

PHY 1522 - PRINCIPES FONDAMENTAUX DE PHYSIQUE II

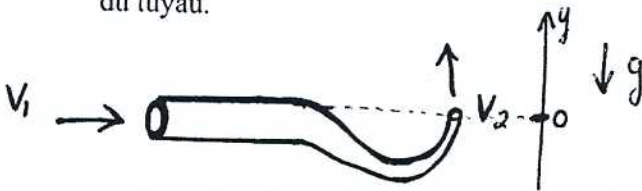
EXAMEN FINAL 18 AVRIL 9H30-12H30  
PROFESSEUR: André Longtin

INSTRUCTIONS

Cet examen compte pour 50% de la note finale pour le cours PHY1522. Aucune documentation permise. Vous trouverez les formules et constantes à la page 6. Seule une des calculatrices autorisées par la Faculté des Sciences peut être utilisée.

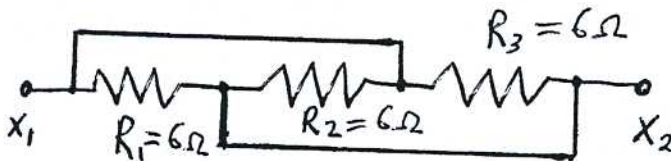
**Répondez à toutes les questions.**  
**Inscrivez clairement toutes vos réponses dans le cahier d'examen.**

- 1) On pompe de l'eau de densité  $\rho$  à un débit  $Q$  dans un tuyau cylindrique de rayon  $R_1$  dans un champ gravitationnel constant. Ce tuyau diminue progressivement de rayon, pour enfin se terminer à une extrémité cylindrique de rayon  $R_2$ . Cette extrémité est à la même hauteur que l'entrée du tuyau. On suppose que l'eau est incompressible.
- A) Donner une expression pour la vitesse  $v_2$  de l'eau lorsqu'elle sort du tuyau.  
B) Donner une expression pour la hauteur  $H$  à laquelle l'eau monte au-dessus de la sortie du tuyau.



- 2) Soit le circuit formé des trois résistances donné à la figure ci-dessous. Quelle est la résistance totale entre les points  $X_1$  et  $X_2$  ?

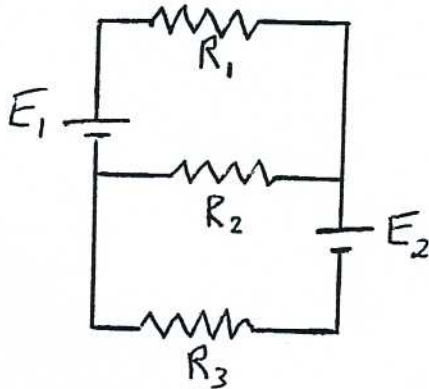
- A) 2 ohms B) 4 ohms C) 8 ohms D) 12 ohms E) 18 ohms  
Inscrivez seulement la réponse dans votre cahier d'examen.



3) Une mole d'un gaz idéal fait une expansion libre dans laquelle son volume double. Quel est le changement d'entropie du gaz? De l'environnement? De l'univers?

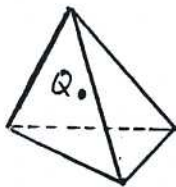
4) Une boîte cubique possède un couvercle d'aire  $A$ . Ce couvercle n'est pas attaché à la boîte. Cependant, à l'aide d'une pompe, on fait un vide partiel dans la boîte. Le couvercle est alors aspiré contre la boîte. On peut en fait renverser la boîte et le couvercle reste en place sans tomber. On peut même ajouter de la masse au couvercle: on observe alors que le couvercle tombe finalement lorsque sa masse plus les masses rajoutées valent  $0.75\text{kg}$ . Quelle est la pression dans la boîte lorsque que le couvercle se met à tomber? NB: cette expérience se fait dans une pièce où le baromètre indique  $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

5) Dans le circuit ci-dessous, les piles ont les valeurs  $E_1 = 2.0 \text{ V}$  et  $E_2 = 4.0 \text{ V}$ . Les résistances sont  $R_1 = 3.0 \Omega$ ,  $R_2 = 5.0 \Omega$  et  $R_3 = 8.0 \Omega$ . Calculer le courant à travers  $R_1$ .



6) Une sphère conductrice isolée a une capacité de  $4.2 \text{ pF}$  et un potentiel de  $1000\text{V}$ . A) Quel est le rayon de cette sphère? B) Quelle est sa densité surfacique de charge?

7) Un tétraèdre est une pyramide faite de quatre triangles équilatéraux identiques. Supposons qu'on place une charge  $Q$  au centre du tétraèdre; cette charge est alors à la même distance  $s$  de chaque sommet de la pyramide.  
 A) Quelle est le flux électrique à travers la base du tétraèdre?  
 B) Dites si oui ou non, et pourquoi, le théorème de Gauss est utile pour calculer le champ électrique au sommet de la pyramide.



8) Certaines espèces de baleine peuvent plonger jusqu'à une profondeur de 1.00 km. Quelle est la pression totale ressentie par l'animal à cette profondeur?

( $\rho_{\text{eau}} = 1020 \text{ kg/m}^3$  et  $10^5 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ ATM}$ .)

a) 100 ATM   b) 90 ATM   c) 101 ATM   d) 111 ATM   e) 130 ATM

Inscrivez seulement la réponse dans votre cahier d'examen.

9) Un fil de longueur infinie porte une densité linéique de charge constante  $\lambda = 1.0 \times 10^{-8} \text{ C/m}$ . Le rayon du fil est de  $r_0 = 2.0 \text{ mm}$ . Le champ électrique à une distance  $r$  du fil est  $E = 2k\lambda/r$ . La valeur du potentiel électrique à la surface du fil est fixée à 100V.

A) Calculer l'expression de la valeur du potentiel électrique situé à une distance  $r$  du centre du fil.

B) Utiliser le résultat en (A) pour calculer le potentiel à 20 cm du centre du fil. Y a-t-il un point où le potentiel s'annule? si oui, expliquer si cela est acceptable physiquement.

10) La lumière provenant d'un laser hélium-néon ( $\lambda = 632 \text{ nm}$ ) est incidente sur une fente de largeur 0.200mm. Quelle est la largeur totale du maximum central (i.e. entre le premier minimum à gauche et le premier minimum à droite du centre) apparaissant sur un écran situé à 2.00 m de la fente?

a) 1.27      b) 1.37      c) 1.01      d) 1.32      e) 1.21

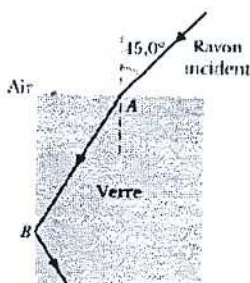
Inscrivez seulement la réponse dans votre cahier d'examen.

11) Un objet de 2 cm de hauteur est situé à 20 cm d'une lentille mince convexe de distance focale de 10 cm. Lesquelles des affirmations suivantes sont valides à propos de l'image?

- a. L'image est de 2cm de haut.
- b. L'image est située à 20 cm de la lentille
- c. L'image est inversée.
- d. L'image est virtuelle.

Inscrivez seulement la ou les lettres dans votre cahier d'examen.

12) Tel qu'illustré à la figure ci-dessous, un rayon lumineux entre dans un bloc de verre au point A et subit une réflexion totale interne au point B. D'après ces données, quelle doit être la valeur minimale approximative de l'indice de réfraction du verre?



13) Quelle est la vitesse de la lumière dans un verre d'indice de réfraction 1,62?

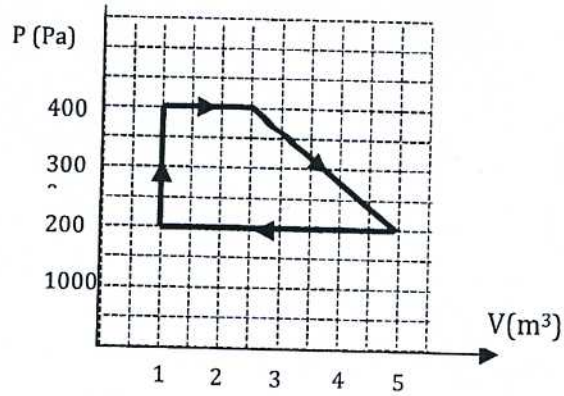
14) Une enceinte comportant un piston mobile contient 1,5 moles d'un gaz monoatomique à  $T = 314 \text{ K}$ . La densité du gaz est faible de telle sorte que les atomes interagissent peu entre eux. Le volume initial du gaz est de  $3.0 \text{ m}^3$ . Le gaz est comprimé de façon isothermique pour atteindre un volume final de  $1.0 \text{ m}^3$ . Quelle est la quantité de chaleur retirée du gaz lors de la compression?

- a. -6450 J
- b. -4300 J
- c. -2900 J
- d. -1450 J
- e. 0 J

Inscrivez seulement la réponse dans votre cahier d'examen.

15) L'énergie d'ionisation (i.e. l'énergie nécessaire pour enlever un électron de l'atome) de l'hélium est de  $25 \text{ eV}$ . À quelle température l'énergie cinétique moyenne de tels atomes serait-elle égale à l'énergie d'ionisation?

16) Un moteur réversible a un diagramme PV comme à la figure suivante. Calculer le travail net approximatif accompli lors d'un cycle complet de ce moteur.

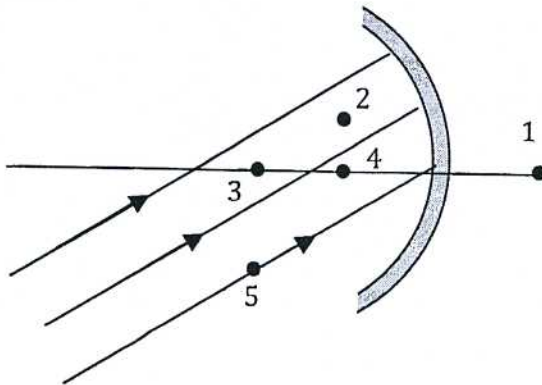


17) On cherche à diviser une charge  $Q$  en deux parties,  $q$  et  $(Q-q)$ , de telle sorte que, pour une distance donnée, la force électrique qu'elles exercent l'une sur l'autre soit maximale. Quelle est la valeur de  $q$ ? (Indice: en calcul différentiel, quelle est la condition pour qu'une fonction soit maximale?)

18) Le point 3 est le centre de courbure du miroir sphérique concave ci-dessous. Les rayons parallèles incidents sur le miroir convergeront approximativement au point

- a) 1    b) 2    c) 3    d) 4    e) 5

Inscrivez seulement la réponse dans votre cahier.



## PHY1522 - Électrostatique

$$\vec{F}_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}; \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{q_1}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{\rho}{z} \hat{z}$$

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}; \quad U = -\vec{p} \cdot \vec{E}; \quad \vec{p} = Q\vec{d}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{s}$$

$$\Delta U = U_b - U_a = -W$$

$$\Delta V = V_b - V_a = -\frac{W}{q} = \frac{\Delta U}{q}$$

$$\Delta U = U_b - U_a = \int_a^b dU = -\int_a^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\Delta V = V_b - V_a = \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$V_{\text{ponctuelle}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqAv_d$$

$$E_x = \frac{kQx}{(x^2+a^2)^{3/2}}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \hat{r}$$

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\phi = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA$$

$$\phi_{\text{total}} = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{1}{\epsilon_0} q_{\text{int}} = 4\pi k q_{\text{int}}$$

$$V = IR = I \left( \frac{L}{\sigma A} \right) = I \left( \frac{\rho L}{A} \right)$$

$$V = -2k\lambda \ln \frac{r}{a}$$

$$R = \frac{L}{\sigma A} = \frac{\rho L}{A}$$

$$V = IR$$

$$C_{eq} = \sum C_j, \quad n \text{ condensateurs en parallèle}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum \frac{1}{C_j}, \quad n \text{ condensateurs en série}$$

$$R_{eq} = \sum R_j, \quad n \text{ résistances en série}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R_j}, \quad n \text{ résistances en parallèle}$$

$$C = Q/V$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$u = 1/2 \epsilon_0 E^2$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}; \quad C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(b/a)}$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 \left( \frac{ab}{b-a} \right)$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 R$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$R = \frac{\Delta x}{kA}$$

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$P = VI = RI^2$$

$$Q(t) = Q_0 \exp(-t/RC); \text{ constante de temps} = RC$$

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = \pm \frac{Q}{R} \exp(-t/RC)$$

## PHY1522- Hydrostatique, thermodynamique et optique

$$\rho = \frac{dm}{dV}$$

$$P_{\text{fluide}} = P_o + \rho_{\text{fluide}} gh$$

$$\frac{dP}{dy} = \rho g; \quad -\int dP = -\int \rho g dy$$

$$P_f = P_i; \quad F_f = F_i \frac{S_f}{S_i}$$

$$F_A = m_{\text{fluide}} g$$

$$\rho_1 S_1 v_1 = \rho_2 S_2 v_2$$

$$P + 1/2 \rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

$$\Delta L = L\alpha \Delta T \quad \Delta V = V\beta \Delta T$$

$$Q = C(T_f - T_i)$$

$$W = \int dW = \int_V p dV$$

$$dU = dQ - dW$$

$$pV = nRT = Nk_B T$$

$$W = nRT \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right)$$

$$\bar{K} = 3/2 k_B T$$

$$C_V = 3/2 R$$

$$\Delta S = S_f - S_i = \int_i^f \frac{dQ}{T}$$

$$S_f - S_i = nR \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right)$$

$$\Delta S \geq 0$$

$$\omega/2\pi = \nu$$

$$E = hc/\lambda = h\nu$$

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

$$\theta_c = \arcsin \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \quad \theta_B = \arctan \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$m = G_T = -\frac{g}{p}$$

$$|m| = G_T = \frac{h'}{h}$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

$$d \sin(\theta) = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$d \sin(\theta) = (m' + 1/2)\lambda, \quad m' = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$I = 4I_0 \cos^2(\phi/2), \quad \phi = \frac{2\pi d}{\lambda}$$

$$r_a = \frac{1,22 f \lambda}{D}$$

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{m^2(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + b^2 \omega^2}}$$

$$\omega' = \omega_0 \sqrt{1 - \left( \frac{b}{2m\omega_0} \right)^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$$

$$y(x, t) = A \sin[k(x - vt)]$$

$$\phi = \frac{\Delta L}{\lambda} 2\pi$$

$$\phi = m 2\pi, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$\phi = (m + 1/2) 2\pi, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0}$$

## PHY1522 - Autres formules de physique

$$v(t) = v_o + at; \quad x(t) = x_o + \frac{1}{2}(v_o + v)t; \quad x(t) = x_o + v_o t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v^2(t) = v_o^2 + 2a(x - x_o)$$

$$\vec{F} = m\vec{a}; \quad a_c = \frac{v^2}{r}$$

## PHY1522 - Mathématiques

$$(1+x)^n \approx 1 + nx, \quad x \ll 1;$$

$$\rho = 2\pi r; \quad A_{\text{sphere}} = 4\pi r^2; \quad V_{\text{sphere}} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}; \quad n \neq -1; \quad \int x^{-1} dx = \ln(x); \quad \int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax}$$

$$\int \cos x dx = \sin x; \quad \int \sin x dx = -\cos x$$

$$\int \frac{dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{x}{a^2(x^2+a^2)^{1/2}}; \quad \int \frac{x dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{-1}{(x^2+a^2)^{1/2}}$$

$$\int \frac{x dx}{x+a} = x - a \ln(x+a); \quad \int \frac{dx}{\sqrt{a^2+x^2}} = \ln(x + \sqrt{a^2+x^2})$$

$$\int \frac{dx}{(a+bx)^2} dx = -\frac{1}{b(a+bx)}; \quad \int \frac{xdx}{\sqrt{(x^2 \pm a^2)}} = \sqrt{x^2 \pm a^2}$$

## PHY1522 - Données et constantes

$$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}; \quad g = 9,807 \text{ m/s}^2$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2); \quad k = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

$$R = 8,314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mole})$$

$$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$$

$$m_e = 9,101 \times 10^{-31} \text{ kg}; \quad m_p = 1,672 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$k_B = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}; \quad c = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Vitesse du son dans l'air} = 343,4 \text{ m/s}$$

$$T(\text{K}) = 273,15 + T(^{\circ}\text{C})$$

$$R_{\text{Terre}} = 6,371 \times 10^6 \text{ m}$$

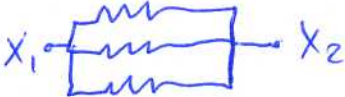
$$\rho_{\text{air}} (\text{à } 20^{\circ}\text{C et } 1 \text{ atm}) = 1,21 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{eau}} = 10^3 \text{ kg/m}^3; \quad \rho_{\text{Terre}} = 4,3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

#1 A)  $PA_1 v_1 = PA_2 v_2 \rightarrow v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2} = v_1 \frac{R_1^2}{R_2^2}$

B)  $v_f^2 = v_2^2 + 2a \Delta y \Rightarrow v_2^2 - 2gH = 0 \rightarrow H = v_2^2 / 2g$

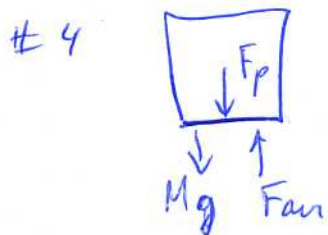
ou par Bernoulli  $P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$   
 et  $P_1 = P_2$

#2 équivalent à   $R_{eq} = \frac{R}{3} = 2 \Omega$

#3 on remplace ce processus hors d'équilibre par un processus équivalent à l'équilibre (quasi-statiques) <sup>changements</sup>

$V \rightarrow 2V$   $T = \text{cst}$   $U = \text{cst}$   $\Delta S = \frac{dQ}{T} = \frac{PdV}{T} = \frac{nRdV}{V} \rightarrow S_f - S_i = nR \ln \frac{V_f}{V_i}$   
 $= 1 \text{ mol} \times 8.31 \times \ln 2$   
 $= 5.76 \text{ J/K}$

$\Delta S_{env} = 0$   $\Delta S_{univ.} = 5.76 \text{ J/K}$



$F_p = PA$   
 $F_{air} = P_0 A$

$\sum F = 0 = F_{air} - F_p - Mg$

$0 = P_0 A - PA - Mg$

$P = P_0 - \frac{Mg}{A} = 10^5 - \frac{75(9.8)}{A}$

#5  $I_1 + I_3 = I_2$

$\mathcal{E}_1 - I_1 R_1 - I_2 R_2 = 0$

$\mathcal{E}_2 - I_2 R_2 - I_3 R_3 = 0$

algèbre ...  $I_1 = \frac{\mathcal{E}_1 (1 + \frac{R_3}{R_2}) - \mathcal{E}_2}{R_1 (1 + \frac{R_3}{R_2}) + R_3} = 0.076 A$

#6  $Q = CV = 4.2 \cdot 10^{-9}$   
 $V = \frac{kQ}{R} = \frac{8.99 \cdot 10^9 \cdot 4.2 \cdot 10^{-9}}{R} = 1000 \rightarrow R = 0.0377 \text{ m}$

$\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2} = \frac{4.2 \cdot 10^{-9}}{4\pi (0.0377)^2} = 2.34 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$

#7 A)  $\Phi_{\text{TOT}} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$      $\Phi_{\text{base}} = \frac{Q}{4\epsilon_0}$

B) pas avec cette surface de Gauss car le champ n'a pas de symétrie sur cette surface. Mais on pourrait utiliser une surface de Gauss sphérique passant par le sommet.

#8  $P = P_0 + \rho gh = 10^5 + 1020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot 1000 \text{ m} = 100.96 \text{ ATM} \sim 101 \text{ ATM}$

#9  $V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \int \frac{2k\lambda}{r} dr = -2k\lambda \ln\left(\frac{r_B}{r_A}\right)$

$V(r_0) = 100 = V_A$

$V(r) = 100 - 2k\lambda \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$

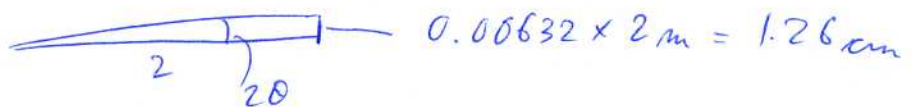
$V(r=0.2) = 100 - 2k\lambda \ln\left(\frac{0.2}{0.002}\right) = -729 \text{ V}$

B)  $V=0$  à  $r=0.00349$  oui c'est acceptable, car le potentiel est défini à une constante près.

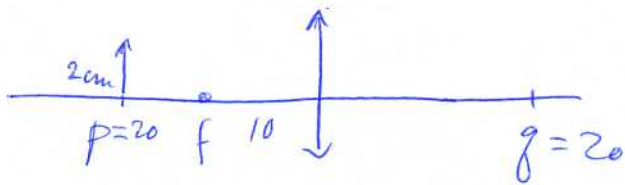
#10  $a \sin \theta = m\lambda$  pour le min. de diffraction     $a \sin \theta = \pm \lambda$   
 $\lambda = 632 \text{ nm}$      $a = 0.2 \text{ mm}$      $\sin \theta \sim \theta = 0.00316$

largeur totale =  $2 \times (0.00316) = 0.00632$

à 2 m de distance



#11



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20}$$

$$\underline{q = 20}$$

$$m = -\frac{q}{p} = -1$$

a, b, c sont vrais.

#12

$$m_1 \sin 45 = m_2 \sin \theta_2$$

$$m_2 \sin \theta_1 = m_1 \sin 90$$

$$\theta_1 = 90 - \theta_2$$

$$\left. \begin{aligned} m_2 \sin(90 - \theta_2) = m_1 = 1 = m_2 \cos \theta_2 \\ 45 = m_2 \sin \theta_2 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \tan \theta_2 = \sin 45 \\ \theta_2 = 35.3^\circ \end{aligned}$$

$$m_2 = \frac{1}{\cos \theta_2} = 1.224$$

#14

$$dU = dQ - dW \quad \text{Isothermique: } dU = 0 \rightarrow dQ = dW$$

$$Q = W = \int P dV = \int n \frac{RT}{V} dV = T \int n R \frac{dV}{V} = T n R \ln \frac{V_f}{V_i}$$

$$Q = 314 (1.5) (8.314) \ln\left(\frac{1}{3}\right) = -4302 \sim -4300 \text{ J (b)}$$

$$\#13 \quad v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.62} = 1.85 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\#15) \quad 25 \times 1.6 \cdot 10^{-19} = \frac{3}{2} kT \rightarrow T = \frac{2}{3} \frac{25 \times 1.6 \cdot 10^{-19}}{1.381 \cdot 10^{-23}} \approx 1.9 \cdot 10^5$$

$$\#16) \quad w_{ab} = 0 \quad w_{bc} = \int P dV = 4000 (1.5) = 6000 \quad w_{cd} = \int P dV = \frac{2.5(2000)}{2} + \frac{2000(2.5)}{2} = 7500$$

$$w_{da} = 2000(1-5) = -8000 \quad w_{NET} = 5500$$

$$\#17) \quad F = \frac{kq(Q-q)}{r^2} \quad \frac{dF}{dq} = 0 \Rightarrow q = Q/2$$

#18) b) et d) sont 2 réponses possibles dépendant de l'interprétation