

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)」

以 上

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/s²] 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。

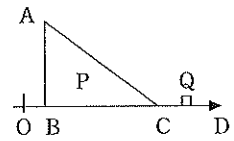


図 1

- (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つづければ、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。

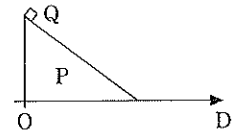


図 2

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/s²] 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/s²] 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] の一様な磁場を形成している。真空の透磁率を μ [N/A²] 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 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) [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問に答えよ。

- (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, θ 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, θ 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 θ 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 μ, N, I, E, X, θ 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、 α 崩壊を(①)回、 β 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 α 崩壊して、鉛の同位体になる。このとき放出される α 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 5.0×10^8 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 α 線を放出するので、放出された α 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 $2.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ の真空の容器に封入すると、放出された α 線は容器の壁に吸収され、 α 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 α 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 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) 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 $[m/s]$ 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 ML^2T^{-2} である)

① RT

② qB

③ rI^2

④ PV

⑤ LC

(5) 断面積 0.49 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 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 $[\text{K}]$ をいくらにすればよいか。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。