

令和6年度入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～19
化 学.....	20～35
生 物.....	36～49
地 学.....	50～60

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1に示すように、水平な床と、鉛直方向に置かれた壁がある。壁から距離 L 離れた床上の点 O から 45° をなす向きに、小球を大きさ v_0 の初速度で投げ上げた。小球は壁上の点 P (床からの高さ h) で、壁に対して垂直に衝突し、はね返った小球は床上の点 A に落ち、はね返って上昇し、床上の点 B に衝突した。小球の質量は m 、小球の床や壁との間の反発係数は e ($0 < e < 1$)、重力加速度の大きさは g である。なお、床と壁は、なめらかでかたいものとする。

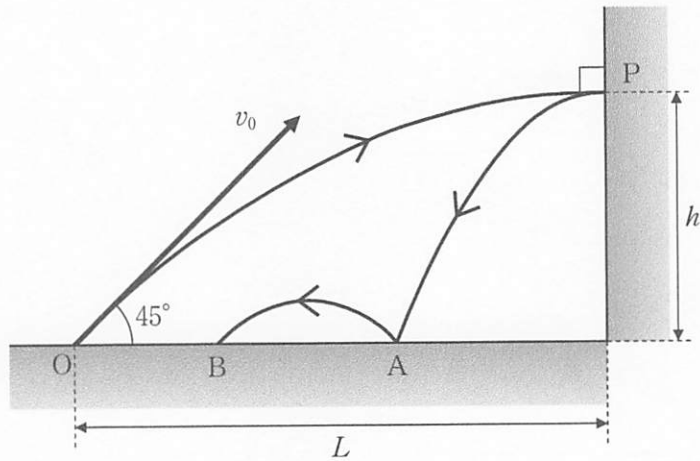


図1

- (1) 床から点Pまでの高さ h を, v_0, m, g のうち, 必要なものを用いて表せ。
- (2) 壁から点Oまでの距離 L を, v_0, m, g のうち, 必要なものを用いて表せ。
- (3) 点Pにおける衝突前後で小球が失った力学的エネルギーの大きさ E を, v_0, m, e, g のうち, 必要なものを用いて表せ。
- (4) 点Oと点Bが一致するとき, e の数値を求めよ。

II 質量分布が一様でない棒 AB について考える。なお、棒 AB の質量を m 、長さを L 、重心 G と A 端との距離を a ($0 < a < \frac{L}{2}$)、重力加速度の大きさを g とする。それぞれの図中のすべては、同一鉛直面内にあるものとする。

- (5) 棒 AB の A 端にばね定数 k_1 のばね 1、B 端にばね定数 k_2 のばね 2 を取り付け、水平な天井からつるしたところ、図 2 に示すように、ばね 1 とばね 2 の伸びが等しい状態で、棒 AB が水平となり静止した。 a を、 m 、 g 、 k_1 、 k_2 、 L のうち、必要なものを用いて表せ。なお、ばね 1、ばね 2 の質量は無視できるものとする。

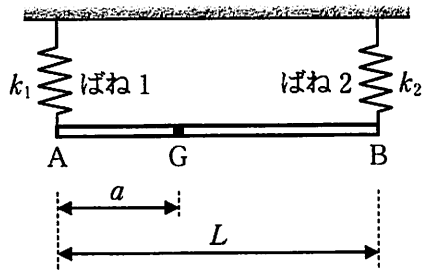


図 2

- (6) 図3に示すように、棒 AB を鉛直でなめらかな壁と水平であらい床（静止摩擦係数 μ ）の間に立てかけ、床と棒のなす角度を徐々に小さくしたところ、角度が θ になったところで、棒がすべり始めた。このときの $\tan \theta$ を、 a, m, g, L, μ のうち、必要なものを用いて表せ。

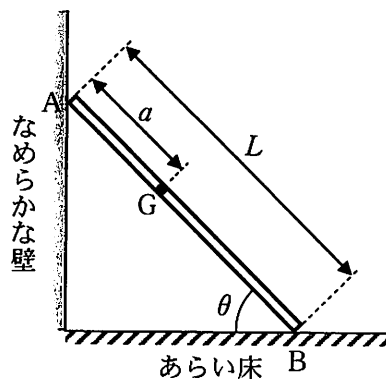


図3

- (7) 図4に示すように、棒 AB の A 端と B 端を、質量が無視できる長さ L の糸2本で点 O からつり下げ、B 端を水平左向きに大きさ F の力で押したところ、棒が水平になり静止した。このときの F を、 a, m, g, L のうち、必要なものを用いて表せ。

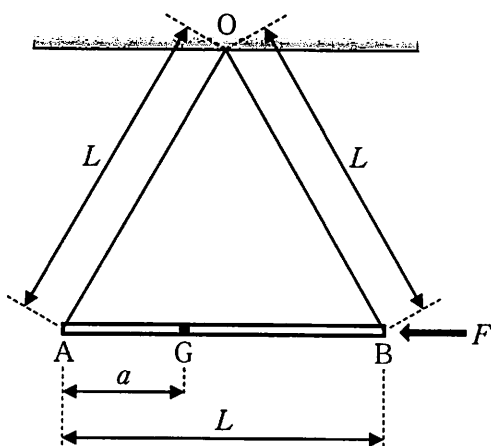


図4

2

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

- I 図1のように、辺の長さが $8L$ [m]、 $10L$ [m]、 $2L$ [m]の直方体状の導体（以下、導体と呼ぶ）が真空中の xyz 直交座標の空間内にある。導体の中心（直方体の各頂点からの距離が等しい点）を xyz の原点とし、この導体の x 軸に垂直な面を S_1 ($x = 4L$) と S_2 ($x = -4L$) とする（斜線で塗った部分）。この導体中の自由電子の密度を n [$1/m^3$] (1 m^3 当たりの自由電子の数) とする。ただし、電子の電気量を $-e$ [C] (e は電気素量) とする。また、この導体の面 S_2 の電位を V_0 [V] とする。

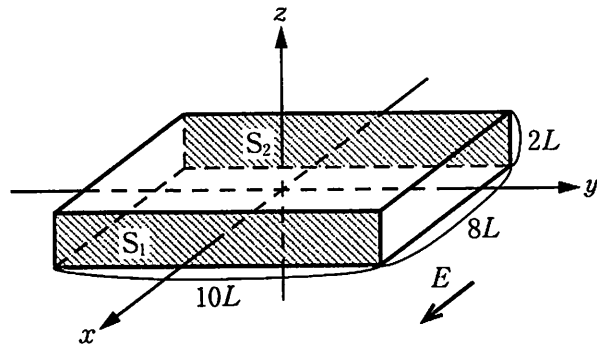


図1

まず、導体外部に x 軸の正の向きに強さが E [N/C]の一様な電場を加えた。

- (ア) x 軸上の電場の強さと電位を図に示せ。ただし、電位の一目盛は EL とする。

次に、加えた電場 E [N/C] を取り除き、図 2 のように、この導体の面 S_1 と S_2 に電圧計を接続し、導体内に y 軸の正の向きに電流 I [A] を流し、 z 軸の正の向きに磁束密度 B [T] の一様な磁場を加えると、電圧計は負の値 $-V$ [V] ($V > 0$ V) を示した。この現象を (X) という。このときの導体内の自由電子の速さを v [m/s] とする。ただし、面 S_1 の電位が面 S_2 の電位より高いとき、電圧計は正の値を示すものとする。

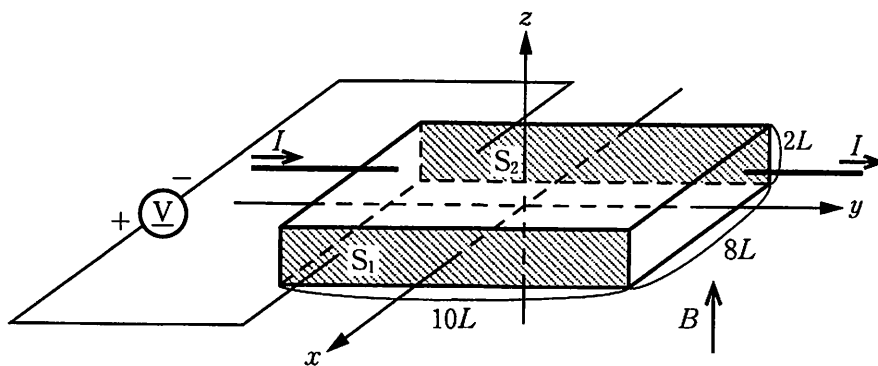


図 2

- (イ) (X) に入る適切な語を答えよ。
- (ロ) 電圧計が負の値を示す (面 S_1 の電位が面 S_2 の電位より低くなる) 理由を述べよ。ただし、導体のキャリアとそのキャリアにはたらく力を説明に含めること。
- (ハ) v を、 e , I , L , n , V_0 , V のうち、必要なものを用いて表せ。
- (ニ) B を、 e , I , L , v , V_0 , V のうち、必要なものを用いて表せ。
- (ホ) V を、 e , B , I , L , n , V_0 のうち、必要なものを用いて表せ。

(*) 導体を p 型半導体あるいは n 型半導体に置き換えると、電圧計はどのような値を示すか。以下の①～⑨から最も適切なものを一つ選べ。

選択肢	電圧計が示す値	
	p 型半導体	n 型半導体
①	正	正
②	正	0
③	正	負
④	0	正
⑤	0	0
⑥	0	負
⑦	負	正
⑧	負	0
⑨	負	負

II 図3の回路において、電池Eの起電力は E (V)、コンデンサー C_1 と C_2 の電気容量(静電容量)は等しく C (F)である。最初、スイッチ $S_1 \sim S_4$ はすべて開いており、 C_1 と C_2 の電気量は 0 Cであった。以下(ク)~(シ)の操作を順次行った。なお、電池の内部抵抗は無視する。

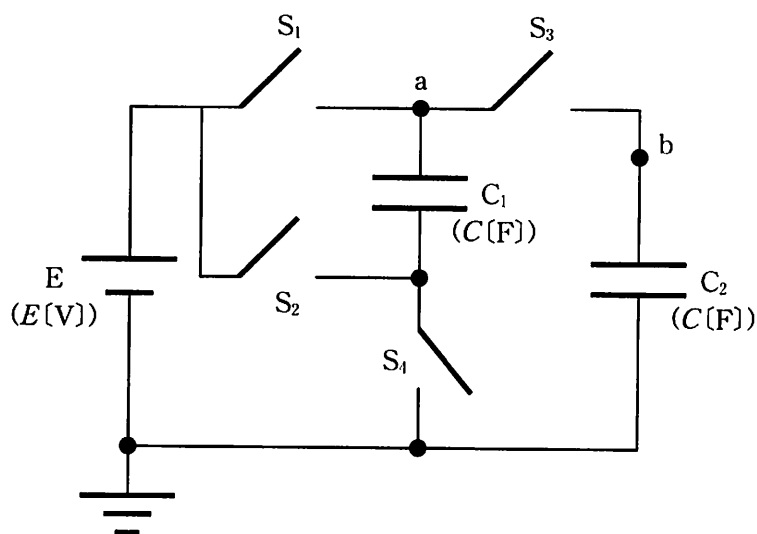


図3

(ク) S_1 , S_3 および S_4 を閉じて十分に時間が経過した。このときの、 a 点の電位と、 C_2 の電気量を、それぞれ求めよ。

(ケ) (ク)の操作に続いて、 S_3 を開いた。このときの、 b 点の電位と、 C_2 の電気量を、それぞれ求めよ。

- (コ) (ケ)の操作に続いて、 S_1 と S_4 を開き、その後 S_2 と S_3 を閉じ、十分に時間が経過した。このときの、 b 点の電位と、 C_2 の電気量を、それぞれ求めよ。
- (サ) (コ)の操作に続いて、 S_2 と S_3 を開き、その後 S_1 と S_4 を閉じ、十分に時間が経過した。このときの、 a 点の電位を求めよ。
- (シ) (サ)の操作に続いて、 S_1 と S_4 を開き、その後 S_2 と S_3 を閉じ、十分に時間が経過した。このときの、 C_1 と C_2 の電気量の合計と、(コ)の操作後の C_1 と C_2 の電気量の合計との差を求めよ。

3

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

- I 図1のように、速さ 3 m/s で等速直線運動する観測点 O が、点 A および点 B を通過し、十分に離れた点 C に到達する。点 A と点 B の距離は 9 m であり、また、全方向に均一に 680 Hz の音を発生する音源 S が点 B から高さ $h \text{ (m)}$ に固定されている。観測点 O が点 A を通過する時刻を開始時刻（時刻 0 s ）とする。音速は 340 m/s とし、音源 S の大きさおよび風は無視できるものとする。

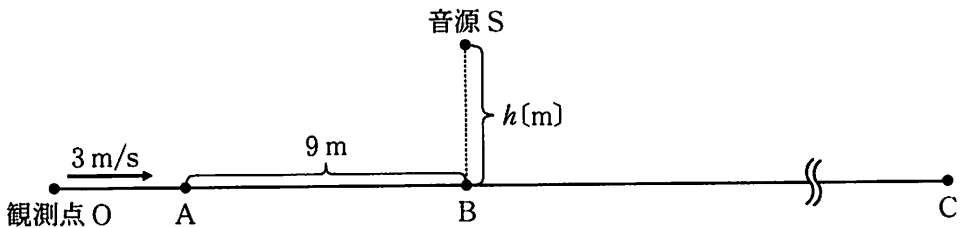
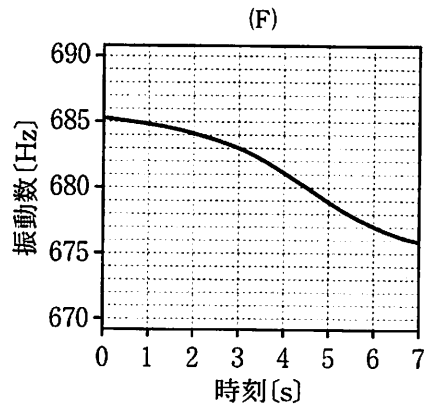
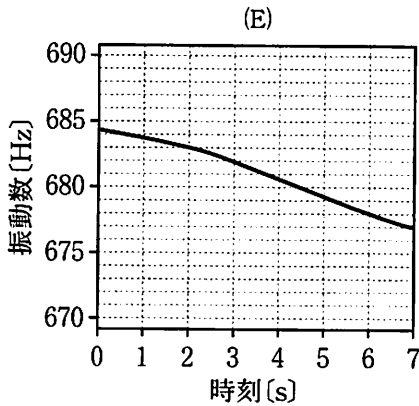
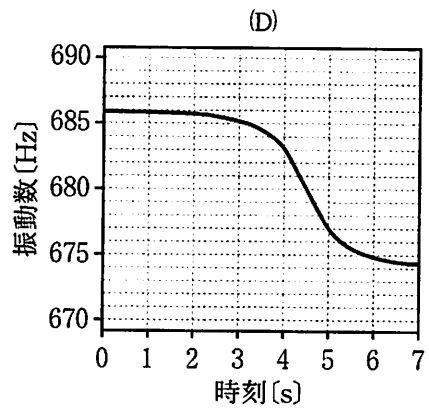
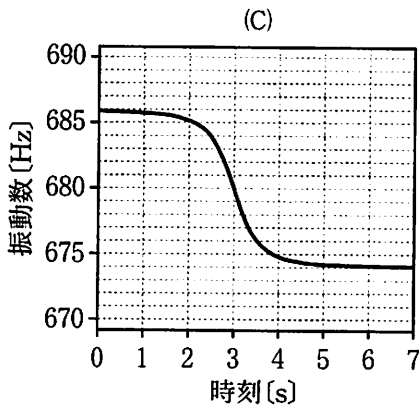
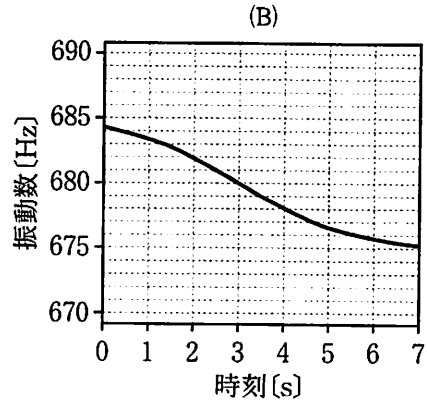
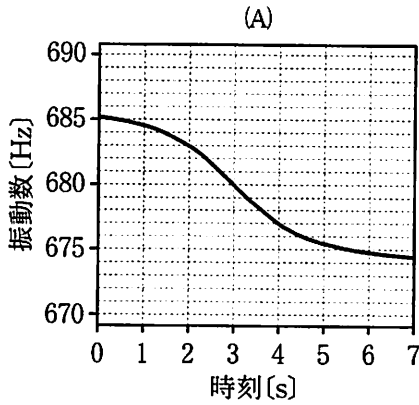


図1

- (a) $h = 0 \text{ m}$ の場合を考える。観測点 O が点 B に到達する前に、観測点 O において観測される音の振動数を求めよ。また、時刻 $0 \text{ s} \sim 7 \text{ s}$ の間で観測点 O において観測される音の振動数の時間変化を図示せよ。
- (b) $h > 0 \text{ m}$ の場合を考える。音源 S と観測点 O と点 C のなす角 $\angle SOC$ の角度を θ とする。観測点 O で観測される音の振動数を θ を用いて表せ。

(c) $h = 3\sqrt{3} \text{ m}$ の場合を考える。観測点 O で観測される音の振動数の時間変化として最も適切なものを、次の選択肢(A)~(F)のうちから一つ選べ。



II 図2に示すように、真空中に、波長を変化できる単色光源、光源からの光線に対して45°に置かれた薄い半透明鏡（光の一部を透過させ一部を反射する鏡）、光線に対してそれぞれ垂直に置かれた鏡1と鏡2、検出器がある。点S、点H、点M₁、点M₂、点Dは、それぞれの装置中の一点を示す。点Hは、SM₁とDM₂の交点である。Sから出た光は、H→M₁→H→D、および、H→M₂→H→Dの経路を進み、それらの干渉光がDで検出される。SM₁がx軸、DM₂がy軸に平行になるように置かれている。最初は、距離HM₁ = 距離HM₂である。

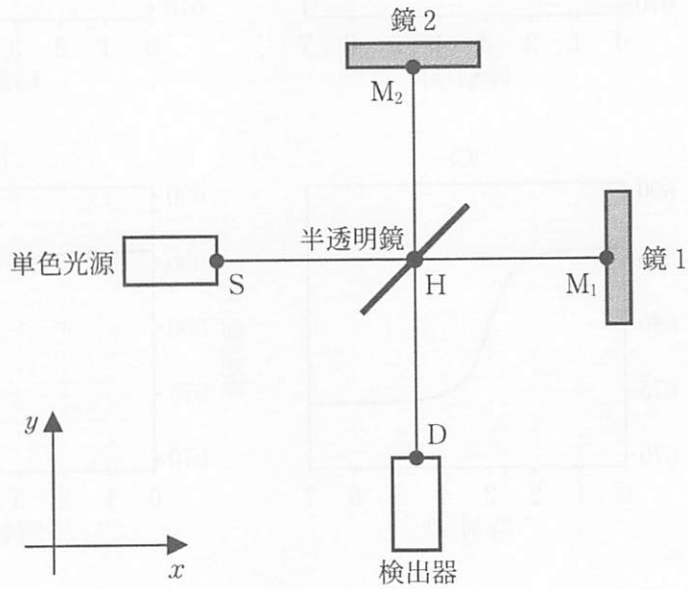


図2

まず、鏡1を x 軸の正方向に、 L (m) ($L > 0$ m) だけ移動させた場合を考える。それにともない、 M_1 も x 軸の正方向に、 L だけ移動する。

(d) $H \rightarrow M_1 \rightarrow H \rightarrow D$ と $H \rightarrow M_2 \rightarrow H \rightarrow D$ の光路差を L を用いて表せ。さらに、 S から出る光の波長を λ (m)、 k を $k = 1, 2, 3, \dots$ を満たす整数とするとき、 D の位置で干渉により光が強め合う条件を、 L, k, λ を用いて表せ。

(e) 上記(d)について、光路差が 3.0×10^{-6} m のとき、波長 6.0×10^{-7} m の光が D の位置で強め合った。続いて、 S から出る光の波長を、ゆっくりと長くしていくとき、再び最初に干渉により強め合うときの波長 λ_1 (m) を求めよ。

ここで、光の一般的な性質について考えてみよう。

- (f) 光の性質について説明した次の文章が正しくなるように、 ~
 に入る最も適切なものを、それぞれの解答群から一つずつ選べ。

光は であり、媒質のない真空中を約 $3.00 \times$ m/s の速さ
で伝わる。単色光が、媒質中を進む場合について考える。媒質中を進む光の速
さ $c_{\text{媒質}}$ と、真空中を進む光の速さ $c_{\text{真空}}$ の間には、関係式 $c_{\text{媒質}}$ $c_{\text{真空}}$
が、媒質中における光の振動数 $f_{\text{媒質}}$ と、真空中における光の振動数 $f_{\text{真空}}$ の
間には、関係式 $f_{\text{媒質}}$ $f_{\text{真空}}$ が、それぞれ成り立つ。

【①の解答群】 縦波， 横波， 疎密波， 重力波

【②の解答群】 10^6 ， 10^7 ， 10^8 ， 10^9 ， 10^{10}

【③と④の解答群】 $<$ ， $>$ ， $=$

続いて、 $HM_1 = HM_2$ の距離となるように、鏡 1 を最初の位置に戻す。さらに、図 3 に示すように、H と M_1 の間に絶対屈折率（屈折率） n ($n > 1$)、厚さ d (m) の薄膜を、光線に対して垂直に挿入する。

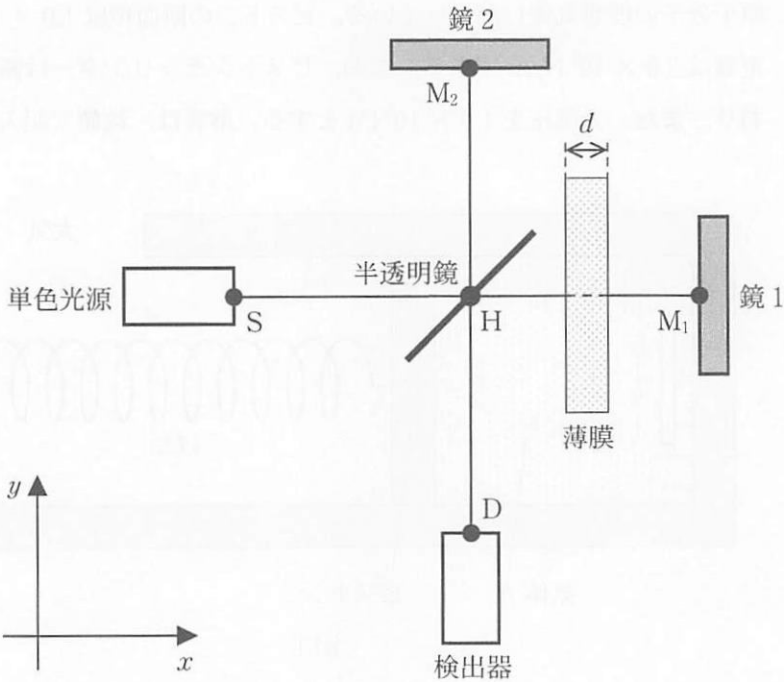


図 3

(g) S から出る光の波長を λ (m), k を $k = 1, 2, 3, \dots$ を満たす整数とすると、D の位置で干渉により光が強め合う条件を、 d, n, k, λ を用いて表せ。

(h) 上記(g)について、 $d = 2.0 \times 10^{-6}$ m のとき、波長 4.0×10^{-7} m の光が D の位置で強め合った。続いて、S から出る光の波長を、ゆっくりと長くしていくと、波長 6.0×10^{-7} m の光に対して、再び最初に強め合った。このときの n の値を求めよ。ただし、 n は光の波長によらず一定とせよ。

4 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1のように、ばねが付いたなめらかに動くピストンと、ヒーターを備えたシリンダーが大気中に置かれている。ピストンとシリンダーの間に気体 A (単原子分子の理想気体) が入っている。ピストンの断面積は $1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 、ばね定数は $2.0 \times 10^3 \text{ N/m}$ である。なお、ピストンとシリンダーは断熱材でできており、また、大気圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。解答は、数値で記入すること。

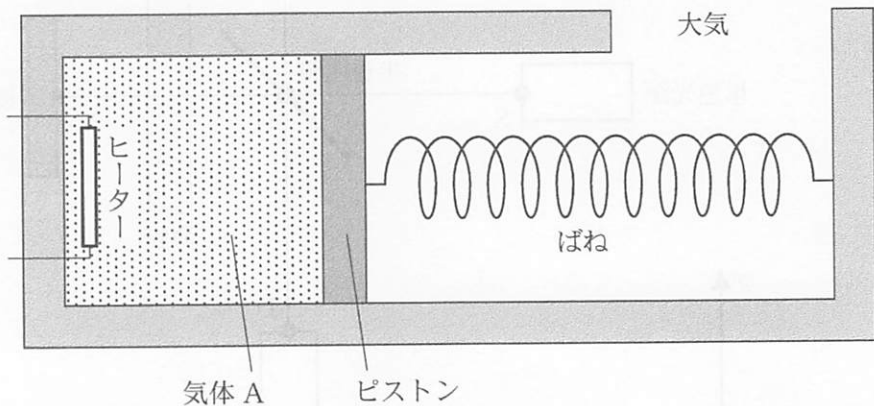


図1

最初、気体 A の体積は $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 、温度は $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ 、ばねは自然の長さであった。

(a) 気体 A の圧力 P_1 [Pa] を求めよ。

続いて、気体 A をヒーターを用いてゆっくりと加熱したところ、ピストンが 0.10 m だけ動いて静止した。

(い) このときの気体 A の、圧力 P_2 [Pa]、体積 V [m³]、温度 T [K] を、それぞれ求めよ。

(う) この過程での、気体 A の内部エネルギーの変化 ΔU [J]、気体 A が外部にした仕事 W [J]、気体 A に加えた熱量 Q [J] を、それぞれ求めよ。

II 放射線の性質と特徴を知るため、下のような表1を用意した。

表1

種類	実体 (正体)	電荷	電離作用	透過力
α 線	(a)	(d)	強	紙で止まる
β 線	(b)	(e)	中	(g)で止まる
γ 線	(c)	(f)	弱	(h)で止まる

(え) 表1の(a), (b), (c)に当てはまる適切な語や語句を記入せよ。

(お) 表1の(d), (e), (f)に当てはまるものを以下の選択肢から、それぞれ一つずつ選び番号を記入せよ。ただし、 e は電気素量である。

- ① $-2e$ ② $-e$ ③ 0 ④ $+e$ ⑤ $+2e$

- (カ) 表1の(g), (h)に当てはまる語や語句の組み合わせとして、最も適切なものを、表2の選択肢①～⑥から一つ選び番号を記入せよ。

表2

選択肢	(g)	(h)
①	厚い鉛板	薄いアルミ板
②	薄いアルミ板	水
③	水	薄いアルミ板
④	薄いアルミ板	厚い鉛板
⑤	厚い鉛板	水
⑥	水	水

- (キ) 放射線が物質を電離させたとき、放射線のもつエネルギーはどのように変化するか。解答欄の中で最も適切と考えられる選択肢を一つ○で囲め。
- (ク) 電離作用が強いほど放射線の透過力が低い理由を説明せよ。解答する際には、電離を起こす回数について述べること。