

試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

K

理 科 ② 〔 物 理 〕 (各科目) 100 点

注 意 事 項

- 1 解答用紙に、正しく記入・マークされていない場合は、採点できないことがあります。特に、解答用紙の第1解答科目欄・第2解答科目欄にマークされていない場合又は複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ペ ー ジ	選 択 方 法
物 理	3～38	受験できる科目数は、受験票に記載されているとおりです。
化 学	39～72	
生 物	73～110	
地 学	111～143	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、解答用紙の問題番号に対応した解答欄にマークしなさい。例えば、第2問の 1 と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例)のように問題番号2の解答番号1の解答欄の③にマークしなさい。

(例)

2	解 答 欄								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨

- 5 選択問題については、いずれか1問を選択し、その問題番号の解答欄に解答しなさい。

この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

6 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。

7 不正行為について

- ① 不正行為に対しては厳正に対処します。
- ② 不正行為に見えるような行為が見受けられた場合は、監督者がカードを用いて注意します。
- ③ 不正行為を行った場合は、その時点で受験を取りやめさせ退室させます。

8 2科目受験者の試験の進行方法について(2科目受験者のみ確認)

- ① この試験は、前半と後半に分けて実施します。
- ② 前半に解答する科目を「第1解答科目」、後半に解答する科目を「第2解答科目」として取り扱います。解答する科目及び順序は、志望する大学の指定に基づき、各自で決めなさい。
- ③ 第1解答科目、第2解答科目ともに解答時間は60分です。60分で1科目だけを解答しなさい。
- ④ 第1解答科目の後に、答案を回収する時間などを設けてありますが、休憩時間ではありませんので、トイレ等で一時退室することはできません。

注) 進行方法が分からない場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。

9 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

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。 $Q = \boxed{2}$

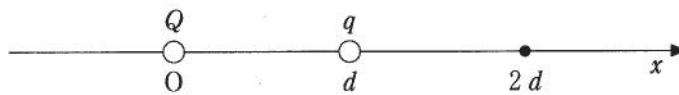


図 1

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。

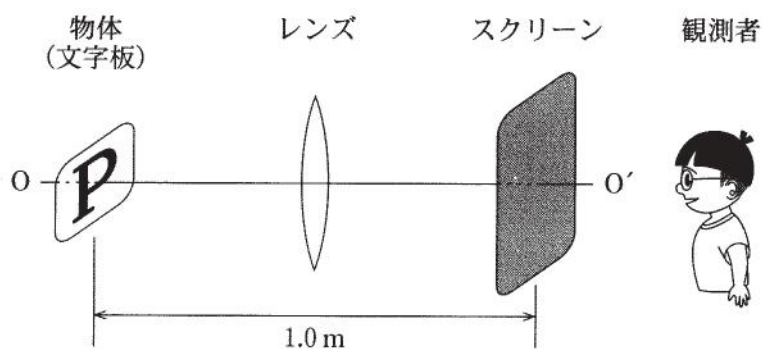


図 2



図 3

物 理

	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

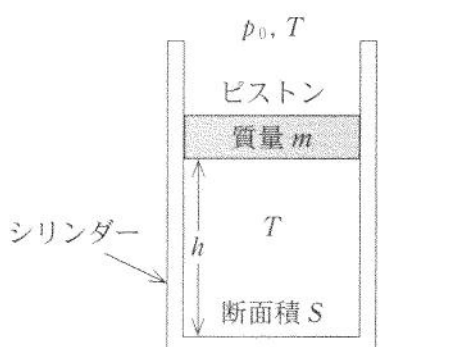
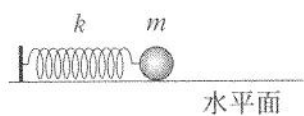


図 4

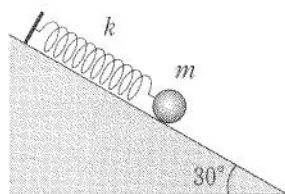
- | | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| ① $\frac{p_0 S}{nRT}$ | ② $\frac{p_0 S + mg}{nRT}$ | ③ $\frac{p_0 S - mg}{nRT}$ |
| ④ $\frac{nRT}{p_0 S}$ | ⑤ $\frac{nRT}{p_0 S + mg}$ | ⑥ $\frac{nRT}{p_0 S - mg}$ |

物 理

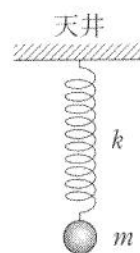
問 5 図 5 (a)~(c)のように、ばね定数 k の軽いばねの一端に質量 m の小球を取り付け、ばねの伸縮方向に単振動させる。(a)~(c)の場合の単振動の周期を、それぞれ T_a , T_b , T_c とする。 T_a , T_b , T_c の大小関係として正しいものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、(a)の水平面、(b)の斜面はなめらかであるとする。



(a) ばねの他端を水平面上で固定する。



(b) ばねの他端を傾き 30° の斜面上で固定する。



(c) ばねの他端を天井に固定する。

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 1 ~ 4] (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。

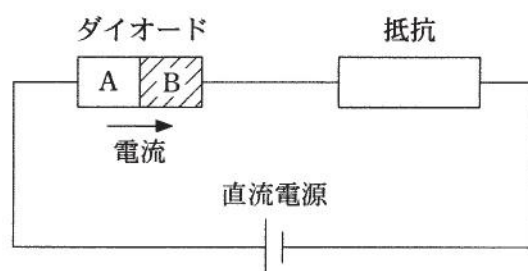


図 1

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。 1

	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

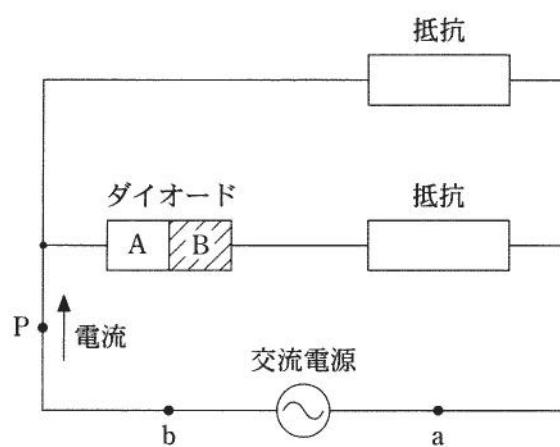


図 2

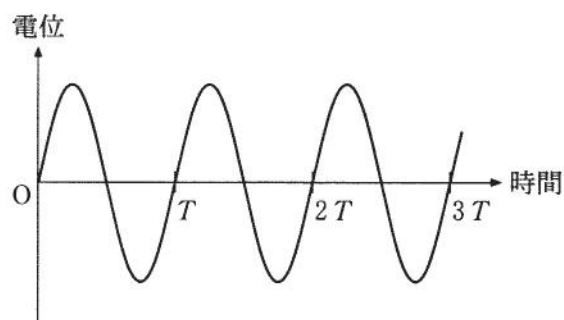
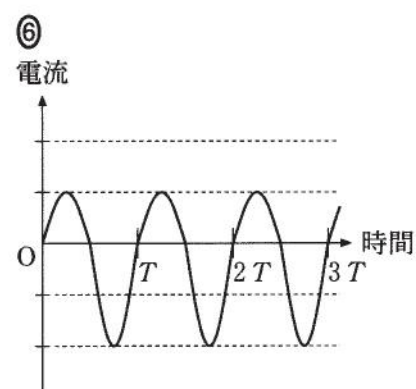
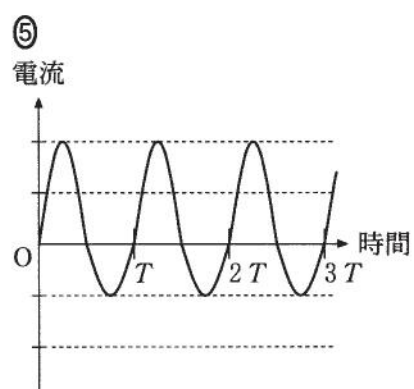
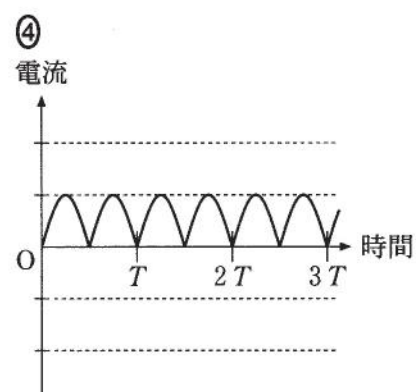
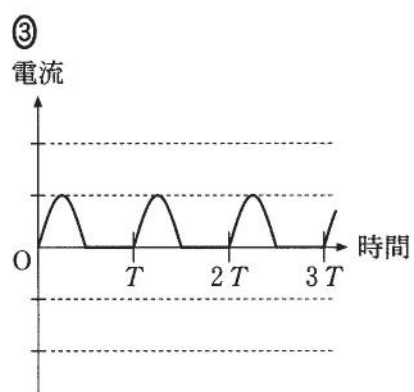
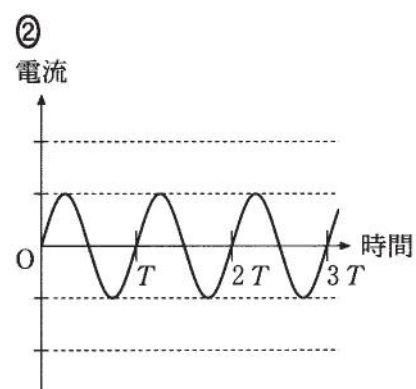
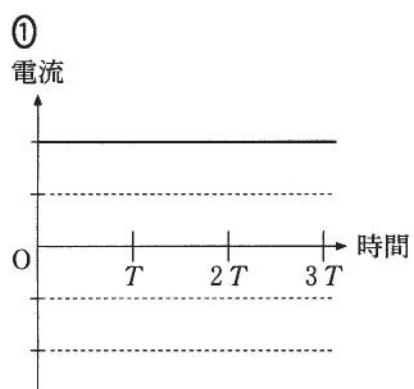


図 3



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。

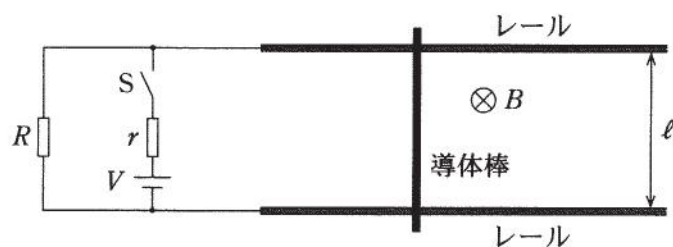


図 4

物 理

問 3 S を閉じると、導体棒は右向きの力を受ける。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。 3

- 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の力をとりのぞくと、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。
 $v =$ 4

- 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 $\frac{\text{線分AE}}{\text{線分BF}} = m$ という関係が成り立つとき、観測者に届く光は強め合う。

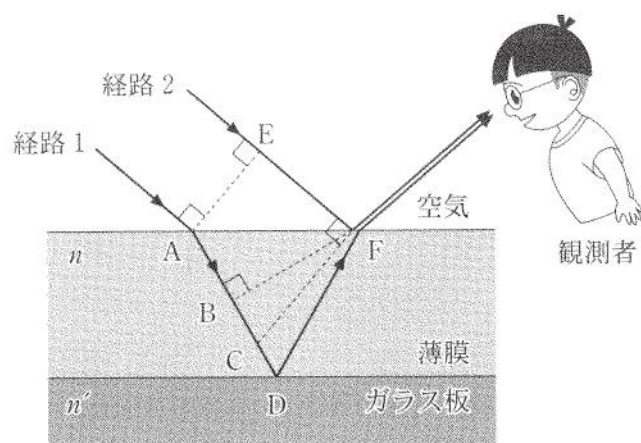


図 1

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。

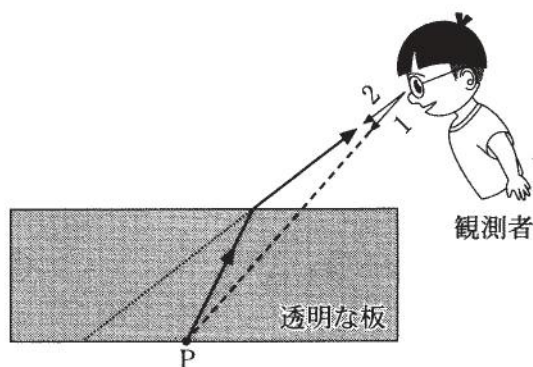


図 2

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。

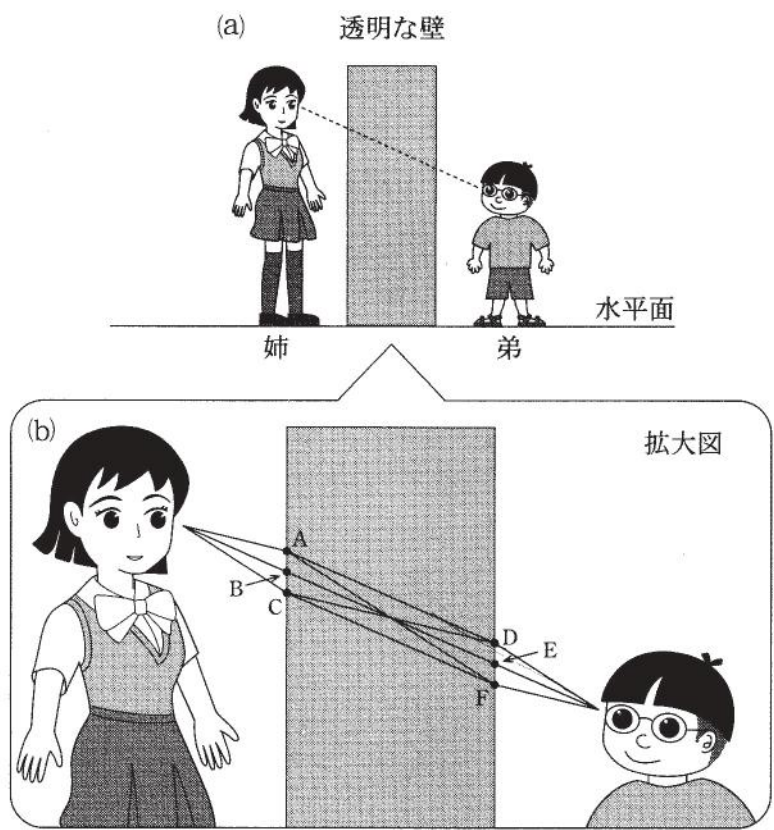


図 3

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。

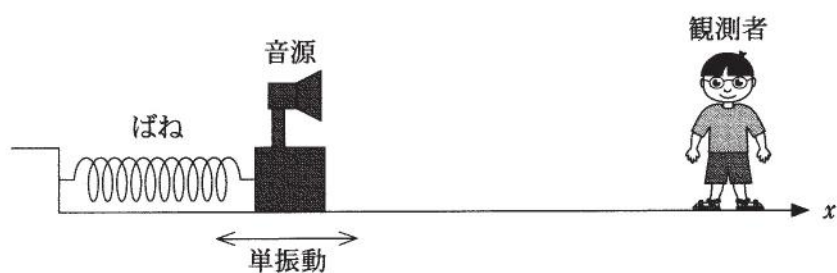


図 4

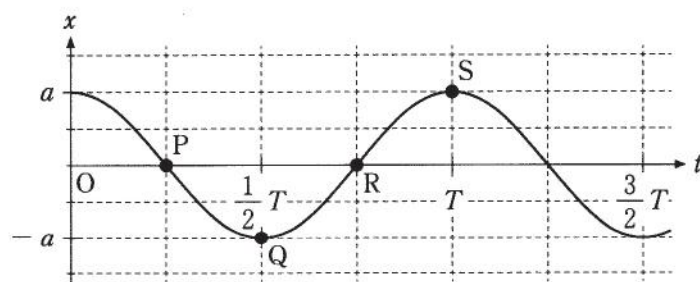


図 5

物 理

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 1 ~ 4] (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。

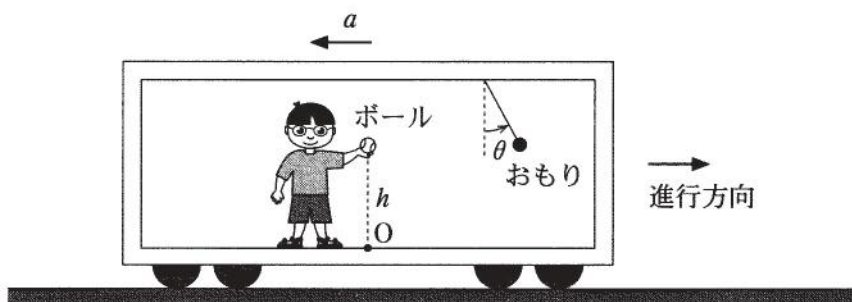


図 1

物 理

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

① $\frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$

② $\frac{g}{\sqrt{a^2 + g^2}}$

③ $\frac{a}{g}$

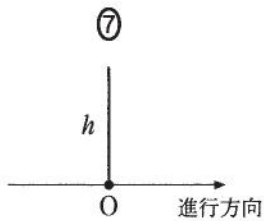
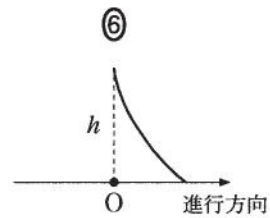
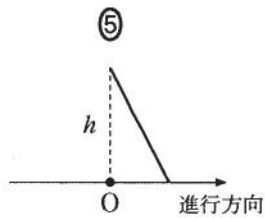
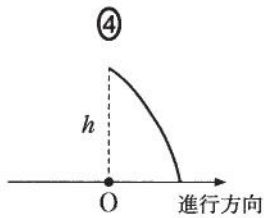
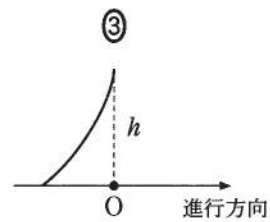
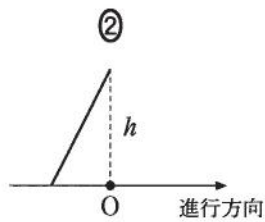
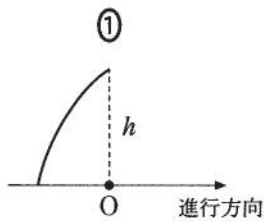
④ $\frac{g}{a}$

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。 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。

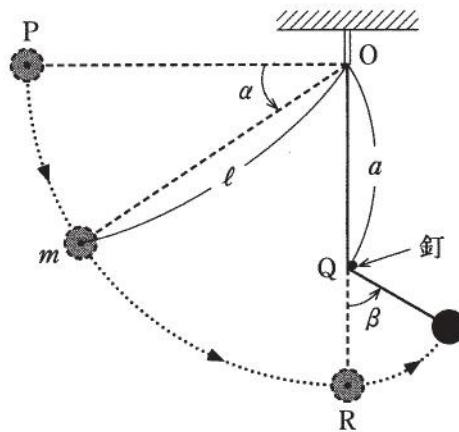
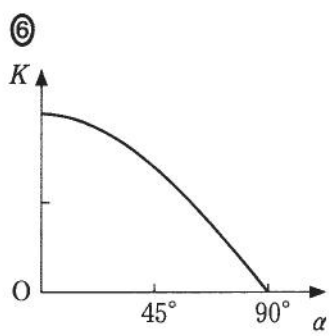
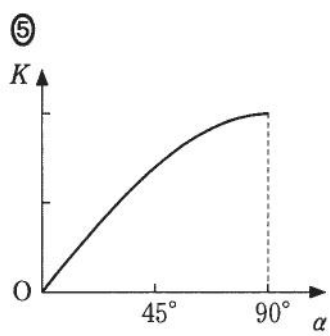
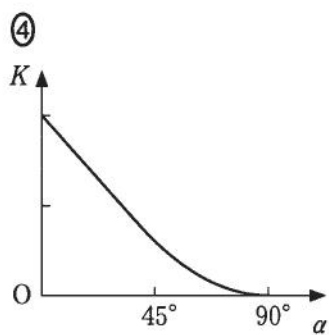
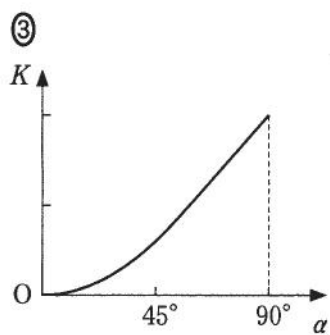
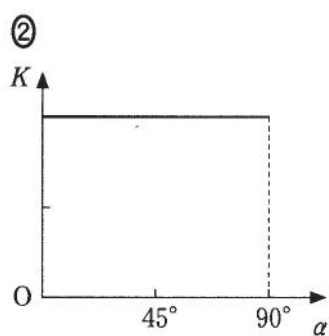
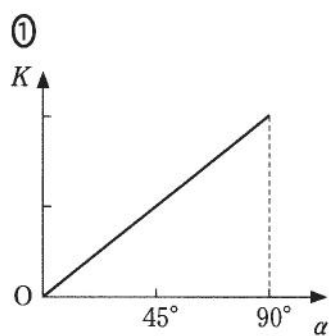


図 2

物 理

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 $\frac{2amg}{\ell - a}$

物 理

(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 1 ～ 3] (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。

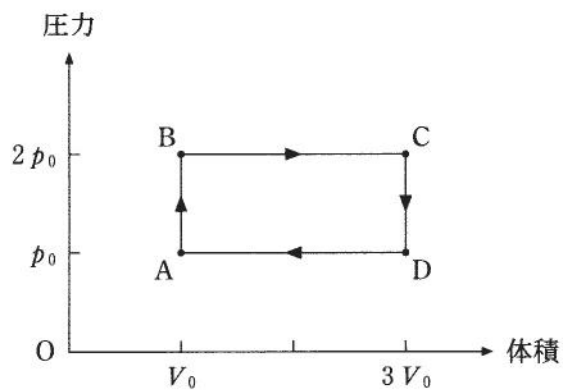


図 1

物 理

問 1 次の文中の空欄 **ア** ・ **イ** 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。 **1**

過程 $A \rightarrow B$ では，気体が熱を **ア** ，気体の内部エネルギーは **イ** 。

	ア	イ
①	外部から吸収し	増加する
②	外部から吸収し	変化しない
③	外部から吸収し	減少する
④	外部に放出し	増加する
⑤	外部に放出し	変化しない
⑥	外部に放出し	減少する

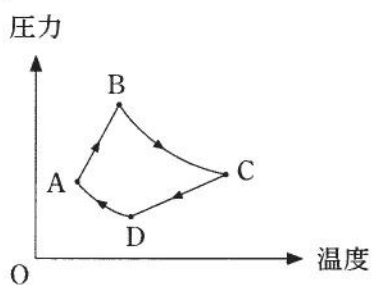
問 2 過程 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の間に，気体が外部にした仕事の総和として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **2**

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| ① 0 | ② $p_0 V_0$ | ③ $2 p_0 V_0$ |
| ④ $3 p_0 V_0$ | ⑤ $4 p_0 V_0$ | ⑥ $6 p_0 V_0$ |

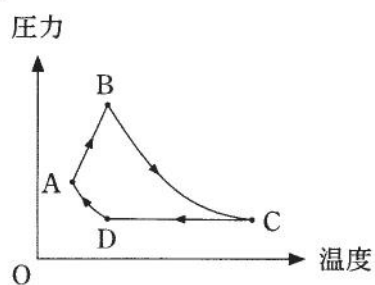
物 理

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

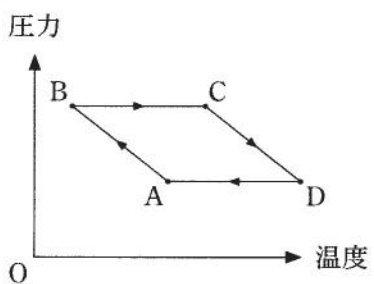
①



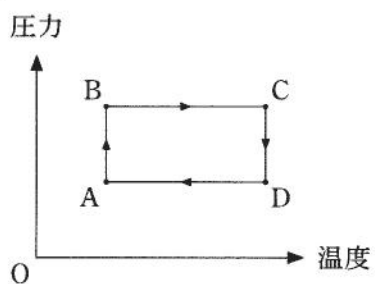
②



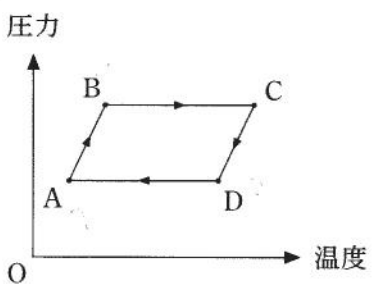
③



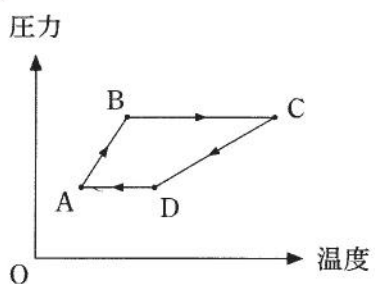
④



⑤



⑥



物 理

(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 1 ~ 3] (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。

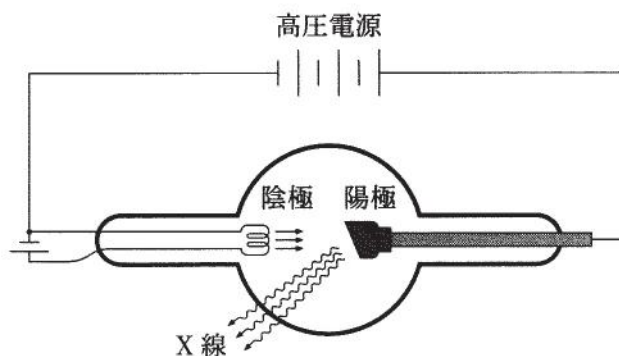


図 1

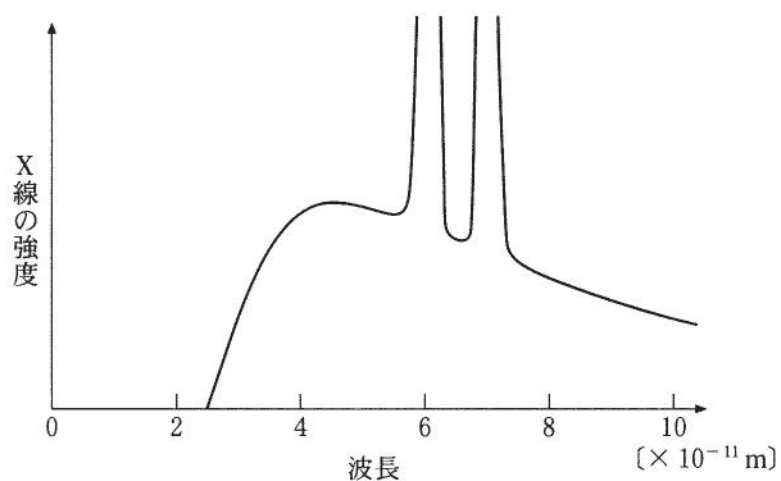


図 2

物 理

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、 $E = \text{ア}$ であるから、陽極から出る X 線の振動数の最大値 ν_0 は、 $\nu_0 = \text{イ}$ 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 ・ 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。

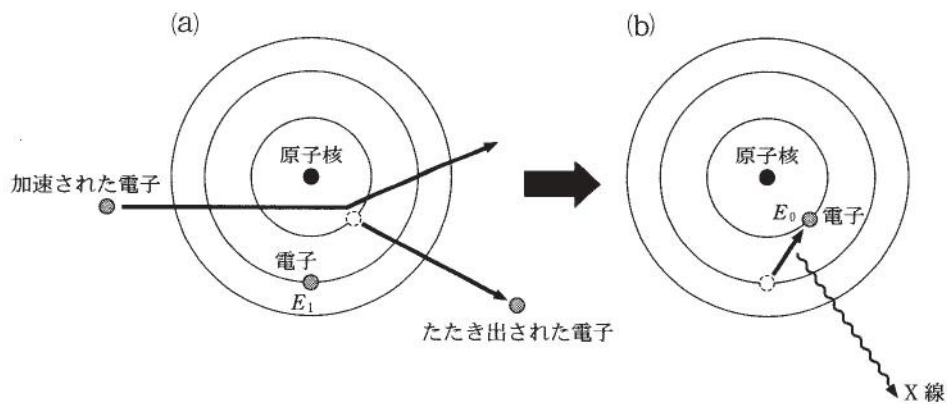


図 3

	ウ	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。

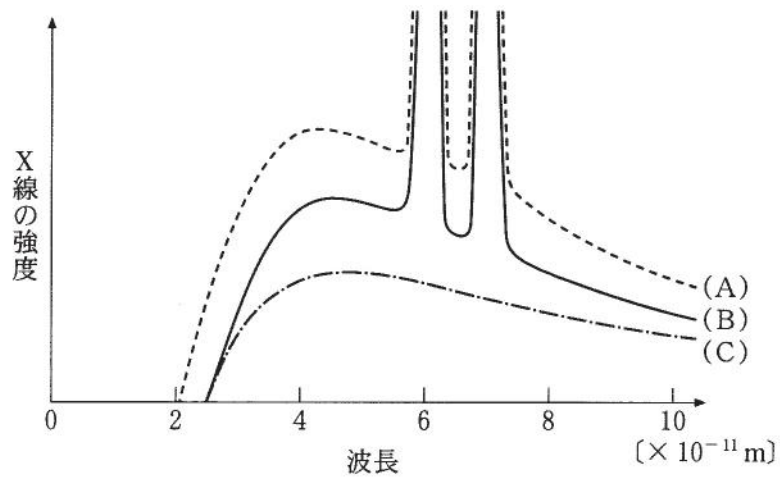


図 4

	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)

物 理

(下 書 き 用 紙)



物 理

(下書き用紙)