

# 理 科(物理)

(2023)

- (注意事項)
- 1 問題文は10ページあります。
  - 2 解答は解答用紙の所定欄に記入してください。指示されたところでは解答の導き方についても記入してください。下書きは、問題冊子の余白を利用してください。ただし、回収はしませんので採点の対象とはなりません。
  - 3 定規を使用することができます。ただし、計算・メモ・通信などの機能をもった時計や電卓、携帯電話などは使用できません。
  - 4 解答は一部記述を含むマークセンス方式となっていますので、解答用紙の注意事項をよく読み解答してください。
  - 5 受験番号・氏名・フリガナは、監督者の指示に従って、解答用紙の所定欄に丁寧に記入してください。
  - 6 解答用紙にマークセンス方式の受験番号欄があります。受験番号をマークする際は濃く丁寧にぬってください。
  - 7 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページ落丁・乱丁及び解答用紙の汚れなどに気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。

第1問 次の問い（問1～問5）に答えよ。

〔解答マーク欄  ～  ； 解答記入欄  〕

問1  $x$  軸上を一定の加速度  $2.0 \text{ m/s}^2$  で運動する物体がある。時刻  $1.0 \text{ s}$  での物体の速度が  $-1.5 \text{ m/s}$  であったとき、時刻  $4.0 \text{ s}$  での物体の速度として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ①  $-5.5 \text{ m/s}$                       ②  $-4.5 \text{ m/s}$                       ③  $0.5 \text{ m/s}$   
 ④  $4.5 \text{ m/s}$                         ⑤  $6.0 \text{ m/s}$                       ⑥  $8.0 \text{ m/s}$

問2 図1のように、同じばね定数  $k$  の二つのばねを鉛直につなげ、その一端を天井に固定し、もう一端に質量  $m$  の物体を取り付け、静止させた。二つのばねの自然の長さからの伸びの和  $\ell$  として正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度の大きさを  $g$  とし、ばねの質量は無視できるものとする。  $\ell =$

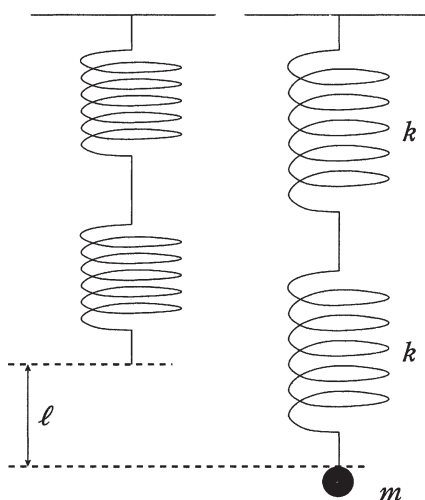


図1

- ①  $\frac{mg}{2k}$     ②  $\frac{mg}{k}$     ③  $\frac{3mg}{2k}$     ④  $\frac{2mg}{k}$     ⑤  $\frac{5mg}{2k}$     ⑥  $\frac{3mg}{k}$

問3 十分に長い2本の導線P, Qが真空中に距離 $d$ だけ隔てて平行に置かれている。図2は導線に垂直な面を描いたもので、導線Pには面の表から裏に向かう向き(⊗の向き)に大きさ $3I$ の電流が、導線Qには面の裏から表に向かう向き(⊙の向き)に大きさ $I$ の電流が、それぞれ流れている。図2の面上で、導線P, Qを結ぶ直線上のQから右に $d$ だけ離れた点Rでの磁場(磁界)の強さ $H$ と向きとして最も適切なものを、下のそれぞれの解答群のうちから一つずつ選べ。ただし、向きは図2での向きとする。

$$H = \boxed{3}, \text{ 向き: } \boxed{4}$$

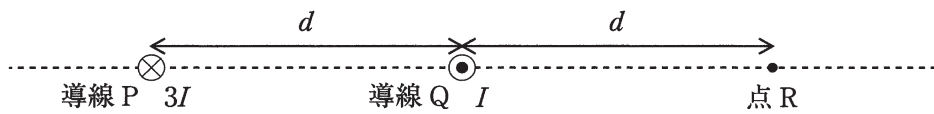


図2

**3** の解答群：

- ①  $\frac{I}{8\pi d}$     ②  $\frac{I}{4\pi d}$     ③  $\frac{I}{2\pi d}$     ④  $\frac{3I}{4\pi d}$     ⑤  $\frac{I}{\pi d}$     ⑥  $\frac{5I}{4\pi d}$

**4** の解答群：

- ① ⊗の向き  
 ② ⊙の向き  
 ③ 左向き  
 ④ 右向き  
 ⑤ 上向き  
 ⑥ 下向き

問4 ある金属にさまざまな振動数の光を当てたときに、飛び出す電子の運動エネルギーの最大値  $K_0$  を測定したところ、図3の直線が得られた。プランク定数とこの金属の仕事関数を図3から読み取り、最も適切なものを、下のそれぞれの解答群のうちから一つずつ選べ。

プランク定数：，仕事関数：

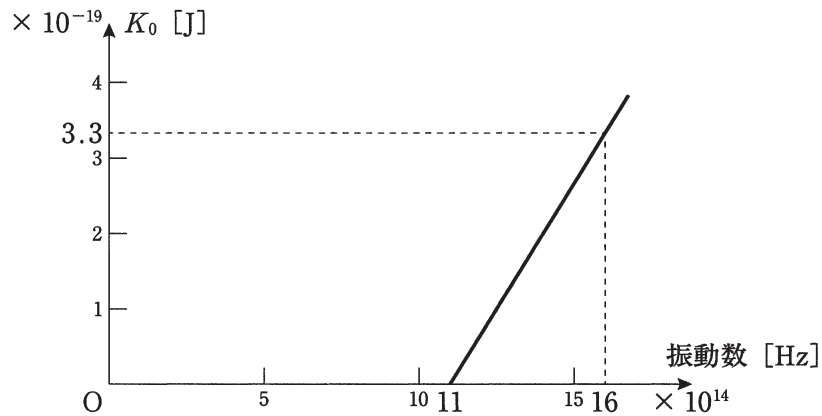


図3

の解答群：

- ①  $6.6 \times 10^{-19} \text{ J}\cdot\text{s}$       ②  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$       ③  $6.6 \times 10^{-5} \text{ J}\cdot\text{s}$   
 ④  $6.6 \times 10^5 \text{ J}\cdot\text{s}$       ⑤  $6.6 \times 10^{34} \text{ J}\cdot\text{s}$

の解答群：

- ①  $7.3 \times 10^{-19} \text{ J}$       ②  $7.3 \times 10^{-34} \text{ J}$       ③  $7.3 \times 10^{14} \text{ J}$   
 ④  $6.6 \times 10^{-19} \text{ J}$       ⑤  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}$       ⑥  $6.6 \times 10^{14} \text{ J}$

問5  $x$ 軸の正の向きに一定の速度で進む正弦波がある。図4および図5は、それぞれ、この波の時刻0sおよび2.0sでの波形（位置と変位の関係）を表す。ここで、点Pは、ある一つの波の山を示したものである。この波の速度、波長、および周期を読み取り、答をそれぞれ該当欄に書け。

解答記入欄 1

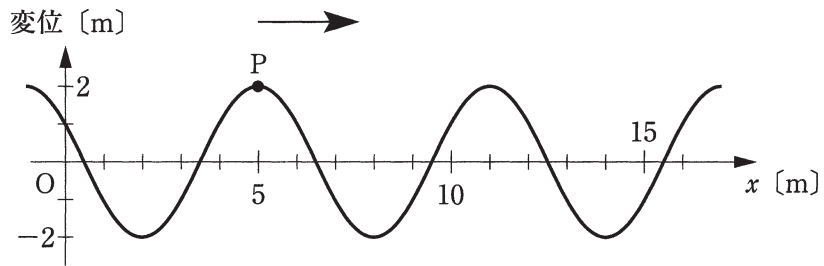


図4 時刻0sでの波形

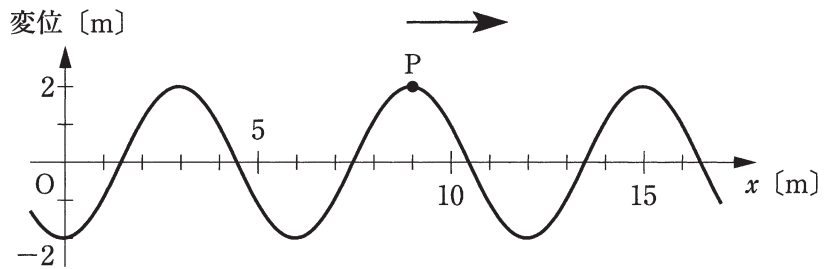


図5 時刻2.0sでの波形

**第2問** 水平でなめらかな床の上に、一辺の長さが  $h$  で質量  $M$  の立方体を置いた。図1のように、床に沿って右向きを  $x$  軸，鉛直方向上向きを  $y$  軸の正の向きとすると，立方体の左面は， $x$  軸に垂直で， $x = X$  の位置にある。ここで，質量  $m$  の小物体を，原点  $O$  から，水平面となす角が  $45^\circ$  の向きに速さ  $v_0$  で発射させるという実験を，立方体の左面の位置  $X$  をさまざまに変えて行った。 $X$  の値に応じた小物体と立方体のその後の運動について，重力加速度の大きさを  $g$  として，以下の問い（問1～問4）に答えよ。ただし，空気抵抗および小物体の大きさは無視できるものとする。

〔解答マーク欄  ～  ； 解答記入欄 2 〕

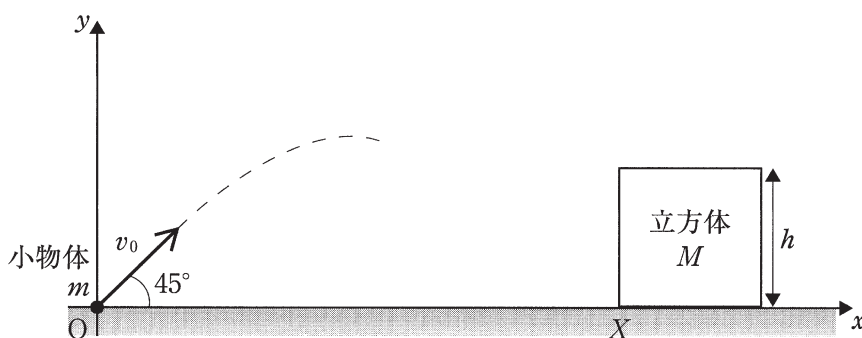


図1

問1  $X$  を十分に大きくしたとき，発射された小物体は， $h$  を超える高さの最高点まで到達した後，立方体と衝突せずに床に落下した。小物体を発射してから最高点に達するまでの時間と，落下地点の  $x$  座標  $x_{\max}$  として正しいものを，下のそれぞれの解答群のうちから一つずつ選べ。

最高点に達するまでの時間 =  ，  $x_{\max}$  =

の解答群：

- ①  $\frac{v_0}{2g}$       ②  $\frac{\sqrt{2}v_0}{2g}$       ③  $\frac{v_0}{g}$       ④  $\frac{\sqrt{2}v_0}{g}$       ⑤  $\frac{2v_0}{g}$

の解答群：

- ①  $\frac{v_0^2}{2g}$       ②  $\frac{\sqrt{2}v_0^2}{2g}$       ③  $\frac{v_0^2}{g}$       ④  $\frac{\sqrt{2}v_0^2}{g}$       ⑤  $\frac{2v_0^2}{g}$

問2  $X$ が、条件

$$0 < X < x_1 \quad \text{または} \quad x_2 < X < x_{\max}$$

を満たすとき、小物体は、床に落下する前に立方体の左面に衝突する。また、条件

$$x_1 < X < x_2$$

を満たすとき、小物体は立方体の左面に衝突することはない。 $x_1, x_2$ として正しいものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

$$x_1 = \boxed{9}, \quad x_2 = \boxed{10}$$

- ①  $\frac{v_0^2}{2g}$                       ②  $\frac{\sqrt{2}v_0^2}{2g}$                       ③  $\frac{v_0^2}{2g}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4gh}{v_0^2}}\right)$
- ④  $\frac{v_0^2}{2g}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{4gh}{v_0^2}}\right)$     ⑤  $\frac{v_0^2}{g}$                               ⑥  $\frac{2v_0^2}{g}$
- ⑦  $\frac{v_0^2}{2g}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{4gh}{v_0^2}}\right)$     ⑧  $\frac{v_0^2}{2g}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4gh}{v_0^2}}\right)$

次に、立方体を、条件  $x_2 < X < x_{\max}$  を満たす位置に置き、小物体を発射させたところ、図2のように、小物体は立方体と弾性衝突した。衝突後、立方体は、左面を  $x$  軸に垂直に保ったまま、回転することなく  $x$  軸の正の向きに速度  $V$  で動き出し、小物体は、しばらくしてから床に落下した。立方体の左面はなめらかであり、衝突直前と直後の小物体の速度の  $y$  成分は変化しなかった。

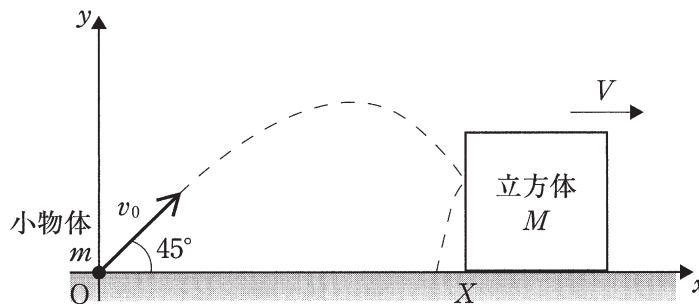


図2

問3 速度  $V$  を求めよ。答は導き方も含めて該当欄に書け。

解答記入欄2 [問3]

問4 小物体が床に落下する直前の速度の  $x$  成分、 $y$  成分を求めよ。答は導き方も含めて該当欄に書け。

解答記入欄2 [問4]

**第3問** 以下の文章 I, II を読み, 問い (問1~問5) に答えよ。

[ 解答マーク欄  ,  ; 解答記入欄 3 , 解答記入欄 4 ]

I 原点  $O$  に, 電気量が  $Q$  の正の点電荷が固定され, 周りに電場 (電界) が生じている。ここに, 図1のように, 電気量が  $q$ , 質量が  $m$  の荷電粒子が遠くから近づいてきて, 原点  $O$  との距離が  $r_0$  の点  $P$  を速さ  $v_0$  で通過した後, 再び遠ざかっていった。荷電粒子に働く力は点電荷 (電気量  $Q$ ) がつくる電場による力のみであるとし, クーロンの法則の比例定数を  $k$  とする。

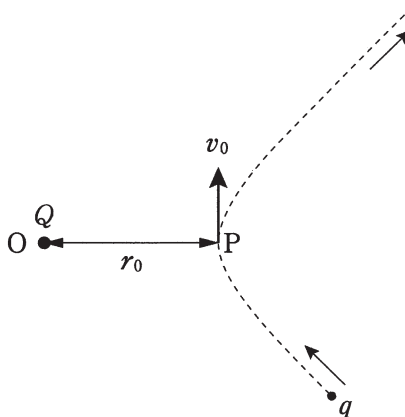


図1

問1 荷電粒子の電気量  $q$  の符号と, 点  $P$  を通過した瞬間に荷電粒子に働く力の向きをの組合せとして最も適切なものを, 次の①~⑧のうちから一つ選べ。ただし, 向きは, 図1での向きとする。

- ①  $q > 0$ , 上向き    ②  $q > 0$ , 下向き    ③  $q > 0$ , 左向き    ④  $q > 0$ , 右向き  
 ⑤  $q < 0$ , 上向き    ⑥  $q < 0$ , 下向き    ⑦  $q < 0$ , 左向き    ⑧  $q < 0$ , 右向き

問2 問1のとき, 荷電粒子に働く力の大きさはいくらか。答を該当欄に書け。

解答記入欄 3 [問2]

問3 荷電粒子は, 点  $O$  から十分に遠ざかったとき, 一定の速さで運動する。この速さを求め, 答を, 導き方も含めて該当欄に書け。

解答記入欄 3 [問3]



Ⅱ p型半導体とn型半導体を接合してつくられるダイオードの整流作用の仕組みと、ダイオードの性質について考える。

問4 以下の文章中の空欄 **あ** ~ **え** に入る語の組合せとして最も適切なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。 12

p型半導体とn型半導体の両端に電池を接続して電圧を加えると、p型半導体中のキャリアであるホール（正孔）は電池の **あ** 極方向に、n型半導体のキャリアである自由電子は電池の **い** 極方向に移動する。したがって、ダイオードのp型の側に電池の **う** 極を、n型の側に電池の **え** 極を接続して一定以上の電圧を加えると、それぞれの半導体のキャリアが接合部付近で結合して消滅し、電極から新たなキャリアが供給され続けることにより、電流が流れる。

- ① あ：正    い：負    う：正    え：負
- ② あ：正    い：負    う：負    え：正
- ③ あ：負    い：正    う：正    え：負
- ④ あ：負    い：正    う：負    え：正

問5 図2のように、ダイオード、抵抗値  $12\ \Omega$  の抵抗器、起電力が  $1.5\ \text{V}$  で内部抵抗の無視できる電池をつないだ回路がある。ダイオードの電流電圧特性（ダイオードに流れる電流と電圧の関係）は、図3で表されているものとして、回路に流れる電流を求め、答を、導き方も含めて該当欄に書け。 解答記入欄 4

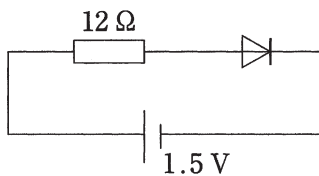


図2

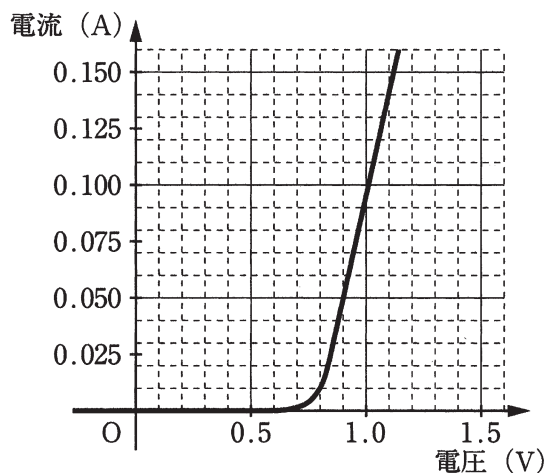


図3

**第4問** ある量の単原子分子理想気体を円筒容器に入れてなめらかに動くピストンで蓋をして閉じ込め、圧力と体積を、図1のように、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ と変化させた。ここで、

$$p_0 = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad V_0 = 2.77 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

である。状態A（圧力： $p_0 = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積： $2V_0 = 5.54 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ）の気体の温度は300 Kであった。この一連の状態変化の過程を熱機関のサイクルとみなす。気体定数を  $8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  として、以下の問い（問1～問5）に答えよ。ただし、問1～問3、問5については、文章中の空欄ア～ケ、サ～スに当てはまる数字（0～9）をそれぞれ一つずつ選べ。小数で解答する場合は、指定された桁数の一つ下の桁を四捨五入して答えよ。□ . □ の「.」は、小数点を表す。

〔解答マーク欄  ～  〕

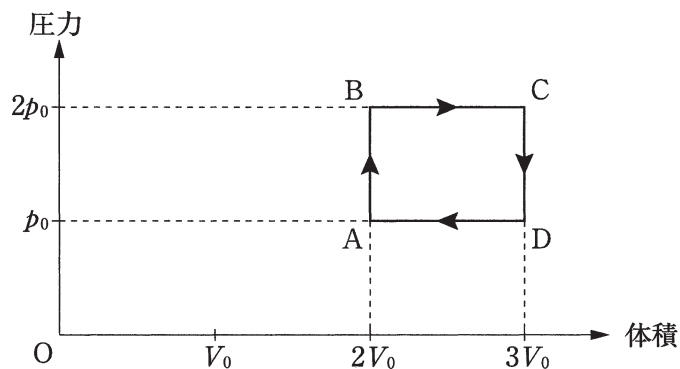


図1

問1 閉じ込められた気体の物質量は、 .  mol である。

問2 状態C（圧力： $2p_0 = 2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積： $3V_0 = 8.31 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ）の温度は  K である。

問3 この一連の状態変化の過程（サイクル）で、気体が外部にした仕事の総和を  $W$  とすると、 $W =$   .   $\times 10^3 \text{ J}$  である。

問4 気体が外部から正の熱量を吸収する過程の組合せとして正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- |                                      |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $A \rightarrow B, B \rightarrow C$ | ② $B \rightarrow C, C \rightarrow D$ | ③ $C \rightarrow D, D \rightarrow A$ |
| ④ $D \rightarrow A, A \rightarrow B$ | ⑤ $A \rightarrow B, C \rightarrow D$ | ⑥ $B \rightarrow C, D \rightarrow A$ |

問5 このサイクルの熱効率は0. サシス である。ただし、熱効率は、問4の過程で吸収する熱量  $Q$  に対する  $W$  の割合 ( $W/Q$ ) である。

—問題文終り—