

平成22年度入学試験問題（前期日程）

理 科  
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	5 ページまで
化 学	6 ページから	8 ページまで
生 物	9 ページから	10 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

# 物 理

1 以下の文章中の  に最も適切な数値、数式、または選択肢の記号を記入せよ。(20点)

問 1 高さが 44.1 m のビルの頂上より鉄球を静かにはなすと、 (1) 秒後に地面に達した。そのときの速さは  (2) [m/s] である。ただし、重力加速度を  $9.8 \text{ m/s}^2$  とし、空気抵抗、浮力、風の影響は無視する。

問 2 半径が地球の 0.5 倍である球形の惑星がある。この惑星上の実験室で、液体の中に物体を入れたところ、その浮力は地球の場合の 0.4 倍であった。このことから、惑星の質量は地球の  (3) 倍であることがわかる。次に、物体が液体中を沈降してその速度が一定になったとき、速度(終端速度)の大きさは地球の場合の  (4) 倍となる。ただし、液体の密度と物体の体積は両惑星間で不変とし、液体中で物体が受ける抵抗力は物体の速度に比例するとする。

問 3  $2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$  の正電荷と  $-2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$  の負電荷が 3.0 m の距離をへだたてて置かれている。このとき、両者にはたらく力の大きさは、 (5) [kg] の物体にはたらく重力に等しい。ただし、重力加速度を  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、クーロンの法則の比例定数を  $9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$  とする。

問 4 長さ 1 m の銅線を張力を一定にして水平に張り、その中央に磁石を使って銅線に垂直な磁場(磁界)をかけておく。いま、銅線に交流電流を流してその周波数を徐々に増大させると、銅線はある周波数  $f_0$  [Hz] で磁石の位置を腹とする基本振動を始めた。交流の周波数をさらに上げていったとき、次に銅線が大きく振動するのは  (6) [Hz] のときである。ただし、銅線に加わる重力の影響はないものとする。

問 5 ウランを毎秒 0.1 g 反応させて  $8.2 \times 10^9 \text{ J/s}$  の熱を発生できる原子力発電所がある。発生した熱を電力に変える発電の熱効率が 30 % とすると、この発電所の電気出力は  (7) [W] である。残りの熱は冷却水として放出される。25 °C の冷却水が 35 °C で排出されるとすると、放出される冷却水は毎秒  (8) トンとなる。ここで 1 トンは  $10^3 \text{ kg}$  である。また、水の比熱は  $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$  とする。

問 6  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  の氷 500 g を  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  の水に変化させるのに、 (9) [J] の熱が必要である。ただし、氷の比熱を  $2.1 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、氷の融解熱を  $330 \text{ J/g}$ 、水の比熱を  $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$  とする。

問 7 次のそれぞれの文章が正しいときには 1 を、間違っているときには 0 を割り当てる。それらの数字を(1)(2)(3)(4)の順に書くと  (10) となる。

- (1) 光は物質の中で速さを変える。物質の絶対屈折率を  $n$  とすると、その中の光速は真空中の光速に比べて  $n$  倍になる。
- (2) 光は横波なので、2 枚の偏光板を光が透過するように重ねておいて、一方を 180 度回転すると光は透過しなくなる。
- (3) 電子レンジに利用されているマイクロ波は光よりも波長が短い。
- (4) 光は全反射を起こすので、水の中の魚は水面の上のいかなる物体も見ることができない。

- 2 図2—Iのように、長さ  $l$  の糸の一端が点  $Q$  に固定され、他の一端  $P$  に質量  $m$  のおもりがつけられている。おもりは、糸につながれていることを除けば、点  $Q$  を含む鉛直面内を自由に動けるものとする。おもりの大きさ、糸の質量、および摩擦などは無視できるとする。また、糸は伸び縮みしないとする。おもりの最下点を点  $O$ 、重力加速度を  $g$  とし、以下の各問に答えよ。(15点)

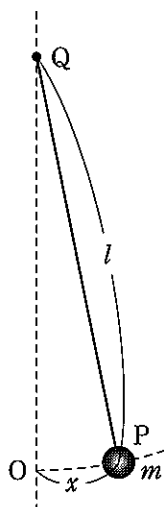


図2—I

A 点  $O$  から  $P$  までの円弧にそって測ったおもりの変位を  $x$  とする ( $x$  は右側に振れているときを正にとる)。円弧にそって  $a$  ( $a$  は  $l$  に比べて十分小さい) だけ右に動かした位置でおもりを静かにはなしたところ、おもりは十分小さな振れの角で振動を始めた。

問1 変位が  $x$  のときの、おもりにはたらく円弧の接線方向の力  $F$  を求めよ。おもりが点  $O$  から右に進むときの向きを接線方向の正とする。また、そのときのおもりの位置エネルギー  $U$  を求めよ。位置エネルギーの基準点は点  $O$  とする。ただし、 $F$  と  $U$  を求めるとき、 $|\phi|$  が十分小さいときに成り立つ式

$$\sin \phi \doteq \phi, \quad \cos \phi \doteq 1 - \frac{1}{2} \phi^2$$

を用いよ。

問2 図2—IIのように、点  $Q$  と  $O$  を結ぶ線上にあり、点  $O$  から距離  $l'$  ( $l' < l$ ) の点  $R$  に、振り子の振動面に対して垂直に細い棒をおいた。糸が棒にかからず張った状態で、点  $O$  から円弧にそって  $b$  だけ右に動かした位置でおもりを静かにはなしたところ、振動した。ただし、左に振れたときのおもりの変位  $x$  ( $x < 0$ ) は、半径  $l'$  の円弧にそって測るものとする。また、 $b$  は  $l'$  に比べて十分小さいとする。

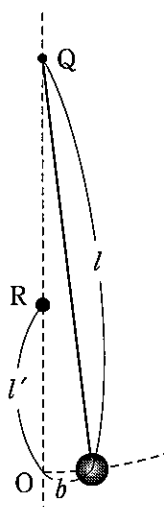


図2—II

- (1) おもりの振動の周期を求めよ。
- (2) 左に振れたときの変位の大きさの最大値を求めよ。

B おもりを点 O から初速  $v_0$  で運動させたところ、図 2—Ⅲのように、糸が張った状態でおもりは最上点 A に達した。おもりが点 A に到達するまでの間、糸の張力  $T$  は、振れの角  $\theta$  を用いて

$$T = mg(3 \cos \theta - 2) + \frac{mv_0^2}{l}$$

で与えられる。

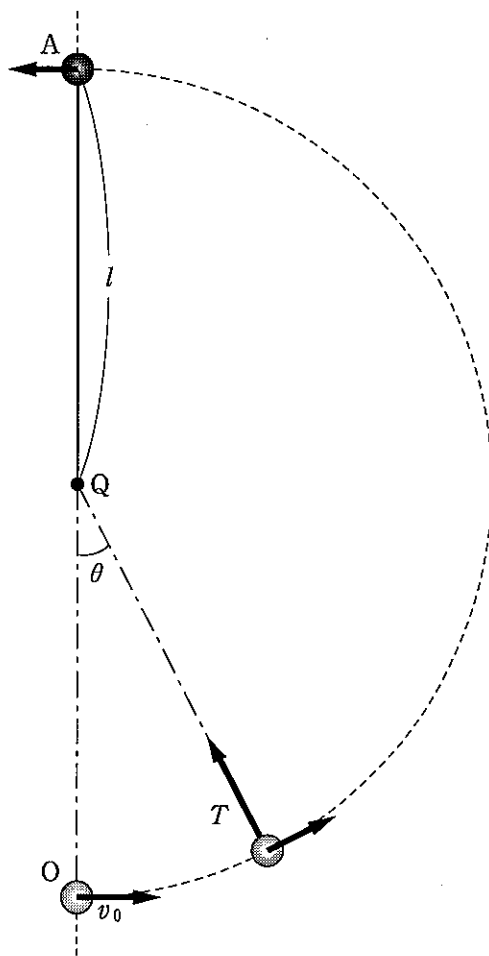


図 2—Ⅲ

問 3 おもりが点 A に到達できる条件と、点 A で糸が張っている条件から、このような運動を引き起こす  $v_0$  の最小値を求めよ。

問 4 点 A に到達した後、おもりはどのような運動をするか。以下の選択肢の中から適切なものを 1 つ選んで答えよ。

- (ア) 点 A に到達した後、逆戻りして、逆向きに再び点 A に到達する。以後その振動を繰り返す。
- (イ) 点 A に到達した後、糸がたるんで複雑な運動を行う。
- (ウ) 点 A に到達した後、点 Q に向かって落下する。
- (エ) 糸が張った状態で回転し続ける。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(15点)

A 抵抗値  $r[\Omega]$  の抵抗  $R_1, R_2, R_5$ , 抵抗値  $ar[\Omega]$  の抵抗  $R_3, R_4$  からなる, 図3-Iのような回路がある。ここで  $a$  は正の定数である。AF間に電圧を加えたところ, 点Bに電流  $I[A]$  が流れ込み, 点Eから電流  $I[A]$  が流れ出た。  $R_1$  を通ってBからCに流れる電流を  $I_1[A]$ ,  $R_2$  を通ってCからDに流れる電流を  $I_2[A]$  とする。

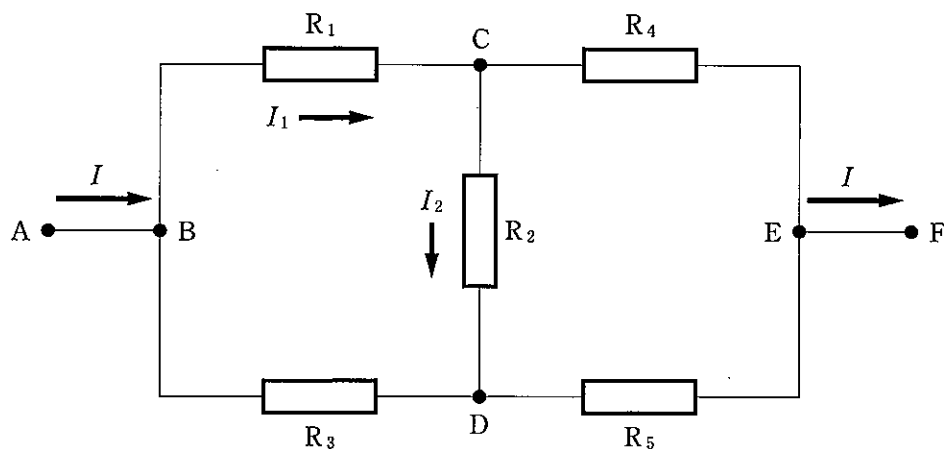


図3-I

$I_1, I_2$  はそれぞれ,  $I$  と  $a$  を用いて次のように表される。

$$I_1 = \frac{a+1}{a+3} I, \quad I_2 = \frac{a-1}{a+3} I$$

以下の問に解答するとき, これらの式を用いてもよい。

問1 Eを基準とするBの電位  $V_{BE}[V]$  を,  $I, r$  と  $a$  を用いて表せ。

問2 BE間の合成抵抗  $R_{BE}[\Omega]$  を,  $r$  と  $a$  を用いて表せ。

問3 回路にある5つの抵抗で消費される電力の総和  $P[W]$  を,  $I, r$  と  $a$  を用いて表せ。

問4  $R_1$  は,  $R_2$  の4倍の電力を消費していることがわかった。このときの  $a$  の値をすべて求めよ。

B 図3—IIのように、十分に長い2本の平行な導線レール  $ab$ ,  $cd$  が、間隔  $l$  [m] で、同一水平面上に置かれている。レール上に、質量  $M$  [kg] の一様な導体棒を、レールと垂直になるように置く。導体棒がレールと接する点を  $P$ ,  $Q$  とし、導体棒の  $PQ$  間の電気抵抗を  $R$  [ $\Omega$ ] とする。レールの点  $A$ ,  $B$  には、起電力  $E$  [V] の電池と電気容量  $C$  [F] の平行板コンデンサー、スイッチからなる電気回路が接続されている。導線レール  $ab$ ,  $cd$  の間に、鉛直上向き(紙面に垂直で、裏から表に向かう)一様な磁束密度  $B$  [Wb/m<sup>2</sup>] の磁場(磁界)をかける。導体棒はレールと垂直のまま、レール上をなめらかに動くことができ、レールおよび電気回路の電気抵抗は無視できるものとする。

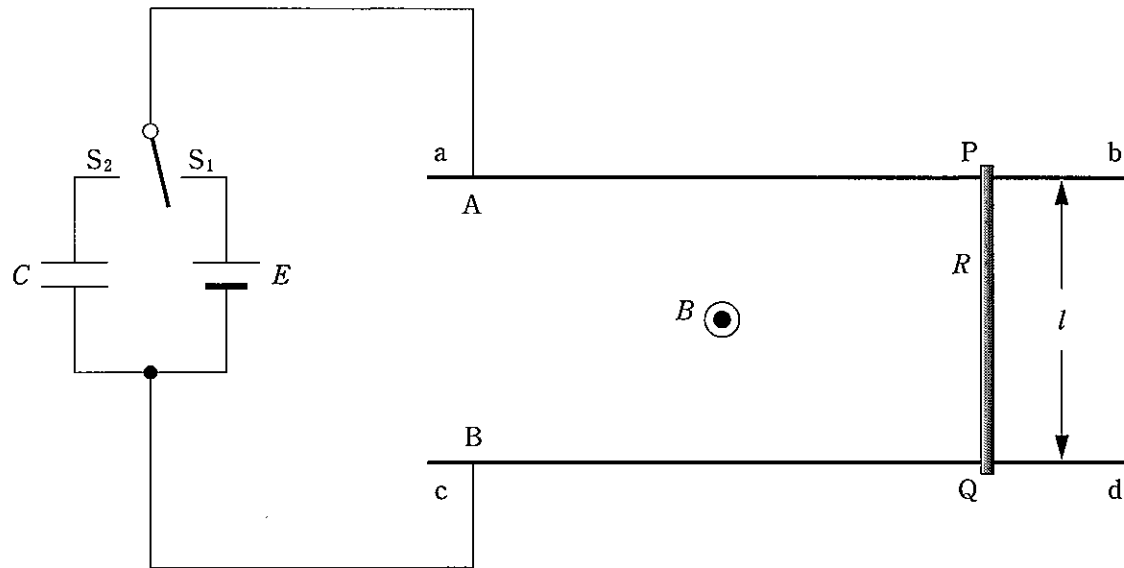


図3—II

導体棒が静止しているとき、スイッチを  $S_1$  につないだところ、導体棒が動き始めた。

問5 十分に時間がたつと、導体棒の速さは一定になった。このときの速さ  $v_1$  [m/s] を求めよ。

次に、スイッチを  $S_2$  に切りかえて、電荷のたくわえられていないコンデンサーにつないだ。その後、導体棒を初速  $v_2$  [m/s] で右向きにすべらせたところ、導体棒は減速し、やがて一定の速さ  $v_3$  [m/s] で進むようになった。

問6 このとき、コンデンサーの紙面上側の極板にたくわえられている電気量(電荷)  $Q_c$  [C] を求めよ。

問7 導体棒の運動エネルギー、導体棒に発生する熱量、およびコンデンサーにたくわえられるエネルギーの和は一定に保たれる。導体棒をすべらせてから、一定の速さ  $v_3$  [m/s] で進むまでの間に、導体棒で発生した熱量  $Q$  [J] を求めよ。