

1

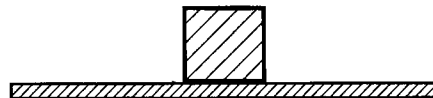
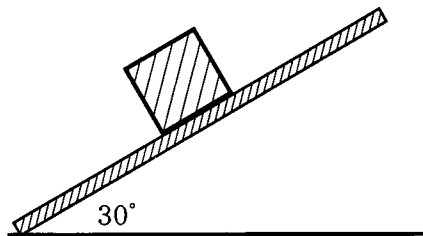
次の問に答えよ。

問 1. 次の記述で、正しいものを選び(複数解答)。

- a. 運動量保存の法則は、物体が分裂するときにも成り立っている。
- b. 物体に一定の力 F [N] を作用させているとき、物体は力の方向から角度 θ の方向へ s [m] 動いた。この間、力がした仕事は $Fs \sin \theta$ である。
- c. 非弾性衝突では、全運動量および全運動エネルギーともに変化する。
- d. 物体の運動量の変化は、その間に物体に与えられた力積に等しい。
- e. 物体にいくつかの力がはたらいても、その物体がある軸のまわりを回転しないためには、その軸のまわりの力の和が 0 でなければならない。

- 2 次の問 2 から問 6 に答えよ。ただし、重力の加速度は 9.8 m/s^2 ,
 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\pi = 3.14$ とする。

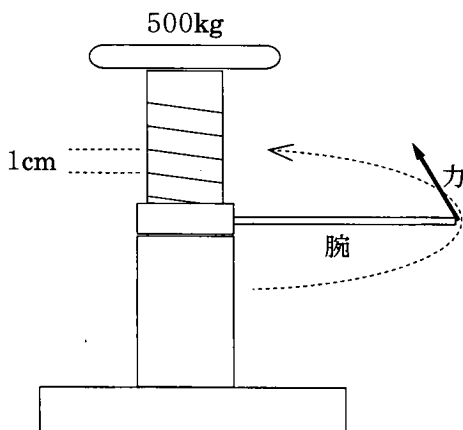
問 2. 斜面上に質量 1.0 kg の物体をのせ静かに傾けたところ、角度 30 度で物体が滑り出した。この斜面を水平にして同じ物体をのせた。この物体を動かすには最低何ニュートンの力が必要か。



- a. 4.9 N b. 5.7 N c. 7.0 N d. 9.8 N e. 11.4 N

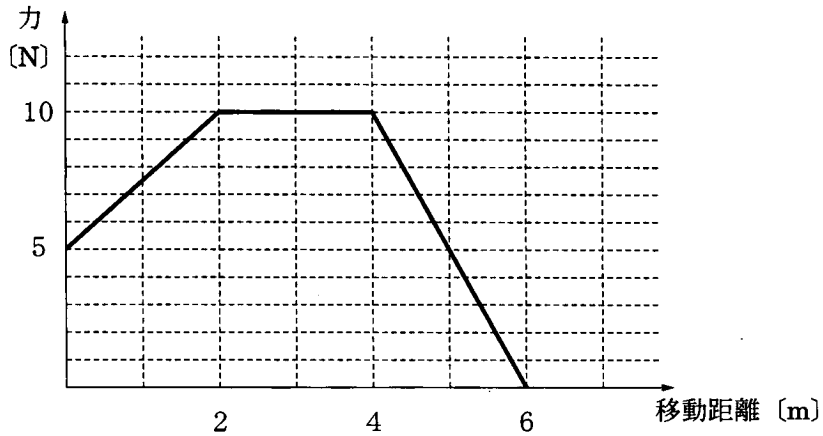
- 問 3. 40 m/s の速さで飛んできた質量 0.5 kg の物体を板で 20 m/s の速さで反対向きにはね返した。物体が板に当たっている時間は $\frac{1}{50}$ s であった。板が物体に加えた平均の力はいくらか。
- a. 500 N b. 1000 N c. 1500 N d. 2000 N e. 2500 N

- 問 4. 腕を押して水平面内で一周させるとネジの作用で 1 cm もちあがるジャッキがある。このジャッキには 50 cm の腕がついている。このジャッキで 500 kg の物体を持ち上げるには、腕をいくらの力で押せばよいか。ただし、力の向きは腕に直角で水平方向であり、また摩擦は無視するものとする。



- a. 0.98 N b. 1.95 N c. 3.9 N d. 7.8 N e. 15.6 N
- 問 5. 川の水を電動ポンプで 5 m の高さにあるタンクにくみ上げた。このポンプを使うと一分間に 1000 kg の水をくみあげることができた。このポンプの仕事率は何 W か。
- a. 83 W b. 817 W c. 934 W d. 1020 W e. 5000 W
- 問 6. ある物体の重さを停止しているエレベータ内の体重計で計ったところ、50 kgw を示した。同じ物体を上昇しているエレベータ内で計ったところ 60 kgw を示した。エレベータの加速度はいくらか。
- a. 0.2 m/s^2 b. 1.6 m/s^2 c. 2.0 m/s^2 d. 18 m/s^2 e. 22 m/s^2

- 3 なめらかで水平な床の上に静止している質量 10 kg の物体に糸をつけ水平に引いた。物体を引く力と、物体の移動距離の関係を測定しグラフにしたところ、以下のようなグラフができた。以下の問7と問8に答えよ。



- 問 7. 最初の 2 m の移動の間に外力が物体にした仕事はいくらか。
a. 10 J b. 15 J c. 30 J d. 40 J e. 50 J
- 問 8. 6 m 移動した時点での物体の速さはいくらになっているか。
a. 3.0 m/s b. 6.0 m/s c. 9.0 m/s d. 12 m/s e. 15 m/s

4 次の問9と問10に答えよ。

問9. 自然の長さが L [m] のバネの先端に小球をつけ、滑らかで水平な床の上で等速円運動をさせたところバネの長さは S [m] だけ伸びた。一分間の回転数は N 回であった。このバネの先端に同じ小球をつけて天井からつるしたときの振動の周期を表す式はどれか。重力の加速度を g とする。

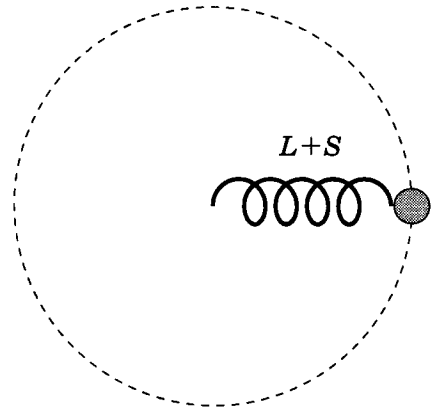
a. $\frac{60}{N} \sqrt{\frac{S}{L+S}}$

b. $\frac{60}{N} \sqrt{\frac{L+S}{S}}$

c. $\frac{30}{N} \sqrt{\frac{S}{L+S}}$

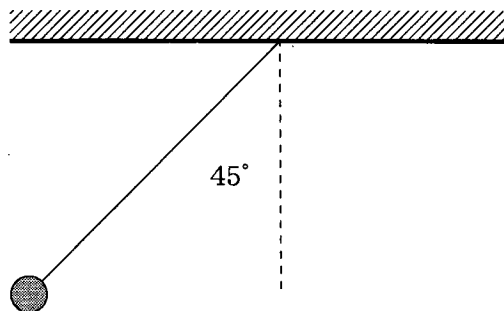
d. $\frac{30}{N} \sqrt{\frac{L+S}{S}}$

e. $2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$



問10. 等加速度運動している乗り物の中で、ある長さの糸の先におもりをつけた振り子を天井から静かにつるしたところ、鉛直線と 45° の角度を保った。

この振り子を小さな角度で振らせたときの周期は、乗り物が静止しているときの周期の何倍になるか。



a. $2^{-\frac{1}{4}}$

b. $2^{-\frac{1}{3}}$

c. $2^{-\frac{1}{2}}$

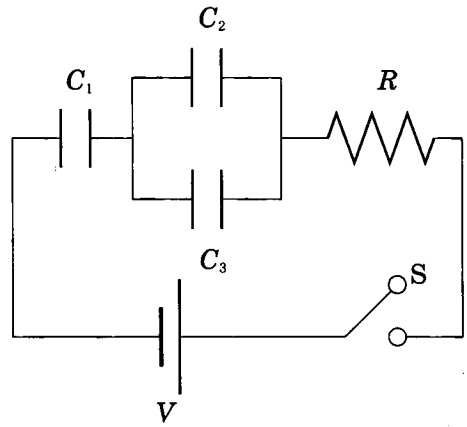
d. $2^{\frac{1}{2}}$

e. $2^{\frac{1}{3}}$

問11. つぎの記述で正しいものを選び(複数解答)。

- a. 電子による電界の大きさは、電子の位置からの距離に比例する。
- b. 電界中で外力のする仕事はその道筋によらず、始点と終点の位置関係だけで決まる。
- c. 電子による電位は電子の位置からの距離に反比例する。
- d. 導体の静電誘導は自由電子の移動によって起こる。
- e. 不導体(誘電体)の誘電分極は導体の静電誘導と同じである。

- 6 初め電荷をもたない電気容量が $C_1 = 0.200 \mu\text{F}$, $C_2 = 0.500 \mu\text{F}$, $C_3 = 0.300 \mu\text{F}$ の3つのコンデンサーと抵抗 $R = 10.0 \Omega$ を図のように接続して, $V = 6.0 \text{ V}$ の電池につなぎ充電した。以下の問12から問14に答えよ。



- 問12. 3つのコンデンサー C_1 , C_2 および C_3 の合成容量はいくらか。
- a. $0.48 \mu\text{F}$ b. $0.320 \mu\text{F}$ c. $0.240 \mu\text{F}$
d. $0.160 \mu\text{F}$ e. $0.120 \mu\text{F}$

問13. スイッチ S を閉じてから十分時間が経ったとき、3つのコンデンサーに蓄えられた総エネルギー U はいくらか。

a. $U = 2.88 \times 10^{-6} \text{ J}$,

b. $U = 4.20 \times 10^{-6} \text{ J}$,

c. $U = 5.12 \times 10^{-6} \text{ J}$

d. $U = 6.24 \times 10^{-6} \text{ J}$

e. $U = 9.60 \times 10^{-6} \text{ J}$

問14. 電池がした仕事 W と3つのコンデンサーに蓄えられた総エネルギー U との差はどうなったか。

a. W と U に差はない。

b. 充電の間に W の $\frac{1}{5}$ は抵抗 R によってジュール熱になる。

c. 充電の間に W の $\frac{1}{4}$ は抵抗 R によってジュール熱になる。

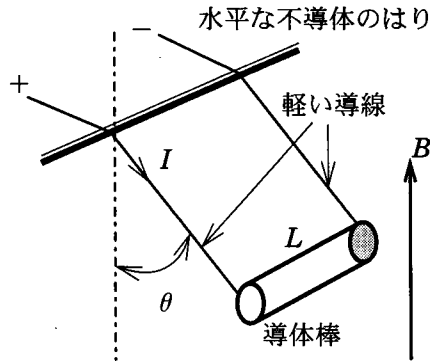
d. 充電の間に W の $\frac{1}{3}$ は抵抗 R によってジュール熱になる。

e. 充電の間に W の $\frac{1}{2}$ は抵抗 R によってジュール熱になる。

問15. つぎの記述で正しいものを選び(複数解答)。

- a. 運動する荷電粒子にはたらくローレンツ力は常に荷電粒子の運動方向にはたらくから、粒子に対して仕事をしない。
- b. 磁界の中で導線が運動するとき、これによって生じる誘導電流が磁界から受ける力は、必ず運動を妨げる向きにはたらく。
- c. 日本では、中部地方を境にして、東では 60 Hz、西では 50 Hz の交流が用いられている。
- d. 交流の電圧計、電流計は、瞬時値を示すように作られている。
- e. 交流回路におけるコンデンサーでの消費電力はゼロである。

- 8 質量 m [kg], 長さ L [m] の導体棒を, 軽い導線で水平につるし, 鉛直上向きの磁束密度 B [T] の一様な磁界中に置く。 I [A] の電流を導体棒に流したら, 図のように, 導体棒をつるした導線と鉛直との角が θ になってつりあった。 重力加速度の大きさを g [m/s²] としてつぎの間 16 と問 17 に答えよ。



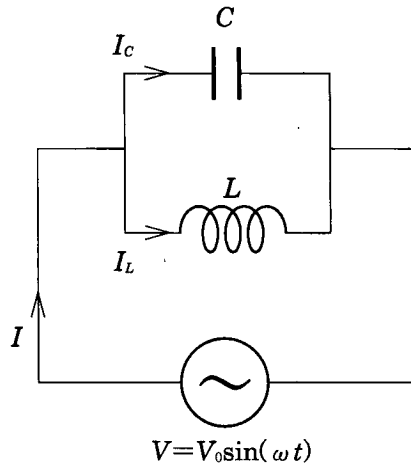
問16. 導体棒を流れる電流が磁界から受ける力の大きさ F はいくらか。

- a. $F = 4IBL$ b. $F = 2IBL$ c. $F = IBL$
d. $F = \frac{1}{2}IBL$ e. $F = \frac{1}{4}IBL$

問17. $\tan \theta$ の値を求めよ。

- a. $\tan \theta = \frac{IBL}{mg}$ b. $\tan \theta = \frac{2IBL}{mg}$ c. $\tan \theta = \frac{3IBL}{mg}$
d. $\tan \theta = \frac{4IBL}{mg}$ e. $\tan \theta = \frac{5IBL}{mg}$

- 9 電気容量 C [F]、自己インダクタンス L [H] のコンデンサーとコイルが、交流電源に図のようにつながれている。電源電圧は $V = V_0 \sin(\omega t)$ [V] で、角周波数 ω [rad/s] は可変である。コイルとコンデンサーおよび電源を流れる電流の瞬時値を図の向きにそれぞれ I_L 、 I_C 、 I [A] として、以下の問 18 から問 20 に答えよ。



問18. 自己インダクタンス L のコイルを流れる電流の瞬時値 I_L を表す式を求めよ。

- a. $I_L = \frac{V_0}{2\omega L} \sin(\omega t - \pi)$ b. $I_L = \frac{V_0}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$
 c. $I_L = \frac{2V_0}{\omega L} \sin(\omega t)$ d. $I_L = \frac{V_0}{\omega L} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
 e. $I_L = \frac{V_0}{2\omega L} \sin(\omega t + \pi)$

問19. 電気容量 C のコンデンサーを流れる電流の瞬時値 I_C を表す式を求めよ。

- a. $I_C = 2\omega CV_0 \sin(\omega t - \pi)$ b. $I_C = \omega CV_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$
 c. $I_C = \frac{1}{2}\omega CV_0 \sin(\omega t)$ d. $I_C = \omega CV_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
 e. $I_C = 2\omega CV_0 \sin(\omega t + \pi)$

問20. 電源から流れる電流の瞬時値 I が最小となる周波数 f はいくらか。

a. $f = \frac{1}{\pi \sqrt{LC}}$

b. $f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

c. $f = \frac{2}{\pi \sqrt{LC}}$

d. $f = \frac{1}{2 \sqrt{LC}}$

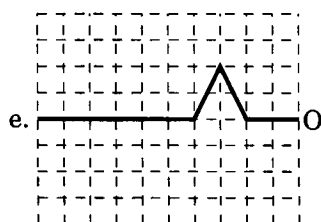
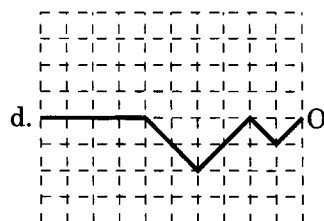
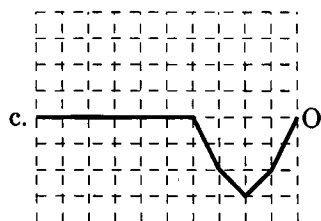
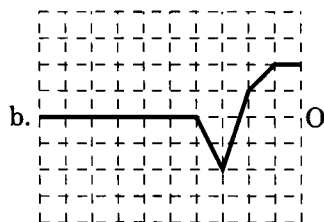
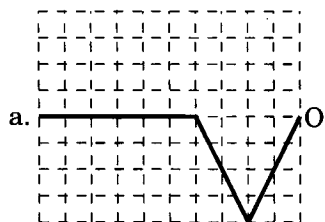
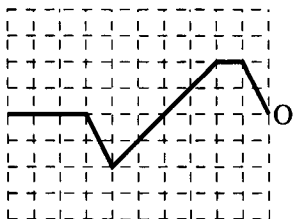
e. $f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$

10 波に関する以下の問 21 から問 25 に答えよ。

問21. 波に関する以下の文章で正しいものを選び(複数解答)。

- a. ある時刻の波面が与えられたとき、この波面上の各点が波源となり 2 次的に素元波が作られる。これらの素元波のすべてに接する面が後の時刻の新しい波面である。
- b. 波が障害物のすき間を通り抜けて、障害物の背後に回り込む現象を波の回折というが、波の波長がすき間の大きさに比べて十分小さいとき波の回折は目立たなくなる。
- c. 両端が開いた細いパイプの一端を吹き基本音を発生させた。次に、このパイプの片方の端を閉じて基本音を発生させたとき、この音は前の音よりも高かった。
- d. 閉管の倍音の振動数は基本音の振動数の整数倍であるが、開管の倍音の振動数は基本音の奇数倍である。
- e. 同じ振動数の 2 つのおんさ A と B を、共鳴箱の口が互いに向き合うように置き、A だけを鳴らす。のちに A を止めても B は鳴り続けている。この現象を共鳴という。

問22. 図のような波が境界Oに向かって進み固定端反射しようとしている。波は1秒間に1マス進むとして、図より3秒後の波形を求めよ。



問23. 振動数 f (Hz) の音を出しながら岸壁に近づく船がある。スピーカは船の先頭に設置されており、船の後方に人が乗っている。この人は岸壁で反射した音とスピーカから直接聞こえる音から生じた毎秒 n 回のうなりを聞いた。静止した空気に対する音の速さを V (m/s) とすると、船の速さとして正しいのはどれか。

- a. $\frac{2nV}{2f-n}$ b. $\frac{nV}{2f-n}$ c. $\frac{nV}{f-n}$
 d. $\frac{nV}{f+n}$ e. $\frac{nV}{2f+n}$

問24. 静かな水面上に一様な厚さ 5.0×10^{-7} m の油の薄膜が浮かんでいる。この油膜に垂直に白色光をあて、反射した光のスペクトルを調べたとき干渉により強められた明るい線は何色現れるか。ただし、油の屈折率を 1.5、水の屈折率を 1.3、空気の屈折率を 1.0、白色光に含まれる可視光の範囲を 3.8×10^{-7} m から 7.7×10^{-7} m とする。

- a. 1色 b. 2色 c. 3色 d. 4色 e. 5色

問25. 光に関する以下の文章で正しいものを選び(複数解答)。

- a. 空気の絶対屈折率は 1 に非常に近いが、1 より大きい。このようにどんな物質もその絶対屈折率は 1 以下にならない。
 b. 平面鏡に自分の全身を映しだすとき、少なくとも必要な鏡の長さは鏡から遠ざかるにつれて小さくなる。
 c. 凸レンズの焦点より遠くに置かれた物体の像は常に実像であり、倍率は常に 1 より小さい。
 d. 凸レンズとその焦点の間に置かれた物体の像は常に虚像であり、倍率は常に 1 より大きい。
 e. 凹レンズによって作られる物体の像は常に虚像であり、倍率は常に 1 より小さい。

問26. 以下の文章で正しいものを選べ(複数解答)。

- a. X線は電磁波の一種であるが、粒子としてふるまうこともある。X線の粒子としての運動量は波長に反比例し、エネルギーは振動数に比例する。
- b. X線を静止している電子に当てると、入射X線の波長より長い波長の散乱X線が放射される。入射X線と散乱X線との波長のずれは散乱角が小さいほど大きい。
- c. 電子が波動としてふるまうときの波を電子波という。電子波の波長は電子の運動量に反比例する。電子をある電圧で加速したとき、この電子が得る運動量は電圧に比例する。
- d. 水素原子がある定常状態からエネルギーが小さい他の定常状態に移るとき電磁波が放出される。この電磁波の波長は2つの定常状態のエネルギーの差に比例する。
- e. 原子核を構成しているのは陽子と中性子である。陽子は正電荷をもち、陽子間にはクーロン斥力が働くので、原子核が安定に存在するためにはクーロン斥力より強い引力が必要である。この力を核力という。

問27. 光電管を使用して光電効果の実験を行ったところ下の図1 および図2の結果を得た。図1は振動数を一定にして陽極電圧を変えたときの光電流を測定したものである。また、図2は光の振動数を変えて光電子の運動エネルギーの最大値を求めたものである。以下の文章で正しいものを選び(複数解答)。

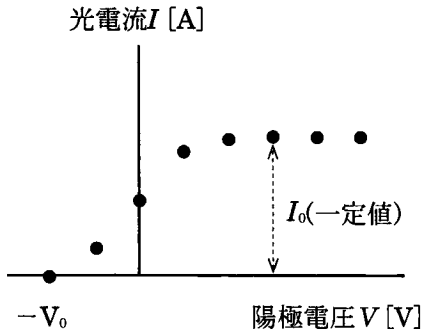


図1

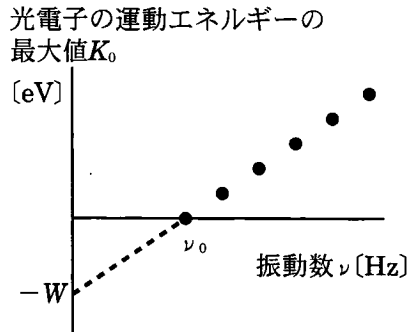


図2

- 光の振動数を大きくすると電流 I_0 は増加する。
- 光の振動数を大きくすると電圧 V_0 は増加する。
- W は金属中の電子1個を外に取り出すのに要する最小のエネルギーであり、金属の種類によって値が異なる。
- 図2の測定点の傾きは金属の種類によって少しずつ異なる。
- 運動エネルギーの最大値 K_0 は電流 I_0 に比例する。

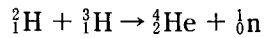
問28. 水素原子のボーア模型によると水素原子のエネルギー準位 E_n [J]は、静電気力の比例係数を k [Nm²/C²], 電気素量を e [C], 電子の質量を m [kg], プランク定数を h [Js], 自然数を n として

$$E_n = -\frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2 n^2}$$

で与えられる。これに対応する電子の円軌道の半径を求めよ。

- $\frac{h^2 n^2}{4\pi^2 k e^2 m}$
- $\frac{h^2 n^2}{2\pi^2 k e^2 m}$
- $\frac{h^2 n^2}{\pi^2 k e^2 m}$
- $\frac{2h^2 n^2}{\pi^2 k e^2 m}$
- $\frac{4h^2 n^2}{\pi^2 k e^2 m}$

問29. 次の核融合反応



によって発生するエネルギーを下記より選べ。ただし、 ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^1_0\text{n}$ の質量をそれぞれ $3.344 \times 10^{-27} \text{ kg}$, $5.008 \times 10^{-27} \text{ kg}$, $6.646 \times 10^{-27} \text{ kg}$, $1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$ とし、真空中の光の速さを $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$, 電気素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

- a. 12 MeV b. 17 MeV c. 22 MeV
d. 27 MeV e. 32 MeV

問30. ${}^{238}_{92}\text{U}$ がそれぞれ複数回の α 崩壊と β 崩壊を経て ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ に変化した。 β 崩壊の回数を下記より選べ。

- a. 2回 b. 4回 c. 6回 d. 8回 e. 10回