

令和7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63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 1～13 ページ, 化 学 14～30 ページ

生 物 31～49 ページ, 地 学 50～63 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

断面が直角三角形の台 D が水平な床の上に置かれている。台 D の質量は M であり、右側のなめらかな斜面 S_2 が水平面となす角は θ 、左側のあらい斜面 S_1 が水平面となす角は $\frac{\pi}{2} - \theta$ である。重力加速度の大きさを g とし、空気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 4 以降の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

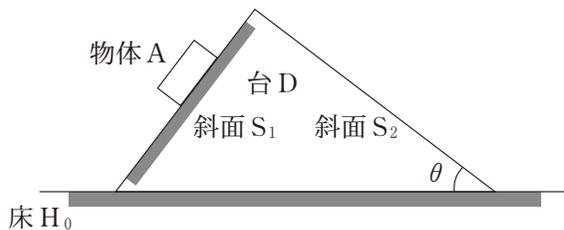
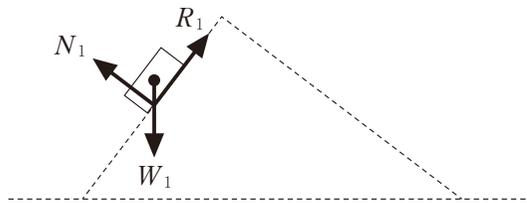


図 1

最初、図 1 のように、台 D をあらい床面 H_0 上に置き、さらに斜面 S_1 上に質量 m の物体 A を静かに置いたところ、台 D および物体 A はともに静止した。物体 A は、斜面上で倒れないものとする。床面 H_0 と台 D の間の静止摩擦係数を μ_0 、斜面 S_1 と物体 A の間の静止摩擦係数を μ_1 とする。

問 1 物体 A にはたらく力は図 2 に示した通りである。 W_1 、 N_1 、および R_1 を M 、 m 、 g 、 θ 、 μ_0 、 μ_1 の中から必要なものを用いて表せ。



W_1 : 物体 A が受ける重力
 N_1 : 台 D が物体 A に及ぼす垂直抗力
 R_1 : 台 D が物体 A に及ぼす摩擦力

図 2

次に、図 3 のように、物体 A をなめらかな斜面 S_2 上に静かに置いたところ、台 D が床面 H_0 上に静止したまま、物体 A は斜面に沿ってすべり落ち始めた。

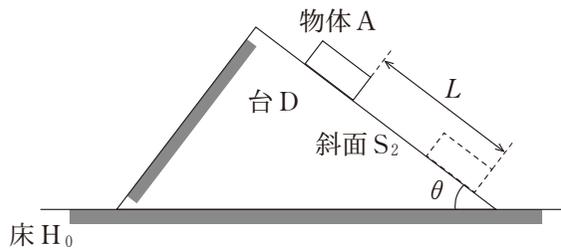


図 3

問 2 台 D にはたらく力のベクトルを、解答用紙の図中に矢印で描き込め。解答用紙の図中には、例として、台 D にはたらく重力を①の矢印で示してある。それにならって、②から④の番号を用いて矢印を区別し、それぞれの矢印が表す力の説明を記入すること。なお、力の向きがわかれば、矢印の位置や大きさは正確でなくてもよい。

問 3 物体 A の加速度の大きさを a 、物体 A が台 D から受ける垂直抗力の大きさを N_2 とする。 a および N_2 を求めよ。

問 4 台 D が静止し続けるための条件を M 、 m 、 g 、 θ 、 μ_0 の中から必要なものを用いて表せ。

問 5 物体 A が斜面に沿って距離 L だけすべり落ちた瞬間の、物体 A の速さを L, m, g, θ の中から必要なものを用いて表せ。

今度は、台 D をなめらかな床面 H 上に静止させておき、物体 A を斜面 S_2 上に静かに置いたところ、物体 A が斜面 S_2 に沿ってすべり落ちると同時に、台 D は床面 H 上を動き始めた。図 4 は、物体 A が斜面に沿って距離 L だけすべり落ちた瞬間の様子である。

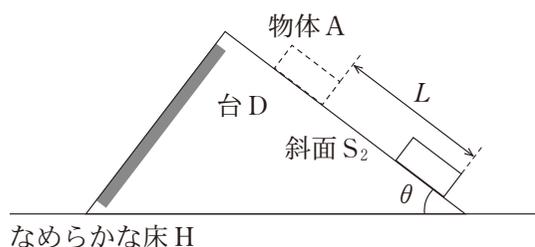


図 4

問 6 図 4 の瞬間の、台 D からみた物体 A の速さを v 、床面 H に対する台 D の速さを V とすると、床面 H に対する物体 A の水平方向の速さは $v \cos \theta - V$ である。このとき、 V を M, m, v, θ の中から必要なものを用いて表せ。

問 7 前問の v を M, m, θ, g, L の中から必要なものを用いて表せ。床面 H から見ると、台 D と物体 A の力学的エネルギーの総和は保存することを用いてよい。

問 8 物体 A がすべり落ちている間に台 D から受ける垂直抗力の大きさを N' とする。 N' と問 3 の N_2 の大小関係を答えよ。

2 は次ページ

2

- [1] 図1のように、一様な磁場中を電気量 q ($q > 0$) に帯電した質量 m の小球が速さ v_0 で磁場に垂直な平面上を運動している。磁場は紙面に垂直で裏から表の向き、磁束密度の大きさは B である。重力の影響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以降の解答にあたっては計算の過程も簡潔に示すこと。

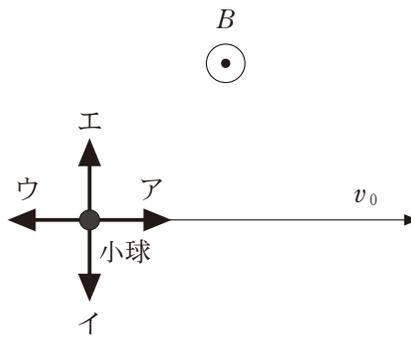


図1

- 問1 小球にはたらくローレンツ力の大きさを答えよ。また、その向きをア～エから選べ。
- 問2 ローレンツ力により小球は点 O を中心とした等速円運動をした。その円軌道の半径と円運動の周期をそれぞれ求めよ。

次に、小球を問2の円軌道の半径と同じ長さの棒で点 O につなぎ、問2と同じ磁場中でなめらかに速さ v_0 で等速円運動させた。その状態から磁場の向きはそのまま、磁束密度の大きさを時刻 $t = 0$ から $t = T$ まで、ゆるやかに一定の割合で B から $2B$ へと変化させた。棒は絶縁体でその質量は無視でき、伸び縮みはしないものとして以下の問いに答えよ。

- 問 3 円運動する帯電した小球を円形回路を流れる電流とみなしたとき、円軌道上に発生する誘導起電力の大きさが $\frac{\pi m^2 v_0^2}{q^2 B T}$ となることを示せ。
- 問 4 誘導起電力により円軌道上に一様な電場が発生しているとみなしたとき、小球は円軌道の接線方向には一定の大きさの力を受ける。その力の大きさを求めよ。
- 問 5 小球は問 4 の力により接線方向には一定の加速度で運動する。時刻 $t (0 \leq t \leq T)$ のときの小球の速さを求めよ。
- 問 6 時刻 $t (0 \leq t \leq T)$ のとき小球が棒から受ける力を求めよ。ただし、小球から点 O への向きを正とする。

[2] 図2のような回路がある。Lは自己インダクタンスが2.00 mHのコイル，Cは電気容量が20.0 μ Fのコンデンサー，Rは抵抗値が0.100 k Ω の抵抗，Eは起電力が10.0 Vの電池である。S₁，S₂，S₃はスイッチで，最初は全て開いている。この状態を初期状態とする。コイルの抵抗，電池の内部抵抗は無視できるとして，以下の問いに答えよ。ただし円周率の値が必要な場合は3.14を用いよ。また，解答にあたっては，計算の過程も簡潔に示すこと。

問1 初期状態からS₁とS₂を閉じて，十分に時間がたった後，Rに流れる電流が一定になった。この電流の大きさと，このときにコイルに蓄えられるエネルギーを求めよ。

問2 初期状態からS₁とS₃を閉じて，十分に時間がたった後，Cの両端の電圧が一定になった。このときにコンデンサーに蓄えられる電気量とエネルギーを求めよ。

問3 問2の状態から，S₁を開いて，続いてS₂を閉じたところ，LとCの閉回路に振動電流が流れた。このときの振動電流の周期を求めよ。

問4 初期状態から全てのスイッチS₁，S₂，S₃を閉じて，十分に時間がたった後にS₁を開いた場合も，LとCの閉回路に振動電流が流れる。このときS₁を開いてから，Cの両端の電圧の大きさが最初に最大となるまでの時間を求めよ。

問5 問3のときのコイルを流れる振動電流の最大値は，問4のときのコイルを流れる振動電流の最大値の何倍かを求めよ。

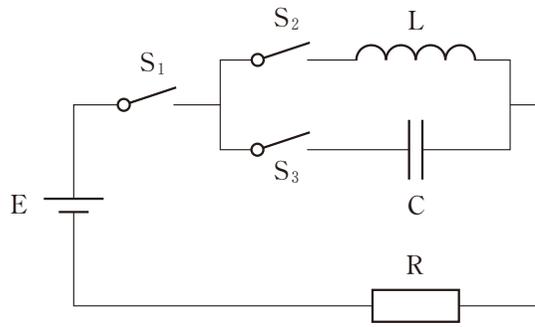


图 2

3

〔1〕 絶対温度 T の理想気体が断熱壁でできた直方体の容器に入っている。図 1 のように、容器の辺に沿って x 軸, y 軸, z 軸をとる。気体は質量 m の単原子分子 N 個からなっている。ここでは、計算を簡単にするために、 $\frac{1}{3}N$ 個ずつの気体分子が x , y , z それぞれの方向に速さ \bar{v} で運動しているとする。 \bar{v} は簡単化する前の理想気体の平均の速さを表す。また、各方向の正と負の向きに運動している分子は同数とする。

いま、 x 方向に速度 $-\bar{v}$ で運動する気体分子が x 軸に垂直で面積 S の壁と弾性衝突する場合を考える。ボルツマン定数を k として、以下の問いに答えよ。ただし、分子どうしの衝突や重力の影響は無視できるとし、また気体分子は容器の中に一様に分布しているとする。解答にあたっては、計算の過程を簡潔に示すこと。

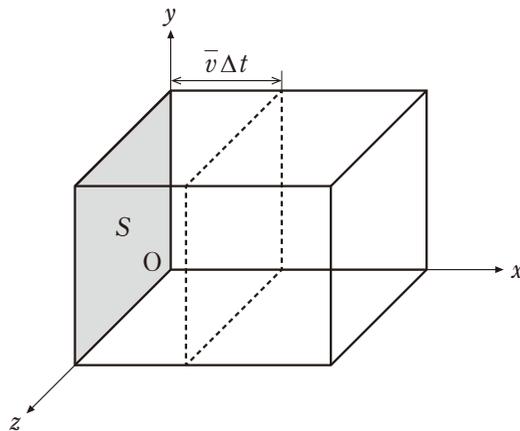


図 1

最初、壁は全て固定され、容器の体積は V であった。

問 1 気体分子 1 個が 1 回の衝突によって壁から受ける力積の大きさを求めよ。

問 2 微小時間 Δt の間に、着目している壁と衝突する分子は、図 1 のように底面積が S で高さが $\bar{v}\Delta t$ の領域内にある。 x 方向の負の向きに運動している分子は $\frac{1}{6}N$ 個となることを用いて、 Δt の間に壁が受ける力積の合計の大きさを求めよ。

問 3 問 2 の結果を用いて、壁が受ける圧力を求めよ。

問 4 問 3 の結果と理想気体の状態方程式を比較すると、気体分子 1 個の運動エネルギーが、

$$\frac{1}{2} m\bar{v}^2 = ckT$$

のように絶対温度 T に比例することがわかる。比例係数 c を求めよ。

次に、図 2 のように、気体分子が入っている容器の一方の壁をゆっくり一定の速さで押し込むことを考える。壁が移動する速さ U は \bar{v} に比べて十分に小さいとし、また、気体分子が衝突する前後で壁の移動速度は変わらないとする。微小時間 Δt の間に、体積は $\Delta V = SU\Delta t$ だけ減少した。

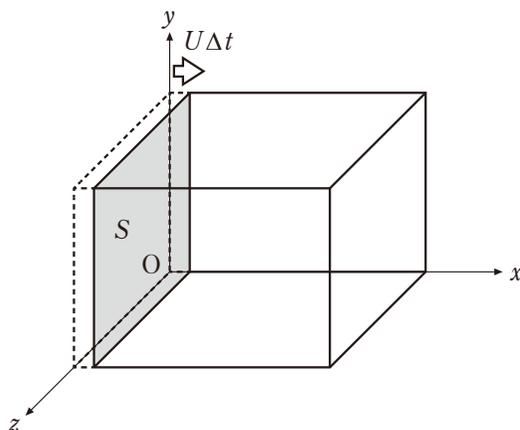


図 2

問 5 x 方向に速度 $-\bar{v}$ で運動する気体分子は移動する壁との弾性衝突の後、速度が $\bar{v} + \Delta\bar{v}$ になった。 $\Delta\bar{v}$ を \bar{v} と U の中から必要なものを用いて表せ。

問 6 1 回の衝突で気体分子 1 個が得る運動エネルギー ΔE_1 は、問 5 の $\Delta\bar{v}$ を用いて

$$\Delta E_1 = \frac{1}{2} m (\bar{v} + \Delta\bar{v})^2 - \frac{1}{2} m \bar{v}^2 \doteq m\bar{v}\Delta\bar{v}$$

と表される。ここで $\Delta\bar{v} \ll \bar{v}$ のときに成り立つ近似を使った。このとき、気体分子 N 個全体の運動エネルギーが Δt の間に増加する量 ΔE_N を N , V , ΔV , m , \bar{v} の中から必要なものを用いて表せ。ただし、 U は \bar{v} に比べ十分小さいため、 Δt の間に壁に衝突する分子の数は壁が固定されている場合と同じとしてよい。

問 7 壁が移動する前の圧力を p としたとき、問 3 と問 6 の結果を用いて、 $\Delta E_N = p\Delta V$ を示せ。

[2] 薄い凸レンズ L_1 を使ってレンズの前方にある物体を見ることについて考える。このレンズ L_1 の焦点を点 F および F' とする。物体はレンズ L_1 の中心 O を通る光軸と垂直に置かれており、その下端はレンズ L_1 の光軸上にあるものとする。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、問2の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

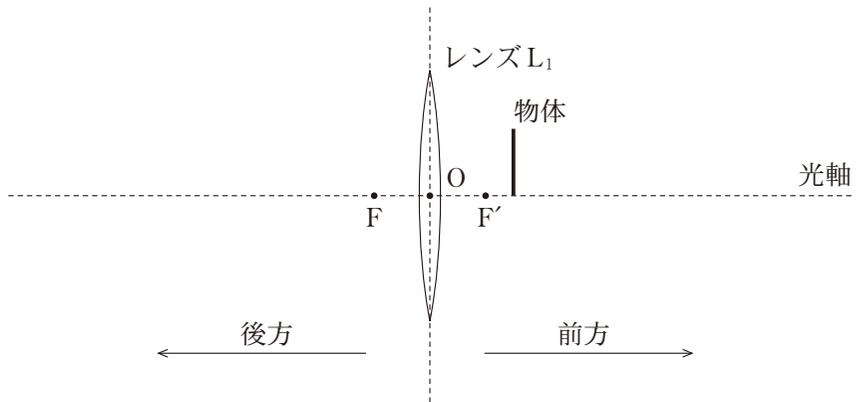


図3

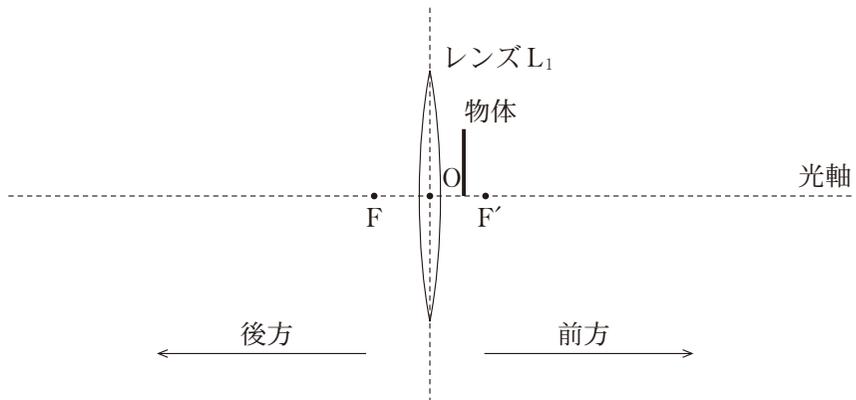


図4

問 1 図 3 のように、物体が L_1 の中心 O から見て焦点 F' より遠い位置にあるとき、レンズ L_1 の後方から見た物体の像を解答欄 (a) に作図せよ。また、図 4 のように、物体が L_1 の中心 O から見て焦点 F' より近い位置にあるとき、レンズ L_1 の後方から見た物体の像を解答欄 (b) に作図せよ。ただし、作図する物体の像を実線、作図に必要な補助線を点線または破線で解答用紙に図示せよ。

次に、図 5 のように、レンズ L_1 の後方に焦点距離が異なる薄い凸レンズ L_2 を互いに光軸が一致するように配置した。このレンズ L_2 の焦点を点 F_1 および F'_1 とする。

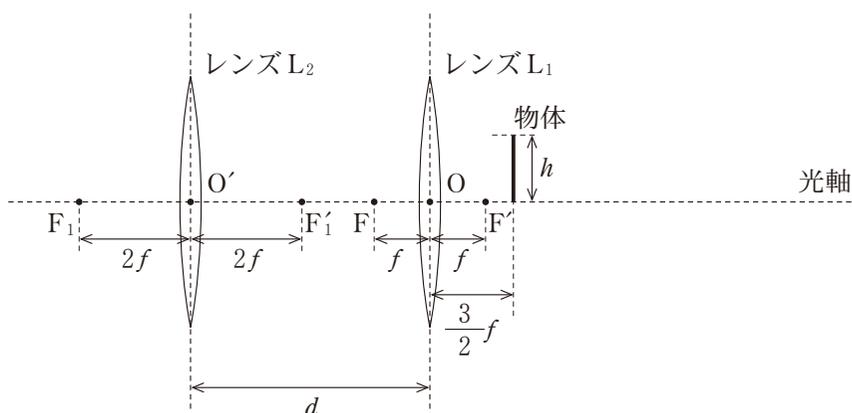


図 5

問 2 レンズ L_1 の焦点距離が f 、レンズ L_2 の焦点距離が $2f$ のとき、レンズ L_1 の前方の距離 $\frac{3}{2}f$ の位置に大きさ h の物体を置いた。物体をレンズ L_2 の後方から見ると、物体の大きさの 5 倍の虚像が観察された。レンズ L_2 の中心を O' とし、 O と O' の間の距離 d を求めよ。