

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したとき、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。

物 理

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。 $Q = \boxed{2}$

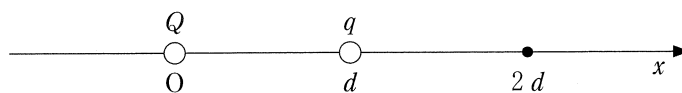


図 1

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 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** 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。

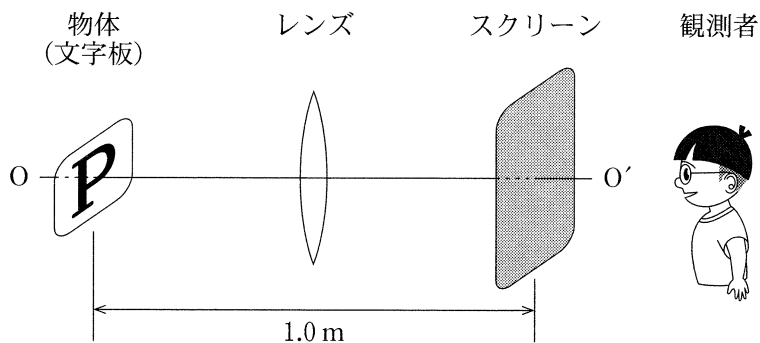


図 2

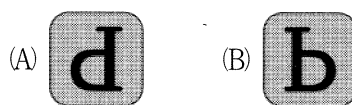


図 3

	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

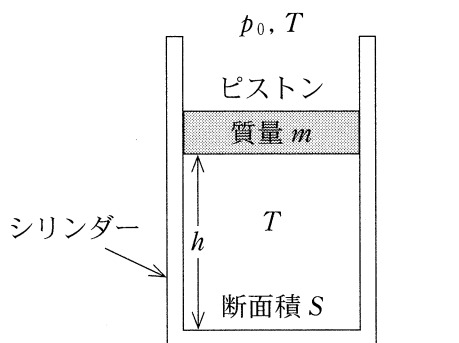


図 4

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 $\frac{nRT}{p_0 S - mg}$

物 理

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

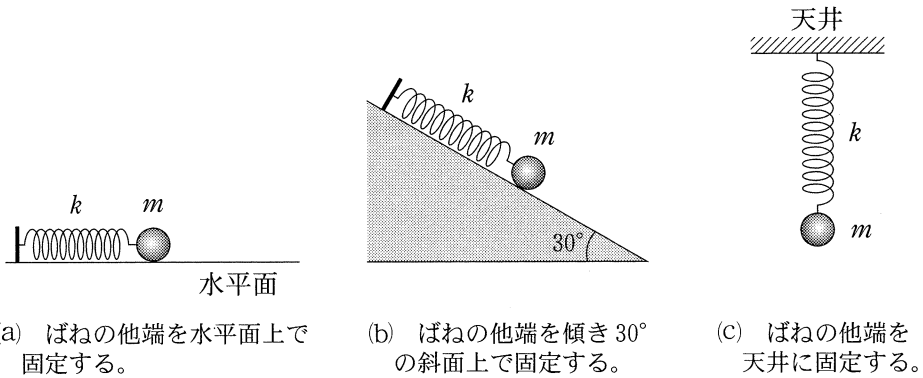


図 5

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 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。

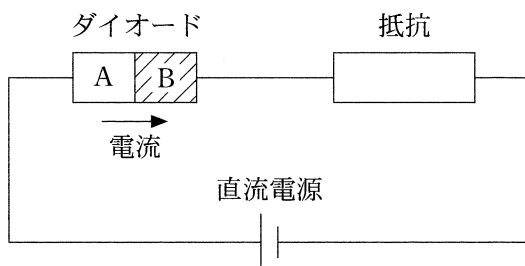


図 1

物 理

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

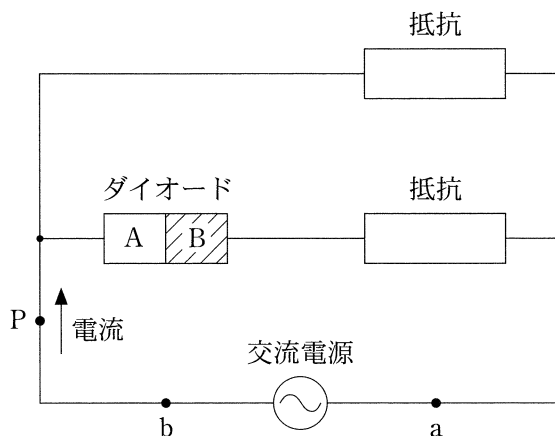


図 2

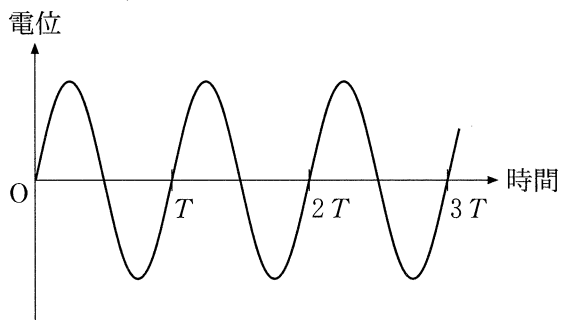
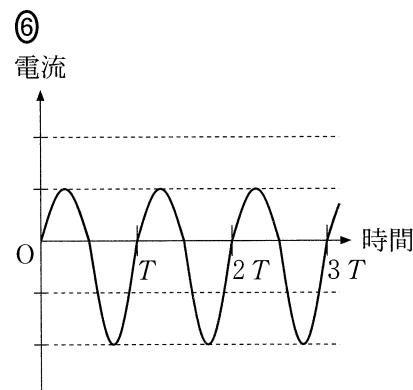
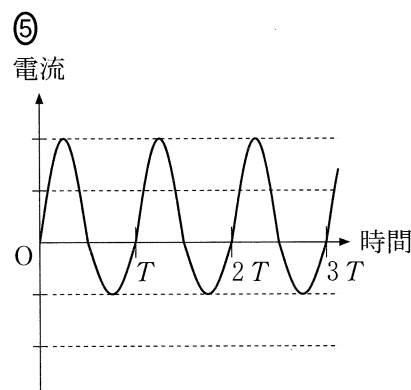
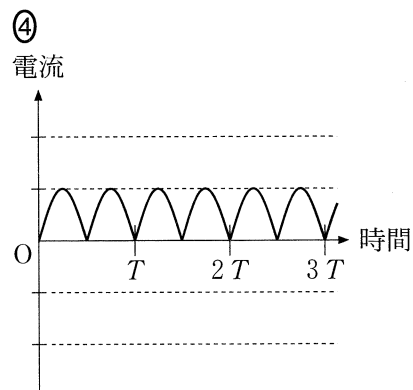
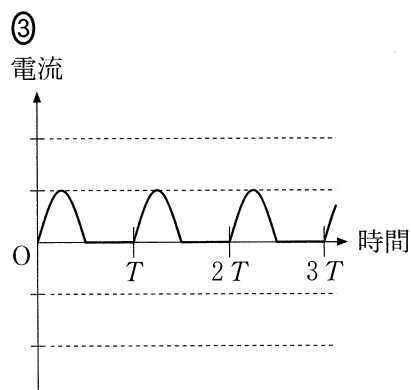
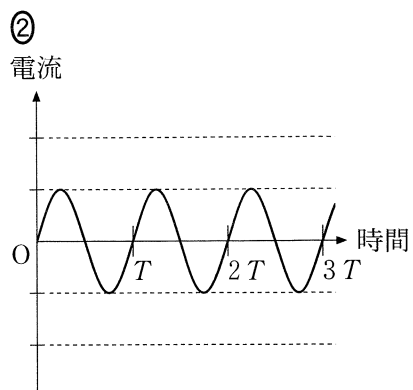
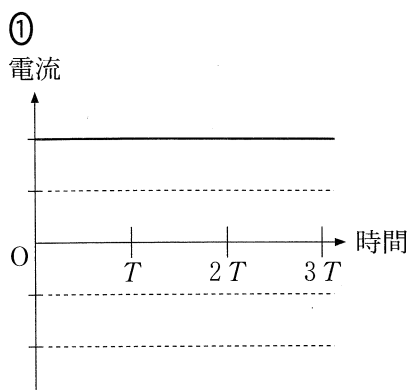


図 3



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 ℓ 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。

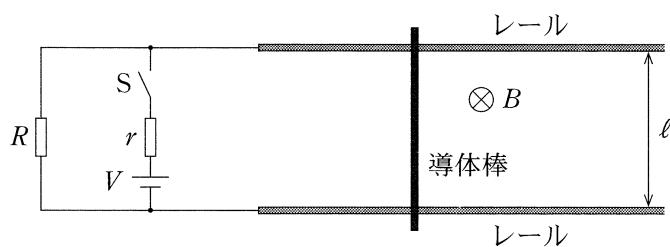


図 4

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 VBl

② $\frac{VBl}{r}$

③ $\frac{VBl}{R}$

④ $\frac{VBl}{(r+R)}$

⑤ $\frac{(r+R)VBl}{rR}$

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。

$$v = \text{$$

① $\frac{V}{Bl}$

② $\frac{R}{Bl}$

③ $\frac{r}{Bl}$

④ $\frac{V}{Bl(r+R)}$

⑤ $\frac{VR}{Bl(r+R)}$

⑥ $\frac{Vr}{Bl(r+R)}$

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を經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 $n = \frac{\text{線分AE}}{\text{線分BF}}$ となる。平行光線の空気中での波長 λ と屈折率 n の間に、正の整数 m を用いて $\frac{\text{線分AE}}{\text{線分BF}} = m \frac{\lambda}{2d}$ という関係が成り立つとき、観測者に届く光は強め合う。

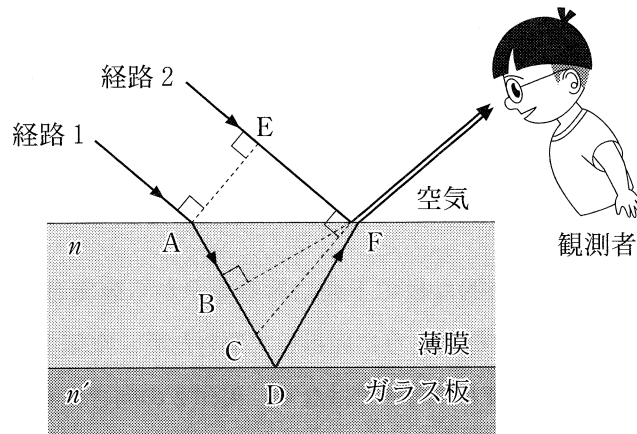


図 1

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。

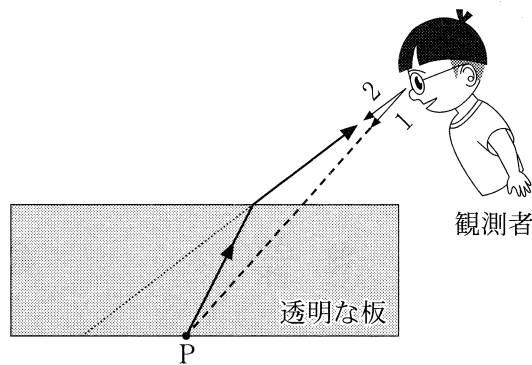


図 2

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。

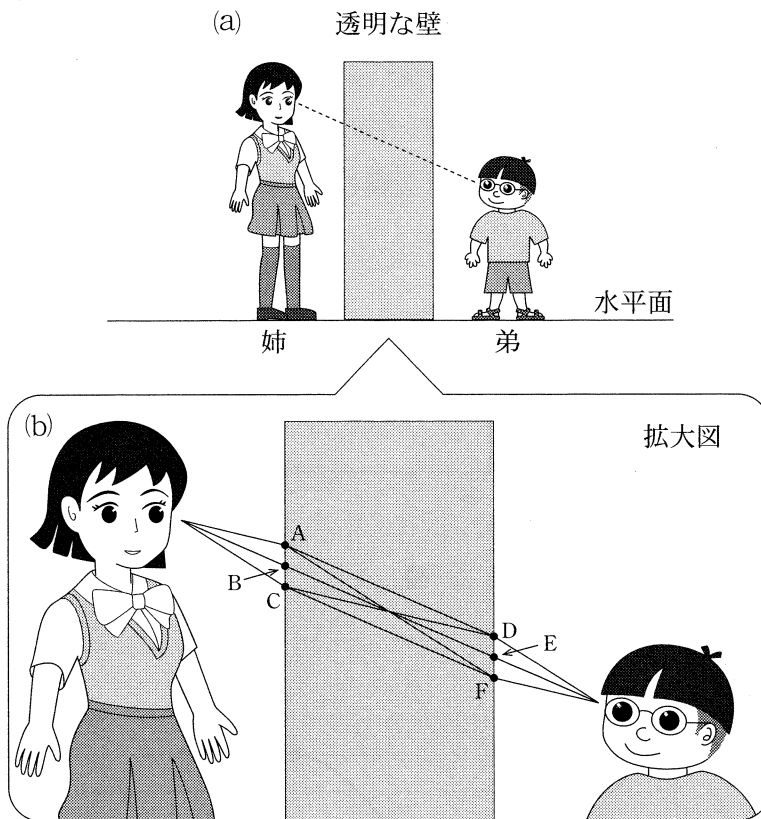


図 3

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、この音源にはばねを取り付け、 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。

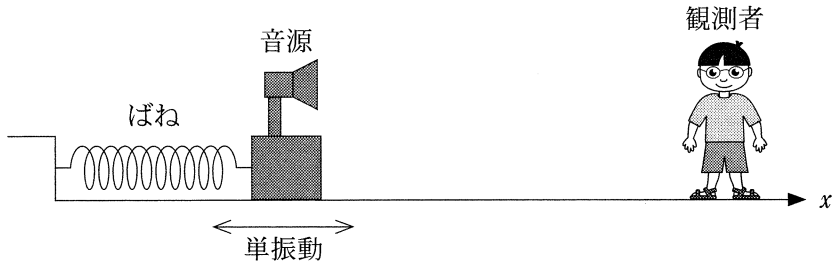


図 4

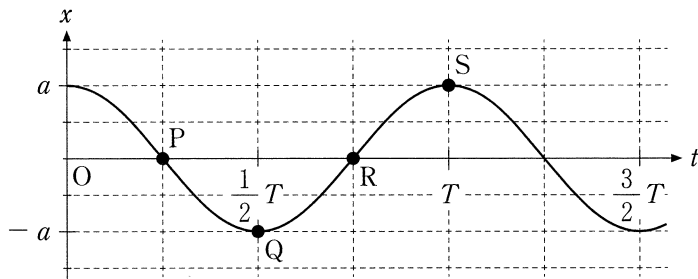


図 5

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。 5

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 6 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。 6

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 6 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 θ 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。

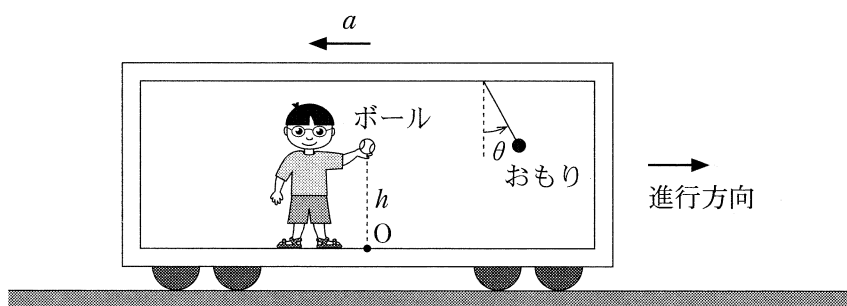


図 1

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。

$\tan \theta = \boxed{1}$

① $\frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$

② $\frac{g}{\sqrt{a^2 + g^2}}$

③ $\frac{a}{g}$

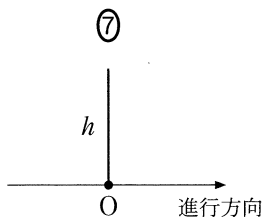
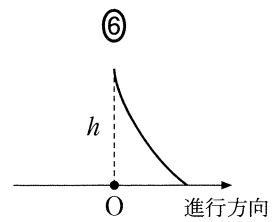
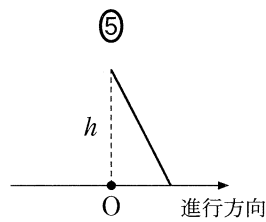
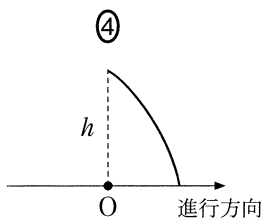
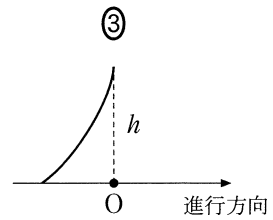
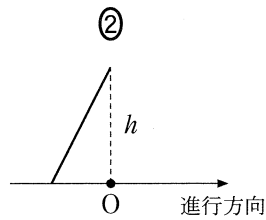
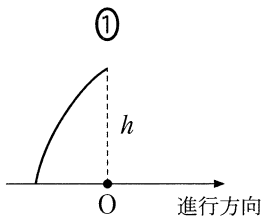
④ $\frac{g}{a}$

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。 $\boxed{2}$



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^{くぎ}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 α 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 β と表す。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

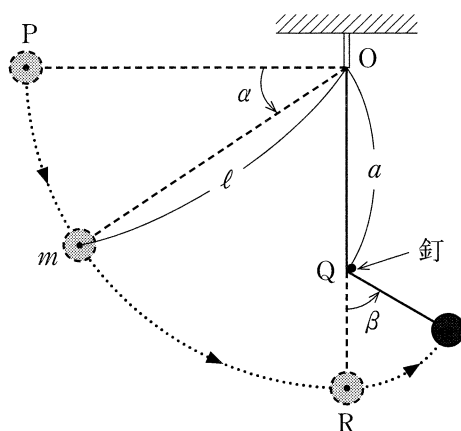
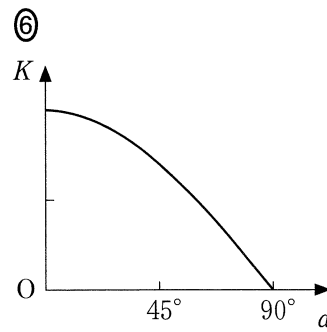
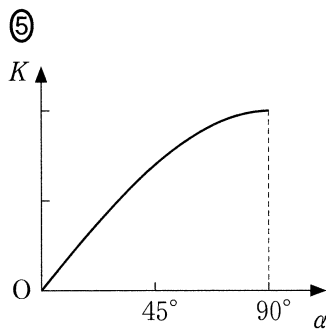
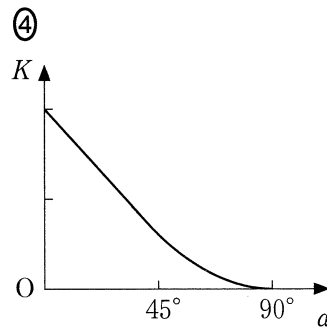
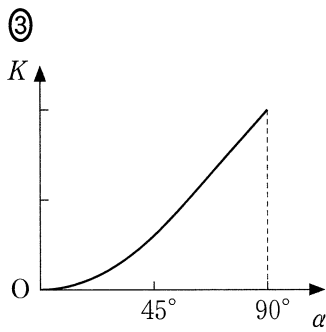
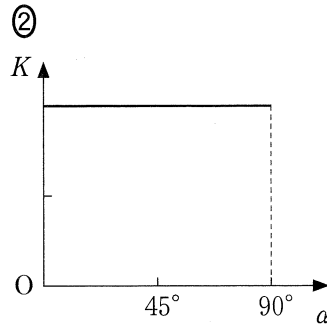
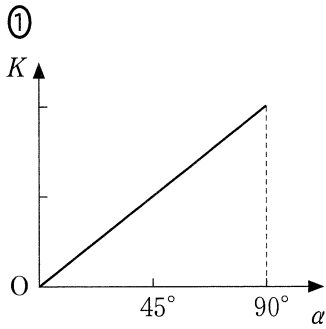


図 2

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 α 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 $\frac{2amg}{\ell - a}$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

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。

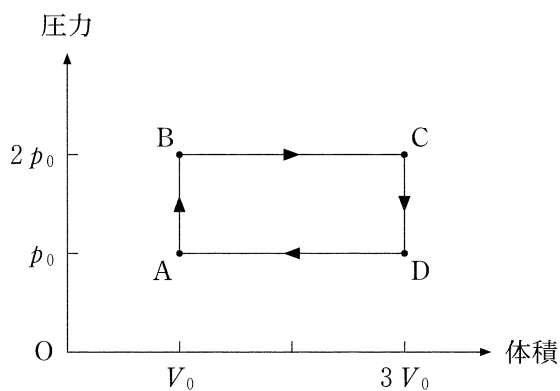
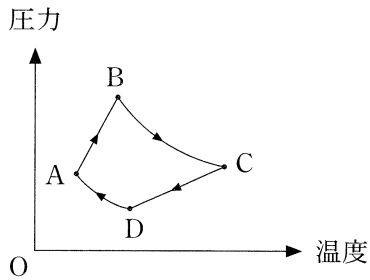


図 1

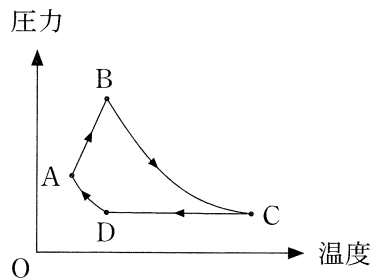
物 理

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

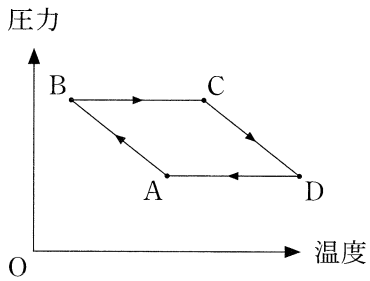
①



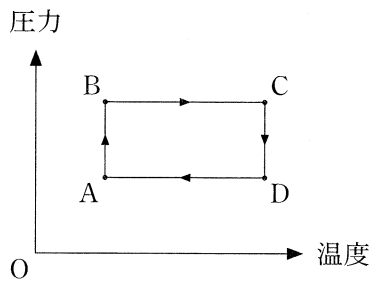
②



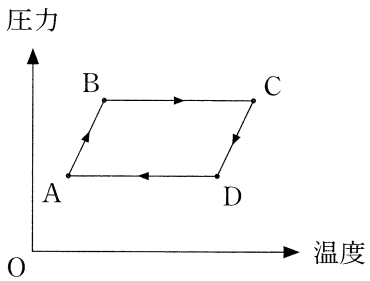
③



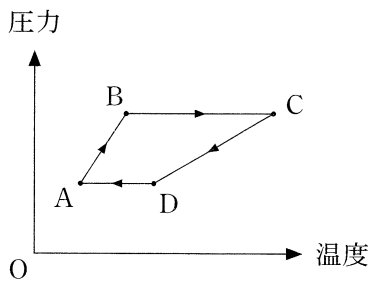
④



⑤



⑥



(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

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。

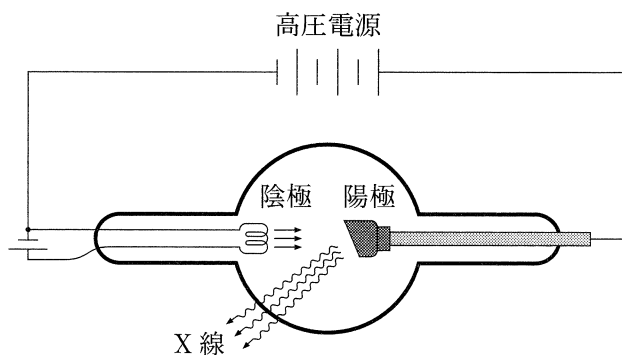


図 1

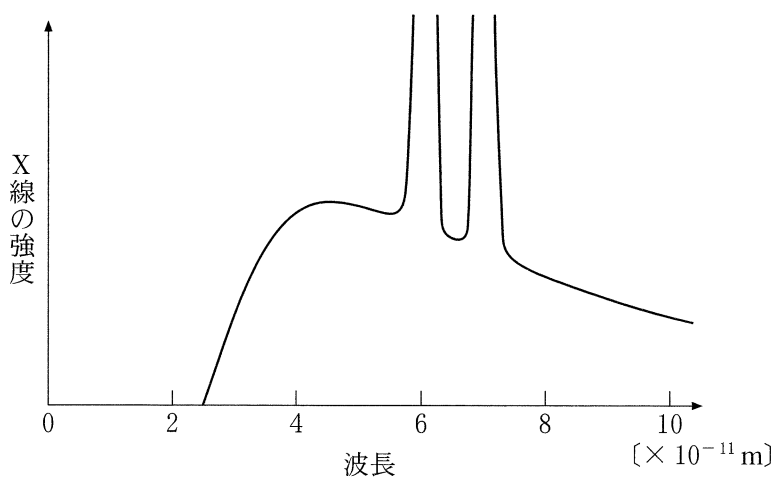


図 2

問 1 次の文章中の空欄 **ア** ・ **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。 **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、 $E =$ **ア** であるから、陽極から出る X 線の振動数の最大値 ν_0 は、 $\nu_0 =$ **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 ・ 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①～⑧のうちから一つ選べ。

図 2 に観測される鋭いピーク部分の X 線を と呼ぶ。この 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 $E_x =$ 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。

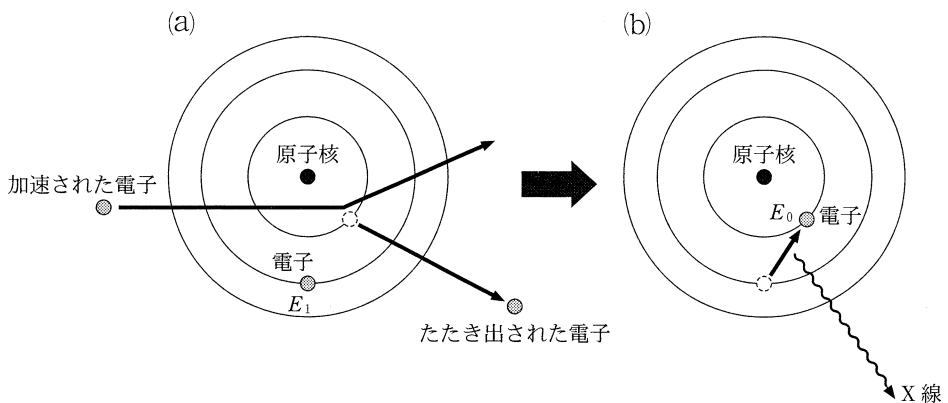


図 3

	ウ	工
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。

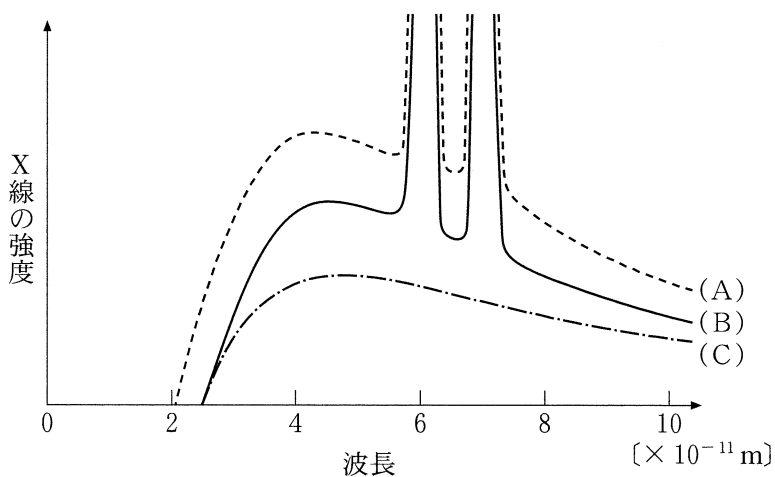


図 4

	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)