

# 物 理

(解答番号 1 ~ 23)

**第 1 問** 次の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 25)

問 1 次の文章中の空欄 1 ・ 2 に入れる式と数値として最も適当なものを、それぞれの選択肢のうちから一つずつ選べ。

図 1 のように、内面がなめらかな円すい形の容器の中で、質量  $m$  の小物体が内面に沿って運動している。円すいの中心軸は鉛直であり、円すいの側面と水平面のなす角度は  $\theta$  である。小物体が水平面からの高さが一定のところでは半径  $r$ 、速さ  $v$  の等速円運動をしているとき、小物体の運動方程式は、重力加速度の大きさを  $g$  とすると、 $m \frac{v^2}{r} =$  1 となる。このときの円運動の半径  $r$  は周期  $T$  の 2 乗に比例する。

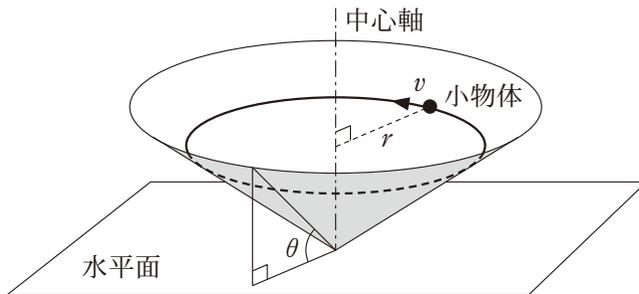


図 1

1 の選択肢

- |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ① $mg \sin \theta$         | ② $mg \cos \theta$         | ③ $mg \tan \theta$         |
| ④ $\frac{mg}{\sin \theta}$ | ⑤ $\frac{mg}{\cos \theta}$ | ⑥ $\frac{mg}{\tan \theta}$ |

2 の選択肢

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

問 2 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** には、それぞれの直後の { } 内の文および式のいずれか一つが入る。その組合せとして最も適当なものを、後の ①～⑧のうちから一つ選べ。 **3**

図 2 のように厚さ  $d$ 、屈折率  $n_1$  の薄膜が屈折率  $n_2$  のガラスの表面に形成されている。空気の屈折率を 1 とし、 $1 < n_1 < n_2$  という関係が成り立っているものとする。空気中での波長が  $\lambda$  の光が、空気と薄膜の境界面 I および薄膜とガラスの境界面 II に垂直に入射した。入射した光の一部が I で反射し、I を通過した光の一部が II で反射する。このとき、I および II で反射した光の位相は、

- ア** { (a) I で  $\pi$  だけずれ、II では変わらない  
 (b) I では変わらず、II で  $\pi$  だけずれる  
 (c) I, II ともに  $\pi$  だけずれる  
 (d) I, II ともに変わらない } 。また、I および II で

それぞれ反射した光は空気中で干渉する。このとき、干渉により打ち消し合う最小の  $d$  は **イ** { (e)  $d = \frac{\lambda}{2n_1}$  (f)  $d = \frac{\lambda}{4n_1}$  } となる。

このように、薄膜の厚さと屈折率を調節することで、光の反射を低減することができる。

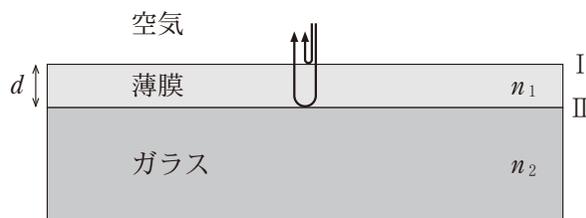


図 2

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	(a)	(a)	(b)	(b)	(c)	(c)	(d)	(d)
イ	(e)	(f)	(e)	(f)	(e)	(f)	(e)	(f)

## 物 理

問 3 風が吹いているときのドップラー効果について述べた次の文章中の空欄

・  に入れる語と式の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、風が吹いていないときに音の伝わる速さを  $V$  とする。

図 3 のように、振動数  $f$  の音を発する音源と観測者が、一つの直線上で右向きに、それぞれ速さ  $v_s$ 、 $v_o$  で運動している。風が吹いていないとき、観測者が受け取る音波の振動数  $f'$  は、

$$f' = \frac{V - v_o}{V - v_s} f$$

で与えられる。

それでは、風が吹いているときには、どのようになるだろうか。速さ  $u_w$  の風が音源から観測者に向かって吹いている状況は、上の式で  の速さのみが  $u_w$  だけ変化する状況に置き換えることができ、

$$f' = \text{  }$$

が成り立つ。



図 3

	ウ	工
①	音	$\frac{V + u_w - v_o}{V + u_w - v_s} f$
②	音	$\frac{V - u_w - v_o}{V - u_w - v_s} f$
③	音 源	$\frac{V - v_o}{V - v_s - u_w} f$
④	音 源	$\frac{V - v_o}{V - v_s + u_w} f$
⑤	観測者	$\frac{V - v_o - u_w}{V - v_s} f$
⑥	観測者	$\frac{V - v_o + u_w}{V - v_s} f$

# 物 理

問 4 図4のように、点  $O$  を原点とする  $xy$  平面上に、点  $P$ ,  $Q$ ,  $R$ ,  $S$  を頂点とする長方形コイルを、中心が点  $O$  で、辺  $QR$ , 辺  $RS$  がそれぞれ、 $x$  軸,  $y$  軸に平行になるように固定した。辺  $PS$  の midpoint 付近の十分狭い切れ目に直流電源を接続し、長方形コイルに一定の電流が流れている。また、辺  $PS$  と辺  $QR$  の間で、 $x > 0$  の長方形の領域 1 を、 $z$  軸の正の向き (紙面の裏から表の向き) に磁束密度の大きさが  $B$  の磁場 (磁界) が貫いている。このとき、長方形コイル  $PQRS$  が磁場から受ける力の合力は、 $x$  軸の正の向きで、大きさは  $F$  であった。

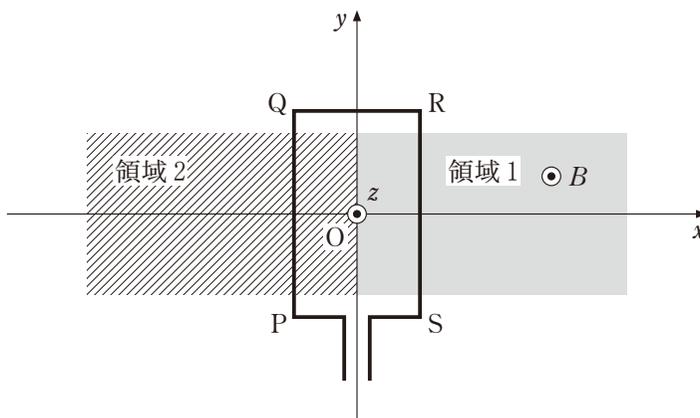


図 4

直流電源を接続したまま、新たに、領域 1 と同じ形の長方形で  $x < 0$  の領域 2 にも磁場をかけたところ、長方形コイル  $PQRS$  が磁場から受ける力の合力は、 $x$  軸の負の向きで大きさが  $2F$  となった。 $x < 0$  の領域の磁場の磁束密度の向きと大きさの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 5

	向 き	大 き さ
①	$z$ 軸の正の向き	$B$
②	$z$ 軸の正の向き	$2B$
③	$z$ 軸の正の向き	$3B$
④	$z$ 軸の負の向き	$B$
⑤	$z$ 軸の負の向き	$2B$
⑥	$z$ 軸の負の向き	$3B$

問 5 水素原子の  $n$  番目の定常状態の電子のエネルギーは、

$$E_n = -\frac{Rch}{n^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

で与えられる。ここで  $R$  はリュードベリ定数、 $c$  は真空中の光の速さ、 $h$  はプランク定数である。電子がエネルギー  $E_m$  ( $m \geq 3$ ) の状態から  $E_2$  の状態に移るときに放出される光は線スペクトルを示し、バルマー系列と呼ばれる。その波長を  $\lambda_m$  とする。このとき放出される光子のエネルギーは、電子の  $m$  番目の状態と 2 番目の状態のエネルギー差に等しい。また、波長  $\lambda_m$  をもつ光子のエネルギーは  $\frac{ch}{\lambda_m}$  である。これらのことから、波長  $\lambda_3$  と波長  $\lambda_4$  の比  $\frac{\lambda_3}{\lambda_4}$  として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 6

- ①  $\frac{3}{2}$       ②  $\frac{4}{3}$       ③  $\frac{12}{5}$       ④  $\frac{16}{9}$       ⑤  $\frac{27}{20}$       ⑥  $\frac{52}{45}$

## 物 理

### 第 2 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 25)

質量  $M$ ,  $m$  の二つのボール A, B の弾性衝突を考える。図 1 には、衝突前のボール A, B が描かれている。ボール A, B は衝突の前後で同一直線上を運動するものとし、右向きを速度の正の向きとする。衝突前の A, B の速度をそれぞれ  $V$ ,  $v$  とし、衝突後の速度を  $V'$ ,  $v'$  とする。 $V > v > 0$  とし、ボールには重力などの外力ははたらいていないものとする。



図 1

問 1 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる式の組合せとして正しいものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 **7**

弾性衝突であることから、**ア** が成り立つ。また、運動量保存の法則から、**イ** が成り立つ。

	ア	イ
①	$v - V = v' - V'$	$mv - MV = mv' - MV'$
②	$v - V = v' - V'$	$mv - MV = mv' + MV'$
③	$v - V = v' - V'$	$mv + MV = mv' + MV'$
④	$v - V = -(v' - V')$	$mv - MV = mv' - MV'$
⑤	$v - V = -(v' - V')$	$mv - MV = mv' + MV'$
⑥	$v - V = -(v' - V')$	$mv + MV = mv' + MV'$

## 物 理

問 2 次の文章中の空欄  に入れる語句として最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

弾性衝突であることと運動量保存の法則から、質量  $M$  が  $m$  に比べて非常に大きいとき、衝突後の速度  $V'$ 、 $v'$  は

$$V' \doteq V, \quad v' \doteq -v + 2V$$

となる。 $V > v > 0$  なので、衝突後の B の速さ  $|v'|$  は、衝突前の B の速さ  $|v|$  と比べて 。

- |         |                |
|---------|----------------|
| ① 大きくなる | ② 小さくなる        |
| ③ 変わらない | ④ 大きくも小さくもなりうる |

問 3 次の文章中の空欄  ・  に入れる式と語句の組合せとして最も  
 適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

図 1 における A, B の運動方向を  $x$  軸にとる。A, B の衝突を, A が運動する方向に速度  $V$  で等速直線運動する観測者から見ると, 図 2 のように, 衝突前の A は止まって見える。ここで, 図 2 の右向きを  $x$  軸の正の向きにとっている。この観測者から見ると, 衝突前の A, B の速度は, それぞれ,  $U_r = V - V = 0$ ,  $u_r = v - V$ , 衝突後の速度は, それぞれ,  $U_r' = V' - V$ ,  $u_r' = v' - V$  となる。質量  $M$  が  $m$  に比べて非常に大きいと, 衝突後の速度  $U_r'$  および  $u_r'$  は,

$$U_r' \cong 0, \quad u_r' \cong \text{ウ}$$

で与えられ, 衝突後の B の速度  $u_r'$  の向きは  である。 $u_r' \cong \text{ウ}$  は, 固定されて動かない A に, B が弾性衝突すると考えれば理解できる。



図 2

	ウ	エ
①	$-u_r$	$x$ 軸の正の向き (右向き)
②	$-u_r$	$x$ 軸の負の向き (左向き)
③	$-u_r + V$	$x$ 軸の正の向き (右向き)
④	$-u_r + V$	$x$ 軸の負の向き (左向き)
⑤	$-u_r + 2V$	$x$ 軸の正の向き (右向き)
⑥	$-u_r + 2V$	$x$ 軸の負の向き (左向き)

## 物 理

惑星の近くを通過する探査機を考える。このとき、動いている惑星からの万有引力をうまく利用することによって、燃料を使うことなく、探査機を加速することができる。このことを以下で確かめてみよう。

惑星と探査機間の万有引力のみを考え、太陽などからの影響は考えないことにする。惑星の質量  $M$  は探査機の質量  $m$  よりも非常に大きく、探査機が惑星の近くを通過する間、惑星は太陽から見て速度  $\vec{V}$  で等速直線運動をしていると考えてよい。

図 3 には、惑星から見たときの探査機の軌道が描かれている。ここで、探査機は紙面内で運動しているものとする。探査機は、点 P から、惑星に最も近づく点 Q を通って点 R へ向かう。ここで、点 P と点 R は惑星の重心から等距離の点である。また、 $\vec{u}_r$ 、 $\vec{u}_r'$  は、それぞれ、探査機が点 P、点 R にいるときの惑星から見た速度である。点 Q と惑星の重心を通る直線を  $x$  軸とし、点 Q から惑星の重心への向きを正とする。

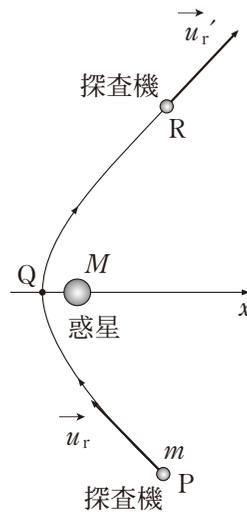


図 3

問 4 次の文章中の空欄 10 に入れる式として正しいものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

図 3 における惑星から見た探査機の速さについて考えよう。惑星の重心と点 Q との距離を  $r_Q$ 、探査機が点 Q にいるときの、探査機の惑星から受ける万有引力による位置エネルギーを  $U_Q$ 、惑星から見た探査機の力学的エネルギーを  $E_Q$  とする。惑星の重心と探査機との距離が  $r$  のときの惑星から見た探査機の速さは 10 となる。ただし、探査機の万有引力による位置エネルギーの基準点を無限遠にとる。

$$\textcircled{1} \quad \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_Q - \frac{r}{r_Q} U_Q \right)}$$

$$\textcircled{2} \quad \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_Q + \frac{r}{r_Q} U_Q \right)}$$

$$\textcircled{3} \quad \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_Q - \frac{r_Q}{r} U_Q \right)}$$

$$\textcircled{4} \quad \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_Q + \frac{r_Q}{r} U_Q \right)}$$

$$\textcircled{5} \quad \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_Q - \frac{r^2}{r_Q^2} U_Q \right)}$$

$$\textcircled{6} \quad \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_Q + \frac{r^2}{r_Q^2} U_Q \right)}$$

$$\textcircled{7} \quad \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_Q - \frac{r_Q^2}{r^2} U_Q \right)}$$

$$\textcircled{8} \quad \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_Q + \frac{r_Q^2}{r^2} U_Q \right)}$$

このことから、惑星と探査機との距離が同じ場合は、惑星から見た探査機の速さは同じであることがわかる。したがって、点 P での探査機の速さ  $|\vec{u}_P|$  と点 R での速さ  $|\vec{u}_R|$  は等しい。

# 物 理

図3(再掲)に描かれている探査機の軌道と速度は、惑星から見たものであった。前に述べたように、太陽から見た場合は、惑星は速度 $\vec{V}$ で等速直線運動をしているとする。 $\vec{V}$ が図3の $x$ 軸方向を向いている場合を考えると、探査機の軌道と速度は図4のようになる。図4において、 $\vec{v}$ 、 $\vec{v}'$ は、それぞれ点P、点Rでの太陽から見た探査機の速度であり、 $\vec{u}_r$ 、 $\vec{u}_r'$ は惑星から見たときの探査機の速度で、図3と同じものである。

探査機は惑星からの万有引力のみを受けて運動していると考えている。この場合、図3の探査機の軌道PQRは $x$ 軸に関して対称であることがわかっている。そのため、図3(再掲)の、 $\vec{u}_r$ が $x$ 軸と平行な直線となす角度 $\theta$ と、 $\vec{u}_r'$ が $x$ 軸と平行な直線となす角度 $\theta'$ は等しい。

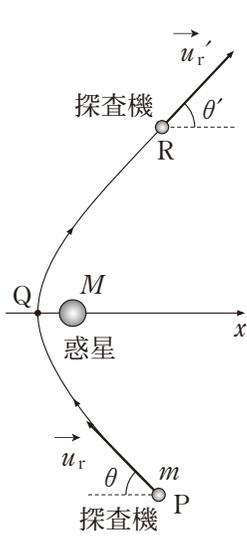


図 3

(再掲。ただし、角度 $\theta$ と $\theta'$ を書き加えた。)

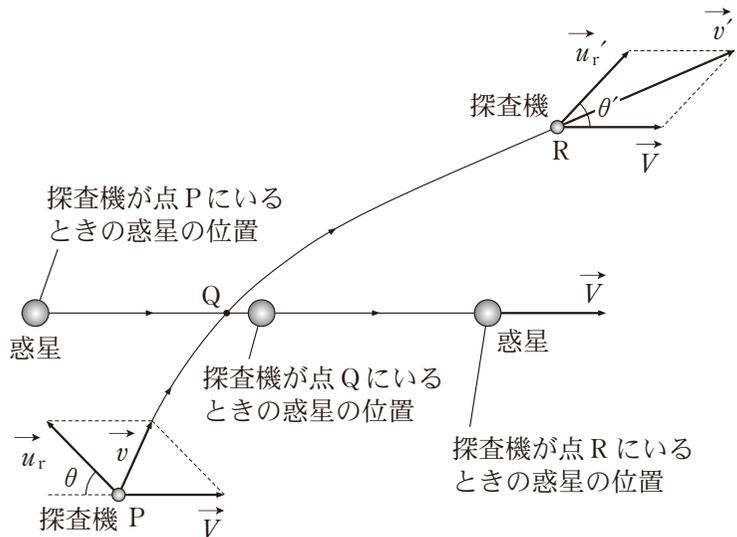


図 4

問 5 次の文章中の空欄 11 に入れる数値として正しいものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

$\vec{u}_r$ ,  $\vec{v}$ ,  $\vec{V}$  と  $\vec{u}'_r$ ,  $\vec{v}'$ ,  $\vec{V}$  の間の関係は、図 4 に与えられているように、それぞれ、

$$\vec{v} = \vec{u}_r + \vec{V}, \quad \vec{v}' = \vec{u}'_r + \vec{V}$$

である。 $|\vec{u}_r| = |\vec{u}'_r| = |\vec{V}|$  および  $\theta = \theta' = 60^\circ$  の場合を考えると、点 R での速さ  $|\vec{v}'|$  は点 P での速さ  $|\vec{v}|$  の 11 倍となる。

- |              |               |              |               |
|--------------|---------------|--------------|---------------|
| ① 2          | ② 3           | ③ 4          | ④ 6           |
| ⑤ $\sqrt{2}$ | ⑥ $2\sqrt{2}$ | ⑦ $\sqrt{3}$ | ⑧ $2\sqrt{3}$ |

このように、動いている惑星の万有引力を利用することによって、燃料を使うことなく、探査機を加速できることがわかる。

## 物 理

### 第 3 問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問 1～6)に答えよ。(配点 25)

A 図 1 のように、焦点距離  $f (f > 0)$  の球面鏡(凹面鏡)の光軸(主軸)を座標軸にとる。球面鏡の中央の点を原点  $O$  とし、図の左向きを座標軸の正の向きとする。光軸上の座標  $a (a > 0)$  の位置に、物体(矢印)がある。球面鏡が光軸上につくる物体の像の位置の座標を  $b$  とするとき、 $a$ 、 $b$ 、 $f$  の間には

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

という関係がある。

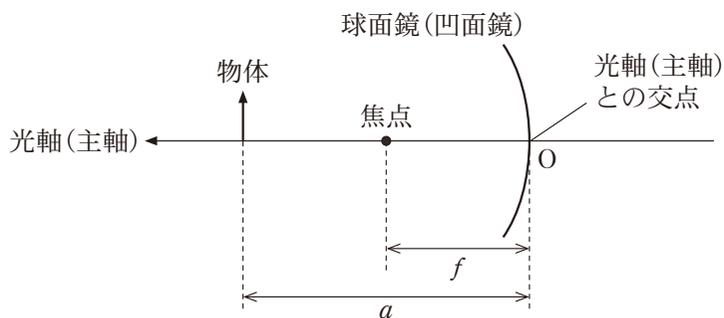


図 1

問 1 次の文章中の空欄  ・  に入れる語句と式の組合せとして正しいものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

物体が座標  $a$  ( $a > f$ ) の位置にあるとき、球面鏡がつくる像は、  
である。また、 である。

	ア	イ
①	正立した実像	$b > 0$
②	正立した実像	$b < 0$
③	正立した虚像	$b > 0$
④	正立した虚像	$b < 0$
⑤	倒立した実像	$b > 0$
⑥	倒立した実像	$b < 0$
⑦	倒立した虚像	$b > 0$
⑧	倒立した虚像	$b < 0$

# 物 理

問 2 次の文章中の空欄 **ウ** ・ **エ** に入れる語句と式の組合せとして正しいものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 **13**

図 2 のように、物体が座標  $a$  ( $0 < a < f$ ) の位置にあるとき、球面鏡がつくる像は、 **ウ** である。また、 **エ** である。

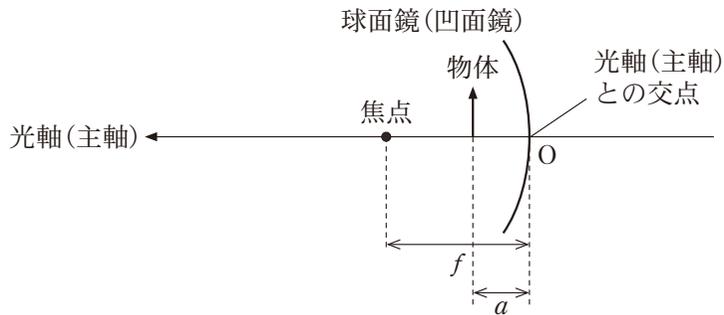
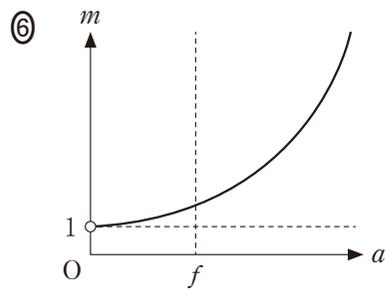
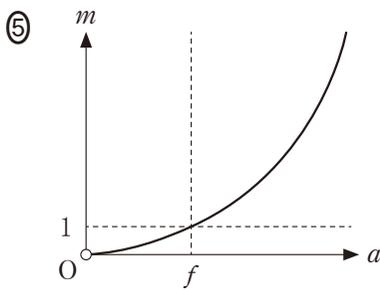
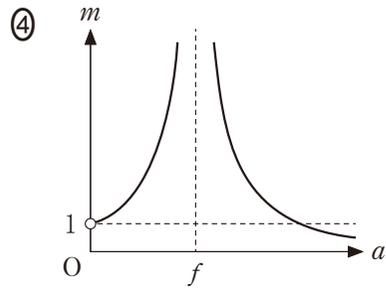
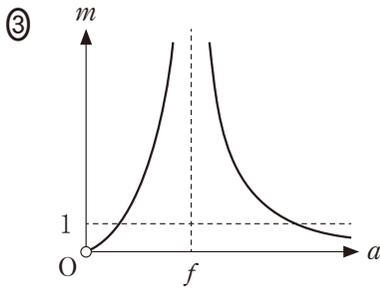
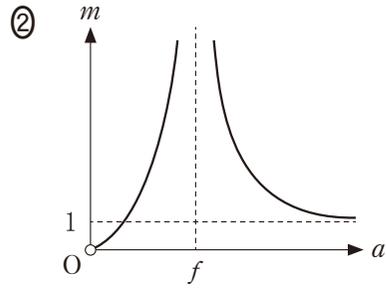
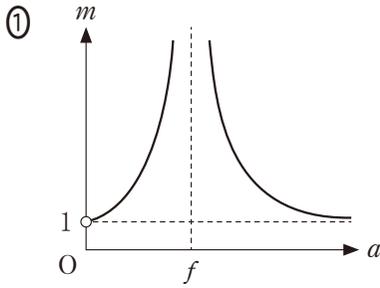


図 2

	ウ	エ
①	正立した実像	$b > 0$
②	正立した実像	$b < 0$
③	正立した虚像	$b > 0$
④	正立した虚像	$b < 0$
⑤	倒立した実像	$b > 0$
⑥	倒立した実像	$b < 0$
⑦	倒立した虚像	$b > 0$
⑧	倒立した虚像	$b < 0$

問 3 物体の大きさに対する像の大きさの比を像の倍率といい、像の倍率は、 $m = \left| \frac{b}{a} \right|$  で表される。物体の位置  $a$  と像の倍率  $m$  の関係を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 14



## 物 理

B 物質質量  $n$  の単原子分子理想気体が入ったシリンダーに、軽いピストンがついた装置を考える。ピストンの断面積を  $S$ 、気体定数を  $R$  とする。ピストンとシリンダーの熱容量は無視できるものとする。

問 4 次の文章中の空欄  ・  に入れる式の組合せとして正しいものを、後の①～⑨のうちから一つ選べ。

図 3 のように、ピストンをシリンダーの底から距離  $x$  で固定した。ピストンおよびシリンダーでは熱の出入りはないものとする。気体に熱量  $Q$  を加えたとき、気体の温度(絶対温度)が  $T$  から  $T + \Delta T$  に、圧力が  $p$  から  $p + \Delta p$  に変化した。

温度の変化分  $\Delta T$  は

$$\Delta T = \text{オ}$$

となる。

圧力の変化分  $\Delta p$  は

$$\Delta p = \text{カ}$$

となる。

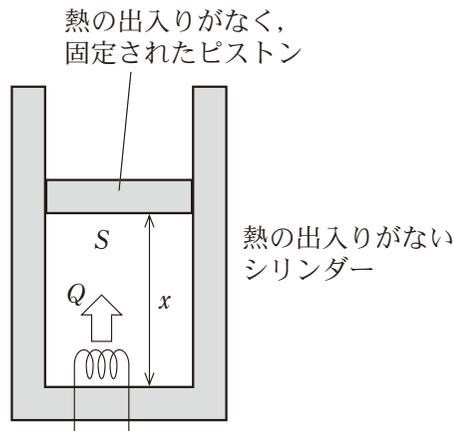


図 3

	才	力
①	$\frac{2}{5} \frac{nQ}{R}$	$\frac{2}{5} \frac{Q}{Sx}$
②	$\frac{2}{5} \frac{nQ}{R}$	$\frac{2}{3} \frac{Q}{Sx}$
③	$\frac{2}{5} \frac{nQ}{R}$	$\frac{5}{2} \frac{Q}{Sx}$
④	$\frac{2}{3} \frac{Q}{nR}$	$\frac{2}{5} \frac{Q}{Sx}$
⑤	$\frac{2}{3} \frac{Q}{nR}$	$\frac{2}{3} \frac{Q}{Sx}$
⑥	$\frac{2}{3} \frac{Q}{nR}$	$\frac{5}{2} \frac{Q}{Sx}$
⑦	$\frac{2}{3} \frac{nQ}{R}$	$\frac{2}{5} \frac{Q}{Sx}$
⑧	$\frac{2}{3} \frac{nQ}{R}$	$\frac{2}{3} \frac{Q}{Sx}$
⑨	$\frac{2}{3} \frac{nQ}{R}$	$\frac{5}{2} \frac{Q}{Sx}$

# 物 理

問 5 次の文章中の空欄 **キ** ・ **ク** に入れる式の組合せとして正しいものを、後の①～⑨のうちから一つ選べ。 **16**

図4のように、ピストンがなめらかに動く場合を考える。大気圧  $p$  中で、シリンダー内の気体の圧力が  $p$  のとき、ピストンはシリンダーの底から距離  $x$  の位置で静止した。ピストンおよびシリンダーでは熱の出入りはないものとする。気体に熱量  $Q$  を加えたとき、気体の温度が  $T$  から  $T + \Delta T$  に、ピストンの位置  $x$  が  $x + \Delta x$  に変化した。

気体に熱量  $Q$  を加えた後の状態方程式は

$$pS(x + \Delta x) = \text{キ}$$

となる。

位置の変化分  $\Delta x$  は

$$\Delta x = \text{ク}$$

となる。

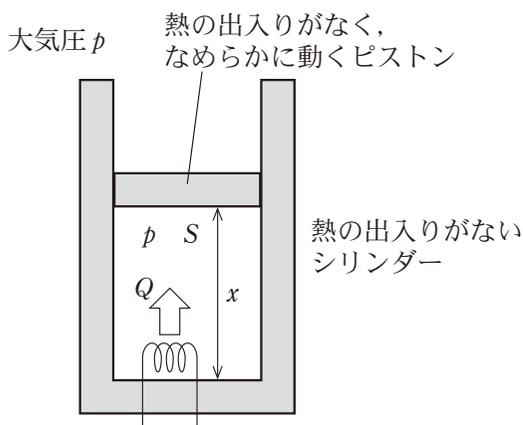


図 4

	キ	ク
①	$nRT$	$\frac{2}{5} \frac{Q}{Sp}$
②	$nRT$	$\frac{2}{3} \frac{Q}{Sp}$
③	$nRT$	$\frac{5}{2} \frac{Q}{Sp}$
④	$nR\Delta T$	$\frac{2}{5} \frac{Q}{Sp}$
⑤	$nR\Delta T$	$\frac{2}{3} \frac{Q}{Sp}$
⑥	$nR\Delta T$	$\frac{5}{2} \frac{Q}{Sp}$
⑦	$nR(T + \Delta T)$	$\frac{2}{5} \frac{Q}{Sp}$
⑧	$nR(T + \Delta T)$	$\frac{2}{3} \frac{Q}{Sp}$
⑨	$nR(T + \Delta T)$	$\frac{5}{2} \frac{Q}{Sp}$

## 物 理

問 6 次の文章中の空欄  ・  に入れる式と語句の組合せとして正しいものを、後の①～⑨のうちから一つ選べ。

図 5 (i)のように、外界との間で熱の出入りがないシリンダーとピストンを用いた場合と、図 5 (ii)のように、熱をよく伝えるシリンダーとピストンを用いた場合を比較する。シリンダーとピストンは同じ形、同じ大きさである。どちらの装置のピストンも軽く、なめらかに動くものとする。それぞれの装置に物質量  $n$  の単原子分子理想気体が入っている。

はじめ、それぞれの装置で気体の温度は同じであり、また外界の温度(外気温)と同じである。このとき、気体の圧力が大気圧とつりあい、同じ位置でピストンが静止していた。

次に、ピストンに図 5 (i), (ii)に示す向きに力を徐々に加え、ピストンを動かした。その後、図 5 (i)と(ii)のピストンを、同じ力を加えた状態で静止させた。ただし、図 5 (ii)に示した熱をよく伝えるシリンダーとピストンを用いた場合は、シリンダー内の気体を、外気温と同じ一定の温度に保ったまま、ゆっくりとピストンを動かした。

これらの過程における図 5 (i)の装置を用いた場合の気体の内部エネルギーの変化の大きさ  $|\Delta U|$  と、図 5 (ii)の装置を用いた場合の気体の内部エネルギーの変化の大きさ  $|\Delta U|$  との関係は  である。また、図 5 (i)の場合と図 5 (ii)の場合のピストンの位置の変化の大きさは  。

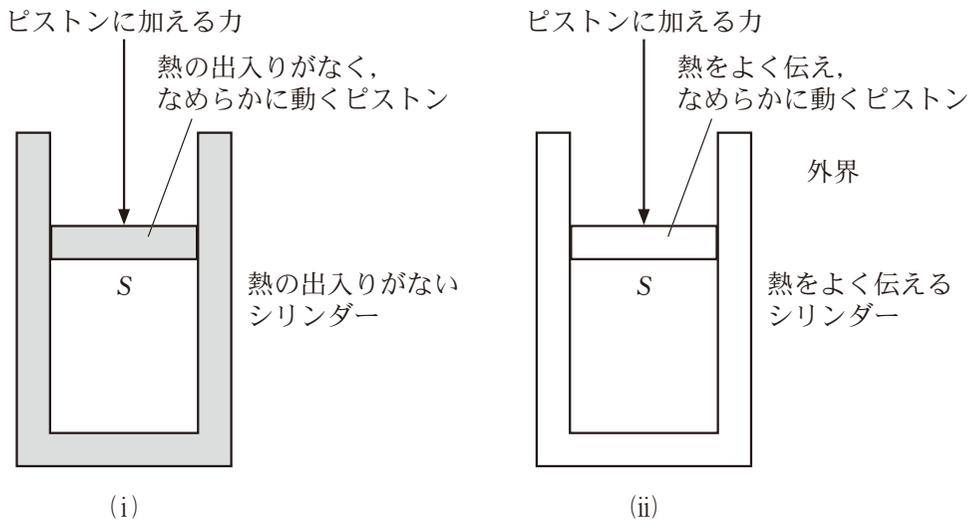


図 5

	ケ	コ
①	$ \Delta U  >  \Delta U' $	(i)の方が小さい
②	$ \Delta U  >  \Delta U' $	同じである
③	$ \Delta U  >  \Delta U' $	(i)の方が大きい
④	$ \Delta U  =  \Delta U' $	(i)の方が小さい
⑤	$ \Delta U  =  \Delta U' $	同じである
⑥	$ \Delta U  =  \Delta U' $	(i)の方が大きい
⑦	$ \Delta U  <  \Delta U' $	(i)の方が小さい
⑧	$ \Delta U  <  \Delta U' $	同じである
⑨	$ \Delta U  <  \Delta U' $	(i)の方が大きい

## 物 理

**第 4 問** 次の文章を読み、後の問い(問 1～5)に答えよ。ただし、電子の質量を  $m$ 、電気素量を  $e$ 、プランク定数を  $h$ 、真空中の光の速さを  $c$  とする。実験は真空中で行い、重力の影響は無視できるものとする。(配点 25)

金属に、ある値より大きい振動数の光を入射すると、光電効果により電子(光電子)が金属から飛び出す。

図 1 のように、同じ金属でできた同じ大きさの極板 A と B を、距離  $d$  だけ離して向かい合わせに平行に置いた。極板 A と B に直流電源と電流計を接続し、極板 A を接地した。極板 A に振動数の大きい光を入射すると、回路に電流が流れる。これを光電流という。極板 A と B の間の電圧によっては、光電流は流れなくなる。極板間には極板 A から B に向かう電子が減速するように大きさ  $V$  の電圧が加えられており、光電流を調整できるようになっている。光は単色光であり、極板 A のみに入射する。ただし、極板間の電場(電界)は一様で、放出された光電子による影響は無視できるものとする。

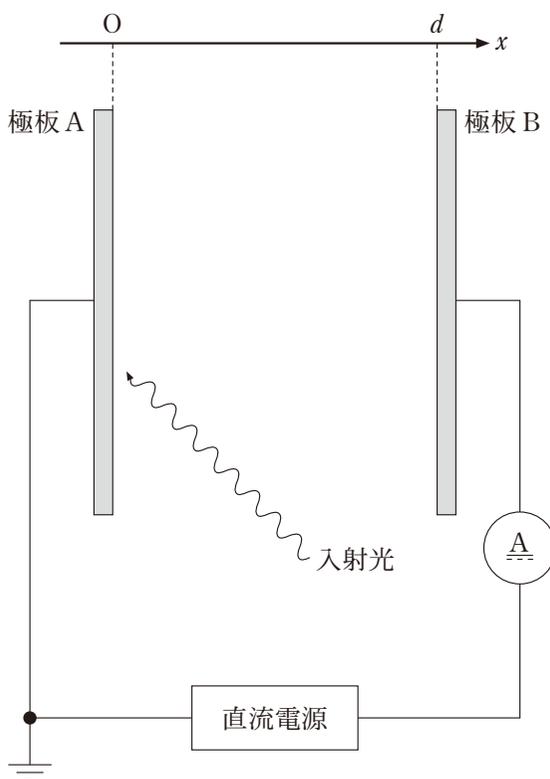


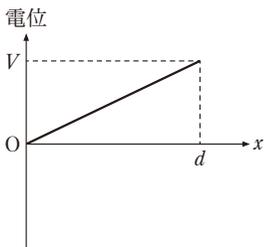
図 1

以下の問いでは、極板 A から飛び出した電子のうち極板 B に到達する電子を考える。

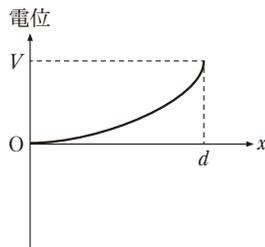
問 1 両極板に垂直に  $x$  軸をとり、右向きを正の向きとし、極板 A の位置を原点  $O$  とする。極板間における電位のグラフとして最も適当なものを、次の

①～⑧のうちから一つ選べ。 18

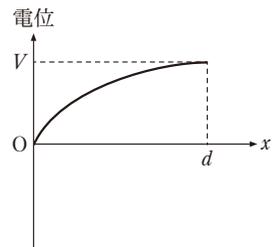
①



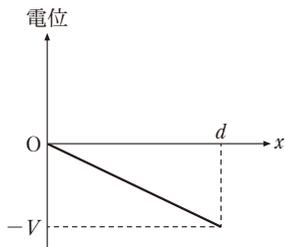
②



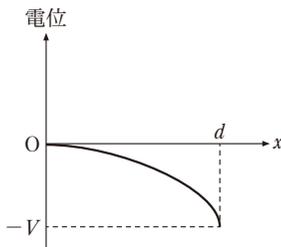
③



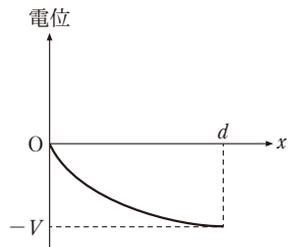
④



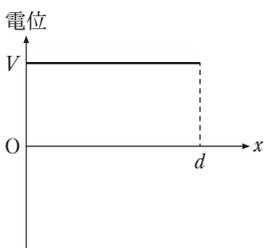
⑤



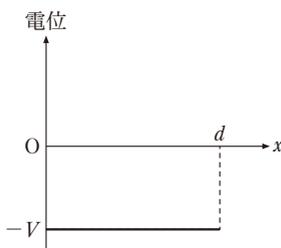
⑥



⑦



⑧



## 物 理

問 2 次の文章中の空欄 19 に入れる式として最も適当なものを、後の①～⑤のうちから一つ選べ。

極板間では、光電子が極板 B に近づくにつれて速さが小さくなる。これは、光電子が極板 A から B に移動する間に静電気力が光電子にする仕事を  $W_e$  とするとき、19 となるからである。

- ①  $W_e > eV$                       ②  $W_e = eV$                       ③  $0 < W_e < eV$   
 ④  $W_e = 0$                           ⑤  $W_e < 0$

問 3 極板 B に到達する直前の、光電子の速さを表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、光電子が飛び出したときの速さを  $v_0$  とする。20

- ①  $\sqrt{v_0^2 + \frac{eV}{2m}}$                       ②  $\sqrt{v_0^2 + \frac{eV}{m}}$                       ③  $\sqrt{v_0^2 + \frac{2eV}{m}}$   
 ④  $\sqrt{v_0^2 - \frac{eV}{2m}}$                       ⑤  $\sqrt{v_0^2 - \frac{eV}{m}}$                       ⑥  $\sqrt{v_0^2 - \frac{2eV}{m}}$

問 4 光電子の運動エネルギーの最大値に影響を及ぼすものは何か。次の(a)～(c)のうちから当てはまる語句をすべて選び、その組合せとして最も適当なものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。21

- (a) 極板の金属の種類  
 (b) 入射光の強さ  
 (c) 入射光の波長

- ① (a)                                      ② (b)                                      ③ (c)  
 ④ (a)と(b)                              ⑤ (a)と(c)                              ⑥ (b)と(c)  
 ⑦ (a)と(b)と(c)

問 5 次の文章中の空欄 22 ・ 23 に入れる式と数値として最も適当なものを、それぞれの直後の { } で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

光電流が流れているときに、極板間の電圧を大きくしていくと、やがて光電流が流れなくなる。このとき、さまざまな振動数の入射光について、光電流が流れなくなる限界の電圧の値を記録していくと、図 2 のようなグラフが得られた。すべての点のできるだけ近くを通る直線を引く。その直線の傾きは

22  $\left\{ \begin{array}{lll} \textcircled{1} \frac{2h}{m} & \textcircled{2} \frac{hc}{e} & \textcircled{3} \frac{h}{2\pi e} \\ \textcircled{4} \frac{h}{2e} & \textcircled{5} \frac{h}{e} & \textcircled{6} \frac{2\pi h}{e} \end{array} \right\}$  で表される。極板の金属の

仕事関数は

約 23  $\left\{ \begin{array}{ll} \textcircled{1} 2 \times 10^{-20} & \textcircled{2} 7 \times 10^{-20} \\ \textcircled{3} 2 \times 10^{-19} & \textcircled{4} 7 \times 10^{-19} \\ \textcircled{5} 2 \times 10^{-18} & \textcircled{6} 7 \times 10^{-18} \end{array} \right\}$  J となる。

ただし、 $m = 9.1 \times 10^{-31}$  kg,  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C,  $h = 6.6 \times 10^{-34}$  J·s,  $c = 3.0 \times 10^8$  m/s とする。

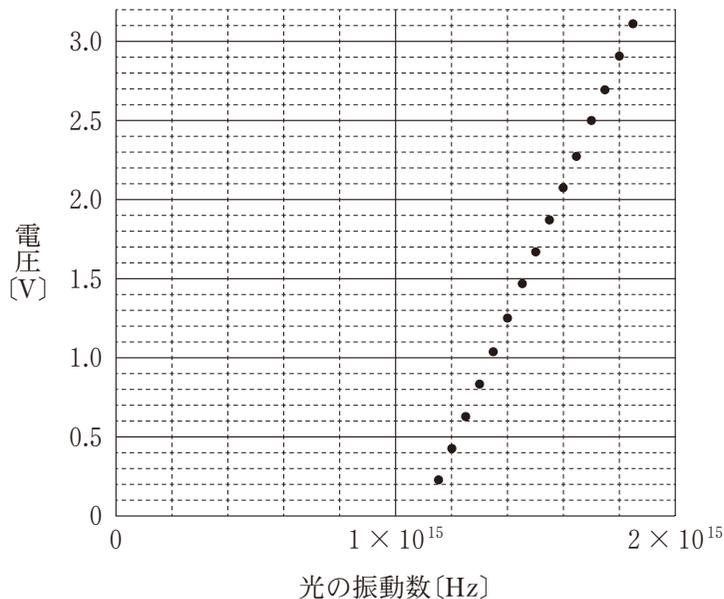


図 2