

1. Laquelle des illustrations suivante représente le mieux l'accélération d'un pendule simple de pesanteur (ou pendule de plomb) entre les points a et e ?
2. Le coefficient de frottement statique entre une pièce et la surface d'un tourne-disque est de 0,30. Le tourne-disque tourne à 33,3 tours par minute. Quelle est la distance maximale du centre du tourne disque à laquelle la pièce ne glissera pas?
3. Un satellite de masse m tourne autour d'une planète de masse M suivant une orbite circulaire de rayon R . Le temps nécessaire pour une révolution est :
 - a. indépendant de M
 - b. proportionnel à m
 - c. linéaire dans R
 - d. proportionnel à $R^{3/2}$
 - e. proportionnel à R^2
4. Dans une collision unidimensionnelle, non relativiste, une particule de masse $2m$ entre en collision avec une particule de masse m au repos. Si les particules se collent ensemble après la collision, quelle fraction de l'énergie cinétique initiale l'énergie est perdue dans la collision ?
5. Un oscillateur harmonique à trois dimensions est en équilibre thermique avec un réservoir de température à une température T . L'énergie moyenne totale de la oscillateur est :
6. Un gaz idéal monoatomique (gaz rare) s'étend quasi-statiquement à deux fois son volume. Si le processus est isotherme, le travail effectué par le gaz est W_i . Si le processus est adiabatique (pas de dégagement de chaleur), le travail effectué par le gaz est W_a . Lequel des énoncés suivants est vrai?
7. Deux longs barres aimantées identiques sont placées sous un morceau de papier horizontale, comme indiqué dans la figure ci-dessus. Le papier est couvert avec de la limaille de fer. Lorsque les deux pôles nord sont placées a une petite distance l'une de l'autre et touche le papier, la limaille de fer bouge pour mettre en évidence les lignes du champ magnétique. Laquelle de ces illustrations représente le résultat ?
8. Une charge positive Q est situé à une distance L dessus d'un plan infini relié à la terre, comme indiqué dans la figure ci-dessus. Quel est la charge totale induite sur le plan?
9. Cinq charges positives de grandeur q sont disposées symétriquement autour de la circonférence d'un cercle de rayon r . Quelle est la magnitude du champ électrique au centre du cercle?
10. Un condensateur de 3 microfarad est branché en série avec un condensateur de 6-microfarad. Quand une différence de potentiel de 300 Volt est appliquée à travers cette combinaison de condensateurs, l'énergie totale stockée dans les deux condensateurs est :
- 11- Un objet est situé 40 centimètres d'une des deux fines lentilles convergente de rayon focale respectivement 20 cm et 10 cm (voir figure ci dessous). Les lentilles sont séparées de 30 cms. L'image finale formée par le système des deux lentilles est situé =
 - 5 cm à droite de la 2ème lentille
 - 13.3 cm à droite de la 2ème lentille
 - infiniment loin à droite de la 2ème lentille

- 13.3 à gauche de la 2ème lentille
- 100 cm à gauche de la 2ème lentille

12- Un miroir sphérique concave est représenté sur la figure ci dessus. Le point focale F et l'emplacement de l'objet O sont indiqués. A quel point l'image sera localisé?

- I
- II
- III
- IV
- V

13- Deux étoiles sont séparées par un angle de $3 \cdot 10^{-5}$ radian. Quel est le diamètre du plus petit télescope qui peut observer les deux étoiles en utilisant la lumière visible ($\lambda = 600$ nanomètres) (ignorer les effets dus à l'atmosphère de la terre).

- 1mm
- 2.2cm
- 10 cm
- 2.5m
- 10m

14 - Un détecteur NAL(Ti) de 8cm de diamètre sur 8cm de long, détecte un rayon gamma d'une certaine énergie venant d'un point source radioactif. Quand la source est située juste à côté du détecteur, au centre de la face circulaire, 50% des rayons gamma émis sont détectés. Si le détecteur est déplacé d'un mètre, une partie des rayons gamma détectés n'est que de

- 10^{-4}
- $2 \cdot 10^{-4}$
- $4 \cdot 10^{-4}$
- $8 \cdot \pi \cdot 10^{-4}$
- $16 \cdot \pi \cdot 10^{-4}$

15 - 5 classes d'étudiants mesurent la hauteur d'un bâtiment. Chaque classe utilisent une méthode différente et à différents moments. Les données de chaque expériences sont représentées ci-dessous. Quelle classe a réalisée les mesures les plus précises?

16- Un étudiant réalise 10 fois la même expérience: il mesure la désintégration d'un échantillon d'un isotope radioactif à vie longue et obtiens les valeurs suivantes :

3, 0, 2, 1, 2, 4, 0, 1, 2, 5

Combien de temps l'étudiant devras attendre pour établir un taux d'incertitude de 1 pourcent?

- 80s
- 160s
- 2000s
- 5000s
- 64000s

17- La répartition des électrons en couches successives pour le phosphore, qui possède 15 électrons, est :

- $1s^2 * 2s^2 * 2p^6 * 3s^1 * 3p^4$
- $1s^2 * 2s^2 * 2p^6 * 3s^2 * 3p^3$
- $1s^2 * 2s^2 * 2p^6 * 3s^1 * 3d^4$

- $1s^2 * 2s^2 * 2p^6 * 3s^1 * 3d^4$
- $1s^2 * 2s^2 * 2p^6 * 3p^2 * 3d^3$

18 - L'énergie nécessaire pour retirer deux électrons d'un atome d'hélium dans sa structure fondamentale est 79.0e.v. Combien d'énergie est nécessaire afin d'ioniser l'hélium (c'est à dire de retirer un électron):

- 24.6e.v
- 39.5e.v
- 51.8e.v
- 54.4e.v
- 65.4e.v

19- La première source d'énergie provenant du soleil est due à une série de réactions thermonucléaire dans laquelle l'énergie produite est c^2 fois la différence des masses entre :

- 2 atomes d'hydrogène et 1 d'hélium
- 4 atomes d'hydrogène et 1 d'hélium
- 6 atomes d'hydrogène et 2 d'hélium
- 1 atome de carbone et 3 d'hélium
- 2 atomes d'hydrogène, 1 d'hélium et 1 de carbone

20- Dans la production de rayons X, le terme "Bresstrahlung" fais référence à laquelle de ces phrases? :

- La longueur limite d'onde, λ_{min} , du tube à rayon X
- Les lignes discrètes de rayon X émisent quand un électron est sur une orbite extérieure, comblent une place dans une orbite intérieure des atomes, dans la cible métallique du tube à rayon X.
- Les lignes discrètes de rayon X émisent quand un électron est sur une orbite intérieure, comblent une place dans une orbite extérieure des atomes, dans la cible métallique du tube à rayon X.
- Les lignes discrètes de rayon X émisent quand un électron est sur une orbite extérieure, comblent une place dans une orbite intérieure des atomes, dans la cible métallique du tube à rayon X.
- Le spectre à rayon X lisse et continu produit par les radiations d'un corps noir de haute énergie du tube à rayon X
- Le spectre à rayon X lisse et continu produit par la désintégration rapide des électrons dans la cible métallique du tube à rayon X

21- Dans le spectre d'hydrogène , le quotient de la longueur d'onde pour les radiations Lyman- α ($n=2$ à $n=1$) sur les radiations Balmer- α ($n=3$ à $n=2$) est :

- 5/48
- 5/27
- $\frac{1}{3}$
- 3
- 27/5

22- Un astronome observe une très petite lune qui est en orbite autour d'une planète, et mesure la distance maximale et minimale de la lune par rapport au centre de la planète, ainsi que la vitesse maximale de révolution. Laquelle de ces réponses ne peut pas être calculées à partir de ces observations?

- la masse de la lune
- la masse de la planète
- la vitesse minimale de la lune
- la période de révolution

- les demi-axes de l'orbite

23- Une particule est contrainte de bouger dans un cercle de 10 mètres de rayon. A chaque instant, la vitesse de la particule est de 10m/s et augmente d'un taux de 10m/s^2 . L'angle entre la vitesse de la particule et le vecteur accélération est :

- 0°
- 30°
- 45°
- 60°
- 90°

24- Une pierre est jetée avec un angle de 45° au dessus de l'axe des x et en direction des +x. Si l'on ignore la résistance de l'air, lequel de ces graphes, représentant la vitesse par rapport au temps, montre la meilleure représentation respectivement de V_x par rapport à t, et de V_y par rapport à t?

V_x, V_s, t V_y, V_s, t

- 1 4
- 2 1
- 2 3
- 2 5
- 4 5

25- 7 pièces sont placées afin de former un hexagone et de façon à ce que chacune touche sa voisine, comme le montre la figure ci-dessus. Chaque pièce est un disque uniforme de masse m et de rayon r. Quel est le moment d'inertie du système constitué des 7 pièces autour d'un axe passant par le centre de la pièce centrale, et qui est perpendiculaire au plan des pièces?

- $7/2 * mr^2$
- $13/2 * mr^2$
- $29/2 * mr^2$
- $49/2 * mr^2$
- $55/2 * mr^2$

26- Une corde fine et uniforme de masse M et de largeur L est positionnée verticalement au dessus **an anchored frictionless pivot point** comme montré ci-dessus, et est ensuite lâchée afin de tomber au sol. Avec quelle vitesse le bout de la corde libre touche-t-il le sol?

- $\sqrt{1/3gL}$
- \sqrt{gL}
- $\sqrt{3gL}$
- $\sqrt{12gL}$
- $12\sqrt{gL}$

27- Les valeurs propres de l'opérateur Hermitien sont toujours :

- réelles
- imaginaires
- dégénérée
- linéaire
- positive

28 - Les espaces 1, 2 et 3 sont orthonormaux. Pour quelles valeurs de x les espaces ψ_1 et ψ_2 donnés ci-dessus sont orthogonaux?

- 10

- 5
- 0
- -5
- -10

29- L'état (recopier l'expression) est une combinaison linéaire de trois espaces propres orthonormaux de l'opérateur O correspondant aux valeurs propres -1, 1 et 2. Quel est la valeur attendue de O pour cet espace?

- $\frac{2}{3}$
- racine(7/6)
- 1
- 4/3
- [racine(3)+2racine(2)-1]racine(6)

30- Laquelles des fonctions suivantes pourraient représenter la fonction d'onde radial pour un électron dans un atome (r est la distance de l'électron par rapport au nucléon; A et b sont constant)

- I- $A \exp(-br)$
- II- $A \sin(br)$
- III- A/r

- 1 uniquement
- 2 uniquement
- 1 et 2 uniquement
- 1 et 3 uniquement
- 1,2 et 3

31. Positronium est un atome formé par un électron et un positron (antiélectron). Il est similaire à l'atome d'hydrogène, avec le remplacement du proton par un positon. Si un atome de positronium fait une transition de l'état avec $n = 3$ dans un état avec $n = 1$, l'énergie du photon émis dans cette transition est le plus proche de :

32. Si l'énergie totale d'une particule de masse m est égale au double de son énergie au repos, then the magnitude of the particle's relativistic momentum is : (alors la magnitude de l'élan relativiste de la particule est ???)

33. Si un pion chargé, qui se désintègre en 8-10second dans son état de repos, fait un déplacement de 30 mètre dans le laboratoire. La vitesse du pion doit être de pratiquement :

34. Dans un référentiel inertiel S, Dans un autre cadre de référence inertielle S', se déplaçant dans la direction x par rapport à S, les deux événements pourraient se produire au même moment dans laquelle des conditions suivantes?

35. Si à la température absolue d'un corps noir est augmenté d'un facteur 3, l'énergie rayonnée par seconde par unité de surface est lequel des énoncés suivants ?

36. Prenons l'expansion adiabatique quasi-statique d'un gaz parfait d'un état initial i à un état final F. Lequel des énoncés suivants n'est PAS vrai?

- A-aucun flux thermique dans et à l'extérieur du gaz
- B-L'entropie à l'état i est équivalente à l'entropie à l'état f
- C-Le changement d'énergie à l'intérieur du gaz est de ***
- D-Le travail mécanique engendré par le gaz est ***
- E-La température du gaz reste constante

37. Une quantité constante d'un gaz parfait subit les processus ABCA cycliquement comme dans le diagramme PV montré ci-dessus. Le processus BC est isothermique. Le travail effectué par le gaz pendant un cycle complet, débutant et se terminant en A, est plus proche de :

38. Un circuit alternatif se compose des éléments représentés ci-dessus, avec $R = 10000$ ohms, $L = 25$ millihenrys, et C une capacité ajustable. Le générateur de tension alternative fournit un signal avec une amplitude de 40 volts et la fréquence angulaire de 1.000 radians par seconde. Pour quelle valeur de C l'amplitude du courant est-elle maximale?

39. Lesquels deux circuits suivants sont des filtres passe-haut?

40. Dans le circuit représenté ci-dessus, l'interrupteur S est fermé à $t = 0$. Lequel des énoncés suivants représente le mieux la tension aux bornes de la bobine, comme on le voit sur un oscilloscope?

41. Les équations de Maxwell peuvent être écrites sous la forme ci-dessous. Si la charge magnétique existe et si elle est conservée, laquelle de ces équations devront être changée?

42. Trois boucles de fil et un observateur sont positionnés comme indiqué dans la figure ci-dessus. À partir du point de vue de l'observateur, un courant antihoraire I parcourt la boucle du milieu, qui se déplace vers l'observateur avec une vitesse u. Les boucles A et B sont stationnaires. Ce même observateur peut remarquer :

- A-le sens horaire des courants parcourant les boucles A et B
- B-le sens anti-horaire des courants parcourant A et B
- C-le sens horaire du courant traversant A et le sens anti-horaire traversant B
- D-le sens anti-horaire du courant traversant A et le sens horaire traversant B
- E-Que le sens du courant traversant A est anti-horaire mais qu'aucun courant ne parcourt la boucle B

43. Les éléments de l'opérateur du moment cinétique orbital $L = (L_x, L_y, L_z)$ satisfont les relations commutatives suivantes :

Quelle est la valeur de la commutation $[L_x, L_y, L_z]$?

44. Les espaces propres d'énergie pour une particule de masse m dans une boîte de longueur L ont des fonctions d'onde $f_n(x)$ et les énergies $E_n = n^2 \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2 n^2}{8mL^2}$, où $n = 1, 2, 3, \dots$

Au temps $t = 0$, la particule est dans un état décrit comme suit.

$$Y(t=0) = \frac{1}{\sqrt{14}} [f_1 + 2f_2 + 3f_3]$$

Lequel des énoncés suivants est un résultat possible d'une mesure de l'énergie pour l'état Y?

45. Soit $|n\rangle$ représente l'N-ième espace propre de l'énergie normalisé d'un oscillateur harmonique unidimensionnel, ***. Si $|Y\rangle$ est un ensemble d'état normalisé qui peut être étendu comme une combinaison linéaire de ***** des espaces propres, quelle est la valeur attendue de l'opérateur de

l'énergie in this ensemble state?

46. Une particule libre avec une énergie cinétique initiale E et une longueur d'onde de de Broglie λ pénètre dans une région dans laquelle il a une énergie potentielle V . Quel est la nouvelle longueur d'onde de de Broglie de la particule ?
47. Un conteneur scellé et isolé thermiquement de volume V est divisé en deux volumes égaux par un mur imperméable. La moitié gauche du conteneur est initialement occupé par n moles d'un gaz rare (idéal) à une température T . Lequel des énoncés suivants donne la variation d'entropie du système lorsque le mur est soudainement enlevé et le gaz se détend pour remplir la totalité du volume?
48. Un mélange gazeux d' O_2 (masse moléculaire 32 u) et N_2 (masse moléculaire 28 u) est maintenue à température constante. Quel est le ratio *** de la vitesse moyenne quadratique des molécules?
49. Dans un système de Maxwell-Boltzmann à deux états d'énergie E et $2E$, respectivement, et une dégénérescence de 2 pour chaque Etat, la fonction de partition est
40. Dans un circuit montré ci-cintre, l'interrupteur est fermé au moment $t=0$. Lequel de ces schémas représente le mieux la tension qui traverse l'inducteur, comme vu sur un oscilloscope ?
41. L'équation de Maxwell peut être écrit sous la forme ci-dessous. Si la charge magnétique existe et si elle est conservée, quelle est l'équation qui va changer ?
- $\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$
 - $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
 - $\nabla \times \mathbf{E} = -\delta \mathbf{B} / \delta t$
 - $\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 (\delta \mathbf{E} / \delta t)$
- (A) I seulement
(B) II seulement
(C) III seulement
(D) I et IV
(E) II et III
42. Trois boucles en fer et un observateur sont positionnés comme montré sur la figure ci-contre. Depuis le point de vue de l'observateur, un courant I passe dans le sens inverse des aiguilles d'une montre au milieu des boucles, qui bouge vers l'observateur avec une vitesse v . Les boucles A et B sont stationnaires. Le même observateur peut remarquer que :
- (A) Le courant dans le sens des aiguilles d'une montre est provoqué dans les boucles A et B
(B) Le courant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est provoqué dans les boucles A et B
(C) Le courant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est provoqué dans la boucle A, mais le courant dans le sens des aiguilles d'une montre est provoqué dans la boucle B
(D) Le courant dans le sens des aiguilles d'une montre est provoqué dans la boucle A, mais le courant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est provoqué dans la boucle B
(E) Le courant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est provoqué dans la boucle A, mais pas de courant dans la boucle B

43. Les composants de l'impulsion de l'orbite angulaire d'un opérateur $L=(L_x, L_y, L_z)$ satisfait les relations de commutation suivantes :

$$[L_x, L_y] = i\hbar L_z$$

$$[L_y, L_z] = i\hbar L_x$$

$$[L_z, L_x] = i\hbar L_y$$

Quelle est la valeur du commutateur $[L_x, L_y, L_z]$?

- (A) $i\hbar L_z L_y$
- (B) $i\hbar(L_x^2 + L_y^2)$
- (C) $-i\hbar(L_x^2 + L_y^2)$
- (D) $i\hbar(L_x^2 - L_y^2)$
- (E) $i\hbar(L_x^2 - L_y^2)$

44. L'énergie eigenstates d'une particule de masse m dans une boîte de longueur L a des ondes de fonctions $\Phi_n(x) = \sqrt{2/L} \sin(n\pi x/L)$ et d'énergies $E_n = n^2 \pi^2 \hbar^2 / 2mL^2$, où $n = 1, 2, 3, \dots$. Au temps $t=0$, la particule est dans un état comme ceci : $\psi(t=0) = [1/\sqrt{14}] [\phi_1 + 2\phi_2 + 3\phi_3]$. Laquelle de ces propositions est un résultat possible de la mesure d'énergie pour l'état ψ ?

- (A) $2E_1$
- (B) $5E_1$
- (C) $7E_1$
- (D) $9E_1$
- (E) $14E_1$

45. $|n\rangle$ représente l'état propre de l'énergie normalisée n th d'un oscillateur harmonique à une dimension, $H|n\rangle = \hbar\omega(n + \frac{1}{2})|n\rangle$. Si $|\Psi\rangle$ est un ensemble normalisé d'état qui peut être étendu à une combinaison linéaire $|\Psi\rangle = 1/\sqrt{14} |1\rangle - 2/\sqrt{14} |2\rangle + 3/\sqrt{14} |3\rangle$ des états propres, quelle est la valeur d'attente de l'opérateur énergie dans cet ensemble stable ?

- (A) $(102/14) \hbar\omega$
- (B) $(43/14) \hbar\omega$
- (C) $(23/14) \hbar\omega$
- (D) $(17/\sqrt{14}) \hbar\omega$
- (E) $(7/\sqrt{14}) \hbar\omega$

46. Une particule libre avec une énergie cinétique initiale E et la longueur d'onde de Broglie λ entre dans une région dans laquelle elle a une énergie potentielle V . Quelle est la nouvelle longueur d'onde de la particule de Broglie ?

- (A) $\lambda(1+E/V)$
- (B) $\lambda(1-V/E)$
- (C) $\lambda(1-E/V)$
- (D) $\lambda(1-V/E)^{1/2}$
- (E) $\lambda(1-V/E)^{1/2}$

47. Un container étanche et thermiquement isolé de volume total V est divisé en deux volumes égaux par un mur imperméable. La moitié de gauche du container est initialement occupée par n moles d'un gaz parfait à une température T . Laquelle de ces propositions suivantes donne le changement en entropie du système quand le mur bouge soudainement et que le gaz s'étend et envahit le volume entier ?

- (A) $2nR \ln(2)$
- (B) $nR \ln(2)$
- (C) $(1/2)nR \ln(2)$

- (D) $-nR \ln(2)$
- (E) $-2nR \ln(2)$

48. Un mélange gazeux d'O₂ (molécule de masse 32u) et de N₂ (molécule de masse 28u) est maintenu à une température constante. Quel est le ratio ($u_{rms}(N_2) / u_{rms}(O_2)$) de la vitesse du moyen quadratique des molécules ?

- (A) 7/8
- (B) $\sqrt{7/8}$
- (C) $\sqrt{8/7}$
- (D) $\sqrt{(8/7)^2}$
- (E) $\ln(8/7)$

49. Dans un système Maxwell-Boltzmann avec deux états d'énergie ϵ et 2ϵ , respectivement, et une dégénérescence de 2 pour chaque état, la fonction de partition est :

- (A) $e^{-\epsilon/kT}$
- (B) $2e^{-2\epsilon/kT}$
- (C) $2e^{-3\epsilon/kT}$
- (D) $e^{-\epsilon/kT} + e^{-2\epsilon/kT}$
- (E) $2 [e^{-\epsilon/kT} + e^{-2\epsilon/kT}]$

50. A 20°, un tuyau à deux ouvertures résonne à une fréquence de 440 hertz. A quelle fréquence, le même tuyau résonne-t-il un jour plus froid où la vitesse du son est 3% plus vite que lorsque la température était de 20° ?

- (A) 414 Hz
- (B) 427 Hz
- (C) 433 Hz
- (D) 440 Hz
- (E) 453 Hz

51. Une lumière non polarisée d'intensité I_0 est incidente sur une série de trois filtres polarisés. L'axe du second filtre est orienté à 45° par rapport au premier filtre, pendant que l'axe du troisième filtre est orienté à 90° par rapport au premier filtre. Quelle est l'intensité de la lumière transmise à travers le troisième filtre ?

- (A) 0
- (B) $I_0/8$
- (C) $I_0/4$
- (D) $I_0/2$
- (E) $I_0/\sqrt{2}$

52. L'unité conventionnel d'une cellule d'un réseau de Bravais est montrée dans la figure ci-contre. La cellule conventionnelle a un volume de a^3 . Quel est le volume de l'unité de cellule primitive ?

- (A) $a^3/8$
- (B) $a^3/4$
- (C) $a^3/2$
- (D) a^3
- (E) $2a^3$

53. Laquelle de ces courbes représente le mieux la dépendance de température de la résistance d'un semi conducteur intrinsèque.

54. La figure montre une courbe du temps de dépendance de la force $F_x(t)$ agissant sur une particule en mouvement le long de l'axe x . Quelle est l'impulsion totale délivrée à la particule ?

- (A) 0
- (B) $1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
- (C) $2 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
- (D) $3 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
- (E) $4 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$

55. Une particule de masse m bouge le long de l'axe x avec une vitesse v quand il rentre en collision avec une particule de masse $2m$ initialement au repos. Après la collision, la première particule est au repos, et la seconde se scinde en deux morceaux de masses égales qui bougent avec des angles $\Theta > 0$ par rapport à l'axe des abscisses, comme le montre la figure ci-contre. Laquelle de ces affirmations suivantes décrit correctement la vitesses des deux morceaux.

- (A) Chaque morceau bouge avec une vitesse v
- (B) Une des pièces bouge avec la vitesse v , l'autre bouge avec une vitesse inférieure à v
- (C) Chaque pièce bouge avec une vitesse $v/2$
- (D) Une des pièces bouge avec la vitesse $v/2$, l'autre bouge avec une vitesse supérieure à $v/2$
- (E) Chaque pièce bouge avec une vitesse supérieure à $v/2$

56. Un ballon a été rempli d'hélium et peut suspendre dans l'air une masse de 300 kg . Si la masse du ballon est négligeable, laquelle de ces propositions donne le volume approximatif de l'hélium requis ? (La densité de l'air est $1,29 \text{ kg/m}^3$ et la densité de l'hélium est $0,18 \text{ kg/m}^3$.)

- (A) 50 m^3
- (B) 95 m^3
- (C) 135 m^3
- (D) 270 m^3
- (E) 540 m^3

57. Un courant d'eau de densité ρ , de section croisée A , et de vitesse v frappe un mur perpendiculaire à la direction du courant, comme le montre la figure ci-contre. L'eau s'écoule d'un côté du mur. La force exercée par le courant sur le mur est :

- (A) $\rho v^2 A$
- (B) $\rho v A / 2$
- (C) $\rho g h A$
- (D) $v^2 A / \rho$
- (E) $v^2 A / 2 \rho$

58. Un proton bouge dans une direction $+z$ après avoir accéléré depuis un état de repos avec une différence potentielle V . Le proton passe alors à travers une région avec un champ électrique uniforme E dans la direction $+x$ et un champ magnétique B dans la direction $+y$, mais la trajectoire du proton n'est pas affectée. Si l'expérience est répétée en utilisant une différence de potentiel de $2V$, le proton devrait être :

- (A) dévié dans la direction $+x$
- (B) dévié dans la direction $-x$
- (C) dévié dans la direction $+y$
- (D) dévié dans la direction $-y$
- (E) non-dévié

59. Pour un inducteur et un condensateur connectés en série, l'équation décrivant le mouvement de la charge est $L \cdot (d^2Q/dt^2) + 1/C = 0$, où L est l'inductance, C la capacité, et Q la charge. Une

équation analogue peut être écrite par un simple oscillateur harmonique en position x , de masse m , et d'élasticité constante k . Laquelle de ces propositions donne les valeurs correctes pour L , C et Q ?

- L C Q
- (A) m k x
 (B) m $1/k$ x
 (C) k x m
 (D) $1/k$ $1/m$ x
 (E) x $1/k$ $1/m$

60. Une plaque infinie, chargée uniformément, avec une surface-charge de densité σ coupe à travers une surface sphérique de Gaussian de rayon R à une distance x du centre, comme montré sur la figure ci-contre. Le flux électrique Φ à travers la surface de Gaussian est :

- (A) $\pi R^2 \sigma / \epsilon_0$
 (B) $2\pi R^2 \sigma / \epsilon_0$
 (C) $\pi(R-x)^2 \sigma / \epsilon_0$
 (D) $\pi(R^2-x^2) \sigma / \epsilon_0$
 (E) $2\pi(R^2-x^2) \sigma / \epsilon_0$

61- Une onde plane électromagnétique, se propageant dans le vide, a un champs électrique donné par $E = E_0 \cos(kx - \omega t)$ and is normally incident à un conducteur parfait à $x=0$, comme montré sur la figure ci-dessus. Directement à gauche du conducteur, le champ électrique total E et le champ magnétique total B sont :

62- Une particule nonrelativistic avec une charge double d'un électron se déplace à travers un champ magnétique uniforme. Le champ a une puissance de $\pi/4$ tesla et est perpendiculaire à la vitesse de la particule. Quelle est la masse de la particule si elle a une fréquence cyclotron de 1,600 hertz ?

63- La distribution d'intensité relative $I(\lambda)$ des radiations blackbody (corps noir) d'un objet solide contre la longueur d'onde λ est montré sur la figure ci-dessus. Si la constante de la loi du déplacement de Wien est $2.9 \cdot 10^{-3} \text{m.K}$, quelle est la température approximative de l'objet ?

64- Les radiations électromagnétiques fournissent le moyen d'explorer les aspects de l'univers physique. Laquelle des propositions suivantes concernant les spectres de radiations n'est pas correctes ?

- (A) Les lignes dans les régions infrarouge, visible et ultraviolette du spectre révèlent principalement la structure nucléaire de l'échantillon
 (B) Les longueurs d'ondes dans un spectre absorbant d'un élément sont parmi ceux dans son spectre d'émission
 (C) Des spectres absorbants peuvent être utilisés pour déterminer que les éléments sont présents dans des étoiles éloignées
 (D) L'analyse spectrale peut être utilisée pour identifier la composition de poussière galactique
 (E) Les spectres de bande sont à cause des molécules

65- La formule d'Einstein pour la chaleur thermique molaire C est donné ci-dessus. A hautes températures, C se rapproche de quelles quantités ?

66- Un échantillon d'un noyau radioactif d'un certain élément peut se délabrer seulement par des

émissions γ et β . Si la moitié de vie pour les émissions γ est de 24 minutes et pour les émissions β est de 36 minutes, la moitié de vie pour l'échantillon est de :

67- Le noyau ^{238}U a une énergie obligatoire d'environ 7.6MeV par nucléon. Si le noyau se fissionnais en deux fragments égaux, chacun aurait une énergie cinétique d'un peu plus de 100MeV. De ceci, on peut conclure que

- (A) ^{238}U ne peut pas se fissionner spontanément
- (B) ^{238}U à un large excès de neutron
- (C) Les noyaux près de $A=120$ ont des masses plus élevés que la moitié de ^{238}U (greater than half that ^{238}U ???)
- (D) Les noyaux près de $A=120$ doivent être liés par environs 6.7MeV par nucléon
- (E) Les noyaux près de $A=120$ doivent être liés par environs 8.5MeV par nucléon

68- Lorsque que ... se transforme en ..., cela se produit par

- (A) seulement une émission d'une particule alpha
- (B) seulement une émission d'un électron
- (C) seulement une émission d'un neutron
- (D) seulement une émission d'un positron
- (E) la capture d'un électron par le noyau avec une émission d'un neutrino

69. Une lumière bleue de longueur d'onde 480nanomètres est plus fortement réfléchiée par une fine pellicule d'huile sur une lame de glace quand elle est vue près de l'incidence normale. Supposons que l'indice de réfraction de l'huile est de 1,2 et celui de la glasse de 1,6, quelle est l'épaisseur minimale de la pellicule d'huile (autre que 0) ?

- (A) 150nm
- (B) 200nm
- (C) 300nm
- (D) 400nm
- (E) 480nm

70. La lumière d'un laser tombe sur une paire de fentes très étroites séparées par 0,5micromètres, et des bordures lumineuses séparées par 1,0millimètres qui sont observées sur un écran éloigné. Si la fréquence de la lumière du laser double, quelle sera la séparation des bordures lumineuses ?

- (A) 0,25mm
- (B) 0,5mm
- (C) 1,0mm
- (D) 2,0mm
- (E) 2,5mm

71. La ligne alpha de l'ultraviolet Lyman de l'hydrogène avec une longueur d'onde de 121,5nanomètres est émie par un objet astronomique. Un observateur de la Terre mesure la longueur d'onde de la lumière reçue par l'objet à 607,5nanomètres. L'observateur peut conclure que l'objet bouge avec une vitesse radiale de :

- (A) $2,4 \times 10^8$ m/s vers la Terre
- (B) $2,8 \times 10^8$ m/s vers la Terre
- (C) $2,4 \times 10^8$ m/s en s'éloignant de la Terre
- (D) $2,8 \times 10^8$ m/s en s'éloignant de la Terre
- (E) 12×10^8 m/s en s'éloignant de la Terre

72. Deux blocs identiques sont connectés par un ressort. La combinaison est suspendue, au repos, par un ressort attaché au plafond, comme montré sur la figure ci-contre. Le ressort casse brutalement. Immédiatement après que le fil ait cassé, quelle est l'accélération vers le bas du

bloc supérieur ?

- (A) 0
- (B) $g/2$
- (C) g
- (D) $\sqrt{2}g$
- (E) $2g$

73. Pour le système constitué de deux blocs montré sur la figure ci-contre, la force horizontale minimale F est appliquée, donc le bloc B ne tombe pas sous l'influence de la gravité. Les masses de A et B sont 16,0kg et 4,00kg, respectivement. La surface horizontale est sans frottement et le coefficient de frottement entre les deux blocs est de 0,50. La magnitude de F est plus proche de :

- (A) 50N
- (B) 100N
- (C) 200N
- (D) 400N
- (E) 1,600N

74. Lagrange pour un système mécanique est : $L=ax^2 + bx^4$, où x est une coordonnée généralisée et a et b sont des constantes. L'équation du mouvement pour ce système est :

- (A) $\dot{x} = \sqrt{(b/a)} q^2$
- (B) $\dot{x} = (2b/a) q^3$
- (C) $\ddot{x} = - (2b/a) q^3$
- (D) $\ddot{x} = + (2b/a) q^3$
- (E) $\ddot{x} = (b/a) q^3$

75. La matrice montrée ci-contre transforme les composants d'un vecteur dans un corps coordonné S en composants du même vecteur dans un second corps S' . La matrice représente une rotation du corps de référence S par :

- (A) 30° dans le sens des aiguilles d'une montre par rapport à l'axe x
- (B) 30° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre par rapport à l'axe z
- (C) 40° dans le sens des aiguilles d'une montre par rapport à l'axe z
- (D) 65° dans le sens des aiguilles d'une montre par rapport à l'axe y
- (E) 60° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre par rapport à l'axe z

76. L'énergie cinétique moyenne de la conduction des électrons dans le métal est ordinairement plus haute que kT car :

- (A) les électrons ont plus de degrés de liberté que les atomes
- (B) les électrons et la structure ne sont pas en équilibre thermique
- (C) les électrons forment un gaz Fermi dégénéré
- (D) les électrons dans le métal sont plus relativistes
- (E) les électrons interagissent plus fortement avec les phonons

77. Un ensemble de systèmes en équilibre thermique avec, pour chacun, un réservoir de $kT = 0,025$ eV. L'état A a une énergie de 0,1eV au-dessus de celle de l'état B. Si on suppose que les systèmes obéissent aux statistiques Maxwell-Boltzmann et que la dégénérescence des deux états sont les mêmes, alors le ratio du nombre de systèmes dans l'état A sur le nombre dans l'état B est :

- (A) $e+4$
- (B) $e+0,25$
- (C) 1
- (D) $e0,25$
- (E) $e4$

78. Le muon se décompose avec une durée de vie caractéristique d'environ 10^{-6} second dans

un électron, un neutrino muon, et un électron antineutrino. Le muon est interdit de se décomposer dans un électron et juste un seul neutrino par la loi de conservation de :

- (A) charge
- (B) masse
- (C) énergie et moment
- (D) nombre baryon
- (E) nombre lepton

79. Une particule quittant un cyclotron a une énergie relativiste totale de 10GeV et un moment relativiste de 8GeV/c. Quelle est le reste de la masse de cette particule ?

- (A) 0,25 GeV/c²
- (B) 1,20 GeV/c²
- (C) 2,00 GeV/c²
- (D) 6,00 GeV/c²
- (E) 16,0 GeV/c²

80. Un tube de l'eau se déplace à $1/2 c$ par rapport au cadre de laboratoire quand un faisceau de lumière le traverse dans la même direction. Quelle est la vitesse de la lumière dans l'eau relativement au cadre du laboratoire ? (L'indice de réfraction de l'eau est $4/3$.)

81. Lequel des énoncés suivant est la fonction propre du moment angulaire orbital Y_m dans un état pour lequel les opérateurs L^2 et L_z ont des valeurs propres?

82 . Soit $\alpha \hat{O}$ représentant l'état d'un électron qui tourne vers le haut, et $\beta \hat{O}$ représentant l'état d'un électron qui tourne vers le bas. Les fonctions propres correctes de tournoiment pour un état triple (3S) d'un atome de deux électrons inclus quelles propositions suivantes?

Let $\alpha \hat{O}$ represent the state of an electron with spin up and $\beta \hat{O}$ the state of an electron with spin down. Valid spin eigenfunctions for a triplet state (3S) of a two-electron atom include which of the following?

85- Un côté d'un fil de Nichrome de longueur $2L$ et d'aire de section efficace A , est attaché au côté d'un autre fil de Nichrome de longueur L et d'aire de section efficace $2A$. Si le côté non attaché du plus long fil de Nichrome a pour potentiel électrique 8.0 volts, et le côté non attaché du fil le plus courts de Nichrome a pour potentiel électrique 1.0 volts, alors le potentiel électrique de la jonction des deux fils est environ égale à :

86- Une bobine de 15 tours (tous de rayon 1 cm) tourne à une vitesse angulaire constante de $\omega=300$ radians par seconde dans un champ magnétique uniforme de 0.5 tesla, comme montré sur la figure ci-dessus. Supposons à $t=0$ que que la normale \hat{n} to the coil plane is along the y-direction et que l'auto-induction de la bobine puisse être négligée. Si la résistance de la bobine est de 9 ohms, quelle sera la magnitude du courant induit en milliampère ?

87- Deux sphériques, non-conductives, et « très fines coquilles de charges positives Q uniformément distribuées(???) » et de rayon d , sont séparées d'une distance de $10d$. Un point positif de charge q est placée dans une des deux coquilles à $d/2$ du centre, sur la ligne reliant le

centre des deux coquilles, comme montré sur la figure ci-dessus. Quelle est la force résultante sur la charge q ?

- (A) A gauche
- (B) A droite
- (C) A gauche
- (D) A droite
- (E) A gauche

88- Un segment de fil est plié afin de faire un arc de rayon R et d'angle sous-tendu Θ , comme montré sur la figure ci-dessus. Le point P est au centre du segment circulaire. Le fil porte un courant I . Quelle est la magnitude du champs électrique au point P ?

89- Un enfant est debout au bord d'un manège qui a la forme d'un disque solide, comme montré sur la figure ci-dessus. L'enfant pèse 40kg . Le manège a pour masse 200kg et pour rayon 2.5m , et tourne avec une vitesse angulaire de $\omega=2.0$ radians par seconde. L'enfant marche ensuite doucement vers le centre du manège. Quelle sera la vitesse angulaire finale du manège quand l'enfant sera arrivé au centre ? (La taille de l'enfant peut-être négligée)

90. Deux ressorts identiques d'élasticité constante k sont connectés à des masses de poids M , comme sur le schéma ci-contre. Le ratio de la période où les ressorts sont connectés en parallèles (figure 1) sur la période où les ressorts sont connectés en série (figure 2) est :

- (A) $1/2$
- (B) $1/\sqrt{2}$
- (C) 1
- (D) $\sqrt{2}$
- (E) 2

91. Le cylindre montré ci-contre, avec une masse M et un rayon R , a une densité dépendante du rayon. Le cylindre est d'abord au repos et roule sans force de frottement sur un plan incliné de longueur H . Au bout du plan, la vitesse de translation est $(8gH/7)^{1/2}$. Quelle est la proposition juste de l'inertie rotative du cylindre ?

- (A) $1/2 MR^2$
- (B) $3/4 MR^2$
- (C) $7/8 MR^2$
- (D) MR^2
- (E) $7/4 MR^2$

92. Deux petites masses égales m sont reliées par un ressort sans masse qui a une longueur d'équilibre l_0 et une force constante k , comme montré sur la figure ci-contre. Le système est libre de bouger sans frottement au niveau de la page. Si p_1 et p_2 représentent les magnitudes momentanées des deux masses, un hamiltonien pour le système est :

- (A) $(1/2) \{ (p_1^2/m) + (p_2^2/m) - 2k (l-l_0) \}$
- (B) $(1/2) \{ (p_1^2/m) + (p_2^2/m) + 2k (l-l_0)^2 \}$
- (C) $(1/2) \{ (p_1^2/m) + (p_2^2/m) - k (l-l_0) \}$
- (D) $(1/2) \{ (p_1^2/m) + (p_2^2/m) - k (l-l_0)^2 \}$
- (E) $(1/2) \{ (p_1^2/m) + (p_2^2/m) + k (l-l_0)^2 \}$

93. La solution de l'équation de Schrödinger pour l'état fondamental de l'hydrogène est

$$\psi_0 = (1/\sqrt{\pi a_0^3}) e^{-r/a_0}$$

où a_0 est le rayon Bohr et r est la distance depuis l'origine. Laquelle de ces propositions suivantes est la valeur la plus probable de r ?

- (A) 0
- (B) $a_0/2$
- (C) a_0
- (D) $2a_0$
- (E) infini

94. La levée et la baisse des opérateurs pour l'oscillateur harmonique quantique satisfait

$$a^+ |n\rangle = \sqrt{n+1} |n+1\rangle, a |n\rangle = \sqrt{n} |n-1\rangle$$

pour une énergie d'état propre $|n\rangle$ avec une énergie E_n . Laquelle de ces propositions donne le changement de premier ordre au niveau d'énergie $n=2$ dû à la perturbation $\Delta H = V(a+a^+)^2$, où V est une constante ?

- (A) 0
- (B) V
- (C) $\sqrt{2}V$
- (D) $2\sqrt{2}V$
- (E) $5V$

95. Un bloc infini en matériau isolant avec une diélectrique constante K et une perméabilité $\epsilon = K\epsilon_0$ est placé dans un champ électrique uniforme de magnitude E_0 . Le champ est perpendiculaire à la surface du matériau, comme montré sur la figure ci-contre. La magnitude du champ électrique dans le matériau est :

- (A) E_0/K
- (B) $E_0/K\epsilon_0$
- (C) E_0
- (D) $K\epsilon_0 E_0$
- (E) $K E_0$

96. Une sphère uniformément chargée de charge Q s'agrandit et se resserre entre les rayons R_1 et R_2 à une fréquence f . Le pouvoir rayonnant total de la sphère est :

- (A) proportionnel à Q
- (B) proportionnel à f^2
- (C) proportionnel à f^4
- (D) proportionnel à (R_2/R_1)
- (E) zéro

97. Un rayon de lumière a une propagation de longueur d'onde $\delta\lambda$ depuis une longueur d'onde centrale λ . Le rayon se déplace dans le vide jusqu'à ce qu'il entre dans un miroir avec un angle θ relatif à la normale du miroir, comme montré sur la figure ci-contre. L'indice de réfraction du miroir est donné par $n(\lambda)$. L'angle de propagation $\delta\theta'$ du rayon de réfraction est donné par :

- (A) $\delta\theta' = |(1/n) \delta\lambda|$
- (B) $\delta\theta' = |(dn(\lambda)/d\lambda) \delta\lambda|$
- (C) $\delta\theta' = |(1/\lambda) (d\lambda/dn) \delta\lambda|$
- (D) $\delta\theta' = |(\sin(\theta)/\sin(\theta')) (\delta\lambda/\lambda)|$
- (E) $\delta\theta' = |(\tan(\theta')/n) (dn(\lambda)/d\lambda) \delta\lambda|$

98. On suppose un système en état quantique i et qui a une énergie E_i . En équilibre thermique,

l'expression $(\sum_i (E_i e^{E_i/kT})) / (\sum_i (e^{E_i/kT}))$ représente laquelle de ces propositions ?

- (A) l'énergie moyenne du système
- (B) la fonction de partition
- (C) l'unité
- (D) la probabilité de trouver le système avec une énergie E_i
- (E) l'entropie du système

99. Un photon rencontre un électron de masse m qui est initialement au repos, créant un électron-positron pair. Le photon est détruit et le positron est scindé en deux électrons qui s'éloignent à une vitesse égale le long de la direction initial du photon. L'énergie du photon était :

- (A) mc^2
- (B) $2mc^2$
- (C) $3mc^2$
- (D) $4mc^2$
- (E) $5mc^2$

100. Un interféromètre Michelson est configuré comme un ondémètre, comme montré sur la figure ci-contre, c'est donc le ratio du nombre de bords qui peut être utilisé pour comparer la longueur d'onde de deux lasers avec une grande précision. Quand le miroir du bras droit de l'interféromètre traduit une distance d , 100 000 interférences de bord passent le long du détecteur de lumière verte et 85,865 bords passe le long du détecteur de lumière rouge ($\lambda=632,82$ nanomètres). La longueur d'onde du laser de lumière verte est :

- (A) 500.33 nm
- (B) 543.37 nm
- (C) 590.19 nm
- (D) 736.99 nm
- (E) 858.65 nm