

## 平成30年度入学試験問題(前期)

### 理 科

#### 注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから2科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。  
(ただし受験票、入学願書に記入した2科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 問題冊子は1冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

平成 30 年度医学部一般入試（前期）の問題訂正箇所について

標記のことにつき、以下のとおり訂正箇所がありますのでお知らせします。

記

物 理

●訂正箇所：大問Ⅳ 小問(4) 問題文中

【誤】 「(例えば、 $qC$ の次元は  $ML^2T^{-2}$ である)」

↓

【正】 「(例えば、 $qC^1$ の次元は  $ML^2T^{-2}$ である)」

医学部予備校

I 直角三角形 ABC を断面とする質量  $M$  [kg] の三角柱 P と、質量  $m$  [kg] の小物体 Q がある。P は水平面 OD に BC 面が接するように置かれている (図 1)。AB, BC, AC の長さは、 $L$  [m] を単位として、それぞれ  $3L, 4L, 5L$  である。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とし、以下の間に  $M, m, g, L$  から必要な記号を用いて答えよ。ただし摩擦は全て無視する。

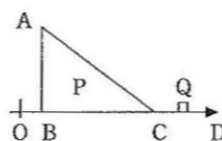


図 1

- (1) はじめに、B が原点 O と一致するように P を固定し、物体 Q を P の斜面上の A に置いた (図 2)。次に、P を固定したまま Q から静かに手を離れたところ、Q は斜面を下りはじめた。このときの Q の AC 方向の加速度の大きさはいくらか。
- (2) Q から手を離しても、P に右向き力を加えて一定の加速度で動かすことができれば、Q を A で静止させておくことができる。このとき P に加える右方向の力の大きさはいくらか。

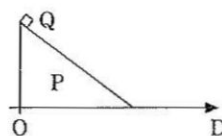


図 2

再び図 2 の状態にして、P を固定したまま Q から静かに手を離れた。次に、Q が A から斜面を距離  $2L$  だけ下りたところで、P に右向き力を加えて一定の大きさの加速度  $a_0$  [m/s<sup>2</sup>] で動かした。すると Q が斜面を下る速さは徐々に減少し、ちょうど C に到達したところで反転して、それ以降 Q は斜面を上った。このとき A から観測した Q の加速度 (斜面を下りる方向が正) を  $a_1$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

- (3)  $a_1$  はいくらか。
- (4) P が加速度の大きさ  $a_0$  で動いているとき、A から観測した Q の運動方程式を考える。Q には鉛直下方の重力と、大きさ  $ma_0$  の左向きの見かけの力 (慣性力) が働くので、この慣性力と重力の斜面に平行な成分の和が Q を斜面に沿って動かす力となっている。これより、 $ma_1 = (\text{①})a_0 + (\text{②})g$  が成立する。また、Q が P から受ける垂直抗力と、慣性力と重力の斜面に垂直な成分の和がつり合っている。垂直抗力の大きさを  $N$  [N] とすると、 $N = (\text{③})a_0 + (\text{④})g$  が成立し、 $a_0$  は ( ⑤ ),  $N$  は ( ⑥ ) となる。①~⑥ にあてはまる式を答えよ。
- (5) Q が C に到達したとき、B は O からどれだけ離れているか。
- (6) P に加えられた右方向の力の大きさはいくらか。

II 真空中に置かれた単位長さあたり  $N$  巻きの長いソレノイドコイル (半径  $R$  [m]) に電流  $I$  [A] が流れ、コイル内部に磁束密度の大きさが  $B$  [T] のような磁場を形成している。真空の透磁率を  $\mu$  [N/A<sup>2</sup>] とすると  $B = \mu NI$  と表される。このコイルの中心軸を  $x$  軸として、コイル内への入口を原点とし、コイル内部への方向を正とする。この  $x$  軸に直交して  $y$  軸、 $z$  軸をとり、原点から質量  $m$  [kg]、電荷  $q$  [C] の粒子を、 $xy$  平面上で  $x$  軸の正の方向に対して  $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) [rad] の角度で、コイル内部に入射する。重力の影響はないものとして以下の間に答えよ。

- (1) 初速度  $0$  m/s の荷電粒子は、電位差  $E$  [V] によって速さ  $v$  [m/s] まで加速されてコイル内部に入射した。 $v$  を  $m, E, q$  で表せ。
- (2) 入射した荷電粒子に加わる力の  $x$  軸方向の成分の大きさ  $F_x$  [N] と、これに垂直な  $yz$  平面内の成分の大きさ  $F_{yz}$  [N] を、 $B, q, v, \theta$  で表せ。
- (3) コイルに流れる電流が  $I_{\min}$  [A] より小さければ、入射した荷電粒子はコイルに衝突してしまう。 $I_{\min}$  を  $\mu, N, m, q, v, R, \theta$  で表せ。
- (4) 原点から入射された荷電粒子がはじめて  $x$  軸上に戻ったときの距離  $X$  [m] を、 $B, m, v, q, \theta$  で表せ。
- (5) コイルに流れる電流  $I$ 、および荷電粒子を加速した電位差  $E$  と入射角  $\theta$  が分かれば、距離  $X$  を測定することで荷電粒子の比電荷  $q/m$  [C/kg] を求めることができる。比電荷  $q/m$  を  $\mu, N, I, E, X, \theta$  で表せ。

Ⅲ 以下の( )に適当な数値をいれよ。ただし、①②は整数、⑦⑩は分数、その他は有効数字2桁で表せ。なお気体定数は  $8.3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、電気素量は  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  とする。

(1) ウランの同位体  ${}^{238}\text{U}$  は、 $\alpha$ 崩壊を( ① )回、 $\beta$ 崩壊を( ② )回行い、ポロニウムの同位体  ${}^{210}\text{Po}$  になる。 ${}^{210}\text{Po}$  は、さらに  $1.2 \times 10^7 \text{ s}$  の半減期  $T$  で  $\alpha$ 崩壊して、鉛の同位体になる。このとき放出される  $\alpha$ 線のエネルギーは、 $5.3 \times 10^6 \text{ eV}$  である。

(2) 放射能の強さが  $X$  ベクレルの  ${}^{210}\text{Po}$  がある。 $T$  だけ時間が経過すると、放射能の強さは  $\frac{1}{2}X$  ベクレルに減衰する。この間の平均の放射能の強さは、 $0.72X$  ベクレルである。 $t=0$  のとき、放射能の強さが  $5.0 \times 10^8$  ベクレルの  ${}^{210}\text{Po}$  原子は、 $t=T$  までの間、平均して( ③ )ベクレルの放射能の強さで  $\alpha$ 線を放出するので、放出された  $\alpha$ 線の総数は( ④ )個になる。このことから、 $t=0$  では、 ${}^{210}\text{Po}$  は( ⑤ )個あったことがわかる。 $t=4T$  では、放射能の強さは( ⑥ )ベクレルに減衰する。このとき存在している  ${}^{210}\text{Po}$  と鉛の同位体の原子数比( ${}^{210}\text{Po}$ /鉛の同位体)は( ⑦ )である。 ${}^{210}\text{Po}$  を容積  $2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^3$  の真空の容器に封入すると、放出された  $\alpha$ 線は容器の壁に吸収され、 $\alpha$ 線のエネルギーは容器の壁の温度を上昇させる。壁が受け取った熱エネルギーが、全く周囲に逃げることがないとすると、 $t=T$  のとき容器の壁の温度は、 $t=0$  のときに比べて( ⑧ ) $^\circ\text{C}$  上昇する。なお、容器の壁の質量は  $2.5 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 、壁の比熱は  $8.6 \times 10^2 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  とする。

実際には壁が受け取った熱は周囲に逃げ、容器の温度は外気温と同じとみなすことができる。壁に吸収された  $\alpha$ 線は、近傍から電子を2個取り込んでヘリウム原子になり、容器の壁から容器内にしみ出してくる。すべてのヘリウム原子が容器にたまり、その気体の温度は常に外気温と同じ  $300 \text{ K}$  であるとすると、 $t=T$  のとき、容器内のヘリウム気体の圧力は  $P_0 =$  ( ⑨ )  $\text{Pa}$  となり、 $t=4T$  では、圧力は( ⑩ ) $\times P_0$  となる。なお、ヘリウム気体は理想気体として考えよ。

Ⅳ 以下の問に答えよ。

(1) 発電所から遠く離れた村に送電線で電気が送られている。その村の4軒の家が同時に電気を使用すると、送電線で0.5%の電力損失が起こる。何軒が同時に電気を使用すると、電力損失は10%を超えるか。一軒当たりの使用電力は、すべて同じとする。

(2) 衛星が円軌道で地球を周回している。地球の質量を  $M[\text{kg}]$ 、万有引力定数を  $G[\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2]$ 、円軌道の半径を  $R[\text{m}]$  とすると、衛星の速さ  $[\text{m}/\text{s}]$  はいくらか。

(3) 血圧120というのは、水銀柱の高さ120 mmに相当する圧力である。これは、何 Paに相当するか。なお、水銀の密度は、 $1.4 \times 10^4 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、重力加速度は  $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$  である。

(4) 下記の物理量の次元を、質量、長さ、時間の次元  $[M]$ 、 $[L]$ 、 $[T]$  を組み合わせて表せ。なお、 $R$  は気体定数、 $T$  は温度、 $q$  は電荷、 $B$  は磁束密度、 $r$  は電気抵抗、 $I$  は電流、 $P$  は圧力、 $V$  は体積、 $L$  はコイルのインダクタンス、 $C$  はコンデンサーの電気容量をそれぞれ表している。(例えば、 $qC$  の次元は  $\text{ML}^2\text{T}^{-2}$  である)

- ①  $RT$                       ②  $qB$                       ③  $rI^2$                       ④  $PV$                       ⑤  $LC$

(5) 断面積  $0.49 \text{ m}^2$  の円筒容器に、大気と同じ圧力の空気を詰めてピストンで封をし、垂直に立てた。このとき、大気の圧力は  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は  $300 \text{ K}$  であった。ピストンの上に  $1.00 \times 10^2 \text{ kg}$  の重りをのせると、ピストンは下に移動して静止した。容器中の気体の温度を上昇させてピストンを元の位置に戻すには、気体の温度  $[\text{K}]$  をいくりにすればよいか。なお、重力加速度は  $9.80 \text{ m}/\text{s}^2$ 、ピストンと容器の間の摩擦はなく、ピストンの質量は無視できるものとする。