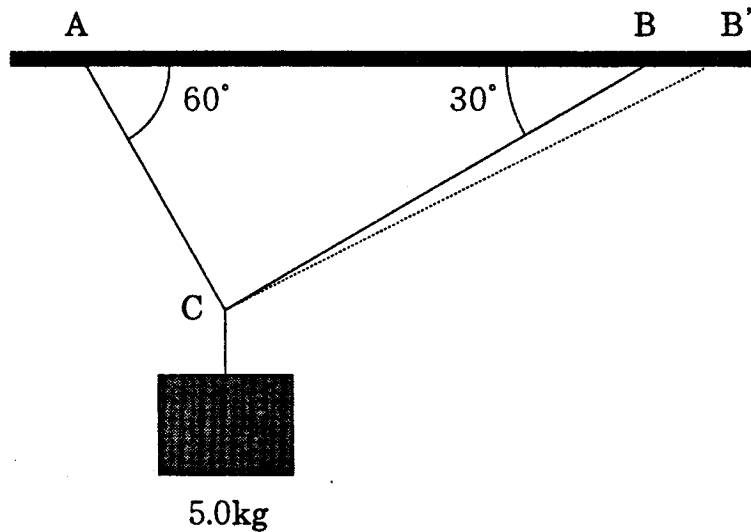


物 理

- 1 図のように天井の A, B 点から質量 5.0 kg の物体をひもでつるす。つぎに、AC はそのままにして、BC を少し伸ばして B'C にした。問 1 および問 2 に答えよ。



問 1. ひも AC と BC にかかる張力 T_{AC} および T_{BC} の大きさはいくらか。

- a. $T_{AC} = \frac{5}{4}\sqrt{3}$ kgw, $T_{BC} = \frac{5}{4}$ kgw
- b. $T_{AC} = \frac{5}{2}\sqrt{3}$ kgw, $T_{BC} = \frac{5}{2}\sqrt{2}$ kgw
- c. $T_{AC} = \frac{5}{2}\sqrt{2}$ kgw, $T_{BC} = \frac{5}{2}$ kgw
- d. $T_{AC} = \frac{5\sqrt{3}}{2}$ kgw, $T_{BC} = \frac{5}{2}$ kgw
- e. $T_{AC} = \frac{5}{4}\sqrt{2}$ kgw, $T_{BC} = \frac{5}{4}\sqrt{3}$ kgw

問 2. ひも AC はそのままにして、BC を少し伸ばして B'C にした場合、AC と B'C の張力はどうなるか。

- a. AC の張力は大きくなり、B'C の張力は BC の場合より小さくなる。
- b. AC の張力は大きくなり、B'C の張力は BC の場合より大きくなる。
- c. AC の張力は小さくなり、B'C の張力は BC の場合より小さくなる。
- d. AC の張力は変化せず、B'C の張力は BC の場合より小さくなる。
- e. AC の張力は変化せず、B'C の張力は BC の場合より大きくなる。

2

地上 h の高さから質量 m の物体を静かに落とした。地面と物体との間のはねかえり係数を e 、重力加速度を g としてつぎの間3から間5に答えよ。ただし、空気の抵抗は無視できるものとする。

問 3. n 回目に地面と衝突した後、物体は地上どれだけの高さまで上るか。

a. $\frac{1}{2} e^{2n-1} h$ b. $e^{2n-1} h$ c. $e^{2n} h$ d. $\frac{1}{2} e^{2n} h$ e. $e^{2n+1} h$

問 4. 地上に完全に静止するまでに物体が運動した全走行距離はいくらか。

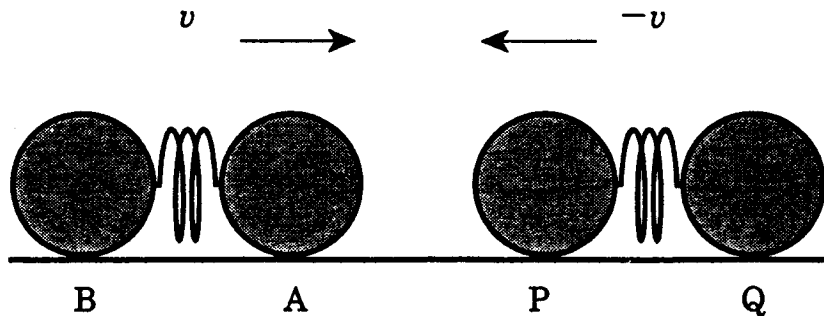
a. $\frac{1}{5} \frac{1+e^2}{1-e^2} h$ b. $\frac{1}{4} \frac{1+e^2}{1-e^2} h$ c. $\frac{1}{3} \frac{1+e^2}{1-e^2} h$
d. $\frac{1}{2} \frac{1+e^2}{1-e^2} h$ e. $\frac{1+e^2}{1-e^2} h$

問 5. 物体が地面と n 回目に衝突したときに失う力学的エネルギーはいくらか。

a. $mghe^{2(n-1)}(1-e^2)$
b. $\frac{1}{2} mghe^{2(n-1)}(1-e^2)$
c. $\frac{1}{3} mghe^{2(n-1)}(1-e^2)$
d. $\frac{1}{4} mghe^{2(n-1)}(1-e^2)$
e. $\frac{1}{5} mghe^{2(n-1)}(1-e^2)$

3

図のように質量 m の 2 つの剛体球がついたまったく同じばね AB と PQ が、ばねの自然の長さを保ったまま、速さ v で一直線上を逆向きに飛んできて正面衝突した。剛体球 A と P の衝突は完全弾性衝突であるとしてつぎの間 6 から問 8 に答えよ。



問 6. 剛体球 A および P が衝突した直後の速度 V_A および V_P はどうなるか。ただし、 v を剛体球 A の衝突前の速度とする。

- a. $V_A = -2v,$ $V_P = 2v$
- b. $V_A = -\frac{3}{2}v,$ $V_P = \frac{3}{2}v$
- c. $V_A = -v,$ $V_P = v$
- d. $V_A = -\frac{2}{3}v,$ $V_P = \frac{2}{3}v$
- e. $V_A = -\frac{1}{2}v,$ $V_P = \frac{1}{2}v$

問 7. ばね係数を k とするとき、ばね AB は最大どれだけちぢむか。

- a. $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} v$ b. $\sqrt{\frac{m}{2k}} v$ c. $\sqrt{\frac{m}{k}} v$
- d. $\sqrt{\frac{2m}{k}} v$ e. $2\sqrt{\frac{m}{k}} v$

問 8. ばね AB は、ばね PQ と衝突した後どのような運動をするか。

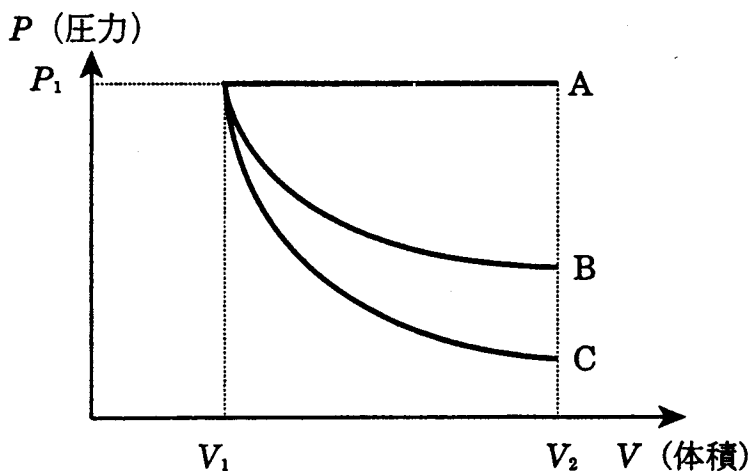
- a. PQ と 1 回衝突した後、重心の運動は静止し剛体球 A と B の振動だけが残る。
- b. PQ と 1 回衝突した後、振動しながら衝突前と逆向きに重心の速さ v で遠ざかる。
- c. PQ と 1 回衝突した後、自然の長さを保った状態で衝突前の方向と逆向きに速さ v で遠ざかる。
- d. PQ と 2 回衝突した後、振動しながら衝突前と逆向きに重心の速さ v で遠ざかる。
- e. PQ と 2 回衝突した後、自然の長さを保った状態で衝突前の方向と逆方向に速さ v で遠ざかる。

4 つぎの問9 および問10に答えよ。

問9. 理想気体の断熱変化について正しいものはどれか。(複数解答)

- a. 気体が外からされる仕事を W とすれば, 内部エネルギーの増加 ΔE は $\Delta E = W$ である。
- b. 気体が同じ体積だけ膨張するとき, 気体のする仕事は等温変化より常に大きい。
- c. 気体が断熱膨張しても内部エネルギーは変化しない。
- d. 気体の断熱変化では, 膨張による圧力の減少は等温変化より激しい。
- e. 地上で湿った空気が熱せられると, 膨張して密度が小さくなり, 上昇気流が生じる。上空は気圧が低いから, 空気は急に膨張し, これが断熱膨張となって温度が下がる。

問10. 図の $P - V$ 曲線は体積 V_1 の気体(理想気体とみなせるものとする)を断熱変化, 等温変化, 定圧変化の3通りの方法で体積 V_2 まで変化させたものである。各過程 A, B, C で内部エネルギー E_A, E_B, E_C はどう変わるか。下の記述で正しいのはどれか。(複数解答)



- a. Aは等温変化であり, E_A は変化しない。
- b. Bは断熱変化であり, E_B は変化しない。
- c. Cは断熱変化であり, E_C は減少する。
- d. Bは等温変化であり, E_B は減少する。
- e. Aは定圧変化であり, E_A は増加する。

問11. 次の記述のうちで正しいものを選べ。(複数解答)

- a. 銅などの金属が電気を通すのは自由電子や金属イオンが金属中を移動するからである。
- b. 静電界の中におかれた導体の内部には自由電子と金属イオンがある。
- c. 電気力線に沿って電荷を移動すれば電荷にした仕事はゼロである。
- d. シリコンに不純物としてリンを加えた半導体は電子が電流の主な担い手となるのでN型半導体と呼ばれる。
- e. PN接合された半導体において、P型の側が正に、N型の側が負になるように電圧をかけると電流が流れる。

問12. 次の記述のうちで正しいものを選べ。(複数解答)

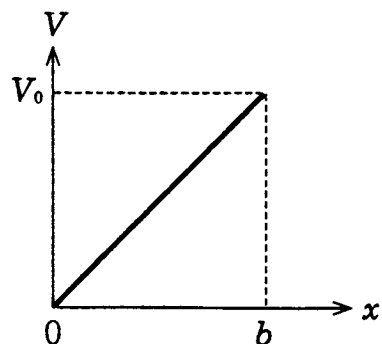
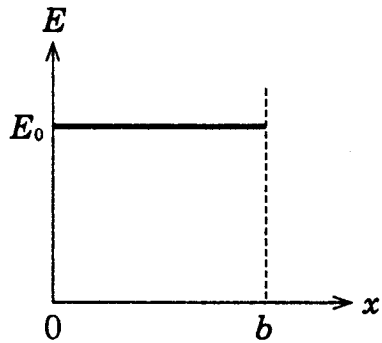
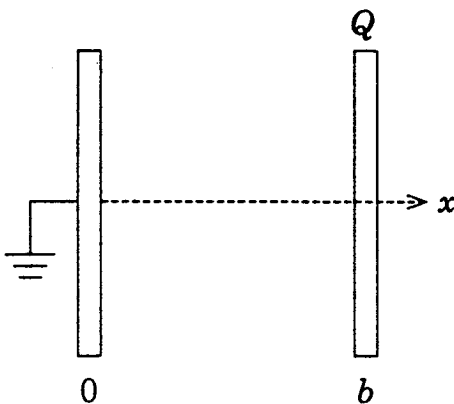
- a. 電気量 Q に帯電した半径 R の導体球の表面における電界の強さは $Q/(4\pi\epsilon_0 R^2)$ である。
- b. 平行板コンデンサーの面積を一定にして距離を2倍にすると電気容量は2倍になる。
- c. 導線を通る電流の大きさは導線内を移動する自由電子の運動エネルギーに比例する。
- d. ある面積、ある長さの抵抗体の電気抵抗は温度が上昇すると熱膨張のために減少する。
- e. 半導体では温度が上昇すると電荷を運ぶ電子や正孔が増えるので半導体の電気抵抗は減少する。

問13. 図のように直線上のある点に $+1.6 \times 10^{-9}\text{C}$ の点電荷 A を置き、それから 3.0m 離れた点に $-4.0 \times 10^{-10}\text{C}$ の点電荷 B を置いた。この直線上で電界の強さがゼロになる点はどこか。下記の中から正しいものを選び。

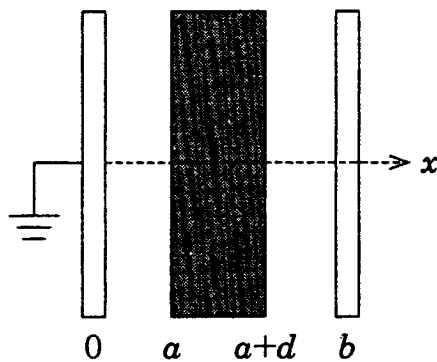


- a. A から左に 6.0m 離れた点
- b. A から左に 2.0m 離れた点
- c. A から右に 2.0m 離れた点
- d. A から右に 4.0m 離れた点
- e. A から右に 6.0m 離れた点

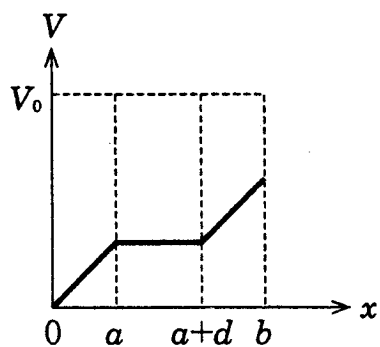
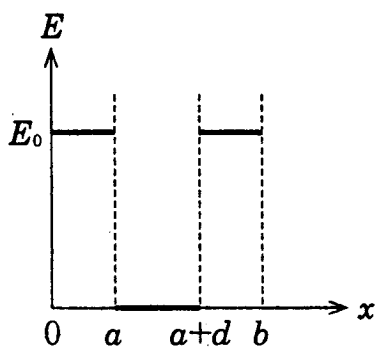
問14. 下図左のように極板間隔 b の平行板コンデンサーの極板の一方を接地し、絶縁した他方の極板に正の電気量 Q を与えた。接地した極板からの距離を x として、電界の強さ E と電位 V を描いたところ下図右のようになった。



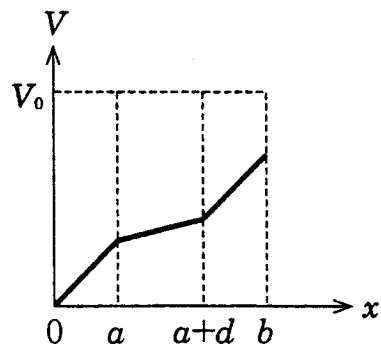
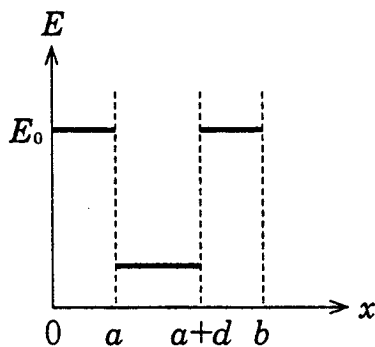
次に、接地した極板から距離 a のところに厚さ d の平板状の誘電体を図のように挿入した。このとき、極板間の電界の強さと電位を表す定性的に正しい図を下記の中から選べ。



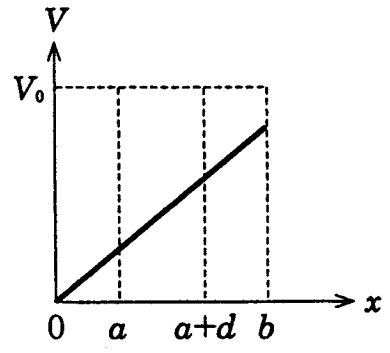
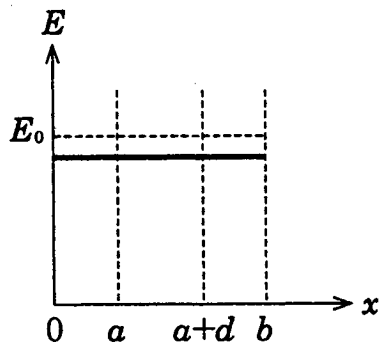
a.



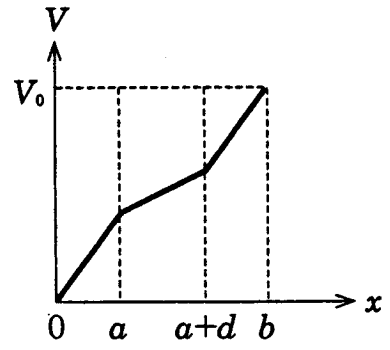
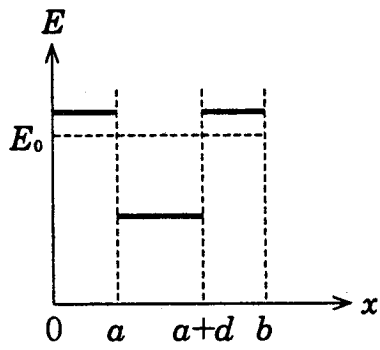
b.



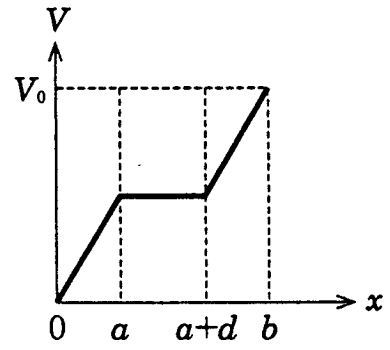
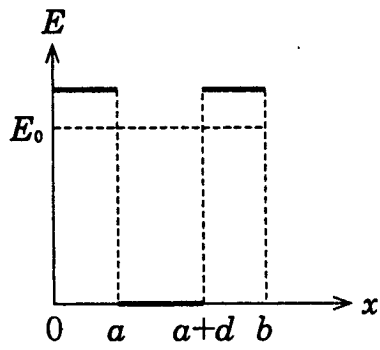
c.



d.



e.



問15. 起電力 E 、内部抵抗 r_e の電池と R の抵抗を図のようにつなぎ、抵抗の両端の電圧を内部抵抗 r_v の電圧計で測った。抵抗の両端の電圧はいくらか。
 下記の中から正しいものを選べ。

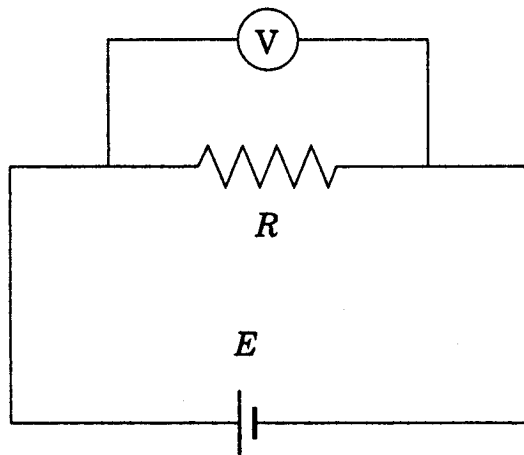
a. $\frac{Rr_v + r_v r_e}{Rr_v + r_v r_e + r_e R} E$

b. $\frac{r_v r_e + r_e R}{Rr_v + r_v r_e + r_e R} E$

c. $\frac{Rr_v + r_e R}{Rr_v + r_v r_e + r_e R} E$

d. $\frac{Rr_v}{Rr_v + r_v r_e + r_e R} E$

e. $\frac{r_v r_e}{Rr_v + r_v r_e + r_e R} E$



6

下記の問に答えよ。

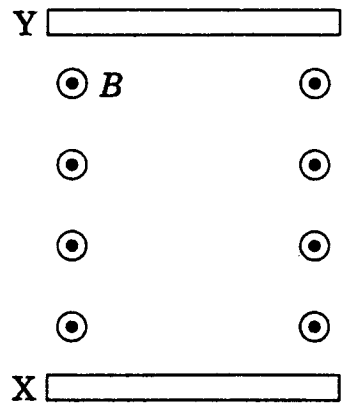
問16. 非常に長い直線状の導線 A と B が距離 2 m だけ離れて図のように置かれており、A には 4 A の電流が、B には 1 A の電流が同じ向きに流れている。2 つの導線を結ぶ線上で磁界の強さがゼロになる点はどこか。下記の中から正しいものを選べ。



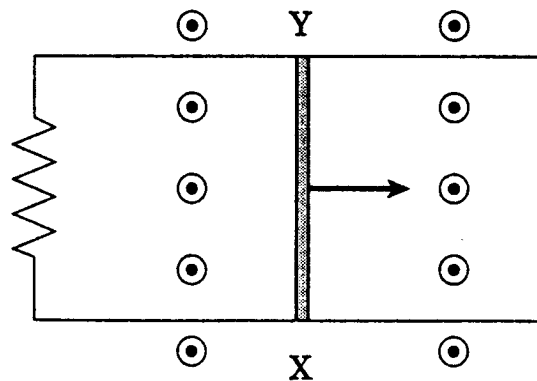
- a. A から左に $\frac{8}{3}$ m だけ離れた点
- b. A から左に $\frac{8}{5}$ m だけ離れた点
- c. A から右に $\frac{4}{3}$ m だけ離れた点
- d. A から右に $\frac{8}{5}$ m だけ離れた点
- e. A から右に $\frac{8}{3}$ m だけ離れた点

問17. 面積 S の平行板コンデンサーの両極板の間に磁束密度 B の一様な磁界を図のように作る。この磁界の中で電子を極板に平行に図の左から右へ速さ v で等速度運動させるには極板 X と Y にどのように電気量を与えればよいか。下記の中から正しいものを選び。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

- a. X に電気量 $+\epsilon_0 S v B$ を、 Y に $-\epsilon_0 S v B$ を与える
- b. X に電気量 $-\epsilon_0 S v B$ を、 Y に $+\epsilon_0 S v B$ を与える
- c. X に電気量 $+S v B / \epsilon_0$ を、 Y に $-S v B / \epsilon_0$ を与える
- d. X に電気量 $-S v B / \epsilon_0$ を、 Y に $+S v B / \epsilon_0$ を与える
- e. X に電気量 $-S v B$ を、 Y に $+S v B$ を与える



問18. $2\ \Omega$ の抵抗を含むコの字型の導体が図のように磁束密度 $2\ \text{T}$ の磁界に垂直におかれている。平行な2本の導体上に長さ $50\ \text{cm}$ の導体棒 XY をおき、これを一定の速さ $10\ \text{cm/s}$ で図の矢印の向きに動かした。回路を流れる電流についての下記の記事の中から正しいものを選び。



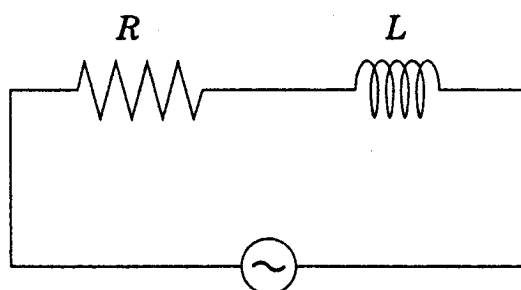
- a. 電流の大きさは $0.05\ \text{A}$ であり、電流の向きは X から Y への向きである
- b. 電流の大きさは $0.05\ \text{A}$ であり、電流の向きは Y から X への向きである
- c. 電流の大きさは $0.1\ \text{A}$ であり、電流の向きは Y から X への向きである
- d. 電流の大きさは $0.5\ \text{A}$ であり、電流の向きは X から Y への向きである
- e. 電流の大きさは $0.5\ \text{A}$ であり、電流の向きは Y から X への向きである

問19. 次の記述のうちで正しいものを選び。(複数解答)

- a. 交流の周波数が 50 Hz であるとき、その周期は 0.02 秒である。
- b. コイルと交流電源をつないだとき、流れる電流はコイルの両端の電圧よりも位相が $-\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいる。
- c. コンデンサーと交流電源をつないだとき、流れる電流はコンデンサーの両端の電圧より位相が $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいる。
- d. 変圧器において一次コイルの電圧に対する二次コイルの電圧の比は一次コイルの巻数に対する二次コイルの巻数の比に等しい。
- e. LC 共振回路においてコンデンサーの容量を 2 倍にすると共振周波数は $\frac{1}{2}$ 倍になる。

問20. 直列につながれた R の抵抗とインダクタンス L のコイルに図のように周波数 f の交流電源をつないだところ抵抗の両端の電圧が時間を t として $V_0 \sin(2\pi ft)$ になった。このとき、コイルの両端の電圧の実効値はいくらか。下記の中から正しいものを選び。

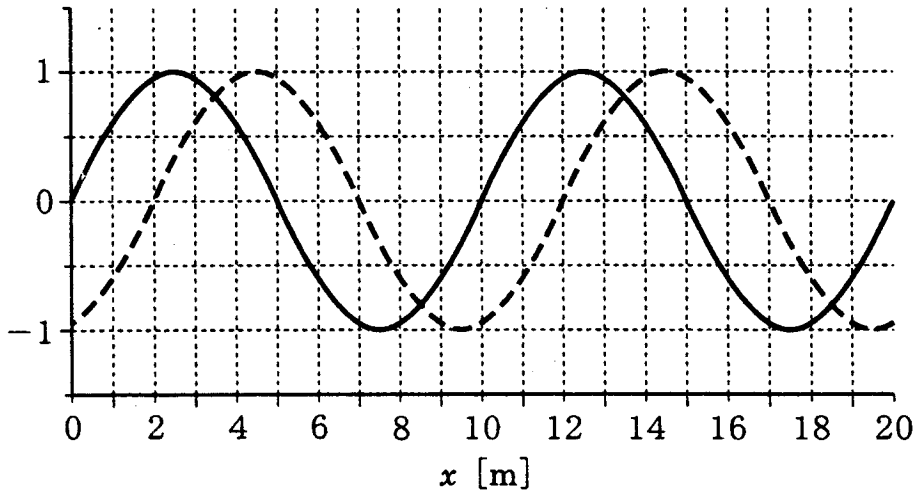
- a. $\frac{2\pi fLV_0}{R}$
- b. $\frac{\sqrt{2}\pi fLV_0}{R}$
- c. $\frac{\pi fLV_0}{R}$
- d. $\frac{\pi fLV_0}{\sqrt{2}R}$
- e. $\frac{\pi fLV_0}{2R}$



7

次の問 21 から問 25 に答えよ。

問21. 図は x 軸の正方向に進む波の変位を表したものであり、実線は時刻 $t=0$ におけるもの、破線は 1 秒後のものである。この波の振動数を求めよ。ただし、波の速さは 5 m/s より大きく、 20 m/s より小さいとする。



- a. 0.5 Hz b. 0.83 Hz c. 1.0 Hz d. 1.2 Hz e. 2.4 Hz

問22. ある凸レンズの前方 15 cm のところに物体をおいたところ、後方 30 cm の位置に実像ができた。この凸レンズで、前方 5 cm のところにある物体を見るとその倍率は何倍となるか。

- a. 2倍 b. 3倍 c. 4倍 d. 5倍 e. 10倍

問23. 振動数 500 Hz のおんさを鳴らしながら 2 m/s の速さで壁に近づけた。音さの後方に静止している観測者には音さから直接届く音と、壁に反射した音が届くためうなりが聞こえる。このうなりの振動数として最も正解に近いものを解答群より選べ。ただし、音速を 340 m/s とする。

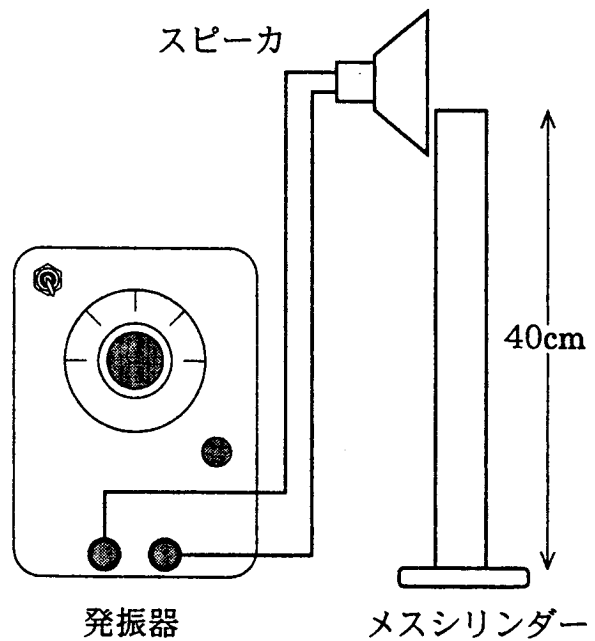
- a. 2 Hz b. 4 Hz c. 6 Hz d. 8 Hz e. 10 Hz

問24. 1.0 cm あたり 500 本のみぞが刻まれた回折格子に光をあてて 2 m 先のスクリーンに干渉じまを作ったところ、中央の明線と隣の明線の間の距離が 6.0 cm であった。この光の波長は何 m か。

- a. $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ b. $6.0 \times 10^{-6} \text{ m}$ c. $6.0 \times 10^{-5} \text{ m}$
 d. $6.0 \times 10^{-4} \text{ m}$ e. $6.0 \times 10^{-3} \text{ m}$

問25. 長さ 40 cm のメスシリンダー、発振器とスピーカを使って共鳴の実験をしたい。発振器の振動数がいくらかのところで共鳴が観測できると予想されるか。ただし、音速を 340 m/s とする。(複数解答)

- a. 213 Hz
 b. 425 Hz
 c. 638 Hz
 d. 850 Hz
 e. 1275 Hz



- 8 次の問26から問28はX線および電子線に関するものである。文章中の(ア)から(ウ)の中に入る式または語句として正しいものを解答群の中から選べ。ただし、プランク定数を h 、光の速さを c とする。

問26. 高電圧で加速された電子を金属にあてると、陽極よりX線が発生する。このX線の波長には最小値が存在する。この最短波長は、次のようにして求めることができる。いま、質量 m 、電荷 $-e$ の電子を電圧 V で加速したとすると、この電子が陽極に衝突する直前のエネルギーは(ア)である。このエネルギーが、発生する光子のエネルギーの最大値(振動数を f_0 とする)(イ)であると考え、光の波長と振動数の関係から、X線の最短波長 λ_0 は、(ウ)となる。

- | | | |
|-----------------------|---------------------|----------------------------------|
| a. (ア) $\frac{eV}{m}$ | (イ) hf_0 | (ウ) $\lambda_0 = \frac{mch}{eV}$ |
| b. (ア) $\frac{eV}{m}$ | (イ) $\frac{h}{f_0}$ | (ウ) $\lambda_0 = \frac{ceV}{mh}$ |
| c. (ア) eV | (イ) hf_0 | (ウ) $\lambda_0 = \frac{ch}{eV}$ |
| d. (ア) eV | (イ) $\frac{h}{f_0}$ | (ウ) $\lambda_0 = \frac{ceV}{h}$ |
| e. (ア) eV | (イ) hf_0 | (ウ) $\lambda_0 = \frac{ceV}{h}$ |

問27. 波の散乱では、入射波と散乱波の波長はかわらないが、物質によって散乱されたX線には、入射波と同じ波長 λ のものほかに、 λ より長い波長をもつものがある。この現象を(ア)という。この現象は、X線光子と電子との間の弾性衝突として説明される。すなわち、波長 λ の入射X線を、エネルギー $E=(イ)$ 、運動量 $p=(ウ)$ をもつ光子の流れと考え、エネルギー保存法則および運動量保存法則を使うことにより、現象を説明することができる。

- | | | |
|----------------|--------------------------|--------------------------|
| a. (ア) コンプトン効果 | (イ) $\frac{hc}{\lambda}$ | (ウ) $\frac{h}{\lambda}$ |
| b. (ア) コンプトン効果 | (イ) $\frac{h}{\lambda}$ | (ウ) $\frac{hc}{\lambda}$ |
| c. (ア) 光電効果 | (イ) $\frac{hc}{\lambda}$ | (ウ) $\frac{h}{\lambda}$ |
| d. (ア) 光電効果 | (イ) $\frac{h}{\lambda}$ | (ウ) $\frac{hc}{\lambda}$ |
| e. (ア) 光電効果 | (イ) $h\lambda$ | (ウ) hc |

問28. 電磁波(光やX線)が波という性質とともに粒子という性質をもつのであるから、電子は粒子の性質とともに波の性質をもつであろうとド・ブロイは考えた。すなわち、運動量 p の電子は波長 $\lambda =$ (ア) の波の性質をもつと考えた。この考えにより、質量 m 、電荷 $-e$ の電子が加速電圧 V で、静止状態から加速されたときの波長を求めてみよう。

電位差 V で加速された電子の運動エネルギーが、電場のした仕事と等しいとおくことにより、電子の運動量は $p =$ (イ) である。したがって、電子波の波長 $\lambda =$ (ウ) と求められる。電子波を応用したものに電子顕微鏡があるが、電子の波の性質により分解能が制限されている。

- | | | |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|
| a. (ア) $\frac{h}{p}$ | (イ) $\sqrt{2meV}$ | (ウ) $\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ |
| b. (ア) $\frac{h}{p}$ | (イ) $2meV$ | (ウ) $\frac{h}{2meV}$ |
| c. (ア) $\frac{h}{pc}$ | (イ) $\sqrt{2meV}$ | (ウ) $\frac{h}{c\sqrt{2meV}}$ |
| d. (ア) $\frac{h}{pc}$ | (イ) $2meV$ | (ウ) $\frac{h}{2mecV}$ |
| e. (ア) hp | (イ) $2meV$ | (ウ) $2mehV$ |

9

次の問 29 から問 30 に答えよ。

問29. 次の文章は放射線の性質に関するものである。文章が β 線に対応するものを選べ。(複数解答)

- a. 電離作用もけい光作用も最も強い放射線である。
- b. 原子核がこの放射線を放出すると原子番号が2だけ減り、質量数も4だけ減る。
- c. 原子核がこの放射線を放出すると、質量数は変わらないが、原子番号は1だけ増す。
- d. 原子核から放出される電子である。
- e. 透過力は最も強く、厚さ1 m ぐらいの鉄板も通り抜ける。

問30. 次の原子核に関する文章の下線部のうち、正しいものを選び。(複数解答)

- a. 陽子と中性子でできている原子核の質量は精密に測定すると、陽子と中性子が結合して原子核になったときにくらべ、ばらばらにあるときのほうが質量が小さい。この質量差を質量欠損という。
- b. $^{235}_{92}\text{U}$ は遅い中性子を吸収して核分裂する。
- c. 核分裂の連鎖反応が起こる限界の量を臨界量という。
- d. 連鎖反応が一定の割合で持続するとき、これを臨界状態という。
- e. 炭素一個が燃える反応は、



である。一方、 $^{235}_{92}\text{U}$ 一個の核分裂により解放される核エネルギーは約 200 MeV であるから、約 100 万倍 である。