

# 物 理

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

## I

問1 以下の記述の中から不適切なものを選び番号で答えよ。

- ① 窓を通過する音波は回折する。
- ② 水面上の波長の異なる波は干渉する。
- ③ 空気中の音波が共鳴を引き起こすことがある。
- ④ 弦を伝わる波は弦の張力が小さいほど速く進行する。
- ⑤ 海底の地表面で発生する地震の横波は地表面を進行できる。

問2 水の入った試験管に油を入れ、水の上に油の層を作り、月面に置いた。水が沸騰しないための油層の厚みの下限を求めよ。ただし、水も油も温度は 291 K、この温度における水の蒸気圧は 2.0 kPa、油の蒸気圧はゼロ。水の密度は  $1000 \text{ kg/m}^3$ 、油の密度は  $900 \text{ kg/m}^3$ 。地球の重力加速度  $10 \text{ m/s}^2$ 、月面の重力加速度は地球の  $1/6.0$ 。月面上は真空である。一般に、蒸気圧より圧力が低いと液体は沸騰する。

問3 真空中でセシウムに波長 500 nm の光を当てたとき、飛び出す光電子の最大運動エネルギーを eV 単位で答えよ。但し、セシウムの仕事関数を 1.9 eV とし、必要に応じて以下を利用せよ。

真空中の光速  $= 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、電気素量  $= 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、プランク定数  $= 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Ⅱ 摩擦に関する以下の問に答えよ。必要ならば以下の公式を用いよ。

$$\sin(A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$$

$$\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$$

$$\tan(A+B) = \frac{\tan A + \tan B}{1 - \tan A \tan B}$$

斜面に物体をのせ、斜面の傾斜角度をゆっくりと大きくしていったところ、ある角度 $\phi$ で物体が滑り出した。重力加速度の大きさを $g$ 、物体と斜面との静止摩擦係数を $\mu$ 、物体の質量を $m$ とする。

問1 この角度 $\phi$ の名称を書け。

問2  $\phi$ を用いて $\mu$ を表せ。

図1に示すように、傾斜角 $\theta$ の斜面上に物体 $m$ を置き、物体に水平方向の力 $F$ を加え、物体を斜面に沿って上向きに動かす場合を考える。物体と斜面との静止摩擦係数を $\mu$ 、物体に働く重力の大きさを $W(=mg)$ とし、 $W > 0$ 、 $F > 0$ とする。力 $F = 0$ のとき、物体は斜面上に静止しており、静止摩擦係数と動摩擦係数は等しいと仮定する。

問3  $F$ を少しずつ大きくしていったところ、ある大きさの時、物体が動き始めた。このときの $F$ を $W$ 、 $\theta$ 、 $\phi$ を用いて表せ。

問4 問3で求めた $F$ を物体に加え、物体を斜面に沿ってゆっくり上向きに動かした。この過程における仕事の効率、すなわち、物体が得た位置エネルギーと物体を動かすために力 $F$ がした仕事との比（0～1の値になる）を $\theta$ 、 $\phi$ を用いて表せ。

問5  $\theta = \phi$ のとき、仕事の効率の最大値を有効数字2桁で求めよ。ただし、 $0.01 \leq \tan \phi \leq 1$ とする。

問6 図2に示すように、物体 $m$ が静止している状態で水平な力 $f$ を少しずつ大きくしながら物体に加えたところ、物体が斜面に沿って下向きに動き始めた。このときの $f$ を $W$ 、 $\theta$ 、 $\phi$ を用いて表せ。

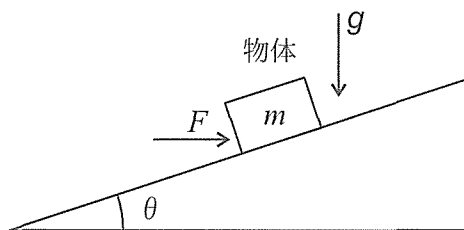


図1

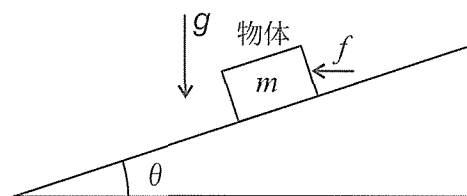


図2

## III

問1 図1に示すように、半径  $R$  の円の直交する直径の両端に点電荷  $Q$  を固定した。質量  $m$  の点電荷  $q$  を無限遠からゆっくり運び、円の中心から垂直距離  $R$  の位置に固定した。重力は無視でき、静電気のクーロンの法則の定数を  $k_0$  として、以下の問に答えよ。

- (1) 点電荷  $q$  を運ぶのに要した外力の仕事はいくらか。
- (2) 点電荷  $q$  の固定をはずした直後の点電荷  $q$  の加速度の大きさはいくらか。
- (3) 十分に時間が経ち一定になった点電荷  $q$  の速さはいくらか。

問2 図2に示すように、電圧 $E$ の電池、スイッチ $S$ 、抵抗値 $R_1$ 、 $R_2$ の抵抗、電気容量 $C$ のコンデンサー、自己インダクタンス $L$ のコイルを使い回路を作った。以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 図①～③について、Sを閉じた直後に抵抗 $R_1$ を流れる電流はいくらか。ただし、Sを閉じる直前のコンデンサーの電荷量は0である。
- (2) 図①～③について、Sを閉じて十分に時間が経ったとき、抵抗 $R_1$ を流れる電流は一定になった。その値を求めよ。
- (3) 図③～⑥について、電池を交流電源に置き換えてSを閉じたところ、ある周波数のときにひとつの回路で抵抗 $R_1$ を流れる電流の振幅が0になった。どの回路かを答えよ。

問3 図3に示すように、磁束密度  $B$  の一様な磁場中で、水平面内に置いた間隔  $L$  の2本の平行な金属レールの上に質量  $M$  の導体棒  $ab$  をのせ、スイッチ  $S$ 、抵抗  $R$  の抵抗、電圧  $E$  の電池を接続し回路を作った。レールおよび導体棒の抵抗はゼロであり、導体棒はレールに対して垂直な向きを保ったまま動く。重力加速度を  $g$  として以下の間に答えよ。

- (1) S を閉じたとき、導体棒にはレールに平行で a から a' の向きの力が働き動き出した。  
このときの磁束密度  $B$  の磁場の向きを以下の選択肢から選んで答えよ。
- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| ア) 鉛直下向き               | イ) 鉛直上向き               |
| ウ) 導体棒に平行で a から b の向き  | エ) 導体棒に平行で b から a の向き  |
| オ) レールに平行で a から a' の向き | カ) レールに平行で a' から a の向き |

レールと導体棒の間には動摩擦係数  $\mu$  の摩擦があるとして、以下の問に答えよ。但し、電流による磁場の変化は無視できる。

- (2) S を閉じてしばらくすると、導体棒の速さ  $v$  は一定になった。このとき抵抗  $R$  を流れる電流  $I$  と導体棒の速さ  $v$  を求めよ。ただし、 $\mu$ ,  $M$ ,  $g$ ,  $R$ ,  $B$ ,  $L$ ,  $E$  のみを用いた式で答えよ。
- (3) (2) の状態で電池が供給する電力を  $P$ , 抵抗  $R$  で単位時間に発生するジュール熱を  $Q_R$ , レールと導体棒の間で単位時間に発生する摩擦熱を  $Q_\mu$  とする。 $P$ ,  $Q_R$ ,  $Q_\mu$  のそれぞれを  $\mu$ ,  $M$ ,  $g$ ,  $R$ ,  $B$ ,  $L$ ,  $E$  を用いた式で表し、エネルギー保存の法則が成立することを説明せよ。

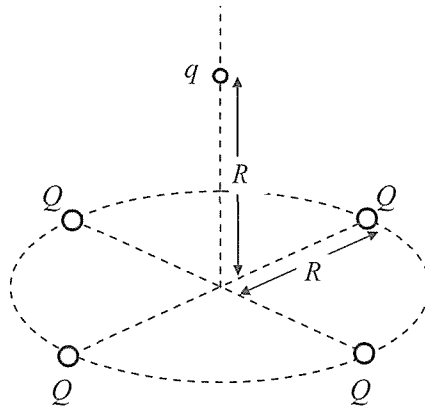


図 1

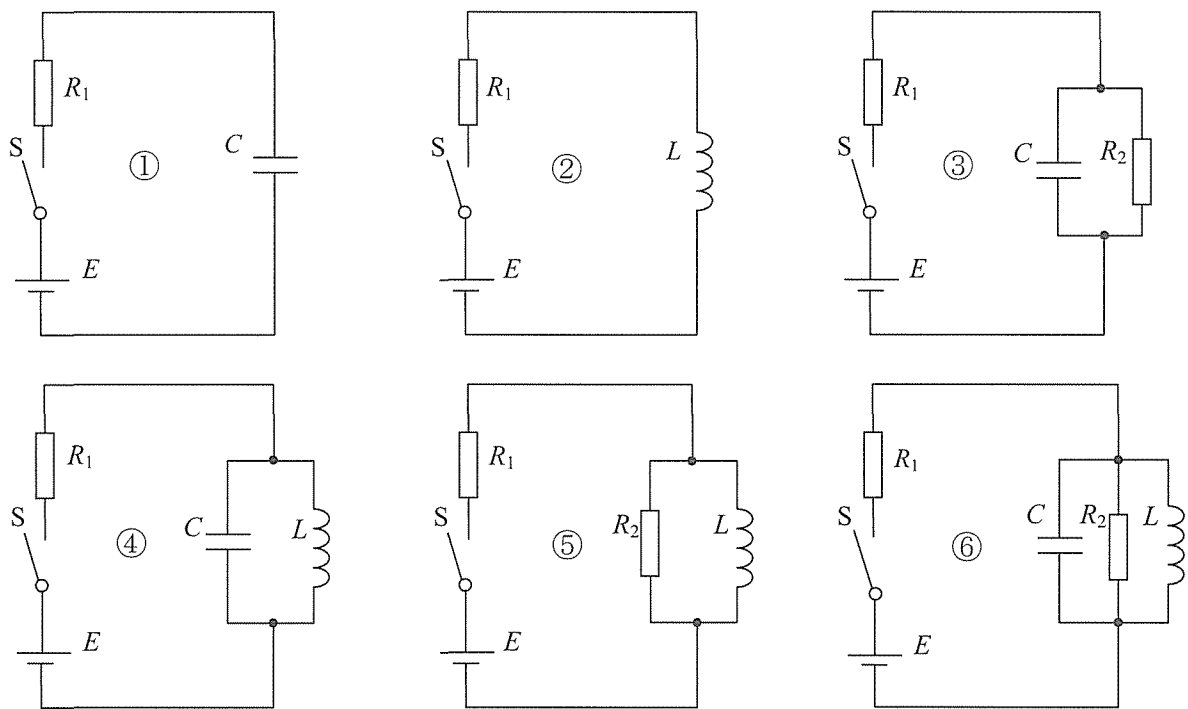


図 2

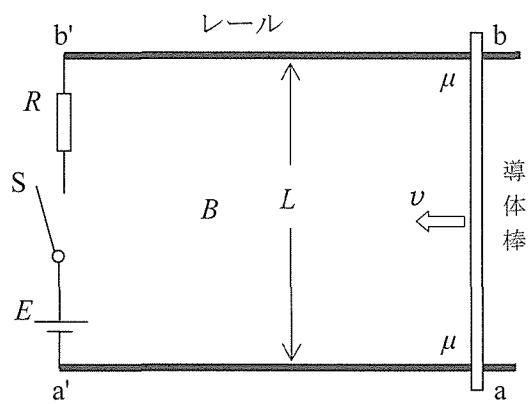


図 3

IV 以下の①～⑨の空欄に入る適切な語句、数値、式を答えよ。数値の場合は⑤のみ有効数字2桁とし、他は1桁とせよ。②と⑨は選択肢から1つ選び記号で答えよ。必要に応じて以下を利用せよ。

$^{52}\text{Te}$ ,  $^{53}\text{I}$ ,  $^{54}\text{Xe}$ ,  $^{55}\text{Cs}$ ,  $^{56}\text{Ba}$ , Kの原子量=39, アボガドロ数= $6.0 \times 10^{23}$ ,  
1年= $3.2 \times 10^7$ 秒, 電気素量= $1.6 \times 10^{-19}$ C

②の選択肢：

(a) 乳房 (b) 甲状腺 (c) 肺 (d) 骨 (e) 腎臓 (f) 骨髄

⑨の選択肢：

(a)  $2 \times 10^{-6}$  (b)  $2 \times 10^{-5}$  (c)  $2 \times 10^{-4}$  (d)  $2 \times 10^{-3}$  (e)  $2 \times 10^{-2}$  (f)  $2 \times 10^{-1}$

放射性同位元素 ① は、 $\beta^-$ 線を放出し  $^{131}\text{Xe}$  に壊変する。① を体内に取り込むと ② に蓄積しやすいことが知られているが、一方で徐々に体外に排出される。体内に取り込まれた放射性同位元素が体外への排出によって半分になるまでにかかる時間を生物学的半減期といい、放射性同位元素の数が壊変によって元の数の半分になるまでにかかる時間を物理的半減期という。この2つの半減期を考慮したものが内部被曝（体内被曝）の際の実質的な半減期で、実効半減期という。物理的半減期を  $T_1$  とし、元の放射性同位元素の数を  $N_0$  とすると、時間  $t$  だけ経過した後に壊変せずに残っている放射性同位元素の数  $N$  は、 $N =$  ③ となる。また、生物学的半減期を  $T_2$ 、実効半減期を  $T_3$  とした場合、 $T_3$  を  $T_1$  と  $T_2$  を使って表すと、 $T_3 =$  ④ となり、① について、 $T_1$  を 8.0 日、 $T_2$  を 80 日とした場合、 $T_3$  は、⑤ 日となる。

放射性同位元素による内部被曝の要因として、体内に存在する  $^{40}\text{K}$  が挙げられる。体内には重量比で 0.20% の K が含まれ、K 全体に占める  $^{40}\text{K}$  の重量比は 0.012% である。体重 50kg の人に含まれる  $^{40}\text{K}$  の質量は ⑥ kg となる。 $N$  個の放射性同位元素があるとき、その放射能の強さ  $A$  は、 $A = 0.69 \frac{N}{T_1} [\text{Bq}]$  で表され、 $^{40}\text{K}$  の半減期が  $1.3 \times 10^9$  年であることを利用すると、体重 50kg の人の体内における  $^{40}\text{K}$  の放射能の強さは ⑦ Bq となる。但し、ここでの  $T_1$  は秒単位の物理的半減期とする。

ある放射性同位元素から発生する  $\gamma$  線のエネルギーが 2 MeV であり、放射能の強さが一定値 500Bq で、この  $\gamma$  線のエネルギー全てが人体に均一に吸収されるとき、体重 50 kg の人に対する吸収線量は 1 時間当たり ⑧ Gy となる。

また、日本における年間自然被曝線量は約 ⑨ Sv である。

平成24(2012)年度 医学部 問題訂正

教科・科目	誤	→	正
物理		→	<p>p.6 Ⅲ 問1.  電荷<math>Q</math>, <math>q</math>は同符号とする。                    ↑  この一文を本文に追加</p>