

一般選抜問題 前期 (A 日程)

## 物 理

( 問題 : 全 7 ページ )

( 解答番号 :  ~  )

第 2 問は記述問題解答用紙に記入してください。

記述問題解答用紙には受験番号と氏名を必ず記入してください。

**第1問** 次の文章を読み、該当する解答群から適切なものを選んで  ～  を埋めよ。

図1のように、高さ 44.1 m の場所から水平方向に初速度 4.9 m/s でボールを投げた。重力加速度  $g$  の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$  として以下の問いに答えよ。ただし、空気抵抗については考えないものとする。

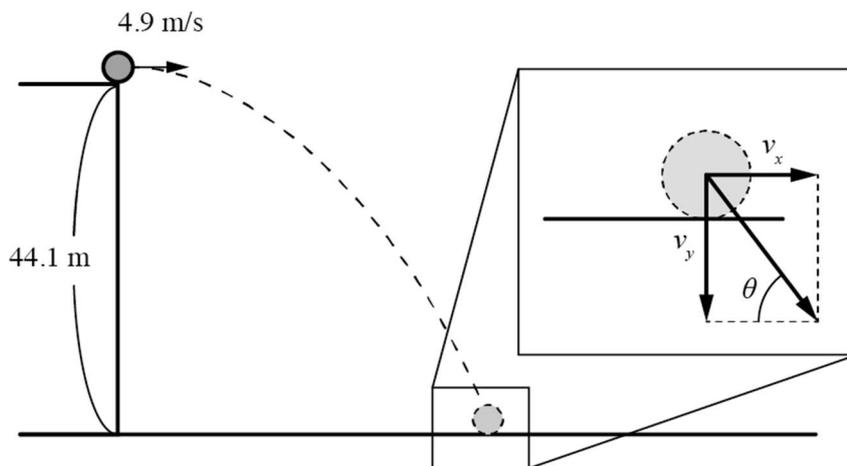


図1

- 問1 ボールが地面に到達するまでの時間を考えると、ボールは鉛直方向に自由落下運動をするので、44.1 m の高さを落下するのにかかる時間  $t$  [s] は、高さを  $y$  [m] とすると  $t = \text{1}$  と表すことができる。これよって、44.1 m の高さを落下するのにかかる時間は  s となる。
- 問2 ボールを投げた箇所の真下からボールの落下点までの距離は  m である。
- 問3 ボールが落下する直前の速さは、水平方向の速度  $v_x$  [m/s] と垂直方向の速度  $v_y$  [m/s] を考えることにより  [m/s] である。
- 問4 ボールが地面に対して落下したときの角度  $\theta$  を考えるとき、水平方向の速度  $v_x$  [m/s] と垂直方向の速度  $v_y$  [m/s] より  $\tan \theta$  を考えればよい。これより、このとき  $\tan \theta$  の値は  である。

[1 の解答群]

(1)  $\frac{2y}{g}$       (2)  $\sqrt{\frac{2y}{g}}$       (3)  $\sqrt{2gy}$       (4)  $\sqrt{\frac{2g}{y}}$       (5)  $\frac{\sqrt{yg}}{4}$

[2 の解答群]

(1) 0.7      (2) 1.5      (3) 3.0      (4) 5.2      (5) 9.0

[3 の解答群]

(1) 3.3      (2) 14.7      (3) 25.5      (4) 44.1      (5) 144.1

[4 の解答群]

(1)  $v_x + v_y$       (2)  $\sqrt{v_x^2 + v_y^2}$       (3)  $v_x^2 + v_y^2$       (4)  $\sqrt{v_x^2 - v_y^2}$       (5)  $v_x - v_y$

[5 の解答群]

(1) 6.0      (2) 9.0      (3) 10.4      (4) 18.0      (5) 58.9

**第2問** 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。解答は記述問題解答用紙に考え方の過程も分かるように記述せよ。

図2のように、水平に対する傾斜角  $\theta$  の滑らかな斜面の上に質量  $m_A$  の物体 A をおき、物体 A に糸を取り付け、滑らかで軽い滑車を介して質量  $m_B$  のおもり B を吊り下げたところ、矢印のようにおもり B は上昇し、物体 A は斜面を下降した。重力加速度を  $g$  とし、糸には伸縮がないものとして、以下の問いに答えよ。

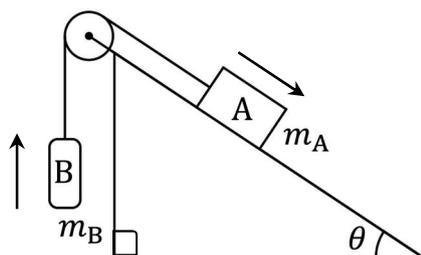


図2

- 問1 糸の張力の大きさを  $T$ 、物体 A とおもり B の加速度の大きさを  $a$  としたとき、物体 A とおもり B それぞれの運動方程式を示せ。
- 問2 問1の結果を用いて、物体 A とおもり B の加速度の大きさ  $a$  を表す式を示せ。
- 問3 問2の結果を用いて、糸の張力の大きさ  $T$  を表す式を示せ。
- 問4 このような運動が起こるための、傾斜角  $\theta$  の条件を示せ。

第3問 次の文章を読み、該当する解答群から適切なものを選んで  ～  を埋めよ。

図3のように、一辺の長さが  $L$  の立方体の箱の中に、振動数  $\nu$  の光子が  $3N$  個閉じ込められている。光子同士は衝突せず、光子間の相互作用を無視し、各軸方向に  $N$  個の光子が光速  $c$  で運動しているものとする。簡単のため、壁での光子の衝突を完全弾性衝突として、以下の問いに答えよ。

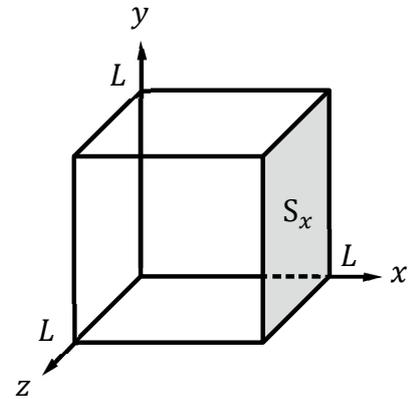


図3

問1 この光子一つの運動量の大きさ  $p$  はプランク定数  $h$  を使って  $p =$   となる。

問2  $x$  軸方向に速度  $c$  で運動している光子が、 $x = L$  にある壁  $S_x$  に衝突した際に壁に与える力積は  である。

問3 問2の光子は、時間  $t$  の間に、壁  $S_x$  に  回衝突する。光子が壁に与える力積の総和を  $t$  で割ることで、この光子が壁  $S_x$  に与える平均的な力は  となる。

問4  $N$  個の光子から受ける平均的な力を足し合わせれば、 $N$  個の光子が壁  $S_x$  に与える力が求まり、更に圧力  $P$  も求まり、 $P =$   となる。

問5 他の軸方向に運動している光子による圧力も同様に求められるので、問4の圧力  $P$  は立方体内の  $3N$  個の光子の圧力と解釈出来る。光子の内部エネルギー（立方体中の光子の全エネルギー） $U$  を用いると、 $P =$   となる。

[ 6 の解答群]

- (1)  $hvc$       (2)  $hvc^2$       (3)  $hv$       (4)  $\frac{hv}{c}$       (5)  $\frac{hv}{c^2}$

[ 7 の解答群]

- (1)  $hvc$       (2)  $2hvc$       (3)  $hv$       (4)  $\frac{hv}{c}$       (5)  $\frac{2hv}{c}$

[ 8 の解答群]

- (1)  $\frac{ct}{L}$       (2)  $\frac{ct}{2L}$       (3)  $\frac{L}{ct}$       (4)  $\frac{2L}{ct}$       (5)  $\frac{3L}{ct}$

[ 9 の解答群]

- (1)  $\frac{hv}{4L}$       (2)  $\frac{hv}{2L}$       (3)  $\frac{hv}{L}$       (4)  $\frac{2hv}{L}$       (5)  $\frac{4hv}{L}$

[ 1 0 の解答群]

- (1)  $\frac{Nhv}{L^3}$       (2)  $\frac{Nhv}{2L^3}$       (3)  $\frac{2Nhv}{L^3}$       (4)  $\frac{Nhv}{3L^2}$       (5)  $\frac{3Nhv}{L^2}$

[ 1 1 の解答群]

- (1)  $\frac{3U}{2L^3}$       (2)  $\frac{2U}{3L^3}$       (3)  $\frac{U}{3L^3}$       (4)  $\frac{3U}{L^2}$       (5)  $\frac{U}{L^2}$

第4問 次の文章を読み、該当する解答群から正しいものを選んで  ～  を埋めよ。

図4のように、共に間隔  $d$  [m]、断面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の極板からなる等しい静電容量の2つの平行板コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  と、起電力  $E$  [V] の電池及び2つのスイッチ  $SW_1$ ,  $SW_2$  からなる回路がある。最初の状態では、 $C_1$ ,  $C_2$  の極板間は真空中で、 $SW_1$ ,  $SW_2$  は開かれているものとして、以下の問いに答えよ。

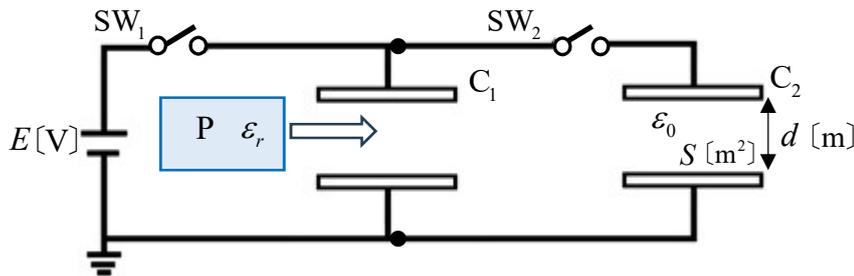


図4

- 問1 スイッチ  $SW_1$  と  $SW_2$  が開いた状態で、極板間の真空中の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] としたとき、コンデンサー  $C_1$  の静電容量は  [F] である。
- 問2 スイッチ  $SW_2$  が開いた状態で、 $SW_1$  を閉じたとき、コンデンサー  $C_1$  に蓄えられる電気量は  [C] である。
- 問3 上記の状態の後、再びスイッチ  $SW_1$  を開き、比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体  $P$  をコンデンサー  $C_1$  の極板間にちょうど完全に収まるように挿入した。このとき、コンデンサー  $C_1$  の静電容量は  [F] である。
- 問4 上記の状態でのコンデンサー  $C_1$  に蓄えられる電気量は  [C] である。
- 問5 上記の状態でのコンデンサー  $C_1$  の極板間の電位差は  [V] である。
- 問6 上記の状態（スイッチ  $SW_1$  は開き誘電体  $P$  を挿入したまま）から、スイッチ  $SW_2$  を閉じた。このときコンデンサー  $C_2$  の極板間の電位差は  [V] である。
- 問7 上記の状態でのコンデンサー  $C_1$  に蓄えられる電気量は  [C] である。
- 問8 上記の状態でのコンデンサー  $C_2$  に蓄えられる電気量は  [C] である。

[ 1 2 の解答群]

(1)  $\frac{S}{\epsilon_0 d}$       (2)  $\frac{d}{\epsilon_0 S}$       (3)  $\epsilon_0 S d$       (4)  $\epsilon_0 \frac{d}{S}$       (5)  $\epsilon_0 \frac{S}{d}$

[ 1 3 の解答群]

(1)  $\epsilon_0 \frac{S}{d} E$       (2)  $\epsilon_0 \frac{d}{S} E$       (3)  $\epsilon_0 \frac{S}{E d}$       (4)  $\frac{d}{\epsilon_0 S} E$       (5)  $\frac{S}{\epsilon_0 d} E$

[ 1 4 の解答群]

(1)  $\frac{\epsilon_r S}{\epsilon_0 d}$       (2)  $\frac{\epsilon_r d}{\epsilon_0 S}$       (3)  $\epsilon_r \epsilon_0 S d$       (4)  $\epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$       (5)  $\epsilon_r \epsilon_0 \frac{d}{S}$

[ 1 5 の解答群]

(1)  $\epsilon_r \epsilon_0 S d E$       (2)  $\frac{\epsilon_r d}{\epsilon_0 S} E$       (3)  $\epsilon_0 \frac{S}{d} E$       (4)  $\epsilon_r \epsilon_0 \frac{d}{S} E$       (5)  $\epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d} E$

[ 1 6 の解答群]

(1)  $\frac{E S}{\epsilon_0 d}$       (2)  $\frac{E}{\epsilon_r}$       (3)  $\epsilon_r E$       (4)  $\epsilon_0 E$       (5)  $\frac{E}{\epsilon_0}$

[ 1 7 の解答群]

(1)  $\frac{\epsilon_r E}{(\epsilon_r + 1)}$       (2)  $\frac{E}{\epsilon_r}$       (3)  $\frac{E}{(\epsilon_0 + 1)}$       (4)  $\frac{E}{(\epsilon_r + 1)}$       (5)  $\frac{E}{\epsilon_0}$

[ 1 8 の解答群]

(1)  $\frac{\epsilon_0 \epsilon_r S E}{(\epsilon_r + 1) d}$       (2)  $\frac{\epsilon_0 S E}{(\epsilon_r + 1) d}$       (3)  $\frac{E d}{S(\epsilon_0 + 1)}$       (4)  $\frac{\epsilon_r E}{(\epsilon_r + 1)}$       (5)  $\frac{\epsilon_r}{\epsilon_0} E$

[ 1 9 の解答群]

(1)  $\frac{\epsilon_0 \epsilon_r S E}{(\epsilon_r + 1) d}$       (2)  $\frac{\epsilon_0 S E}{(\epsilon_r + 1) d}$       (3)  $\frac{E d}{S(\epsilon_0 + 1)}$       (4)  $\frac{\epsilon_r E}{(\epsilon_r + 1)}$       (5)  $\frac{\epsilon_r}{\epsilon_0} E$