

EXO : X - ULM

N°1 : (X)

Expliquer pourquoi quand on souffle sur le goulot d'une bouteille, un son est émis ?
Quel paramètre facilement réglable permet de faire varier la hauteur du son ?

$$\text{Rep: } \omega = \sqrt{\frac{\gamma s P_0}{\rho l V_0}}$$

T.S7

N°2 : (X)

Expliquer les deux phénomènes physiques suivants qui procèdent de la même interprétation :

- Dans le système solaire, on n'observe pas de planètes sur des orbites inférieures à un certain rayon (comme on ne peut avoir de satellites autour de la terre en dessous d'un certain rayon).
- Une météorite qui tombe sur terre, se désintègre en plusieurs morceaux avant d'atteindre le sol.

$$\text{Rep: } z_{\min} = R \sqrt[3]{3 \frac{M_e}{M_p}}, \quad z_{\min} = R \sqrt[3]{2 \frac{M_e}{M_p}}$$

M.D27

N°3 : (X)

En un point O d'un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal est fixé un pendule de longueur l et de masse m . La masse glisse sans frottement sur le plan. Déterminer la période des petites oscillations.

On augmente α très lentement, comment varie l'amplitude des oscillations (on supposera que O appartient à l'axe de rotation du plan incliné) ?

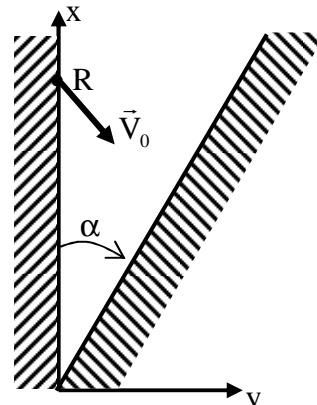
$$\text{Rep: } T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g \sin \alpha}}, \quad \theta_0^4 \sin \alpha = C^{\text{te}}$$

M.P14

N°4 : (X)

Une particule de masse m se déplace entre deux murs parfaitement réfléchissants (norme de la vitesse conservée pendant la réflexion). Elle est soumise à une force centrale de centre O et de potentiel $-\frac{C}{r^3}$ avec $C > 0$. La particule se situe initialement sur le mur en $x=R$, avec une vitesse initiale telle que : $V_x < 0$ et $V_y \neq 0$.

Etudier les trajectoires possibles.



M.P21

N°5 : (X)

Soit une spire de rayon R, d'axe (Oz), parcouru par un courant stationnaire I. Le champ créé par une spire en un point de son axe s'écrit : $\vec{B}(M \in (Oz)) = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \vec{e}_z$

On cherche à déterminer le champ magnétostatique créé dans tout l'espace...

Pour se faire on va chercher les différentes composantes du champ sous forme de série entière.

1°) Montrer que le champ magnétique s'écrit en tout point M de l'espace sous la forme :

$$\vec{B}(M) = B_r(r, z) \vec{e}_r + B_z(r, z) \vec{e}_z$$

2°) On cherche à déterminer les deux composantes du champ magnétique sous la forme suivante :

$$B_r = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n(z) r^n \quad \text{et} \quad B_z = \sum_{n=0}^{+\infty} b_n(z) r^n$$

Déterminer les fonctions $a_n(z)$ et $b_n(z)$.

Rep : $a_n(z) = -\frac{1}{n+1} \frac{\partial b_{n-1}}{\partial z}, \quad b_n(z) = \frac{1}{n} \frac{\partial a_{n-1}}{\partial z}$

ELM.M16

N°6 : (ENS)

Saint Exupéry écrit que, lors des vols de nuit qu'il pilotait il était capable de voir la moindre ampoule allumée à 50 km à la ronde.

Qu'en pensez-vous ? Que peut-on en déduire à propos de la sensibilité de l'œil ?

N°7 : (X)

Dans une fête foraine on imagine observer l'attraction suivante : une longue corde verticale est en lévitation au dessus du sol. Quelle est la spécificité de la ville dans laquelle à lieu cette attraction ? Quelle est la longueur minimum de la corde ?

M.P29

N°8 : (X)

On considère une particule de masse m et d'énergie $E < V_0$ qui se déplace suivant les x

croissant dans un potentiel $V(x)$ défini par : $V(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < 0 \\ V_0 \left(1 - \frac{x}{d}\right) & \text{pour } 0 < x < d \\ 0 & \text{pour } x > d \end{cases}$

Déterminer la probabilité que cette particule atteigne $+\infty$.

Rep :

ELM.M18

N°9 : (X)

Soit un satellite en rotation circulaire uniforme de rayon R autour de la terre. Il est soumis à une force de frottement de la forme : $\vec{F} = -kV\vec{V}$, où \vec{V} est la vitesse du satellite et k une constante positive.

Déterminer la variation du rayon ΔR en un tour (on supposera $\Delta R \ll R$).

Rep : $\Delta R = -\frac{4\pi k R^2}{m}$

M.P23

N°10 : (X)

Un cube arrive avec une vitesse faisant un angle α avec la normale à un mur, l'une de ses faces étant parallèles au mur. Le coefficient de frottement mur-cube vaut μ . Calculer l'angle avec lequel le cube repart du mur.

Rep: $\operatorname{tg}\alpha' = \operatorname{tg}\alpha - 2\mu$

M.D36

N°11 : (X)

Un cycliste se déplace en translation rectiligne uniforme à la vitesse v_0 . Puis il tourne en se penchant avec un angle α , décrivant un cercle de rayon R par rapport à la vertical.

Donner :

- Evolution de sa vitesse
- Relation entre α et R
- Discussion qualitative en introduisant un coefficient de frottement f .

Rep: $\operatorname{tg}\alpha = \frac{V_0^2}{gR}$

M.D37

N°12 : (ENS)

On pose une règle sur deux doigts. On fixe le doigt gauche et on rapproche lentement le doigt droit jusqu'à ce que les deux doigts se touchent. Déterminer la position finale de la règle d'abord qualitativement puis quantitativement.

M.D38

N°13 : (X)

1°) On pose une règle verticalement en équilibre sur le bout de son doigt.

a) Lors de la chute la règle quitte-t-elle le doigt ?

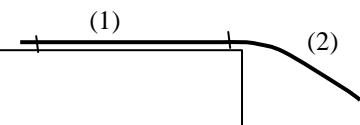
b) Si elle reste en contact avec le doigt, quelle est la durée caractéristique du mouvement de la règle.

2°) Comment bouger son doigt pour maintenir la barre en équilibre ?

M.D39

N°14 : (ENS)

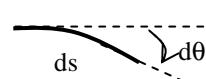
On considère une règle dont la partie (1) est rigidement fixée à une table. Etudier les oscillations de la partie (2) sachant que lorsque l'on coupe la règle en M en deux parties A et B :



- A exerce sur B une force F inconnue

- A exerce sur B un couple $C = \frac{k}{R_M}$ où R_M est le rayon de

courbure en M (défini par $R_M = \frac{ds}{d\theta}$) et k une constante.



Rep: $\omega = n \frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$

M.D40

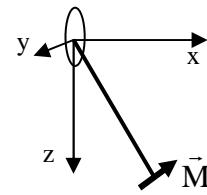
N°15 : (ENS)

Réflexion d'une onde électromagnétique de pulsation ω sur du cuivre de conductivité γ . Raconter...

N°16 : (X)

Une tige homogène de masse m et de longueur l peut osciller sans frottement autour de l'axe (Oy). A son extrémité est attachée un dipôle magnétique de moment dipolaire \vec{M} compris dans le plan (xOz) et perpendiculaire à la tige. Enfin, on place en O une spire d'axe (Ox), de rayon a et de résistance R . On supposera $l \gg a$. Trouver l'équation du mouvement de la tige.

Rep : $\ddot{\alpha} = -a \sin \alpha - b \dot{\alpha} \sin^2 \alpha$

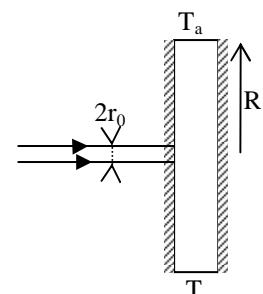


ELM.I24

N°17 : (ENS)

On éclaire un cylindre (rayon $R = 1$ cm, épaisseur $d = 1$ mm) rempli d'un solide partiellement transparent (de masse volumique $\rho = 2$ kg.m⁻³, de conductivité thermique $\lambda = 0,6$ W.K⁻¹.m⁻¹, de coefficient d'absorbance $\alpha = 100$ m⁻¹) par un laser de puissance $P = 5$ W et de rayon $r_0 = 0,25$ mm. Les faces avant et arrière du cylindre sont calorifugées, et la face latérale thermostatée à 25°C. Trouver la température en régime stationnaire.

Rep : $T(r=0) = T_a + \frac{\alpha P_0}{4\pi\lambda} \left(1 - 2 \ln \frac{r_0}{R} \right)$



T.DT16

N°18 : (X)

Soit un condensateur cylindrique de rayon intérieur R_1 , de rayon extérieur R_2 et de hauteur h . Déterminer sa capacité. On place ce condensateur verticalement au-dessus d'un liquide de permittivité relative ϵ_r . Le bas du condensateur affleure à la surface du liquide. On constate que du liquide monte dans l'espace inter armature sur une hauteur h' .

Déterminer h' dans le cas où le condensateur chargé est isolé, puis dans le cas où le condensateur est maintenu à une différence de potentiel $U = V_1 - V_2$.

On rappelle qu'un milieu de permittivité ϵ_r se comporte comme le vide à condition de remplacer ϵ_0 par $\epsilon_0 \epsilon_r$.

ELM.EC11

N°19 : (X)

Du dihydrogène rentre dans la chambre de combustion d'un fusée avec un débit massique m . Il y a assez de dioxygène. A quelles conditions la fusée décolle-t-elle ?

T.SO1

N°20 : (X)

Une centrale nucléaire de puissance P est refroidie par un fleuve de débit D . La température du cœur de la centrale est T_1 et la température du fleuve en amont est T_2 . Le rendement de la centrale est de 60% du rendement idéal.

Quelle est l'augmentation de la température du fleuve ?

Rep : $T = T_2 + \frac{(0,66T_1 + T_2)P}{(T_1 - T_2)DC_p}$

T.SO2

N°21 : (X)

On donne l'équation d'état d'un gaz de Van der Waals : $P = \frac{n k_B T}{V - nb} - \frac{na}{V^2}$

1°) Montrer que $\left(\frac{\partial C_v}{\partial V} \right)_T = 0$.

2°) On donne $C_v = \frac{3}{2}nk_B$. Calculer S, puis U.

Rep: $S = S_0 + \frac{3}{2}nk_B \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) + nk_B \ln\left(\frac{V - nb}{V_0 - nb}\right)$, $U = U_0 + \frac{3}{2}nk_B T + na\left(\frac{1}{V_0} - \frac{1}{V}\right)$

T.FT8

N°22 : (X)

On considère un gaz à N molécules par unité de volume. On suppose que chaque molécule à un moment dipolaire \vec{p} . On place ce gaz dans un champ électrique uniforme \vec{E} très faible.

Il apparaît un vecteur polarisation \vec{P}_v défini par $\vec{P}_v = \frac{d\vec{P}}{d\tau}$, où $d\vec{P}$ est le moment dipolaire électrique du volume $d\tau$.

a) Déterminer \vec{P}_v . On pourra utiliser le fait que en géométrie sphérique la proportion des angles azimutaux compris entre α et $\alpha + d\alpha$ par rapport à toutes les directions de l'espace s'écrit : $d\Omega = \frac{\sin \alpha}{2} d\alpha$

b) Montrer que $\vec{j} = \frac{\partial \vec{P}_v}{\partial t}$ puis en déduire à l'aide des équations de Maxwell la permittivité diélectrique du gaz sachant que $\vec{P} = \vec{0}$ si $\epsilon_r = 1$.

Rep: $\epsilon_r = 1 + np \left(\coth\left(\frac{pE}{kT}\right) - \frac{kT}{pE} \right)$

ELM.E15

N°23 : (X)

Soit une corde de guitare. Chercher les fréquences propres.

Soient deux cordes de caractéristiques différentes collées l'une à l'autre en $x=0$. On envoie une onde de $-\infty$. Que ce passe-t-il ?

Rep: $v_p = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, $r = \frac{\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}}$

PO.OC1

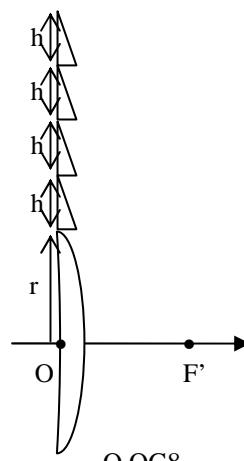
N°24 :

Lentille de Fresnel.

On considère une lentille convergente de rayon $r = 10$ cm et de focale $f' = 50$ cm. Au-dessus de la lentille, on superpose des prismes de hauteur $h = 2$ cm, d'indice $n = 1,5$ et d'angle au sommet $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ comme l'indique la figure ci-contre :

Calculer les α_i de telle sorte à obtenir un système équivalent à une lentille convergente.

Rep: $\alpha_i = \frac{r + ih}{(n-1)f}$



O.OG8

N°25 : (ENS)°

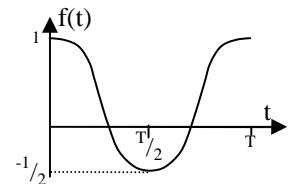
Pour mesurer la conductivité d'un sol, on aligne quatre électrodes plantées dans le sol espacées les unes des autres d'une distance a . On relie les deux électrodes placées aux extrémités par l'intermédiaire d'un générateur délivrant un courant I mesuré par un ampèremètre. On mesure la tension entre les deux électrodes intérieures à l'aide d'un Voltmètre. Comment en déduit-on γ la conductivité du sol ?

$$\underline{\text{Rep:}} \quad \gamma = \frac{I}{2\pi V a}$$

E.E14

N°26 : (X)

Une masse m est posée sur une table. Le coefficient de frottement est noté μ . La table est soumise à l'accélération horizontale $Af(t)$, où f est une fonction T -périodique d'intégrale nulle représentée ci-contre. Déterminer le mouvement de la masse dans quelques cas simples.



M.D48

N°27 : (ENS)

Lois d'échelle. En distinguant les animaux du point de vue de leur taille lesquels :

- peuvent survivre le plus longtemps dans le désert ?
- courent le plus vite sur du plat ?
- sautent le plus haut ?
- peuvent parcourir la distance la plus grande ?

Pourquoi n'y a-t-il pas de petits mammifères marins ?

$$\underline{\text{Rep:}} \quad \approx L, \approx 1, \approx 1, \approx L$$

N°28 : (X)

On considère un hélicoptère qui se maintient à une altitude constante grâce à un moteur de puissance 100 chevaux.

On utilise un modèle réduit de l'hélicoptère à l'échelle 1/10. Quelle doit être la puissance du moteur pour que le modèle réduit se maintienne à altitude constante ?

N°29 : (X)

Soit un condensateur plan dont les armatures ont une surface S . L'une des armatures est fixe, l'autre est maintenue par un opérateur. On néglige la masse des armatures.

L'opérateur écarte les armatures de e à $2e$ de manière quasistatique. Donner le travail fourni par l'opérateur dans les deux cas suivants :

- Le condensateur est chargé avec une charge Q et isolé.
- Le condensateur est maintenu au potentiel U_0 par un générateur idéal.

Dans le deuxième cas faire un bilan d'énergie pour justifier l'écart entre les deux résultats.

$$\underline{\text{Rep:}} \quad W_{\text{op}} = \frac{1}{2} \text{ ou } \frac{1}{4} \frac{\epsilon_0 S U^2}{e}$$

ELM.EC17

N°30 : (X)

Soit un condensateur plan dont les armatures de surface S et distante de e sont reliées entre elles par un ressort de raideur k et de longueur à vide l_0 .

Déterminer la capacité du condensateur à l'équilibre.

De combien varie la charge pour une variation élémentaire dU de la tension ?

A quelle condition sur la charge initiale peut-on dire que le condensateur se comporte comme une capacité négative ?

Rep: $Q > \sqrt{\frac{2}{3}} l_0 \epsilon_0 k S$

ELM.EC16

N°31 :

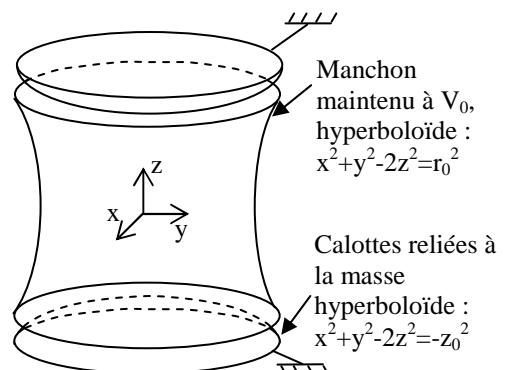
“Ma femme prend une tisane le soir, pour cela, elle fait bouillir de l'eau. La tisane étant trop chaude, elle souhaite la faire refroidir : elle souffle dessus puis elle attend. Moi, je lui dis de faire l'inverse. Lequel de nous deux a raison ?”

N°32 : (X)

Soit le dispositif constitué des trois électrodes représentées sur le schéma ci-contre :

1°) Déterminer le potentiel à l'intérieur du manchon.

2°) Peut-on piéger des particules chargées avec ce dispositif ?



N°33 : (X)

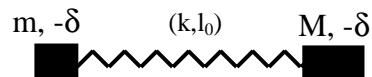
On met un glaçon dans un récipient que l'on rempli d'eau. Que fait le niveau d'eau quand le glaçon fond ?

Même question si à l'intérieur du glaçon il y a une cavité remplie :

- d'eau liquide
- d'air
- de plomb ?

N°34 : (X)

Soit un système constitué de deux masses m et M portant respectivement les charges $-\delta$ et $+\delta$, reliées par un ressort de longueur à vide l_0 et de raideur k .



On envoie sur ce système une onde plane progressive monochromatique.

Que se passe-t-il ?

Que dire si deux de ces systèmes sont placés côte à côte et soumis à une même onde ? Y-a-t-il cohérence des ondes diffusées ?

Rep: $P_{\text{moy}} = \frac{\mu_0}{12\pi c r^2} \frac{\delta^4 \omega^4}{\mu^2 (\omega_0^2 - \omega^2)^2} E_0^2$

ELM.RD4

N°35 : (X)

On considère une corde métallique dont l'allongement x dépend de la force de traction F de la manière suivante : $x = \frac{aT + bF}{1 + uT}$ où a , b , et u sont des constantes positives et T la température de la corde.

Trouver l'expression différentielle de la chaleur échangée de manière réversible.

Que se passe-t-il si l'on tire d'une manière réversible adiabatique sur la corde ?

$$\underline{\text{Rep: }} \delta Q_{\text{rev}} = A(T)dT + \frac{a - ux}{b} T dx$$

T.FT8

N°36 : (X)

Soit deux cordes identiques de masse linéique μ et de longueur L . Elles sont fixées à leurs extrémités parallèlement l'une à l'autre tel qu'au repos la distance qui les sépare soit l_0 . On relie les deux cordes par n ($n \gg 1$) ressorts de raideur α et de longueur à vide l_0 , régulièrement répartis.

Quel type d'onde peut se propager ?

$$\underline{\text{Rep: }} k_s^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \text{ et } k_d^2 = \frac{\omega^2}{c^2} + \frac{\alpha}{ac^2}$$

PO.OC3