

令和4年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で42ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が1枚入っている。

物 理 1～9ページ、 化 学 10～20ページ

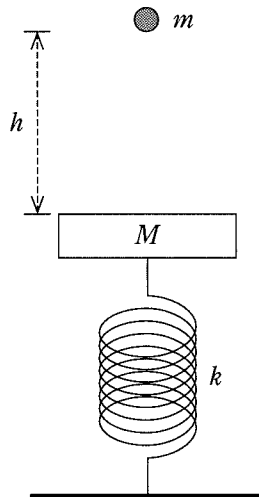
生 物 21～33ページ、 地 学 34～42ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された2箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90分。
 - (2) 理学部および農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科1科目の受験者は、90分。
 - ② 理科2科目の受験者は、180分。
 - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

物 理

1

図のように、ばね定数 k の軽いばね上に質量 M の台が設置され、つり合いの位置で静止している。台の上面より高さ h の位置から、質量 m の小球を自由落下させると、小球と台は衝突した。重力加速度の大きさを g とし、以下の問いに答えよ。ただし、 $M > m$ とし、小球と台は鉛直方向にのみ運動するものとする。解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。



図

- 問 1 台がつり合いの位置にあるとき、ばねの自然長からの縮みを求めよ。
- 問 2 小球が台に衝突する直前の速さを求めよ。
- 問 3 小球と台の衝突は弾性衝突であった。衝突直後の小球と台の速さをそれぞれ求めよ。
- 問 4 衝突直後から初めて台が最低点に到達するまでの時間を求めよ。

問 5 問 4 の後，台が上昇中に小球と台の二回目の衝突が起きた。二回目の衝突が一回目の衝突と同じ位置で起きるためには， h がいくらでなくてはならないか求めよ。

再び台をつり合いの位置で静止させ，その台の上面より高さ h の位置から，質量 m の別の小球を自由落下させた。小球と台は衝突した後，一体となって運動をはじめたが，小球は台の上に乗っていただけであったので，ある高さに達したときに小球は台から離れた。

問 6 衝突直後に，一体となった小球と台の速さを求めよ。

問 7 小球が台の上に乗って運動しているとき，小球が台から受ける垂直抗力の大きさを N とする。ばねの自然長からの縮みが x のとき， N を求めよ。

問 8 小球が台から離れるためには $h > h_c$ である必要がある。 h_c を求めよ。

2

- [1] 図1のように、 xy 平面上に、原点 O から距離 d だけ離れた点 A と点 B 、および原点 O から距離 $\sqrt{3}d$ だけ離れた点 C がある。クーロンの法則の比例定数を k_0 として、以下の問いに答えよ。ただし、電位の基準を無限遠にとる。解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

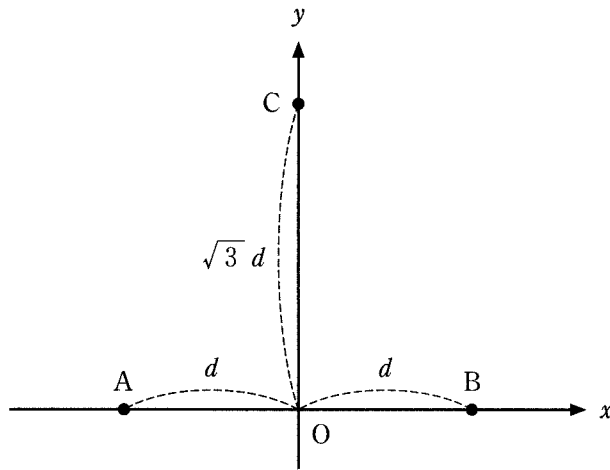


図 1

はじめに、点 A のみに正の電気量 Q の点電荷がある場合を考える。

問 1 原点 O を通る xy 平面内の等電位線を破線(-----)で、原点 O を通る電気力線を矢印のついた実線(→→)でそれぞれ描け。

次に、点 A と点 B に正の電気量 Q の点電荷を置いて固定した場合を考える。

問 2 点 C における電場ベクトルの向きと大きさを求めよ。

問 3 点 O における電位 V_0 、および点 C における電位 V_C をそれぞれ求めよ。

問 4 正の電気量 q および質量 m をもつ荷電粒子を点 C から速さ v で原点 O の方向に打ち出した。荷電粒子が原点 O に到達できるための最小の v を求めよ。ただし、荷電粒子にはたらく重力は無視できるものとする。

[2] 図2のように、鉛直方向のみになめらかに動くことができる極板 P_1 と絶縁体の支持棒により位置が固定された極板 P_2 をもつ平行板コンデンサー A, ならびに極板の間隔が a に固定された平行板コンデンサー B が, 導線およびスイッチ 1 とスイッチ 2 を介して, 電圧を変えられることができる直流電源に接続されている。極板 P_1 は, 固定された天井からつり下げられたばね定数 k の絶縁体でできた軽いばねに取り付けられている。2つのコンデンサーの極板面積はすべて S , 極板間の誘電率は ϵ_0 である。コンデンサーの極板間にできる電場は一様で, 導線の抵抗と極板の厚さは無視でき, 導線は極板 P_1 の動きに影響しないものとして, 以下の問いに答えよ。解答にあたっては, 特に断りがある場合を除き, 計算の過程も簡潔に示すこと。

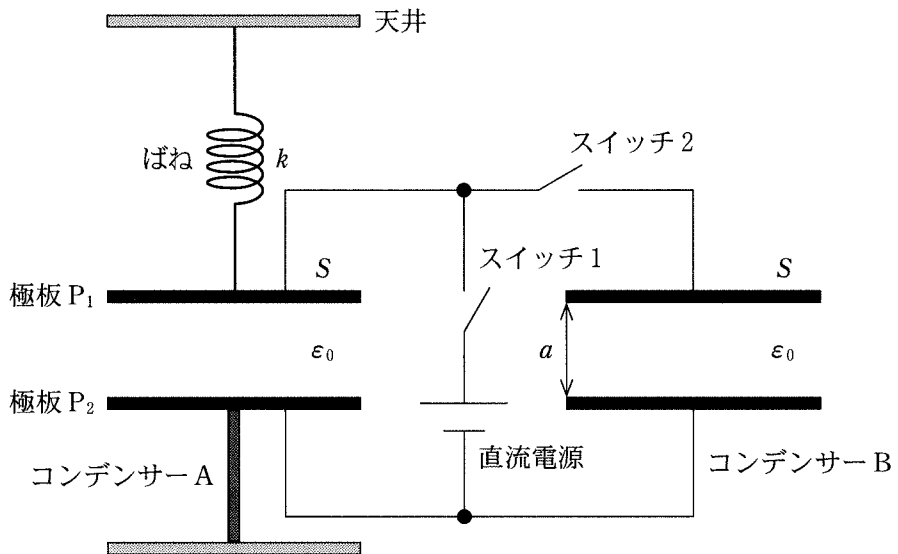


図 2

はじめに、スイッチ 1, 2 は開かれており、コンデンサー A, B に電荷はなかった。このとき、ばねは自然長から伸び、極板 P_1 と P_2 の間隔は a であった。次に、スイッチ 1 のみを閉じ、電源の電圧をゼロから V までゆっくりと上昇させると、極板 P_1 と P_2 の間隔が d となった。このとき、問 1 ~ 問 4 に答えよ。

問 1 コンデンサー A の電気容量 C_0 を、 S, d, ϵ_0 のうち必要なものを用いて表せ。答えのみを書け。

問 2 コンデンサー A に蓄えられた電気量 Q_0 を、 V, S, d, ϵ_0 のうち必要なものを用いて表せ。答えのみを書け。

問 3 コンデンサー A 内の電場により極板 P_1 にはたらく力の大きさ F_1 を、 V, S, d, ϵ_0 のうち必要なものを用いて表せ。ただし、平行板コンデンサーに電気量 Q が蓄えられ、極板間に強さ E の電場ができているとき、極板の間にはたらく力の大きさが $F = \frac{1}{2} QE$ であることを用いてよい。

問 4 電圧 V を、 k, a, S, d, ϵ_0 のうち必要なものを用いて表せ。

次に、スイッチ 1 を開いた。続いて、極板 P_1 を絶縁体で支えながらスイッチ 2 を閉じ、極板 P_1 をゆっくりと移動させて、極板 P_1 を支える力がゼロになる位置で放した。このとき極板 P_1 と P_2 の間隔は b であった。問 5 と問 6 に答えよ。

問 5 コンデンサー A に蓄えられた電気量 Q_A を、 Q_0, a, b のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 コンデンサー A をはじめに充電したときの極板間隔 d を、 a, b で表せ。

3

- [1] なめらかに動くピストン付きのシリンダーに1モルの単原子分子の理想気体を入れ、図1に示すように体積が $3V_0$ で圧力が $2p_0$ の状態Aから、体積が $3V_0$ で圧力が p_0 の状態B、体積が V_0 で圧力が $3p_0$ の状態C、体積が $2V_0$ で圧力が $3p_0$ の状態Dを経て再び状態Aに戻るように、気体の状態をゆっくりと変化させる。過程A→B, C→D, D→Aは直線に沿って変化する。また、B→Cは等温変化である。気体定数を R として、単原子分子の理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ である。以下の問いに答えよ。解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。また、答えの式は p_0 、 V_0 、 R のうち必要なものを用いて表せ。

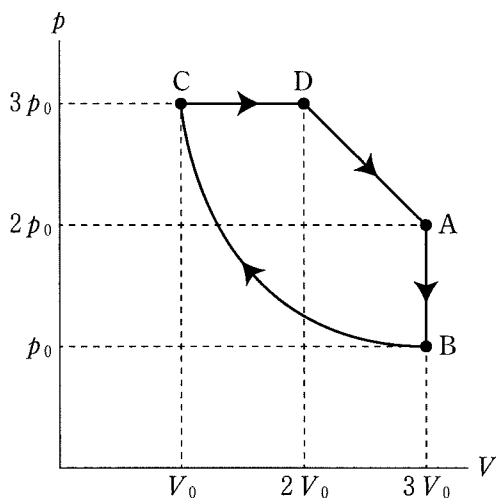


図1

問 1 A における温度 T_A を求めよ。

問 2 過程 $A \rightarrow B$ において、気体が放出する熱量の大きさ Q_{AB} を求めよ。

問 3 過程 $C \rightarrow D$ において、気体が外部にする仕事 W_{CD} および吸収する熱量の大きさ Q_{CD} を求めよ。

問 4 過程 $D \rightarrow A$ において、気体が外部にする仕事 W_{DA} および吸収する熱量の大きさ Q_{DA} を求めよ。

問 5 過程 $D \rightarrow A$ において、温度が最も高くなる状態を E とする。状態 E における体積 V_E 、圧力 p_E 、温度 T_E を求めよ。

問 6 過程 $B \rightarrow C$ において、気体が外部からされる仕事の大きさが $3.3 p_0 V_0$ であった。 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ を 1 サイクルとする熱機関の熱効率を求めよ。

〔2〕 以下の問いに答えよ。解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

問 1 時刻 t [s]、位置 x [m] における変位 y_A [m] が $y_A = \sin(18t + 9x)$ で表される正弦波 A がある。ただし、正弦波の位相の単位はラジアンである。円周率を 3.14 とし、数値を解答する際には単位とともに有効数字 2 桁で示すものとする。

(1) 正弦波 A の波長を求めよ。

(2) 正弦波 A が進む向きと速さを求めよ。

(3) 変位 y_B [m] が $y_B = \sin\left(\frac{t}{a} - \frac{x}{b}\right)$ で表される正弦波 B がある。ここで、 a と b は正の定数である。正弦波 B は正弦波 A と比べて、周期が 2 倍、進む速さが 3 倍である。 a と b をそれぞれ求めよ。

問 2 静止している音源が振動数 682 Hz の音を出し続けている。この音源から離れた場所で、静止した観測者が振動数 f [Hz] の音を出すと、うなりが 1 秒間あたり 2 回聞こえた。次に、観測者が振動数 f [Hz] の音を出し続けながら音源に向かってまっすぐ 1 m/s の速さで近づくと、うなりが消えた。ただし、風は吹いていないものとし、数値を解答する際には単位とともに有効数字 3 桁で示すものとする。

(1) f を求めよ。

(2) 音速を求めよ。

