se passe-t-il?
2. Si le ressort est conducteur, qu'est-ce qui change?
3. On revient au cas d'un ressort isolant. On note U_c la tension seuil trouvée à la question 1. Pour $U < U_c$, que se passe-t-il si on tape légèrement sur la plaque supérieure?
4. Partant de $U = 0$, on passe brusquement à une tension $U > U_c$.
 - Que se passe-t-il?
Indication:
On ne demande pas de tout calculer, mais par exemple de tracer l'allure de la distance entre les plaques en fonction du temps.
 - * Etudier la façon dont la distance entre les plaques tend vers zéro.
- 5.* Etudier le cas où il n'y a pas de générateur, mais simplement une charge Q sur la plaque supérieure et $-Q$ sur la plaque inférieure.
- 6.* On commence à l'équilibre sans générateur avec une charge Q . On note U la tension entre les plaques. On branche soudainement le générateur avec une tension de sortie U . Que se passe-t-il?

2 Exemples de problèmes posés

- Un aimant est placé au fond d'un verre d'eau. Qu'observe-t-on ?
- On considère une particule microscopique, à température ambiante, soumise à une force dérivant d'un potentiel périodique (1D) en dent de scie asymétrique. Que dire du déplacement de la particule au cours du temps ? Le potentiel est "allumé" et "éteint" périodiquement. Même question.
- Décrire la propagation d'ondes électromagnétiques dans un guide d'onde de section rectangulaire, dont les parois sont conductrices.

2 Exemples de problèmes posés

- Estimer l'amplitude du phénomène de marée sur Terre.
- On considère un condensateur cylindrique chargé pouvant tourner librement autour de son axe Oz , mis en présence d'un champ magnétique uniforme dirigé suivant Oz . Décrire l'évolution du système quand on coupe le champ magnétique. Discuter de la conservation du moment cinétique.
- Une particule quantique libre est confinée dans un puits unidimensionnel de largeur L . Décrire la dynamique de la particule quand L varie de L_0 à $2L_0$ (i) très lentement ou (ii) très rapidement.
- Une vidéo montrant la dynamique d'une molécule (protéine) unique en solution à température ambiante est montrée au candidat. Comment peut-on imager une molécule unique ? Décrire la trajectoire observée et donner en particulier le déplacement quadratique moyen.

2 Exemples de problèmes posés

- Donner la relation de dispersion des ondes électromagnétiques pouvant se propager au voisinage d'un plan conducteur.
- Expliquer comment un radiesthésiste peut mettre en mouvement un pendule pesant grâce à une oscillation verticale infinitésimale de son point d'attache.
- Discuter du signe du coefficient de dilatation thermique à pression constante dans la matière.
- On considère un canal rempli d'eau. L'eau est sous forme de glace à 0°C pour $x \rightarrow -\infty$, et sous forme liquide à la température T_0 pour $x \rightarrow +\infty$. Décrire l'évolution du système.

-- Dans l'attraction « Indiana Jones » de Disney land Paris, le train fait un looping. Quelle vitesse doit avoir le train pour réaliser le tour complet ? La longueur du train influe t'elle ?

Une photo de l'attraction est fournie au candidat pour qu'il estime les dimensions et compare son résultat avec les vitesses annoncées par le constructeur.

-- L'examinateur présente au candidat un ressort mou accroché au plafond, au bout duquel une barre horizontale est accrochée. En mettant ce système masse ressort en oscillation, on observe un couplage entre l'oscillation verticale et une oscillation angulaire de la barre. Il est alors demandé au candidat d'expliquer le phénomène.

-- Dans sa nouvelle « le puits et le Pendule », Edgar Poe décrit un supplice où un pendule en oscillation au dessus d'un prisonnier voit sa longueur lentement augmenter. L'auteur décrit une forte augmentation de l'amplitude des oscillations. Cela est-il réaliste ? Comment augmenter la longueur du pendule pour obtenir les plus grandes oscillations possibles ?

-- L'examinateur présente un jouet constitué de 4 boules en caoutchouc empilées verticalement. Le jouet est lâché d'une hauteur de 50 cm, lorsque le jouet touche le sol la boule du dessus, la plus petite, est éjectée violemment et touche le plafond. Expliquer le principe de ce jouet et déterminer la taille optimale des boules.

-- Sur une table l'examinateur maintient un ressort mou étiré à l'horizontale. Une extrémité est relâchée, le ressort collapse. Quel est le temps de collapse ? Dépend-il de la longueur initiale ?

-- Une voie de détresse, ou lit d'arrêt, est un lit de sable qui permet de stopper les poids lourds dont les freins sont défaillants. En estimant les dimensions et vitesse standards d'un camion comment doit on dimensionner la voie de détresse ?

Quelques exemples de question posée lors de l'épreuve 2013 :

- L'examinateur tient une chaîne par un bout et donne un petit choc dans les maillons du bas. « En combien de temps l'excitation atteint-elle le haut de la chaîne ? ». la chaîne est laissée au candidat pour tester et appuyer ses réponses .

- Quelle sont les contraintes sur la forme d'un toboggan pour qu'un enfant glissant dessus ne décolle jamais ? Et avec une vitesse initiale ?

- Un ballon gonflé rebondit sur le sol. Pourquoi ? Quelle est la taille de l'empreinte qu'il laisse sur le sol ?

- Une chaîne est disposée en tas, on tire lentement une extrémité pour la mettre en ligne, y a t-il création d'entropie ?

Quelques exemples de question posée lors de l'épreuve :

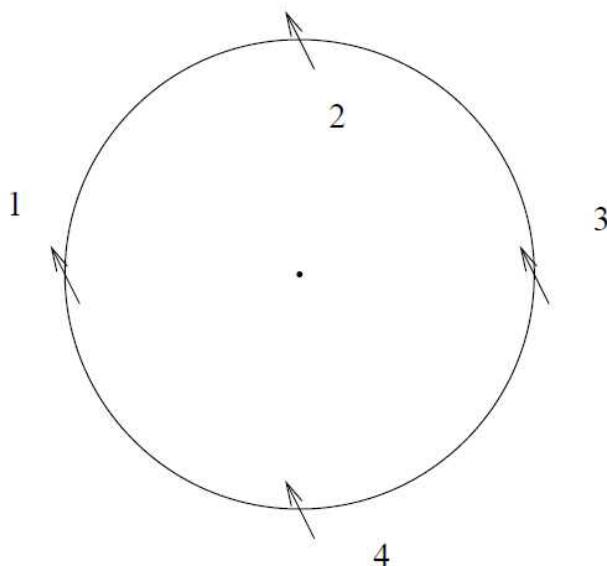
« L'effet domino s'entretient-il quelque soit la géométrie des dominos et leur disposition ? »

« Un rouleau de papier se dévide en roulant sur le sol, sa vitesse reste-t-elle constante ? »

« Un ressort rebondit sur un mur. Quelle est la durée de l'impact ? »

2 Oral de physique

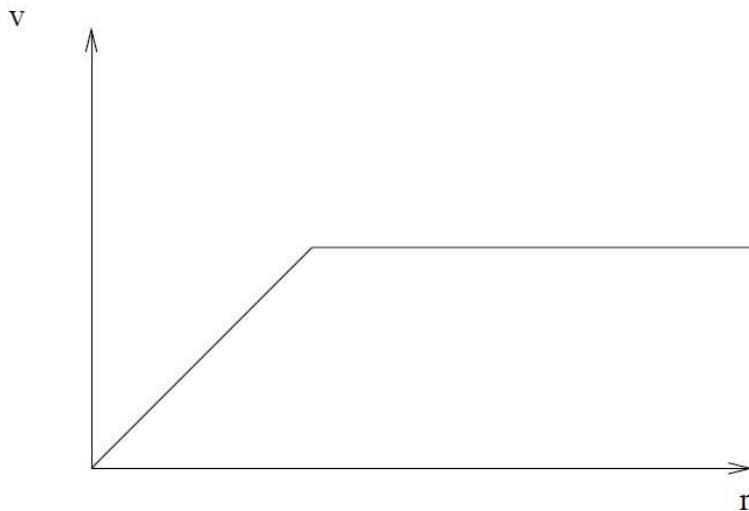
2.1 Physique Ulm/Lyon/Cachan (45 minutes)



On positionne 4 boussoles (moments magnétiques) sur un cercle. Ces boussoles oscillent à une période T_0 . Lorsqu'on fait passer un courant $I = 2A$ dans le fil situé au centre du cercle, les périodes d'oscillations des boussoles varient :

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{T_3}{T_0} = 0,67 \quad \frac{T_2}{T_0} = 1 \quad \frac{T_4}{T_0} = 0,57$$

1. Que se passe-t-il?
2. Le rayon du cercle vaut $R = 1\text{cm}$, quelle est l'intensité du champ magnétique terrestre?



On considère une galaxie spirale dont la répartition de vitesse est donnée dans le graphe ci-dessus.

1. Quelle est la répartition de masse?
2. Quelle devrait être la répartition de vitesse au loin?
3. Culture générale: Pourquoi la vitesse reste constante au loin?

4 Physique (24/06, Mme Robillard)

On considère un cycliste se déplaçant sur une ligne droite à vitesse constante. Afin de négocier un virage (disons circulaire), il se penche. Comment évolue sa vitesse ?

Examinateur donnant nulle indication, mais apparemment attentive comme le signalent ses « mhm », « mhm », « mhm » répétitifs. Elle m'a cependant gentillement convié à vérifier l'homogénéité de ma formule issue d'une analyse dimensionnelle pour laquelle j'avais malencontreusement écrit $[g] = MLT^{-2} \dots$

14 Physique Ulm/Lyon/Cachan (06/07)

On considère deux ondes planes progressives harmoniques monochromatiques de pulsation ω et de même intensité, issues d'une même source laser (et donc cohérentes), qui se meuvent dans un plan horizontal (Oxy). Leurs vecteurs d'ondes respectifs, \vec{k}_1 et \vec{k}_2 , font un angle 2α entre eux, avec $\alpha < \frac{\pi}{2}$.

1. Décrire ce qui se passe (on suppose que les deux ondes sont polarisées perpendiculairement à (Oxy)). Dans l'expression $E(\vec{r}) = \vec{e} \exp(i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r}))$, à quoi voit-on que l'onde est monochromatique ? plane ? Comment appelle-t-on \vec{e} ? Une onde plane électromagnétique dans le vide est-elle nécessairement transverse-électromagnétique ? Que vaut k ? Et en fonction de λ ? Donner deux analogies rappelant l'expression de l'intensité obtenue.
2. On fait la même chose sous l'eau. Dire ce qui change.
3. Donner le profil de température du milieu (en régime stationnaire).

4. On coupe le laser. Prévoir qualitativement la variation du profil de température. Le donner quantitativement.
5. On revient au régime stationnaire de la question 3. On envoie un nouveau faisceau laser (incohérent avec le premier laser) perpendiculairement au plan (Oxy). Décrire ce qui se passe.
6. On coupe maintenant uniquement le premier laser. Décrire ce qui se passe.
On accède ainsi à une mesure expérimentale de la conductivité thermique de l'eau.

Examinateur : fort sympathique.

16 Physique Ulm (09/07)

Donner l'équation de la chaleur. Quelle est l'origine microscopique de la diffusion thermique ? Connaissez-vous d'autres phénomènes de diffusion ?

Je mets une frite parallélépipédique dans mon four. L'eau s'évapore. J'enlève ma frite. Les deux coins de la frites sont cramés. Pourquoi ?

Remarque : il s'agit d'une version sophistiquée d'un exercice figurant dans le Landau/Lifchitz.
Examinateur : jeune, donnant des indications.

5 X - Physique

5.1 Exercice 1

On a un condensateur formé de deux cylindres de hauteur h , de rayons respectifs $a < b$ et de charges respectives $+q_0$ et $-q_0$, avec entre eux un isolant solide parfait. Il règne un champ \vec{B} uniforme de la forme $\vec{B} = B(t)\vec{u}_z$, avec $B(0) = B_0$ et $\forall t \geq T, B(t) = 0$. Les deux condensateurs et l'isolant sont solidaires et tournent librement autour de leur axe (Oz), le moment d'inertie du tout valant J .

Y a-t-il rotation du système ? Si oui, déterminer sa vitesse angulaire finale.

5.2 Exercice 2

On a deux objets ponctuels A et B de masses respectives $m < M$. Calculer la déviation angulaire maximale de B lorsqu'on l'envoie sur A (immobile au départ) avec une vitesse v .

(L'examinateur m'a d'abord donné une formule incohérente pour le choc, qui excluait toute déviation angulaire, avant de me dire de simplement considérer l'énergie cinétique totale constante)

(**Indication :** on pourra se placer dans le référentiel barycentrique et regarder ce qu'il advient de la quantité de mouvement ainsi que de la norme de la vitesse des objets après le choc)

6 ENS - Physique LCR

6.1 Exercice 1

On considère une source ponctuelle monochromatique située au foyer F d'une lentille convergente de diamètre $2h$, d'épaisseur ε et d'indice n , et au centre de laquelle se trouve un trou de diamètre $2e$. Un écran est situé de l'autre côté, à une distance l de la lentille.

1. Que voit-on sur l'écran ? Calculer l'intensité lumineuse en un point situé à la distance z de l'axe, en distinguant cinq cas.
2. Calculer le nombre de franges ($f' = l = 20\text{cm}$; $h = 2e = 10\text{mm}$; $\varepsilon = 3\text{mm}$; $n = 1,57$; $\lambda = 560\text{nm}$).

6.2 Exercice 2

On parle toujours de lentille « sphérique ». Cependant, comme les « miroirs sphériques » dont on sait que la vraie forme est parabolique, cela n'est vrai que dans une certaine approximation.

En utilisant le théorème de MALUS, déterminer la forme d'une lentille réelle.

(**Rappel sur les coniques** : la forme $y = y_0 \pm c\sqrt{r^2 - x^2}$ correspond à une ellipse, la forme $y = y_0 + cx^2$ à une parabole, la forme $y = y_0 \pm c\sqrt{r^2 + x^2}$ à une branche d'hyperbole)