

# 物 理

問 題	選 択 方 法
第 1 問	必 答
第 2 問	必 答
第 3 問	必 答
第 4 問	必 答
第 5 問	いずれか 1 問を選択し、 解答しなさい。
第 6 問	

物 理 (注) この科目には、選択問題があります。(3 ページ参照。)

第 1 問 (必答問題)

次の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。

[解答番号  ~  ] (配点 25)

問 1 運動エネルギーと運動量について述べた文として最も適当なものを、次の

①~④のうちから一つ選べ。

- ① 運動エネルギーは大きさと向きをもつベクトルである。
- ② 二つの小球が非弾性衝突をする場合、運動量の和は保存されるが運動エネルギーの和は保存されない。
- ③ 力を受けて物体の速度が変化するとき、運動エネルギーの変化は物体が受けた力積に等しい。
- ④ 等速円運動する物体の運動量は一定である。

問 2 図 1 のように、 $x$  軸上の原点  $O$  に電気量  $Q$  の点電荷、 $x = d$  の位置に電気量  $q$  の点電荷がそれぞれ固定されている。 $x = 2d$  の位置の電場(電界)の大きさが 0 のとき、 $Q$  を表す式として正しいものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。  $Q = \boxed{2}$

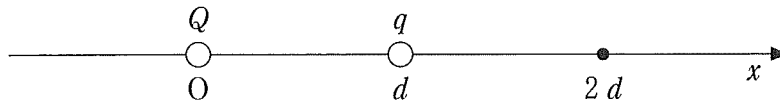


図 1

- |        |         |         |
|--------|---------|---------|
| ① $4q$ | ② $2q$  | ③ $q$   |
| ④ $-q$ | ⑤ $-2q$ | ⑥ $-4q$ |

# 物 理

問 3 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる数値と記号の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。 **3**

図 2 のように、直線  $OO'$  に垂直に、物体(文字板)と半透明のスクリーンを  $1.0\text{ m}$  離して設置した。凸レンズの光軸を直線  $OO'$  と一致させたまま、物体とスクリーンの間でレンズの位置を調整したところ、スクリーン上に倍率  $1.0$  の明瞭な像ができた。このことから、レンズの焦点距離は **ア**  $\text{m}$  であることがわかる。また、スクリーン上の像を  $O'$  側から観察すると、図 3 の **イ** のように見える。

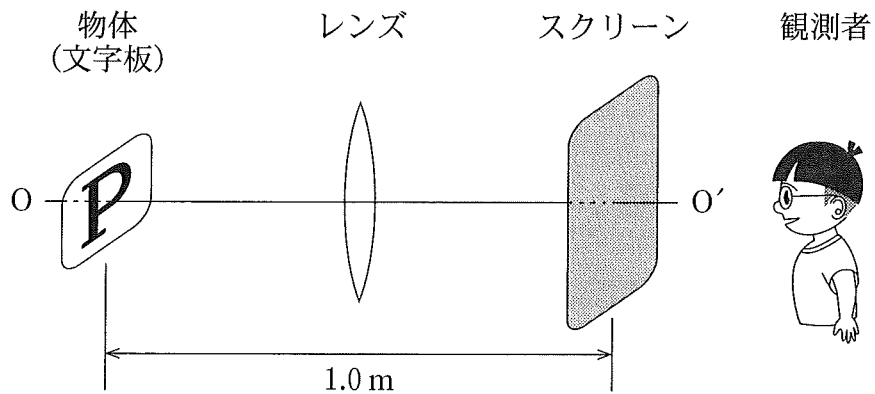


図 2

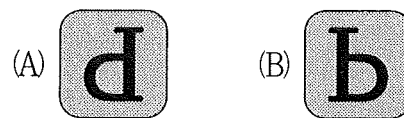


図 3

	ア	イ
①	0.25	(A)
②	0.25	(B)
③	0.50	(A)
④	0.50	(B)
⑤	1.0	(A)
⑥	1.0	(B)

# 物 理

問 4 図 4 のように、断面積  $S$  のシリンダーを鉛直に立て、質量  $m$  のなめらかに動くピストンを取り付ける。シリンダー内には物質量  $n$  の理想気体が閉じ込められている。ピストンが静止したとき、理想気体の温度(絶対温度)は外気温と同じ  $T$  であった。大気圧が  $p_0$  のとき、シリンダー内の底面からピストン下面までの高さ  $h$  を表す式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  $g$ 、気体定数を  $R$  とする。  $h =$  4

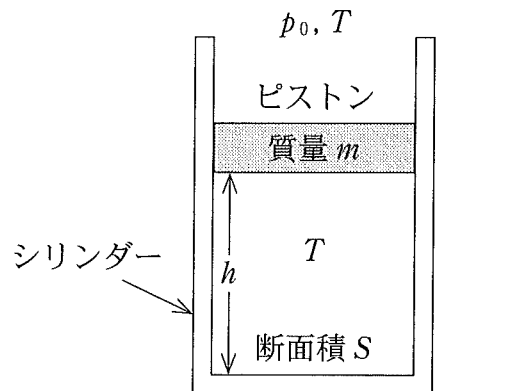


図 4

①  $\frac{p_0 S}{nRT}$

②  $\frac{p_0 S + mg}{nRT}$

③  $\frac{p_0 S - mg}{nRT}$

④  $\frac{nRT}{p_0 S}$

⑤  $\frac{nRT}{p_0 S + mg}$

⑥  $\frac{nRT}{p_0 S - mg}$

問 5 図 5 (a)~(c)のように、ばね定数  $k$  の軽いばねの一端に質量  $m$  の小球を取り付け、ばねの伸縮方向に単振動させる。(a)~(c)の場合の単振動の周期を、それぞれ  $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$  とする。 $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$  の大小関係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、(a)の水平面、(b)の斜面はなめらかであるとする。 5

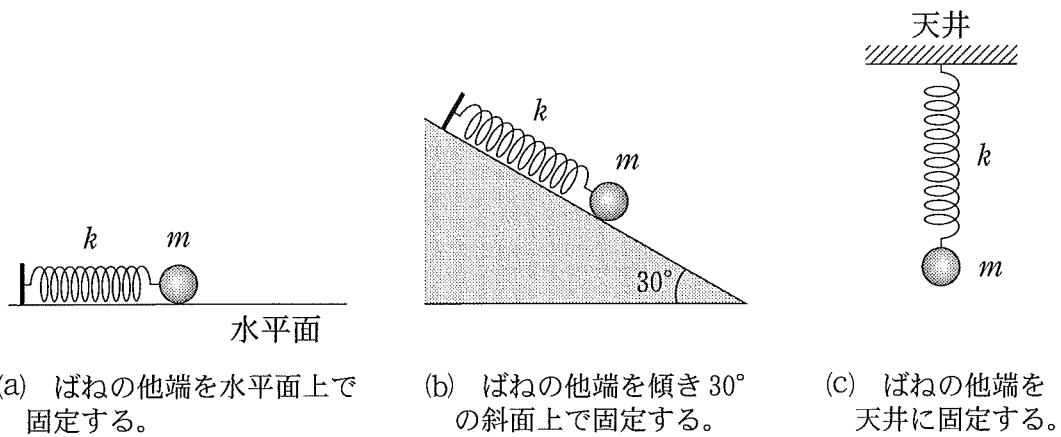


図 5

- |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $T_a > T_b > T_c$ | ② $T_c > T_b > T_a$ | ③ $T_b = T_c > T_a$ |
| ④ $T_a = T_b = T_c$ | ⑤ $T_a = T_c > T_b$ | ⑥ $T_b > T_a = T_c$ |

# 物 理

## 第 2 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。

(解答番号  ~ ) (配点 20)

- A 図 1 のように, 二つの異なる半導体 A, B を接合したダイオードと抵抗, 直流電源からなる回路がある。この回路では, ダイオードの両端の電位差により, それぞれの半導体 A, B 内の電流の担い手(キャリア)は接合面に移動して, 接合面付近で結合することで半導体 A から半導体 B へ電流が流れる。直流電源を逆向きにすると, 電流は流れない。

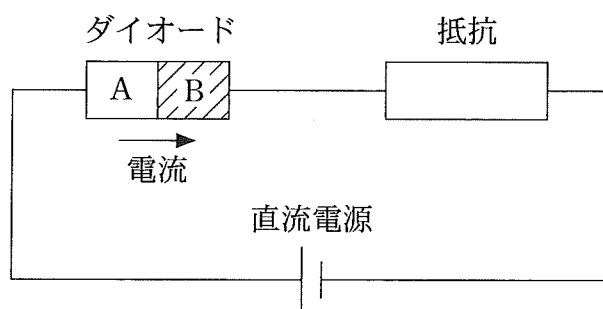


図 1



問 1 半導体 A と半導体 B の電流の担い手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。

	半導体 A	半導体 B
①	電 子	ホール(正孔)
②	電 子	イオン
③	ホール(正孔)	電 子
④	ホール(正孔)	イオン
⑤	イオン	電 子
⑥	イオン	ホール(正孔)

# 物 理

問 2 図 1 の回路の直流電源を周期  $T$  の交流電源に交換し、同じ抵抗値の抵抗を図 2 のように並列に付け加えた。点 a に対する点 b の電位の時間変化を図 3 に示す。点 P を流れる電流の時間変化を表すグラフとして最も適当なものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、図 2 中の矢印の向きを電流の正の向きとする。また、ダイオードに A から B の向きに電流が流れるとき、ダイオードでの電圧降下は無視できるものとする。 2

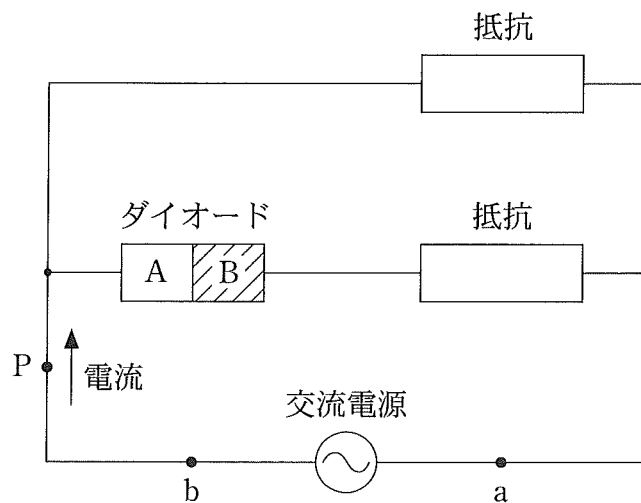


図 2

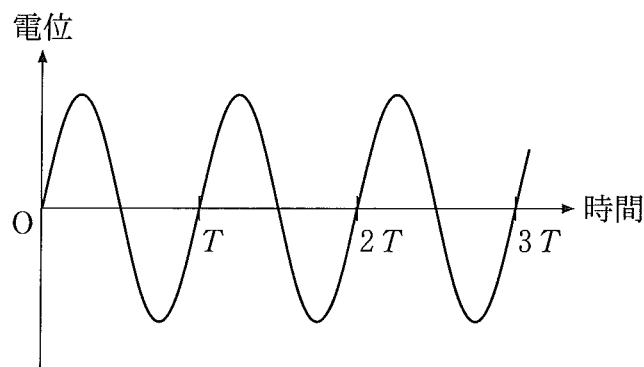
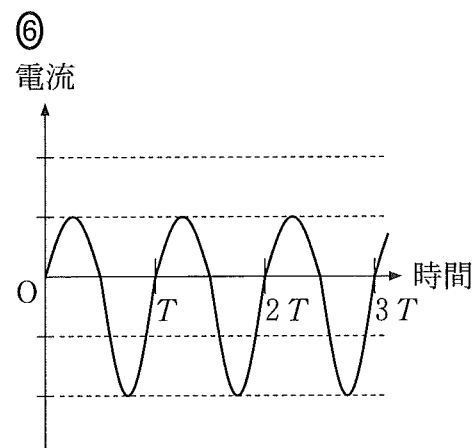
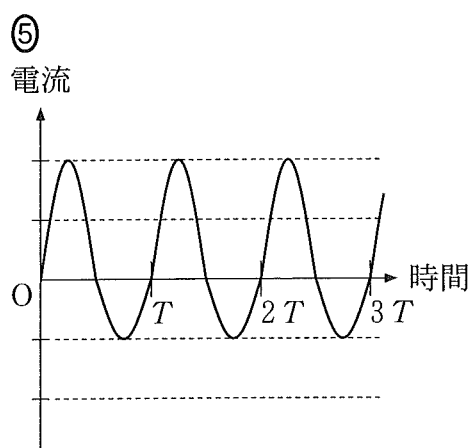
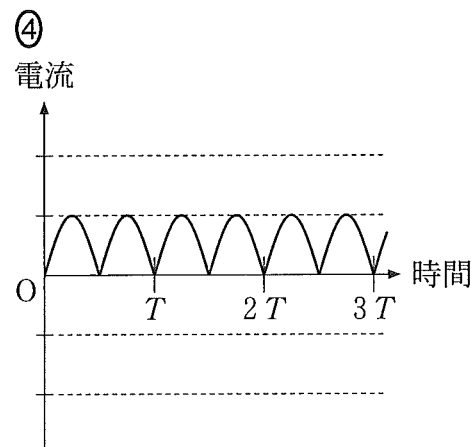
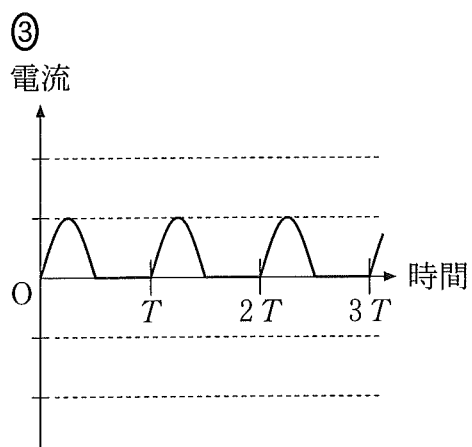
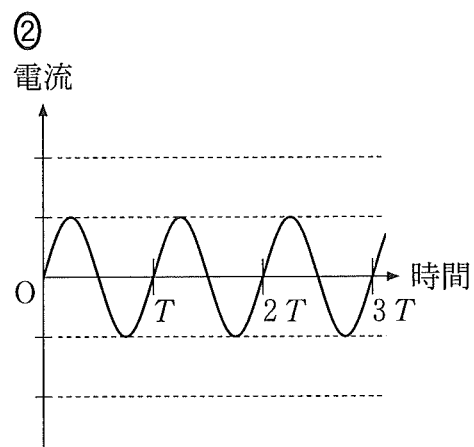
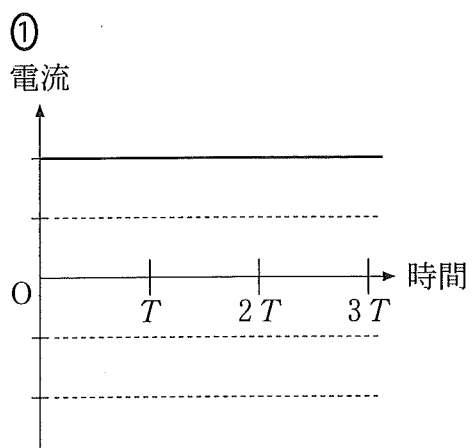


図 3



## 物 理

B 図4のように、鉛直下向きの一様な磁束密度  $B$  の磁場(磁界)中に、十分に長い2本の細い金属レールが、水平面内に間隔  $\ell$  で平行に置かれている。レールには電圧  $V$  の直流電源、抵抗値  $r$ 、 $R$  の二つの抵抗、およびスイッチ  $S$  が接続されている。レール上には導体棒がレールに対して垂直に置かれている。はじめ、導体棒は静止しており、 $S$  は開いている。ただし、レールと導体棒およびそれらの間の電気抵抗は無視できるものとし、導体棒はレールと垂直を保ちながら、なめらかに動くことができるものとする。また、回路を流れる電流がつくる磁場は  $B$  に比べて十分小さいものとする。

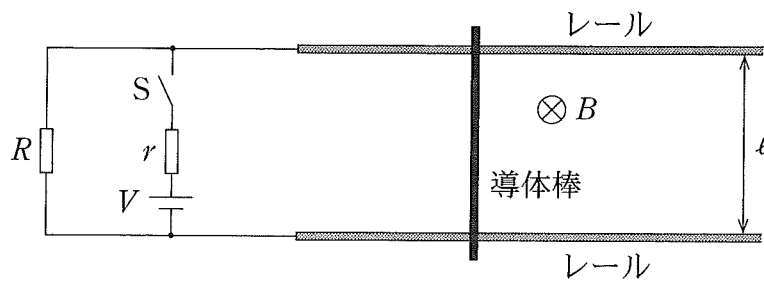


図 4

問 3 S を閉じると、導体棒は右向き of 力を受ける。このとき、導体棒が動かないように左向きに力を加えた。加えた力の大きさとして正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ①  $VB\ell$                       ②  $\frac{VB\ell}{r}$                       ③  $\frac{VB\ell}{R}$   
 ④  $\frac{VB\ell}{(r+R)}$                       ⑤  $\frac{(r+R)VB\ell}{rR}$

問 4 次に、導体棒に加えていた左向き of 力をとりのぞくと、導体棒は右向きに運動をはじめた。十分に時間が経過した後、導体棒に電流は流れなくなり、導体棒の速さは一定値  $v$  となった。 $v$  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、空気抵抗は無視できるものとする。  
 $v =$

- ①  $\frac{V}{B\ell}$                       ②  $\frac{R}{B\ell}$                       ③  $\frac{r}{B\ell}$   
 ④  $\frac{V}{B\ell(r+R)}$                       ⑤  $\frac{VR}{B\ell(r+R)}$                       ⑥  $\frac{Vr}{B\ell(r+R)}$

# 物 理

## 第 3 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。

[解答番号  ~  ] (配点 20)

A 光の屈折について考える。

問 1 次の文章中の空欄  ・  に入れる式として最も適当なものを, 次ページのそれぞれの解答群から一つずつ選べ。

図 1 のように, 空気中を進む平行光線が, ガラス板の上に作られた一様な厚さの薄膜に入射している。経路 1 を進む光は点 A, D, F を経由して観測者へ届く。一方, 経路 2 を進む光は点 F で反射して観測者へ届く。これらの光は点 A, E において同位相であった。線分 AE と CF は空気中での光の経路に対して垂直であり, 線分 BF は薄膜中での光の経路に対して垂直である。また, 薄膜とガラスの空気に対する屈折率は, それぞれ  $n$  と  $n'$  であり,  $1 < n < n'$  である。

このとき,  $n$  を図中の線分の長さを用いて表すと  $n = \frac{\text{線分 AE}}{\text{線分 AF}}$  となる。平行光線の空気中での波長  $\lambda$  と屈折率  $n$  の間に, 正の整数  $m$  を用いて  $\frac{\text{線分 AE}}{\text{線分 AF}} = m \frac{\lambda}{2d}$  という関係が成り立つとき, 観測者に届く光は強め合う。

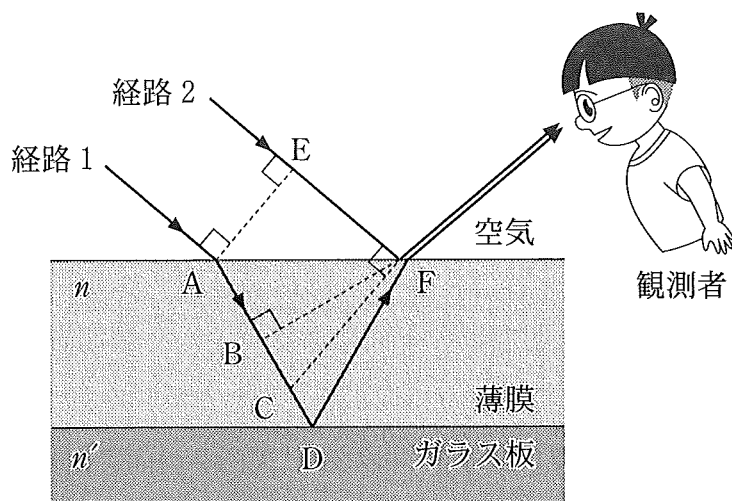


図 1

1 の解答群

①  $\frac{EF}{AB}$

②  $\frac{EF}{AC}$

③  $\frac{EF}{AD}$

④  $\frac{AB}{EF}$

⑤  $\frac{AC}{EF}$

⑥  $\frac{AD}{EF}$

2 の解答群

①  $n(AD + DF) = m\lambda$

②  $n(AD + DF) = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$

③  $n(BD + DF) = m\lambda$

④  $n(BD + DF) = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$

⑤  $n(CD + DF) = m\lambda$

⑥  $n(CD + DF) = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$

## 物 理

問 2 次の文章中の空欄 **ア** に入れる記号として最も適当なものを、次ページの **3** の解答群から一つ選べ。また、空欄 **イ**・**ウ** に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、次ページの **4** の解答群から一つ選べ。 **3** **4**

図 2 のように、透明な板の下面にある点 P から観測者へ向かう光は、空気と板の境界面で実線のように屈折して進むため、空気中にある観測者から点 P を見ると、矢印 1 の向きではなく、矢印 2 の向きに見える。

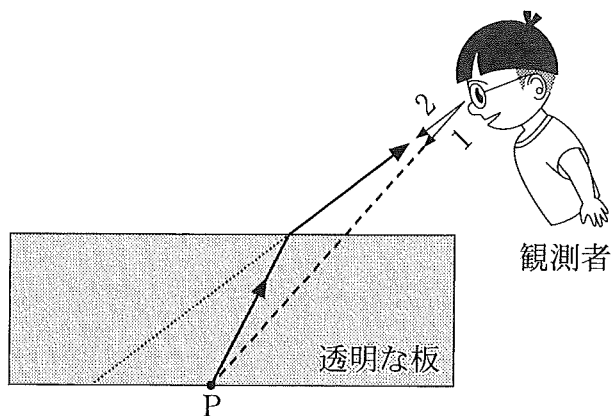


図 2

図 3(a)のように、水平面に直方体の壁が置かれており、姉と弟がこの壁の両側に立っている。壁は透明で、その屈折率は空気よりも大きい。

図 2 を参考に光の経路を作図すると、姉の目から弟の目へ向かう光は壁の中を図 3(b)の **ア** の経路に沿って進む。したがって、弟から見た姉の目の位置は、壁のないとき(図 3(a)の破線)と比べて **イ** 見えることがわかる。また、姉から見た弟の目の位置は、壁のないとき(図 3(a)の破線)と比べて **ウ** 見えることがわかる。ただし、直線 BE は図 3(a)の破線と同一であり、姉の目の位置は弟の目の位置より高い。



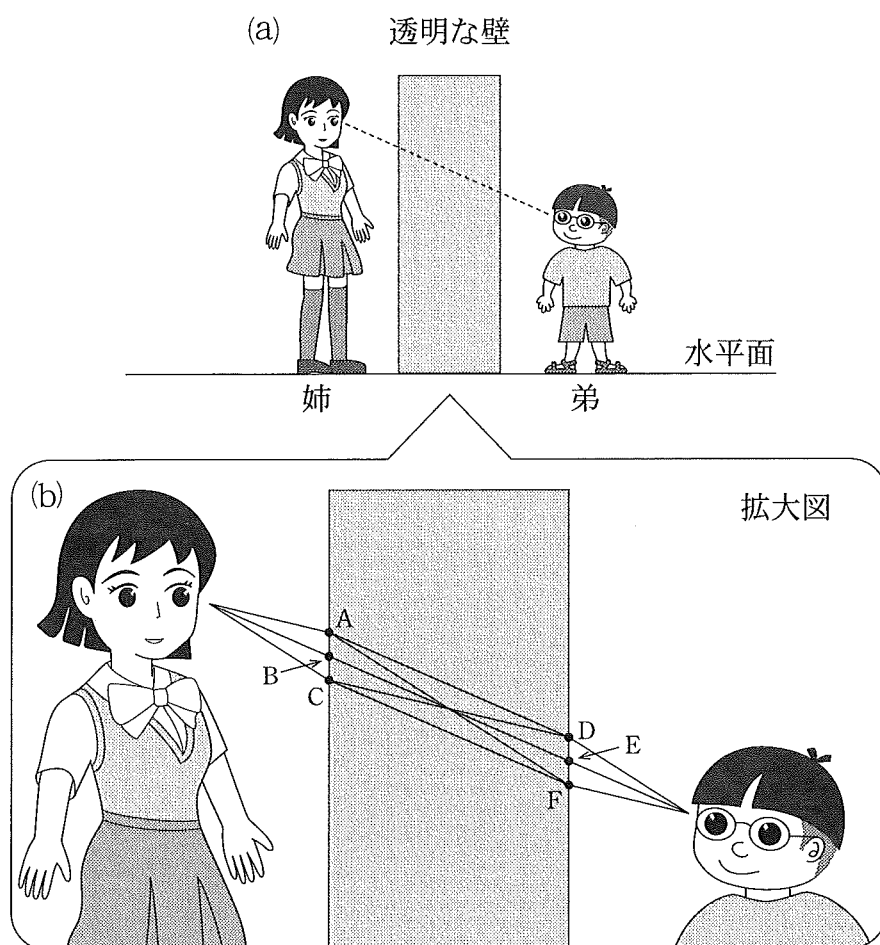


図 3

3 の解答群

	①	②	③	④	⑤
ア	A → D	A → F	B → E	C → D	C → F

4 の解答群

	①	②	③	④	⑤
イ	上にずれて	上にずれて	同じに	下にずれて	下にずれて
ウ	上にずれて	下にずれて	同じに	上にずれて	下にずれて

# 物 理

B 一定の振動数の音を出す音源を用いて、ドップラー効果について考える。図4のように、この音源にばねを取り付け、 $x$ 軸上で振幅  $a$ 、周期  $T$ の単振動をさせた。音源の位置  $x$ と時間  $t$ の関係は、その振動の中心を  $x = 0$ として、図5のように表される。観測者は音源から十分離れた  $x$ 軸上の正の位置に静止している。

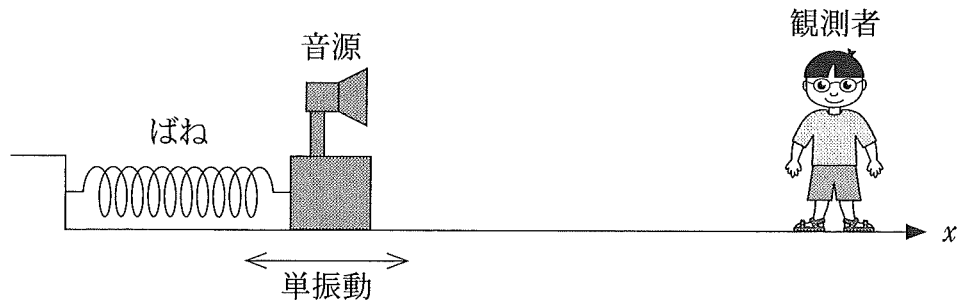


図 4

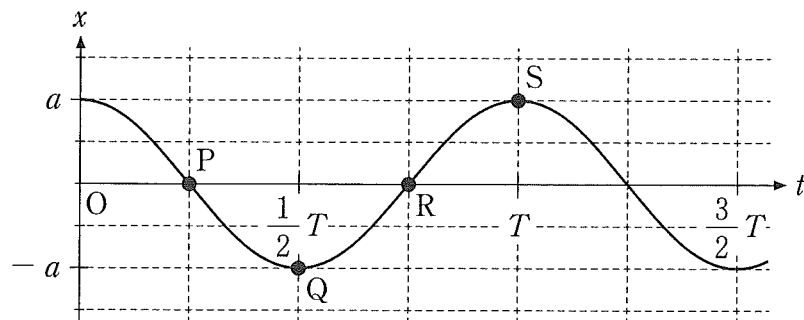


図 5

問 3 図 5 に表された音源の位置  $x$  と時間  $t$  の関係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。

①  $x = a \sin\left(\frac{t}{T}\right)$

②  $x = a \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$

③  $x = a \sin\left(\frac{t}{T} + \frac{\pi}{2}\right)$

④  $x = a \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{\pi}{2}\right)$

⑤  $x = a \sin\left(\frac{t}{T} - \frac{\pi}{2}\right)$

⑥  $x = a \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{\pi}{2}\right)$

問 4 次の文章中の空欄  に入れる記号として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

観測者は、音源の運動によるドップラー効果(振動数の変化)を途切れることなく観測した。図 5 の点 P, Q, R, S のうち、最も高い音として観測される音が発生する点は  である。ただし、音源の速さは常に音速より小さく、風は吹いていないものとする。

① P

② Q

③ R

④ S

# 物 理

## 第 4 問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。

[解答番号  ~  ] (配点 20)

A 図 1 のように, 直線の水平なレール上を動いている電車が大きさ  $a$  の一定の加速度で減速している。天井からおもりをつるした軽いひもを電車内で見ると, ひもは鉛直に対して角度  $\theta$  だけ傾いて静止していた。

電車内の少年が床面の点  $O$  から高さ  $h$  のところでボールを静かに放すと, 電車が減速している間にボールは床に落下した。ただし, 重力加速度の大きさを  $g$  とする。

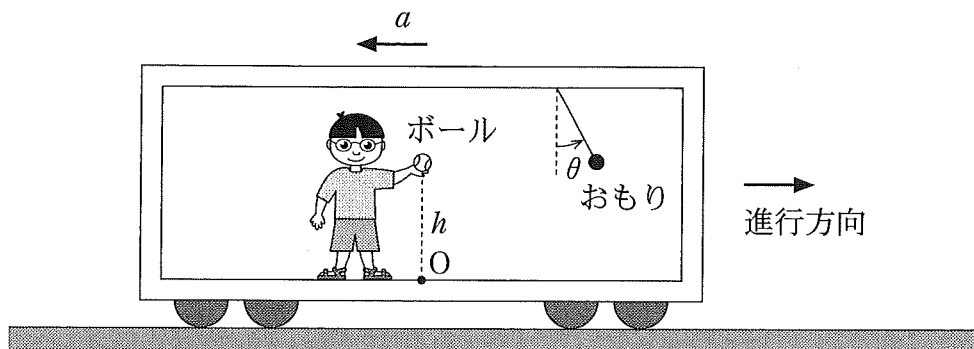


図 1

問 1  $\tan \theta$  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。

$\tan \theta =$

①  $\frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$

②  $\frac{g}{\sqrt{a^2 + g^2}}$

③  $\frac{a}{g}$

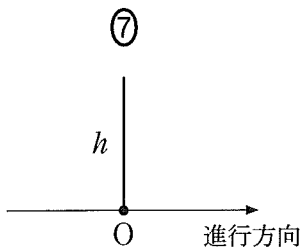
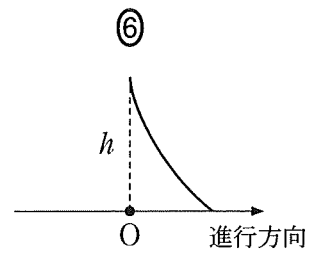
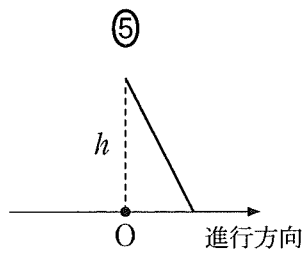
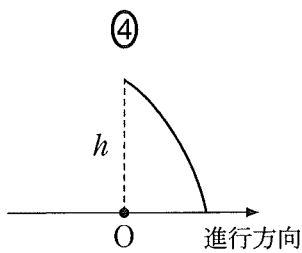
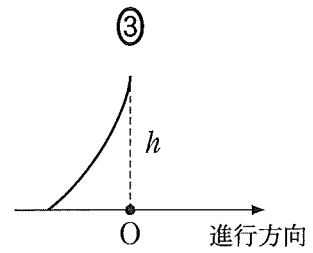
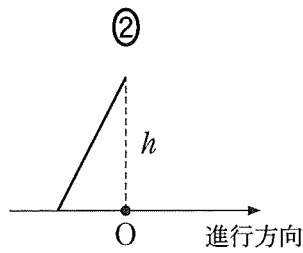
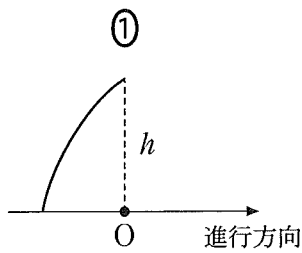
④  $\frac{g}{a}$

⑤  $\frac{\sqrt{a^2 + g^2}}{a}$

⑥  $\frac{\sqrt{a^2 + g^2}}{g}$

問 2 電車内で観測したとき、ボールの軌道を表す図として最も適当なものを、

次の①～⑦のうちから一つ選べ。



# 物 理

**B** 図2のように長さ  $l$  の軽くて伸びない糸の一端を点  $O$  に固定し、他端に質量  $m$  の小球を取り付けて、糸がたるまず水平になる点  $P$  で小球を静かに放す。点  $O$  から鉛直下方に距離  $a$  だけ離れた点  $Q$  に細い釘<sup>くぎ</sup>があり、小球が最下点  $R$  を通る瞬間に糸が釘にかかり、小球は点  $Q$  を中心とする円運動を始める。糸が釘にかかるまで、糸と水平方向  $OP$  のなす角度を  $\alpha$  とする。また、糸が釘にかかったのち、点  $Q$  から小球までの間の糸と鉛直方向  $QR$  のなす角度を  $\beta$  と表す。ただし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

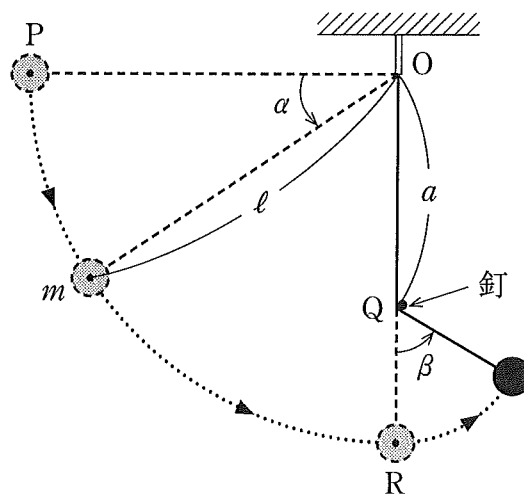
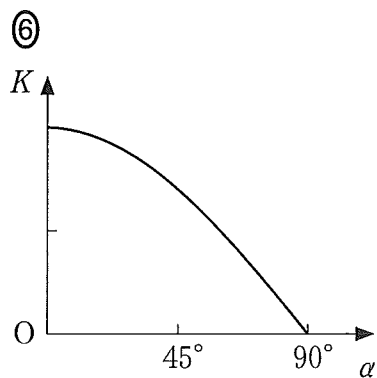
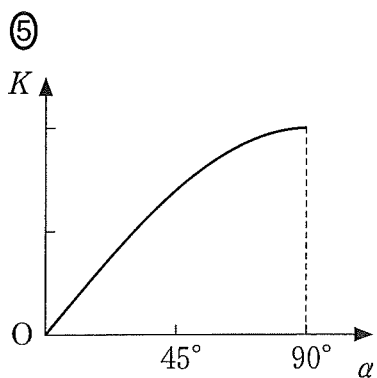
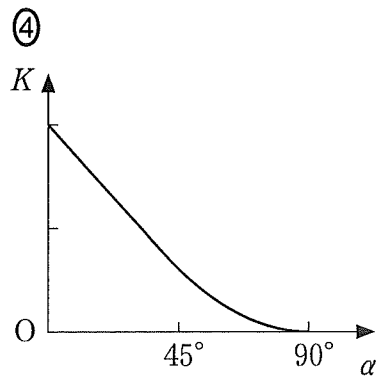
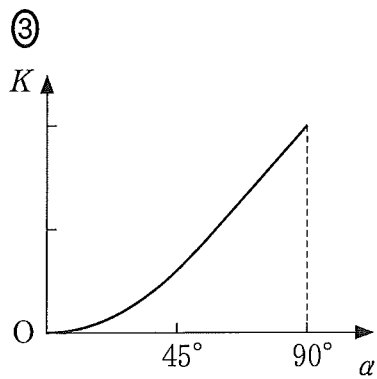
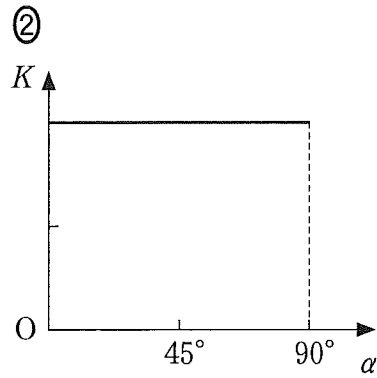
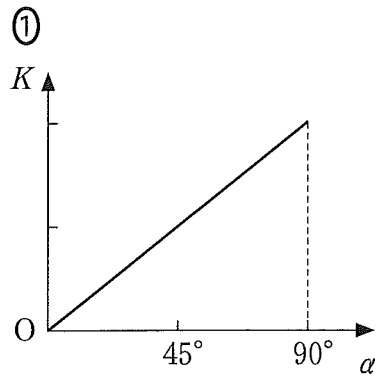


図 2

問 3 糸が釘にかかるまでの小球の運動エネルギー  $K$  と角度  $\alpha$  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。 3



物 理

問 4 小球が点 R を通過後  $\beta = 90^\circ$  となったとき、糸の張力の大き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。 4

①  $\frac{(\ell - a)mg}{2a}$

②  $\frac{(\ell - a)mg}{a}$

③  $\frac{2(\ell - a)mg}{a}$

④  $\frac{amg}{2(\ell - a)}$

⑤  $\frac{amg}{\ell - a}$

⑥  $\frac{2amg}{\ell - a}$



物 理 第 5 問・第 6 問は、いずれか 1 問を選択し、解答しなさい。

### 第 5 問 (選択問題)

次の文章を読み、下の問い(問 1 ~ 3)に答えよ。

(解答番号  ~ ) (配点 15)

ピストンのついた容器に単原子分子の理想気体を閉じ込め、体積  $V_0$ 、圧力  $p_0$  の状態 A にした後、図 1 の  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  のように気体の状態をゆっくり変化させた。過程  $A \rightarrow B$  と過程  $C \rightarrow D$  は定積変化、過程  $B \rightarrow C$  と過程  $D \rightarrow A$  は定圧変化であった。

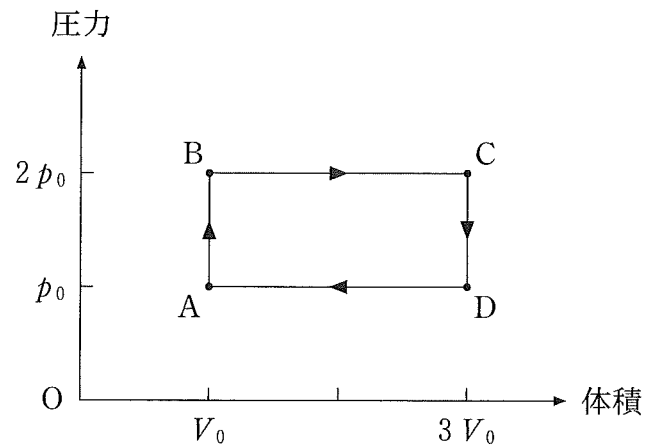


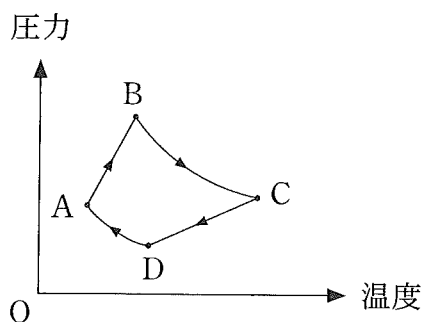
図 1



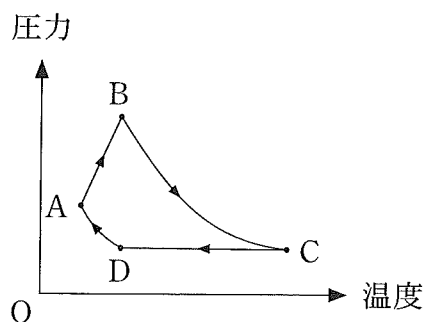
物 理

問 3 過程  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  の温度と圧力 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。 3

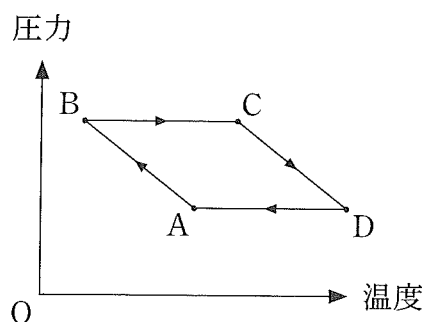
①



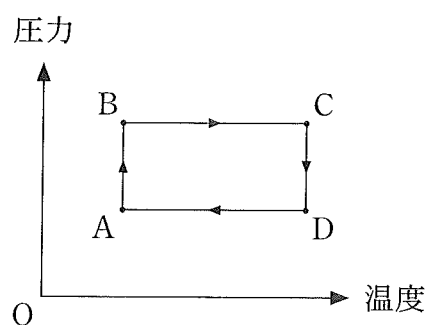
②



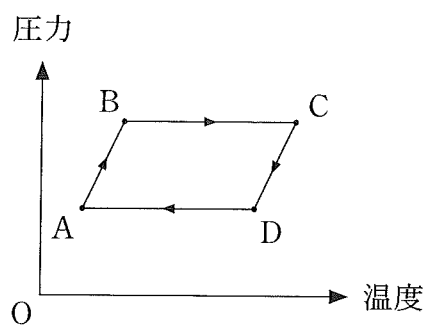
③



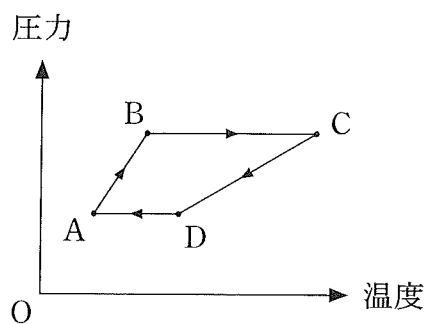
④



⑤



⑥



物 理 第5問・第6問は、いずれか1問を選択し、解答しなさい。

第6問 (選択問題)

X線に関する次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号  ~  ] (配点 15)

図1のようなX線発生装置を用いて発生させたX線の強度と波長の関係(スペクトル)を調べたところ、図2のようなスペクトルが得られた。以下では、電気素量を $e$ 、静止している電子の質量を $m$ 、プランク定数を $h$ 、真空中の光速を $c$ とする。また、陽極と陰極の間の加速電圧を $V$ とする。

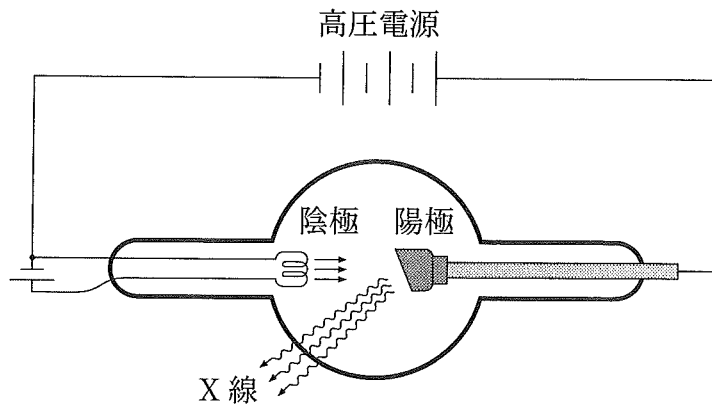


図 1

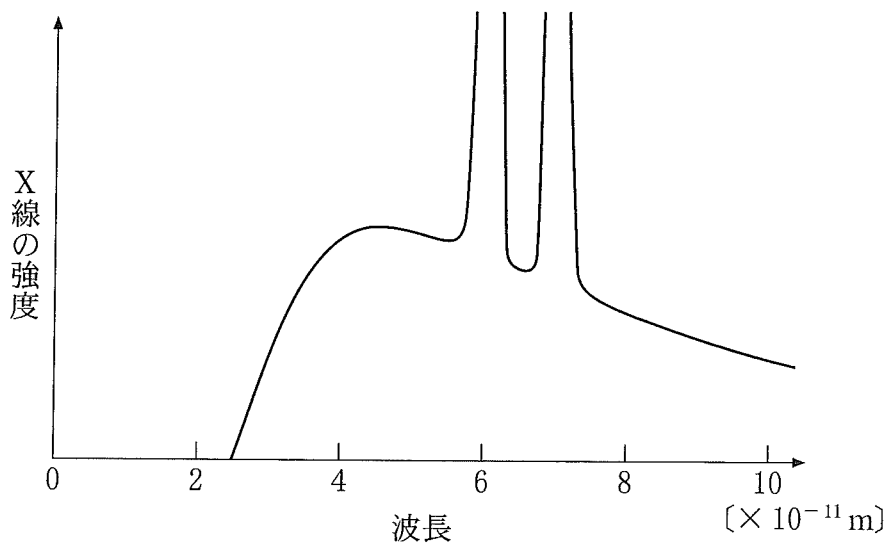


図 2

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

陰極から飛び出した電子は、電圧  $V$  で加速され陽極に衝突する。この電子が衝突直前に持っている運動エネルギーは、 $E = \boxed{\text{ア}}$  であるから、陽極から出る X 線の振動数の最大値  $\nu_0$  は、 $\nu_0 = \boxed{\text{イ}}$  である。ただし、陰極から飛び出した電子の初速度の大きさは十分小さいとする。

	ア	イ
①	$eV$	$\frac{E}{h}$
②	$eV$	$\frac{h}{E}$
③	$mc^2$	$\frac{E}{h}$
④	$mc^2$	$\frac{h}{E}$
⑤	$\frac{1}{2} mc^2$	$\frac{E}{h}$
⑥	$\frac{1}{2} mc^2$	$\frac{h}{E}$

## 物 理

問 2 次の文章中の空欄 **ウ** ・ **エ** に入れる語と式の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～③のうちから一つ選べ。 **2**

図 2 に観測される鋭いピーク部分の X 線を **ウ** と呼ぶ。この **ウ** は次のような仕組みで発生する。

はじめに、図 3 (a) のように高電圧で加速された電子が陽極の金属原子と衝突して、エネルギー準位  $E_0$  をもつ内側の軌道の電子がたたき出される。次に、図 3 (b) のようにエネルギー準位  $E_1$  をもつ外側の軌道にある電子が内側の空いた軌道へ落ち込み、X 線が放出される。放出される X 線のエネルギーは  $E_x =$  **エ** となる。この X 線の放出現象は、ボーアによって説明された水素原子からの光の放出と同じ現象である。

原子核のまわりを運動する電子のエネルギー準位は、原子番号によって異なるので、 $E_x$  は元素ごとに違う値になる。

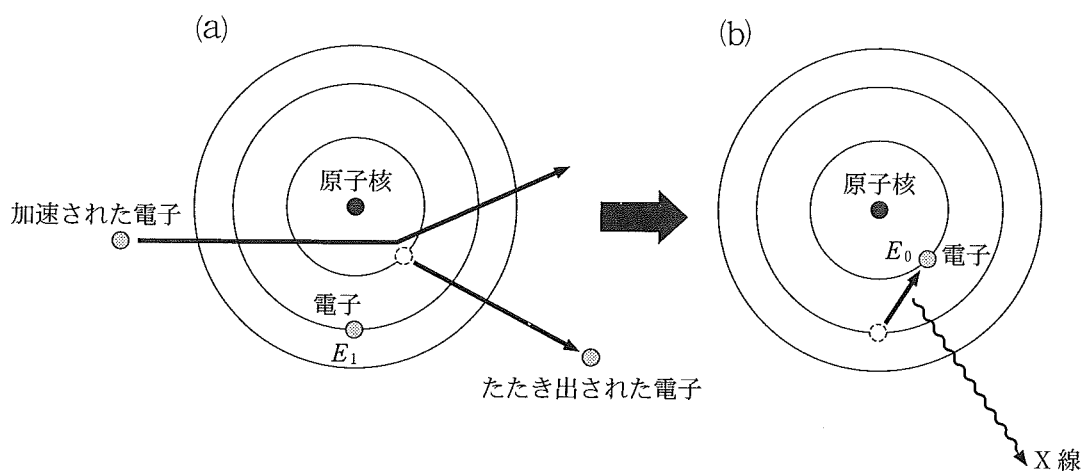


図 3

	ウ	エ
①	特性(固有)X線	$E_1$
②	特性(固有)X線	$E_1 - E_0$
③	特性(固有)X線	$E_1 + eV$
④	特性(固有)X線	$E_1 - E_0 + eV$
⑤	連続X線	$E_1$
⑥	連続X線	$E_1 - E_0$
⑦	連続X線	$E_1 + eV$
⑧	連続X線	$E_1 - E_0 + eV$

# 物 理

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

陽極金属の種類や加速電圧  $V$  を変えて、X 線を測定したところ、図 4 のような三つの X 線スペクトル(A), (B), (C)が得られた。

同じ加速電圧を用いて得られたスペクトルの組合せは **オ** であり、同じ陽極金属を用いて得られたスペクトルの組合せは **カ** である。

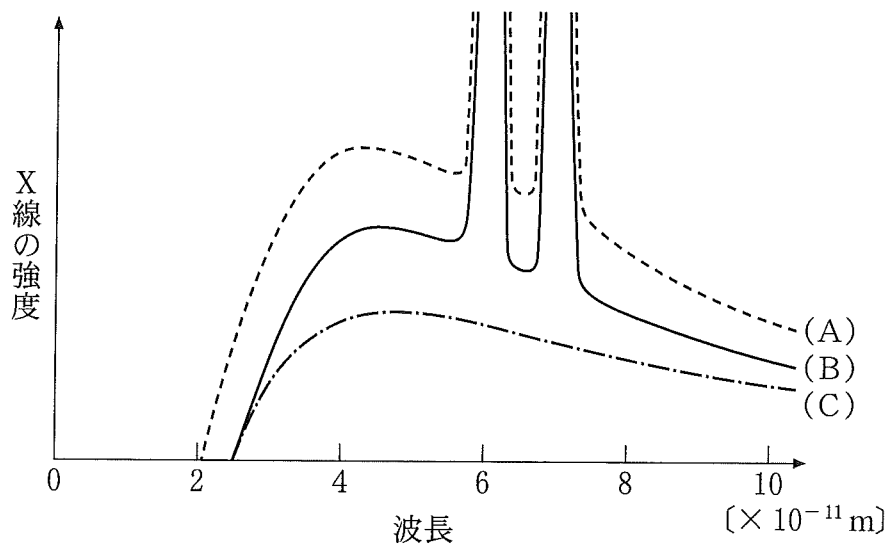


図 4

	オ	カ
①	(A)と(B)	(A)と(C)
②	(A)と(B)	(B)と(C)
③	(A)と(C)	(A)と(B)
④	(A)と(C)	(B)と(C)
⑤	(B)と(C)	(A)と(B)
⑥	(B)と(C)	(A)と(C)