

令和 8 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 58 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 ～ 12 ページ、	化	学	13 ～ 29 ページ
生	物	30 ～ 48 ページ、	地	学	49 ～ 58 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 of 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 of 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 1 のように、水平な床の上に一端が固定されたばねにつながれた小球の運動について考える。床はなめらかで、ばね定数は k 、小球の質量は m とする。図 1 のようにばねが自然長のときの小球の位置を原点 O として水平に x 軸をとる。加速度や力の正の向きは x 軸正の向きとする。ばねを縮めて、小球を位置 $x = -x_0$ ($x_0 > 0$) で静かにはなすと床の上で x 軸に沿って単振動した。ばねの質量と空気の抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。ただし、問 2 および問 3 の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

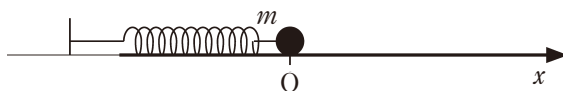


図 1

問 1 小球が位置 x にあるときの加速度を a として、このときの x 軸方向の単振動の運動方程式をかけ。

問 2 小球が $x = 0$ の位置にあるときの速さ v_0 を求めよ。

次に、図 2 のように原点 O に質量 m' ($m' \neq m$) の小球 Q を置いて、ばねにつながれた質量 m の小球 P を $x = -x_0$ ($x_0 > 0$) のところで静かにはなすと、原点で小球 Q と弾性衝突をし、ともに床の上で x 軸に沿って運動した。

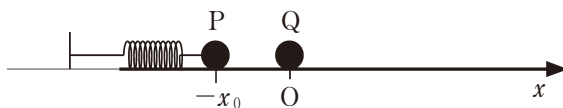


図 2

問 3 衝突直後の小球 Q の速さを m , m' , v_0 を用いて表せ。

次に、単振動の運動として、図 3 のように地球の中に掘った直線上の細いなめらかなトンネルについて、トンネルに沿った小球の運動を考える。小球には地球からの万有引力とトンネルからの垂直抗力のみがはたらくものとする。図 3 はトンネルを含む地球の断面を表し、地球を、質量が M 、半径が R の一様な密度の球とする。トンネルの地球表面上の点を A と B として、AB の中点を O とし、地球の中心 C から点 O の距離を h ($0 < h < R$) とする。小球の質量を m とし、地球の質量と比べて十分小さいとする。地球の中心 C から距離 r の位置で小球が受ける万有引力は、中心 C への向きで、その大きさは万有引力定数を G とすると、

$$\frac{GM}{R^3} r m$$

となり、小球の質量に比例している。

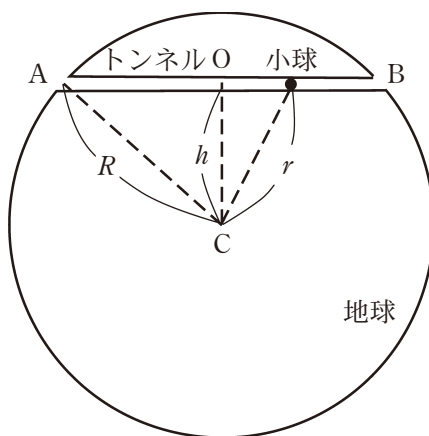


図 3

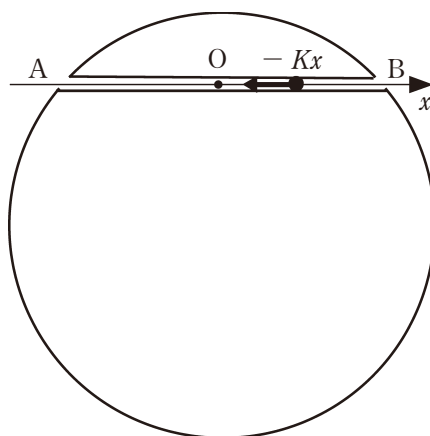


図 4

図 4 のように、トンネルに沿って点 A から点 B の向きに x 軸をとり、点 O を原点とする。加速度や力の正の向きは x 軸正の向きとする。AB 間の小球の位置を x とおく。小球を点 A で静かにはなすと、小球にはたらく万有引力の x 成分が復元力となり、小球はトンネル内を x 軸に沿って単振動をする。地球の自転や公転の影響はないものとして、以下の問いに答えよ。ただし解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

問 4 この単振動の復元力 $-Kx$ について、 K を G, h, m, M, R の中から必要なものを用いて表せ。

問 5 この単振動の振幅 A_0 と角振動数 ω を G, h, m, M, R の中から必要なものを用いて表せ。

問 6 問 5 の結果を用いて、点 O を通過するときの小球の速さ v_1 を G, h, m, M, R の中から必要なものを用いて表せ。

次に図 5 のように点 O に質量 m' ($m' \neq m$) の小球 Q を置き、質量 m の小球 P を点 A で静かにはなしたところ、点 O で小球 Q と弾性衝突をし、ともにトンネル内を x 軸に沿って運動した。

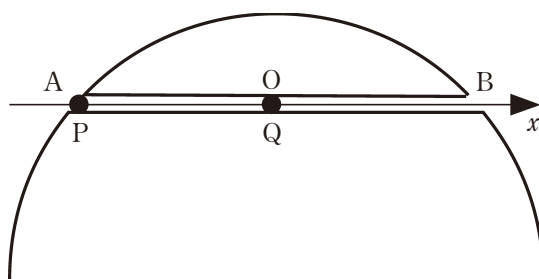


図 5

問 7 衝突後に小球 Q が OB 間の位置 x で受ける復元力を G, h, m, m', x, M, R の中から必要なものを用いて表せ。

問 8 $m' > m$ のとき、小球 Q が再び点 O まで戻ってきた。このとき、小球 Q が点 O を離れてから再び点 O に戻るまでの時間を G, h, m, m', M, R の中から必要なものを用いて表せ。

2 は次ページ

2

図1のように、 x 軸上の原点 O から距離 a だけ離れた点 A と点 B にそれぞれ電気量 $-Q$ と $+Q$ の点電荷を固定した ($Q > 0$)。また、原点 O から y 軸正の向きに距離 b だけ離れた y 軸上の点を P とする。クーロンの法則の比例定数を k として、以下の問いに答えよ。ただし、電位の基準は無限遠とする。また、問2および問5～問9の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

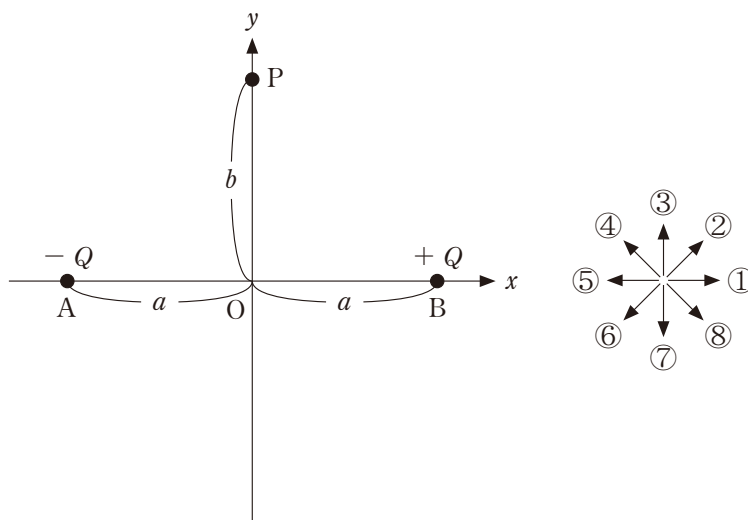


図1

問1 点 A の点電荷にはたらく静電気力の大きさを答えよ。また、静電気力の向きを図1の①～⑧から選べ。

問2 点 P における電場ベクトルの大きさを求めよ。また、電場ベクトルの向きを図1の①～⑧から選べ。

問3 点 A の点電荷が点 P につくる電位を答えよ。

問 4 図 2 は、電気量 $+Q$ の点電荷が単独で存在している場合の周囲の電気力線を描いたものである。図 2 にならって、図 1 の場合について xy 平面における電場のようすがどうなっているかわかるように、電気力線の概形を描け。

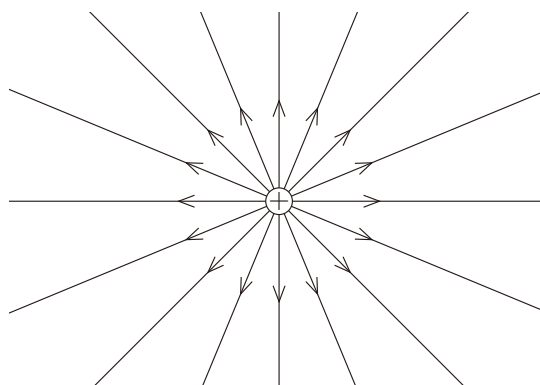


図 2

図 3 のように、図 1 と同じ電荷配置において、原点 O から x 軸正の向きに X 、 y 軸正の向きに Y だけ離れた xy 平面上の点を P' とする。以下の問いに答えよ。

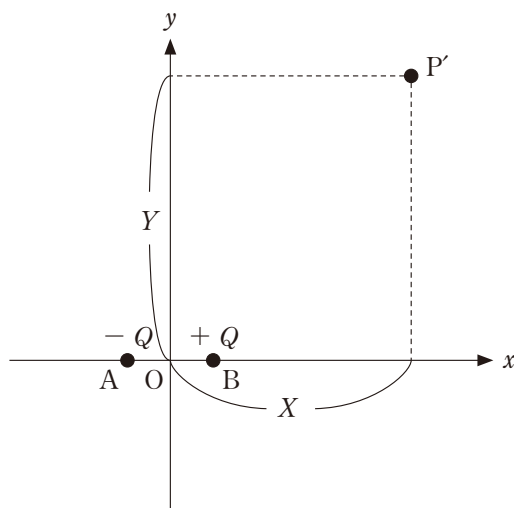


図 3

問 5 点 P' における電位 V を求めよ。

問 6 点 P' が十分遠方にあつて、 $X^2 + Y^2 \gg a^2$ の場合には、

$$V \doteq \frac{C}{(X^2 + Y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

となる。 C を k, a, Q, X, Y のうち必要なものを用いて表せ。計算には、 $X^2 + Y^2 \gg a^2$ の場合に成り立つ下記の近似式を用いよ。

$$\{(X \pm a)^2 + Y^2\}^{-\frac{1}{2}} \doteq (X^2 + Y^2)^{-\frac{1}{2}} \left(1 \mp \frac{aX}{X^2 + Y^2} \right) \quad (\text{複号同順})$$

問 7 $X^2 + Y^2 \gg a^2$ の場合には、点 P' における電場ベクトルの x 成分 E_x は、

$$E_x \doteq - \frac{2kQa}{(X^2 + Y^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{D}{(X^2 + Y^2)^{\frac{5}{2}}}$$

となる。 D を k, a, Q, X, Y のうち必要なものを用いて表せ。計算には、 $X^2 + Y^2 \gg a^2$ の場合に成り立つ下記の近似式を用いよ。

$$\{(X \pm a)^2 + Y^2\}^{-\frac{3}{2}} \doteq (X^2 + Y^2)^{-\frac{3}{2}} \left(1 \mp \frac{3aX}{X^2 + Y^2} \right) \quad (\text{複号同順})$$

図4のように、図1と同じ電荷配置において、原点Oから x 軸正の向きに X_0 ($X_0 \gg a$)と $2X_0$ だけ離れた x 軸上の点をそれぞれRとR'とする。問6および問7の結果を用いて、以下の問いに答えよ。

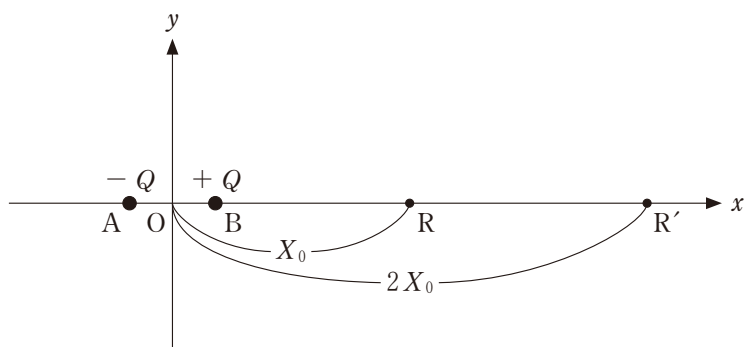


図4

問8 点R'における電場ベクトルの大きさは、点Rにおける電場ベクトルの大きさの何倍か答えよ。

問9 質量 m で電気量 q ($q > 0$)の荷電粒子を点R'から初速 v で原点Oの向きに運動させた。この荷電粒子が点Rを通過するための条件は $v > v_0$ である。 v_0 を求めよ。ただし、荷電粒子には静電気力のみがはたらくとする。

3

〔1〕 1 mol の理想気体を，図 1 のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の循環する過程で変化させる。この気体の定圧モル比熱を C_p ，定積モル比熱を C_v ，気体定数を R とし，気体分子は単原子分子とは限らないものとして，以下の問いに答えよ。ただし，問 2 ～問 6 の解答にあたっては，計算の過程も簡潔に示すこと。

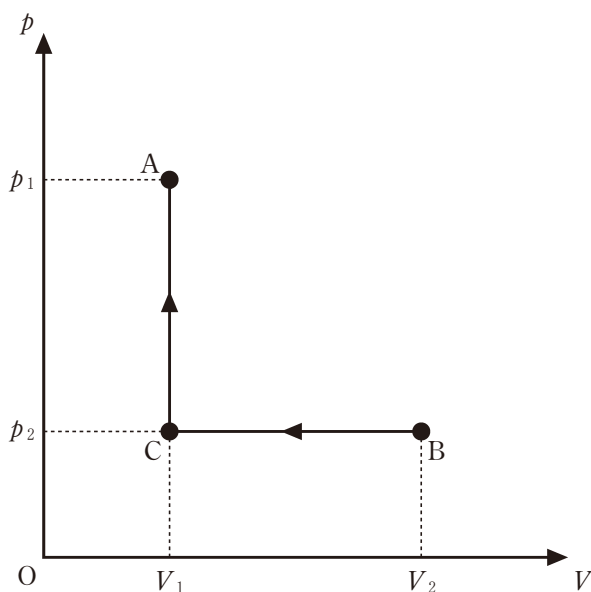


図 1

過程 $A \rightarrow B$ では，気体は仕事をすることなく，体積が V_1 から V_2 まで断熱膨張した。

問 1 膨張の前後で，温度 T は変化しなかった。この理由を説明せよ。

問 2 膨張後の圧力 p_2 を，膨張前の圧力 p_1 ，および， V_1 ， V_2 ， T のうち必要なものを用いて表せ。

過程 B→C では、気体の圧力を p_2 に保ったまま、ゆっくりと温度を T から $T + \Delta T$ に変化させたところ、体積は V_2 から V_1 に収縮した。

問 3 この過程における温度の変化 ΔT を、 p_2 , V_1 , V_2 , R のうち必要なものを用いて表せ。また、 ΔT は正か負か、答えよ。

問 4 この過程における内部エネルギーの変化 ΔU を、 ΔT , p_2 , C_p , R のうち必要なものを用いて表せ。

過程 C→A では、気体の体積を V_1 に保ったまま、ゆっくりと温度を $T + \Delta T$ から T に変化させたところ、圧力は p_2 から p_1 に増加した。

問 5 この過程における内部エネルギーの変化 $\Delta U'$ を、 ΔT , p_2 , C_V , R のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 問 4 および問 5 の結果を用いて、以下の関係式が成り立つことを示せ。

$$C_p - C_V = R$$

〔2〕 図2のように、空気中に置かれた2つの平面ガラス板の間に紙を挟み、上方から波長 λ の単色光を下側の平面ガラス板に対して垂直に当てた。このとき、上方から見ると2つのガラス板と紙に囲まれたくさび形の空気層には光の明暗による明線と暗線が交互に観測された。ガラスの屈折率を n_1 、空気層の屈折率を n_2 、空気層全体の幅を L 、挟んだ紙の厚さを D とし、 $n_1 > n_2$ であるとする。以下の問いに答えよ。ただし、ガラス面での屈折の効果およびガラスの変形は無視できるものとする。問4および問5の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

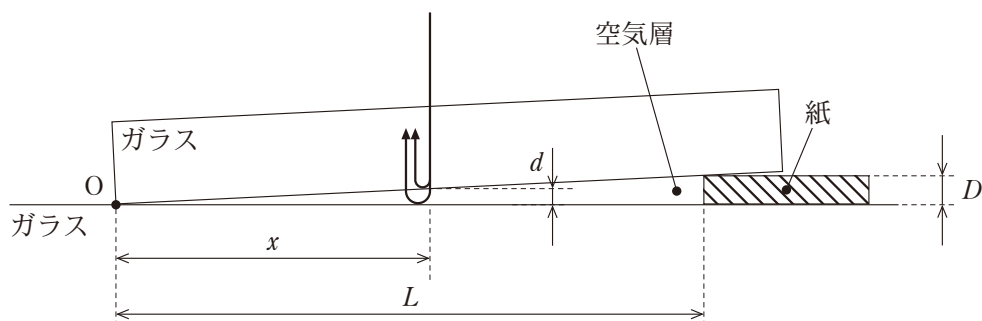


図2

問1 空気層の左端にある点Oから距離 x だけ離れた位置における空気層の厚さ d を、 x 、 D 、 L を用いて書け。

問2 反射光の位相に関する記述について、正しいものを以下の(a)～(d)から選び、記号で書け。

- (a) 空気層の上面で反射した光のみ位相が反転する(半波長分ずれる)。
- (b) 空気層の下面で反射した光のみ位相が反転する(半波長分ずれる)。
- (c) 空気層の上面で反射した光および下面で反射した光のどちらも位相が反転する(半波長分ずれる)。
- (d) 空気層の上面で反射した光および下面で反射した光のどちらも位相はずれない。

問 3 明線は反射光が干渉して強めあって生じる。反射光が強めあう条件を整数 m ($m = 0, 1, 2, 3, \dots$), λ , d , n_1 , n_2 の中から必要なものを用いて示せ。

$\lambda = 4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$, $L = 0.10 \text{ m}$, $D = 0.10 \text{ mm}$, $n_1 = 1.8$, $n_2 = 1.0$ である場合、以下の問いに答えよ。ただし、有効数字を2桁とせよ。

問 4 点 O から1番目の明線の位置を点 O からの距離として答えよ。

問 5 空気層を屈折率 $n = 1.5$ の物質で満たした場合の明線の間隔を答えよ。