

令和5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50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 13～25ページ

生 物 26～42ページ、 地 学 43～50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

- [1] 図1のように、あらい面を持つ水平な床の上の点Sに質量 m の物体を置き、軽く伸びない糸によって、滑車を通して、液体中にある質量 M のおもりとつなげた。物体から静かに手を離れたところ物体は動きだし、点Sから距離 L だけ離れた点Pを通過した。このとき、糸は物体から滑車まで床と平行であった。物体と床の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とする。また、おもりの体積を V 、液体の密度を ρ 、重力加速度の大きさを g とし、滑車や空気、液体による抵抗はないものとする。以下の問いに答えよ。ただし、問6の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

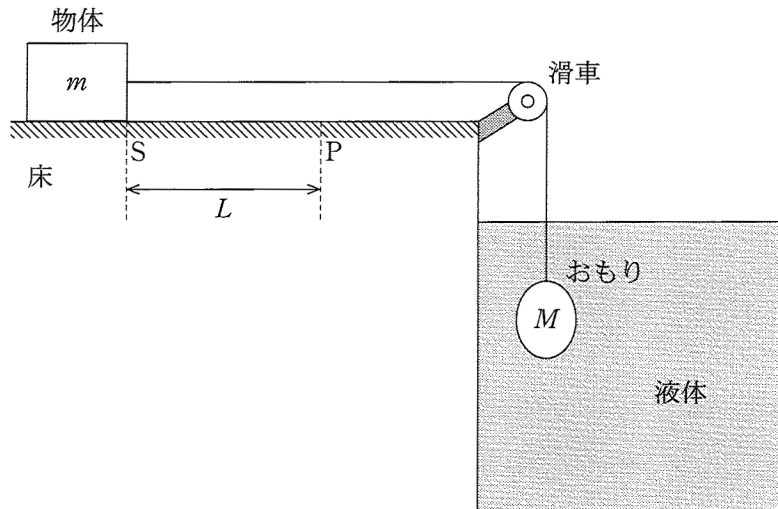


図1

- 問1 おもりにはたらく浮力の大きさを書け。
- 問2 物体が動きだすためのおもりの質量 M の条件を示せ。
- 問3 物体とおもりの加速度の大きさを a 、張力(糸が物体やおもりを引く力)の大きさを T として、物体とおもりの運動方程式をそれぞれ書け。
- 問4 加速度の大きさ a と張力の大きさ T をそれぞれ求めよ。

問 5 物体が点 S から点 P に距離 L だけ移動する間に摩擦力が物体にする仕事を求めよ。

問 6 物体が点 P に到達したときの物体とおもりの運動エネルギーの和を求めよ。

[2] 図2のように、軽い糸でつるされた質量 m の小球が、あらい水平面上に置かれた質量 M の半円柱上の点 P で静止している。小球と半円柱との間に摩擦力ははたらかないものとする。図2の半円は点 P を含む半円柱の断面を表す。半円の中心を O とし、直線 OP が水平面となす角を θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$)、糸が鉛直方向となす角を α ($0 < \alpha < \theta$) とする。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、問4の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

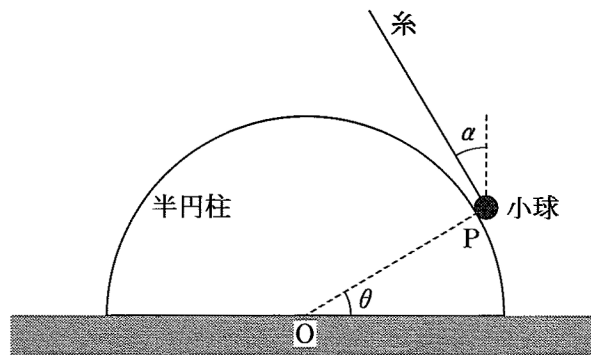


図2

問1 糸の張力の大きさを T 、小球が半円柱から受ける垂直抗力の大きさを N として、小球に対する水平方向と鉛直方向のつり合いの式をそれぞれ書け。

問2 張力の大きさ T と垂直抗力の大きさ N をそれぞれ求めよ。

問3 半円柱が水平面から受ける摩擦力の大きさを求めよ。

問4 半円柱が水平面を滑らないためには、半円柱と水平面との間の静止摩擦係数 μ はいくら以上であればよいか求めよ。

2 は次ページ

2

[1] 図1のように、材質が一樣で太さが一定の抵抗線、抵抗器、コンデンサー、スイッチ、電池からなる回路を考える。抵抗線AB間の抵抗値は R 、EG間、GF間の抵抗器の抵抗値はそれぞれ $3R$ 、 $2R$ 、コンデンサーの静電容量は C 、電池の起電力は V である。抵抗線AB間の接点Dは自由に位置を変えることができ、抵抗線全体の長さABを L 、ADの長さを d とする。電池の内部抵抗、スイッチや導線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4、5、6の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

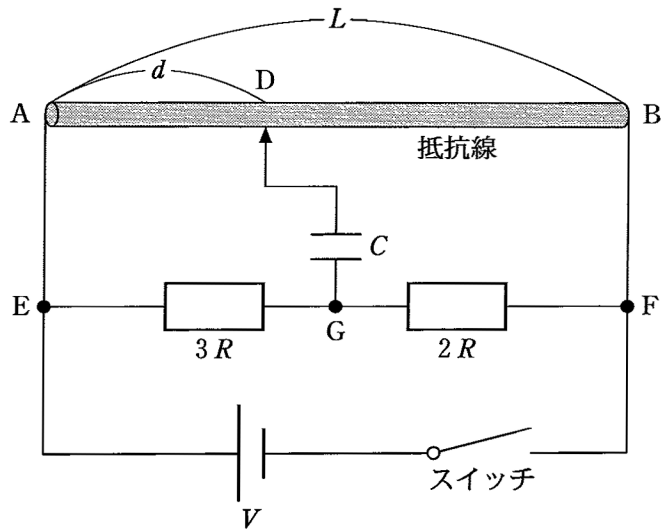


図1

スイッチを閉じて十分に時間が経過した。このとき、問 1, 2 に答えよ。

問 1 EG 間の電位差の大きさを書け。

問 2 $d < \frac{L}{2}$ のとき、コンデンサーに蓄えられた電気量を書け。

次に、スイッチを開き十分に時間が経過した後、 $d = d_0$ とし、スイッチを閉じたところ DG 間の電位差が 0 になった。このとき、問 3, 4 に答えよ。

問 3 d_0 を書け。

問 4 スwitchを閉じた後、回路全体で単位時間あたりに発生するジュール熱を求めよ。

今度は、 $d = d_1 (< d_0)$ とし、スイッチを閉じて十分に時間が経過した後、再びスイッチを開いたところ、その直後に EG 間と GF 間に流れる電流の大きさの比は 4 : 5 となった。このとき、問 5, 6 に答えよ。

問 5 d_1 を求めよ。

問 6 再びスイッチを開いてから回路に電流が流れなくなるまでの間に、回路全体で発生したジュール熱の総量を C, V を用いて表せ。

- [2] 図2のように、真空中に無限に長い直線状の導線A, Bが xy 平面と垂直に置かれている。導線Aは $(a, 0)$ を、導線Bは $(-a, 0)$ をそれぞれ通っている。ただし、 $a > 0$ とする。両方の導線には大きさ I の電流が紙面の表から裏への向きに流れている。真空の透磁率を μ_0 として、以下の問いに答えよ。

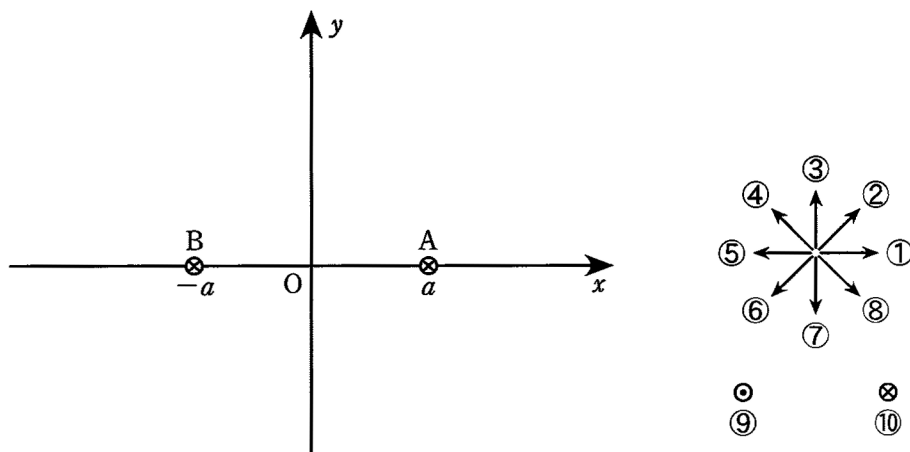


図2

強

- 問1 導線Aを流れている電流が原点Oにつくる磁場の強さを書け。また、この磁場の向きを図2の①から⑩のうちから選べ。
- 問2 導線Aを流れている電流が導線Bの長さ b あたりに及ぼす力の大きさを書け。また、この力の向きを図2の①から⑩のうちから選べ。

さらに、導線A, Bと平行な、無限に長い直線状の導線Cを x 軸上の点を通るように置いた。導線Cに大きさ $3I$ の電流を、紙面の裏から表への向きに流したところ、導線Bにはたらく磁場による力が釣り合った。以下の問いの解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

- 問3 導線Cが置かれた位置の x 座標を求めよ。
- 問4 x 軸上で、磁場が0になる点の x 座標を求めよ。ただし、導線のある位置と無限遠点はこのぞく。

3

[1] 図1のように、なめらかに動くピストンと大きさの無視できるヒーターのついたシリンダーが床に鉛直に立てて置かれ、その中に n モルの単原子分子理想気体が封入されている。はじめに、ヒーターははたらいておらず、ピストンはシリンダーの底から l の高さで静止している(状態 I)。ピストンおよびシリンダーは断熱材でできているとする。ピストンの質量を M 、断面積を S 、大気圧を p_0 、重力加速度の大きさを g 、気体定数を R として、以下の問いに答えよ。ただし、答えの式は、 n, l, M, S, p_0, g, R の中から必要なものを用いて表せ。解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

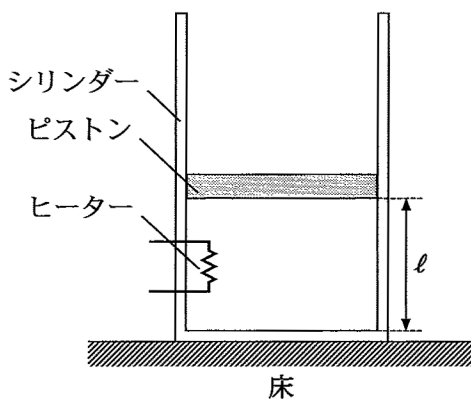


図1

問 1 状態 I での気体の圧力 p_1 を求めよ。

問 2 状態 I での気体の温度 T_1 を求めよ。

次に、ヒーターでシリンダー内部の気体をゆっくりと加熱し、底からピストンまでの距離が $2l$ となったところで加熱を止めた(状態 II)。ただし、ピストンにはたらく力は加熱中に常につり合っていたとする。

問 3 状態 II での気体の温度 T_2 を求めよ。

問 4 状態 I から状態 II までの過程においてシリンダー内の気体が外部にした仕事 W を求めよ。

問 5 状態 I から状態 II までの過程においてシリンダー内の気体が得た熱量 Q を求めよ。

〔2〕 図2のように、空気中に距離 ℓ だけ離れた平行な2枚の板A, Bがあり、板Aには単スリット S_0 、板Bには間隔 d の複スリット S_1 と S_2 が備えられている。さらに、板Bから距離 L だけ離れた位置に、板A, Bと平行にスクリーンが置かれている。光源、スリット S_0 、およびスクリーン上の点Oは、スリット S_1 と S_2 の間を垂直に二等分する直線上に位置している。光源から出た波長 λ の単色光は S_0 および S_1 、 S_2 を通過してスクリーン上に明暗の縞模様をつくる。点Oの位置にある明線を0番目とし、点Oに近い順から明線に1番目、2番目、3番目、…と番号をつける。図のように、点Oから紙面上向きに距離 x だけ離れた点Pに m 番目の明線があるとき、以下の問いに答えよ。ただし、各スリットは非常に狭く、 d や x は ℓ や L に比べて十分に小さいものとする。また、空気の屈折率は1とする。問1、5の解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

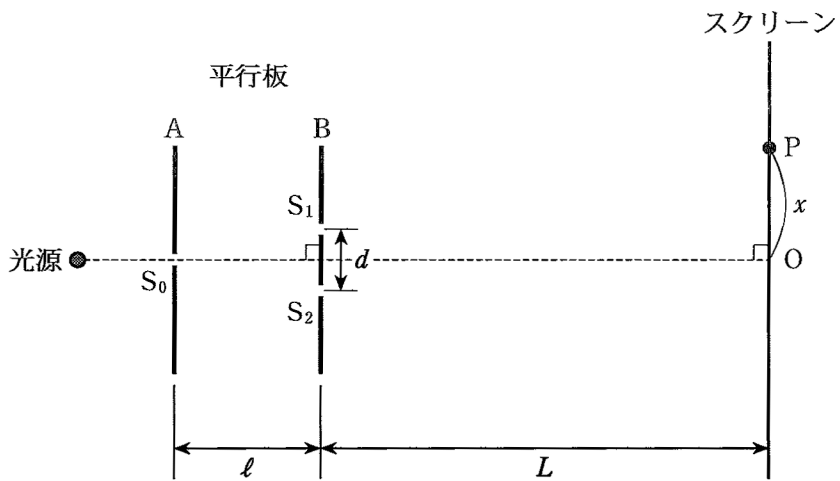


図2

問 1 S_0 から S_1 を通り点 P に到達する光の光路長を L_1 , S_0 から S_2 を通り点 P に到達する光の光路長を L_2 とするとき, 光路差の近似式が $L_2 - L_1 \approx \frac{dx}{L}$ となることを示せ。必要であれば, 実数 z , a について $|z|$ が 1 より十分に小さいときに成り立つ近似式 $(1+z)^a \approx 1+az$ を用いてよい。

問 2 点 P の位置が m 番目の明線となるために必要な条件を書け。

問 3 スクリーン上における明線の間隔 Δx を書け。

問 4 S_1 のスクリーン側に, 屈折率が 1 よりも大きな薄膜を設置すると, はじめに点 O にあった 0 番目の明線が移動した。このとき明線は点 O から図 2 の上向き, あるいは下向きのどちらに移動したのか, 理由とともに簡潔に答えよ。ただし, 薄膜の厚さは, L および d よりも十分に小さいものとする。

次に, 薄膜を S_1 から取り外した後, 時刻 t における複スリット S_1 と S_2 の間隔を $d + vt$ となるように, ゆっくりと変化させる。ただし, S_1 と S_2 の中点の位置は, $t = 0$ のときから変わらないものとする。 $v > 0$ として, 以下の問いに答えよ。

問 5 $t = 0$ で 3 番目の明線があった位置は, 一度暗くなった後, 再び明るくなり明線となる条件を満たした。このときの時刻を求めよ。また, その明線は何番目の明線か答えよ。

下書き用紙 (自由に使用してよい。持ち帰ること。)

