

※この問題冊子の「注意事項」は実際の共通テストを模して製作したものである

理 科 ②  $\left( \begin{array}{cc} \text{物 理} & \text{化 学} \\ \text{生 物} & \text{地 学} \end{array} \right)$  (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	2～ 23	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	省略	
生 物	省略	
地 学	省略	

- 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、解答用紙の解答欄にマークしなさい。例えば、

10
----

と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例)のように解答番号 10 の解答欄の③にマークしなさい。

(例)

解答番号	解 答 欄
1 0	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ a b

- 5 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

この注意事項は、この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。

# 物 理

(解答番号 1 ～ 22 )

## 第 1 問 次の(問 1～5)に答えよ。(配点 25)

問 1 図 1 のように水平面からの角度が  $\theta$  で長さが  $l$  の滑らかな坂 AB, 長さが  $l$  の水平な床 BC, 滑らかな曲面 CD があり, 坂 AB をもつ台と, 曲面 CD をもつ台はいずれも固定されており, それぞれ B, C において床 BC と滑らかに接続されている。床 BC に摩擦がないとき, 質量  $m$  の物体を, 坂 AB の中点 M から静かに手を離し滑らせたところ, 床 BC, 曲面 CD を通り, 点 D から, 水平面に対して垂直な方向に飛び出し, 最高点の高さが  $h$  であった。次に, 床 BC を, 摩擦のあるものに取り換えて, 質量  $M$  の物体を, 点 A から静かに手を離し滑らせたところ, 同様に, 床 BC, 曲面 CD を通り, 点 D から, 水平面に対して垂直な方向に飛び出し, 最高点の高さが  $h$  であった。このとき, 摩擦のある床 BC と質量  $M$  の物体の間の動摩擦係数  $\mu'$  として最も適当なものを, 下の①～⑥のうちから 1 つ選べ。ただし空気抵抗は無視するものとする。

1

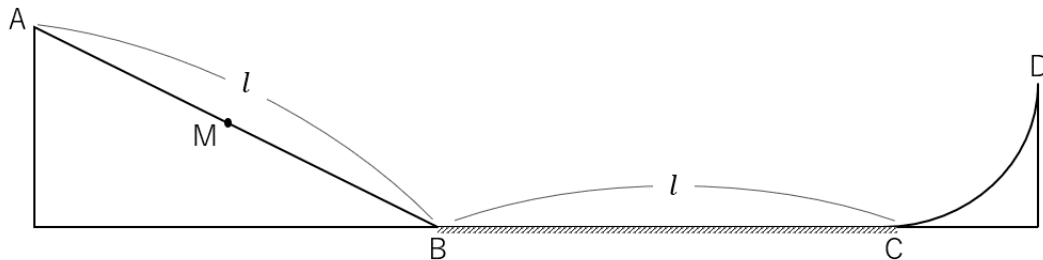


図 1

- ①  $\frac{m}{M}$     ②  $\frac{mh}{Ml}$     ③  $\frac{ml}{Mh}$     ④  $\frac{Mh}{ml}$     ⑤  $\frac{Ml}{mh}$     ⑥  $\frac{h}{l}$

問 2 次の文章中の空欄 2 ・ 3 に入れる選択肢として最も適当なものを、下の

①～④のうちから1つずつ選べ。ただし、重力加速度を $10\text{m/s}^2$ 、鉄球の比熱を $0.448\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、空気抵抗は無視する。

生徒：先生！ある動画サイトで $1000^{\circ}\text{C}$ の鉄球をいろんなものにのせる動画がありました。ある液体に $1000^{\circ}\text{C}$ の鉄球を入れたとき、最初は液体の温度が上昇するのですがしばらくすると温度が変わらなくなっていました。

先生：はい、そうです。そのとき、鉄球と液体は 2 にあるといいます。実際に実験してみましょう。

生徒：でも、どのように鉄球を $1000^{\circ}\text{C}$ まで温めるのですか？

先生：運動エネルギーが熱に代わることを利用します。いまここに $2\text{kg}$ の $0^{\circ}\text{C}$ の鉄球があります。これを水平面から $2\text{m}$ の高さの地点から鉄球を静かに落とすと鉄球は自由落下し、水平面と衝突します。私たちのいる空間は特殊な空間なので衝突直前の運動エネルギーがすべて鉄球の温度上昇に利用されるものとし、これ以外の理由で鉄球の温度は変化しないものとします。

生徒：なるほど、鉄球の熱が外部に逃げることがないと考えたと 3 回落下させると $1000^{\circ}\text{C}$ 以上になりますね。

先生：はいそうです。

生徒：今日中に終わりそうですね。

2 の解答群

- ①比熱平衡      ②熱平衡      ③絶対温度      ④平衡温度

3 の解答群

- ①5600      ②11200      ③22400      ④44800

問 3 図 2 のように焦点が F である凹面鏡を設置した。凹面鏡の前方の焦点距離から十分離れた位置に物体 A を設置したところ、像ができた。この像の名前と像のできた位置の組み合わせとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから 1 つ選べ。ただし、点 O は主軸とレンズとの交点であり、点 F の点 O に関して対称な点を点 F' とする。

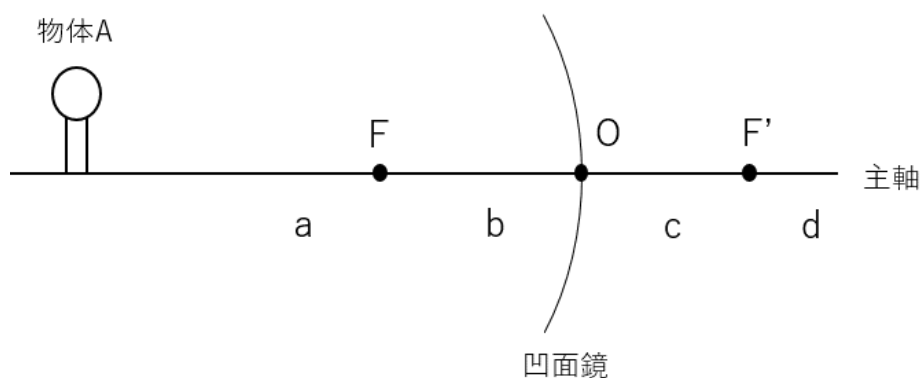


図 2

	像の名前	像の位置
①	倒立実像	a
②	倒立実像	b
③	倒立実像	c
④	倒立実像	d
⑤	正立虚像	a
⑥	正立虚像	b
⑦	正立虚像	c
⑧	正立虚像	d

問 4 重心の位置がわからない物体 B がある。物体 B は長さが  $w$  の面 W と、長さが  $h$  の面 H を持っている。まず、十分な摩擦力のある坂に図 3 のように物体 B を置いて、坂の水平面からの角度を変化させていくと、角度が  $\theta$  を超えたところで、物体 B は転がり落ちた。また、十分な摩擦力のある坂に図 4 のように物体 B を設置し、同様に角度を変化させていったところ、角度が  $\varphi$  を超えたところで、物体 B は転がり落ちた。図 5 のように、面 H が  $x$  軸と、面 W が  $y$  軸と一致するように座標平面を考えると、重心の  $x$  座標と  $y$  座標の組み合わせとして適当なものを、次のページの①～⑥から 1 つ選べ。ただし、 $x$  軸と  $y$  軸は垂直に交わっているものとし、物体 B はすべて平らな面で構成されており、空気抵抗および、奥行きは考えないものとする。

5

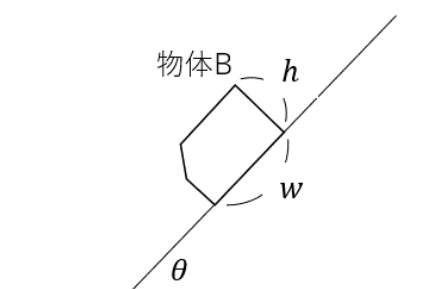


図 3

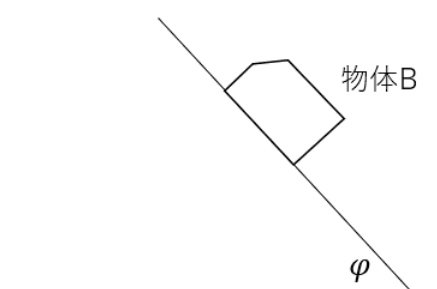


図 4

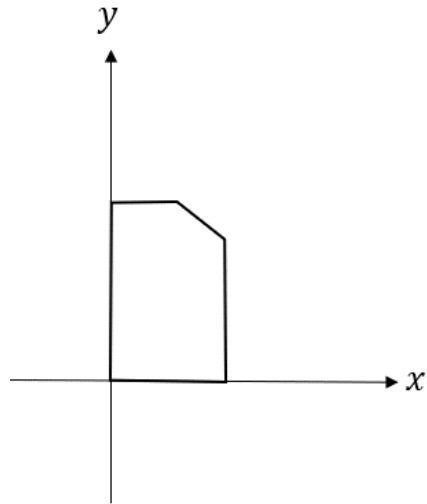


図 5

	y 座標	x 座標
①	$\frac{w \tan \varphi}{\tan \theta}$	$\frac{w}{\tan \theta}$
②	$\frac{w \tan \varphi}{\tan \theta}$	$\frac{w \tan \varphi}{h}$
③	$\frac{w \tan \varphi}{\tan \theta + \tan \varphi}$	$\frac{w}{\tan \theta + \tan \varphi}$
④	$\frac{w \tan \varphi}{\tan \theta + \tan \varphi}$	$\frac{w \tan \varphi}{h}$
⑤	$\frac{w}{\tan \theta \tan \varphi}$	$\frac{h}{w \tan \theta \tan \varphi}$
⑥	$\frac{w}{\tan \theta \tan \varphi}$	$\frac{h}{\tan \varphi}$

問 5 個数のわからない半減期が $T$ 年の原子核 C と、半減期が $3T$ 年の原子核 D が $4N$ 個ある。この原子核 C と原子核 D が、 $1.5T$ 年後に同数となるとき、原子核 C の個数として最も適当なものを、下の①～④のうちから 1 つ選べ。 6

- ①  $4N$       ②  $8N$       ③  $16N$       ④  $32N$

## 第 2 問

次の(問 1～6)に答えよ。(配点 25)

A 図 1 のように抵抗値が  $R$  と  $r$  の抵抗, 電気容量が  $C$  のコンデンサ  $C_1$  と, 電気容量が  $2C$  のコンデンサ  $C_2$ , スイッチ A, B, 導線 D または導線 E と接続できるスイッチ C, 起電力  $V$  の内部抵抗の無視できる直流電源からなる回路がある。最初スイッチ A, B は開いており, スイッチ C は D 側に接続されている。コンデンサは充電されていないものとする。

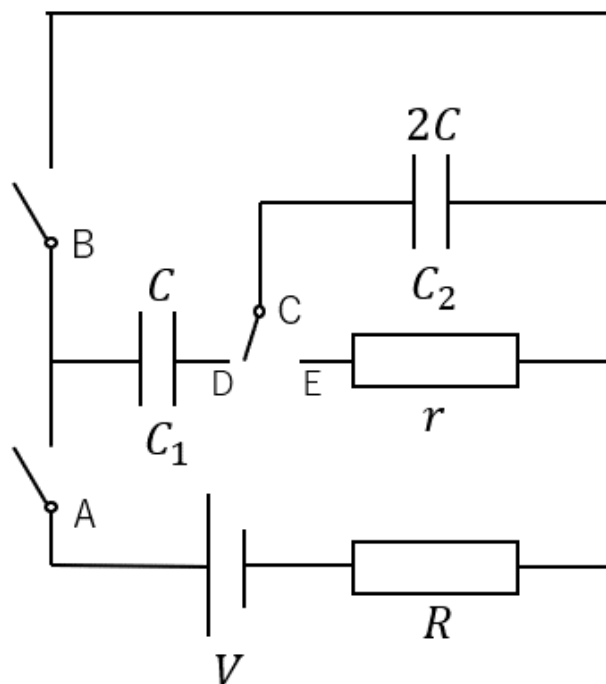


図 1



問 1 次の文書中の空欄 ア ・ イ に入れる式の組み合わせとして最も適当なものを、下の①～⑥から 1 つ選べ。 7

最初に、スイッチ C を導線 D と接続し、スイッチ A を閉じた。この瞬間に、スイッチ A を流れた電流の大きさは、ア であった。また、十分時間が経過したとき、 $C_2$  にかかる電圧は、イ であった。

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	$\frac{V}{R}$	$\frac{V}{R}$	$\frac{V}{R+r}$	$\frac{V}{R+r}$	$\frac{V}{r}$	$\frac{V}{r}$
イ	$\frac{V}{3}$	$\frac{2}{3}V$	$\frac{V}{3}$	$\frac{2}{3}V$	$\frac{V}{3}$	$\frac{2}{3}V$

問 2 問 1 の状態から、導線 D に接続していたスイッチ C を導線 E に接続した。このとき、抵抗値が  $r$  の抵抗で発生したジュール熱として最も適当なものを、下の①～④から 1 つ選べ。 8

- ①  $CV^2$       ②  $\frac{1}{3}CV^2$       ③  $\frac{1}{6}CV^2$       ④  $\frac{1}{9}CV^2$

問 3 問 2 の状態から、スイッチ A を開き、導線 E に接続されていたスイッチ C を導線 D に接続して、スイッチ B を閉じた。十分に時間がたった時、 $C_1$  に蓄えられた電気量として最も適当なものを、下の①～④から 1 つ選べ。 9

- ①  $\frac{1}{9}CV$       ②  $\frac{2}{9}CV$       ③  $\frac{1}{3}CV$       ④  $\frac{4}{9}CV$

B 図 2 のように 2 点 A, B に A には電気量が  $-Q$  の点電荷を, B には電気量が  $Q$  の点電荷を置く。点 A, B 間の距離は  $2l$  である。また線分 AB と, その垂直二等分線との交点を O として, 垂直二等分線上に点 C をとり, 電気量が  $q$  の点電荷を置いた。点 C と点 O の距離は  $l$  であった。また, 線分 AO の中点を点 M とする。ただし,  $Q > 0$ ,  $q > 0$  とする。点電荷はいずれも誇張して描いてある。クーロンの法則の比例定数を  $k$  とする。

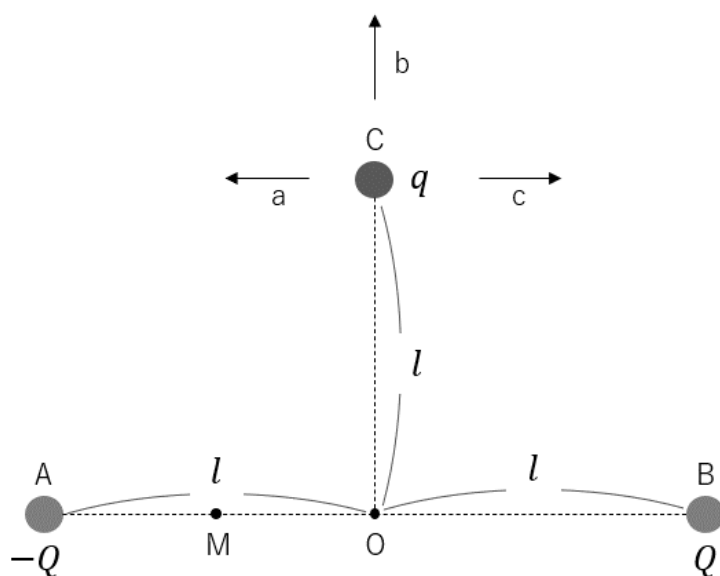


図 2

問 4 電気量が $q$ の点電荷が受ける静電気力の向きと、点 C での電位の組み合わせとして最も適当なものを、下の①～⑨から 1 つ選べ。ただし、静電気力の向きは図 2 中の a～c から 1 つ選べ。電位の基準を無限遠とする。 10

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
静電気力の向き	a	a	a	b	b	b	c	c	c
点 C での電位	$k \frac{Q}{\sqrt{2}l}$	$k \frac{2Q}{\sqrt{2}l}$	0	$k \frac{Q}{\sqrt{2}l}$	$k \frac{2Q}{\sqrt{2}l}$	0	$k \frac{Q}{\sqrt{2}l}$	$k \frac{2Q}{\sqrt{2}l}$	0

問 5 電気量が $q$ の点電荷が受ける静電気力の向きと逆の向きに一樣な電場をかけたところ、電気量 $q$ の点電荷の受ける力がつりあった。このときの電場の大きさとして最も適当なものを、下の①～④から 1 つ選べ。 11

- ①  $k \frac{Qq}{\sqrt{2}l^2}$       ②  $k \frac{Qq}{2\sqrt{2}l^2}$       ③  $k \frac{Q}{\sqrt{2}l^2}$       ④  $k \frac{Q}{2\sqrt{2}l^2}$

問 6 問 5 のとき、電気量が $q$ の点電荷をゆっくりと点 C から点 M まで動かすとき、外力のする仕事として最も適当なものを、下の①～④から 1 つ選べ。

12

- ①  $k \frac{-4Qq}{3l}$       ②  $k \frac{Qq}{3l}$       ③  $(\frac{2\sqrt{2}+4}{3})k \frac{Q}{2\sqrt{2}l^2}$       ④  $(\frac{3-8\sqrt{2}}{6\sqrt{2}})k \frac{Qq}{l}$

### 第3問 次の(問1～5)に答えよ。(配点 25)

図1のように空气中で、ともに空気に対する屈折率が $n_1$ の平面ガラス板Aと平面ガラス板Bが点Oで接していて、点Oから距離が $L$ のところに厚さが $D$ の薄い物体をはさんだところ、2枚のガラス板のなす角は $\theta$ であった。2つのガラス板の間のくさび形の隙間を空気に対する屈折率が $n_2$  ( $n_2 < n_1$ )の液体で満たした。平面ガラス板A側から、平面ガラス板Bに対して垂直に波長 $\lambda$ の単色光を入射させた。ただし、屈折率の小さい媒質を進んできた光が、屈折率の大きい媒質との境界面で反射するときは、位相が反転( $\pi$ だけ変化)する。

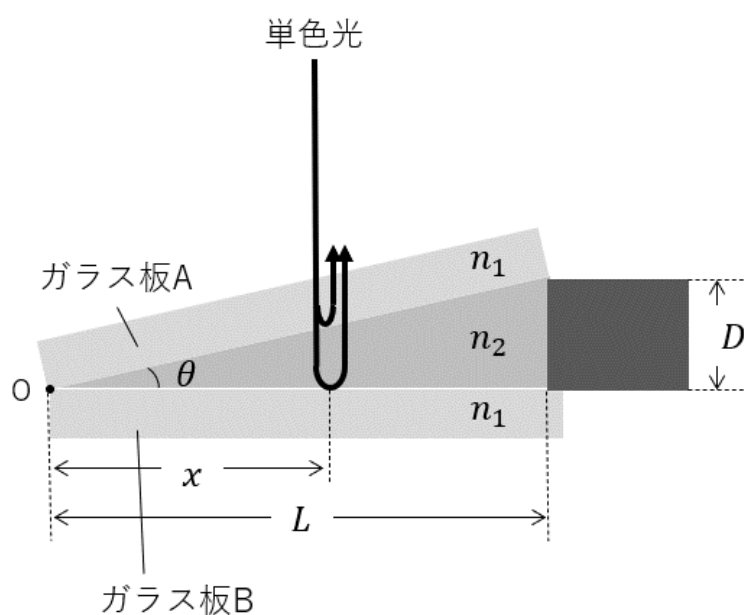


図1

問 1 ガラス板の真上から観察したとき、ガラス板 A の下面で反射する光と、ガラス板 B の上面で反射する光とが干渉し、暗線と明線が並ぶ縞模様が見えた。このとき明線の点 0 からの距離  $x$  を自然数  $m(0, 1, 2, 3 \dots)$  を用いて表す式として適当なものを、下の①～④から 1 つ選べ。 13

①  $\frac{m\lambda L}{2n_2 D}$

②  $(m + \frac{1}{2}) \frac{\lambda L}{2n_2 D}$

③  $\frac{m\lambda n_2 D}{2L}$

④  $(m + \frac{1}{2}) \frac{\lambda n_2 D}{2L}$

問 2 図 1 のときよりも明線間隔を狭くする方法として最も適当なものを、下の①～④から 1 つ選べ。 14

① 液体を屈折率が  $n_2$  よりも小さいものに取り換える。

② 2 つのガラス板のなす角  $\theta$  を大きくする。

③ 単色光の波長  $\lambda$  を大きくする。

④ はさむ物体の厚さ  $D$  を小さくする。

問 3 次の文書中の空欄 ア ・ イ に入れる語句や式の組み合わせとして最も適当なものを、次のページの①～④から 1 つ選べ。 15

図 2 のように、くさび形の間隙を空気で満たした。このとき  $n_1 > 1$  である。同様に光を入射させ、ガラス板 B の真下から観察したところ、いずれのガラス板にも反射しなかった光と、ガラス板 B の上面、ガラス板 A の下面で反射した光の位相は ア なので、明線でのこの 2 つの光の光路差は、自然数  $m(0, 1, 2, 3 \dots)$  を用いて表すと、イ である。

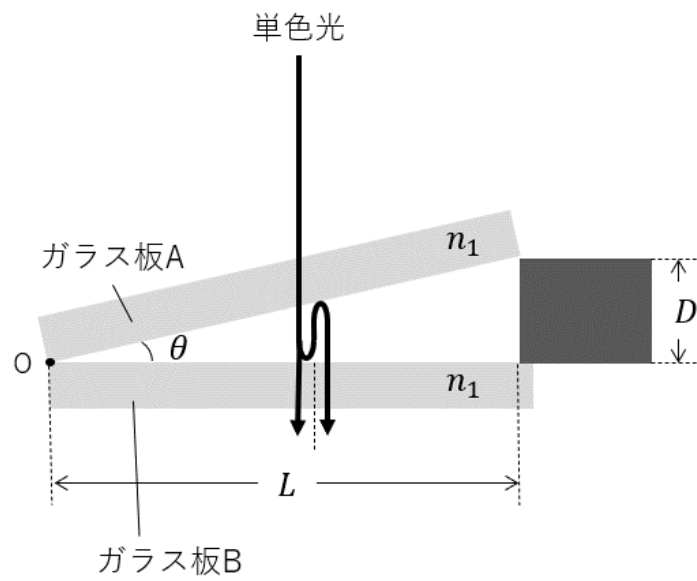


図 2

	ア	イ
①	ずれていない	$m\lambda$
②	ずれていない	$(m + \frac{1}{2})\lambda$
③	$\pi$ ずれている	$m\lambda$
④	$\pi$ ずれている	$(m + \frac{1}{2})\lambda$

次に図 3 のようにガラス板 A をガラス板 B に対して角度 $\theta$ をたもった状態で $a$ だけわずかに持ち上げて固定した。

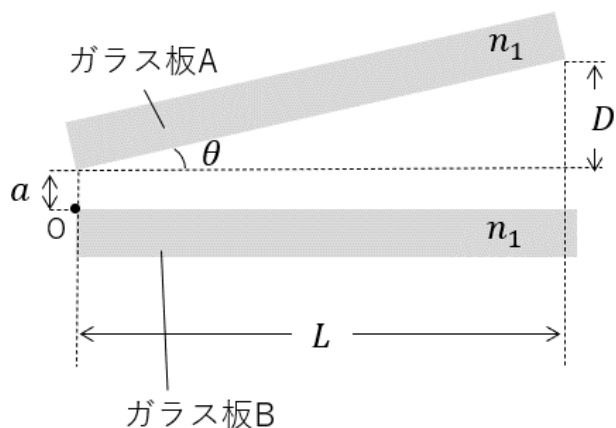


図 3

問 4 次の文書中の空欄  ・  に入れる語句や式の組み合わせとして最も適当なものを、次のページの①～⑨から 1 つ選べ。

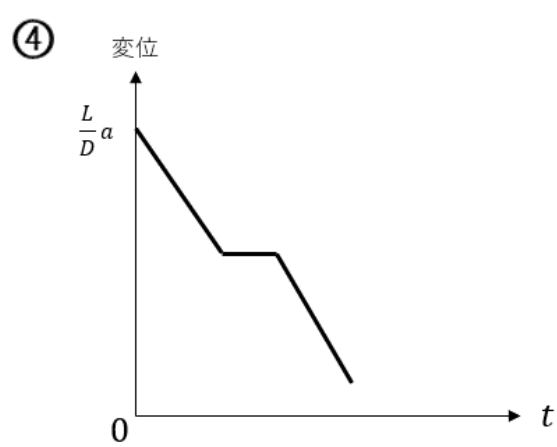
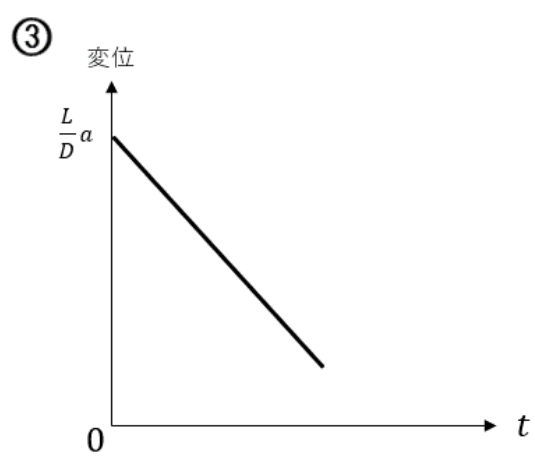
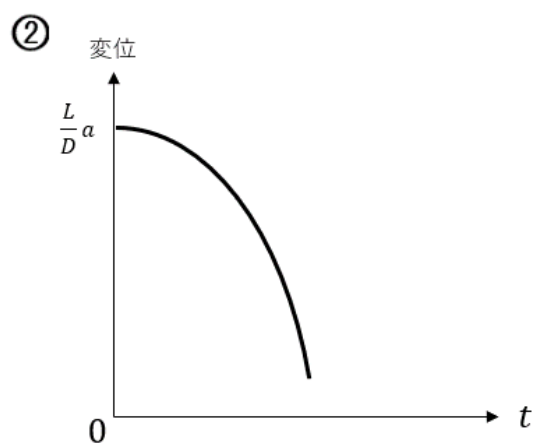
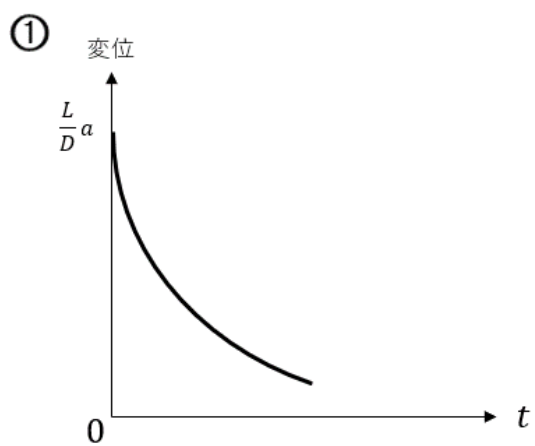
図 1 の時と同様に光を入射させ、ガラス板の真上から観察したところ、縞模様が見えた。点 O からの距離が $x$ の地点でのガラス板 B の上面で反射する光と、ガラス板 A の下面で反射する光の光路差は  である。持ち上げたことで、明線の位置は変化する。明線や暗線ができる位置は、2 つの光の光路差が自然数 $m(0, 1, 2, 3 \dots)$ を用いて、 $m\lambda$ または $(m + 0.5)\lambda$ で表される。 $m = k$ で位置の決まる明線を明線 $k$ とすると、明線 $k$ の位置は、ガラス板 A を持ち上げる前の時よりも、持ち上げた後では点 O 側に  ずれる。

	ウ	エ
①	$2x\frac{D}{L} + 2a$	$a$
②	$2x\frac{D}{L} + 2a$	$\frac{L}{D}a$
③	$2x\frac{D}{L} + 2a$	$La$
④	$2x\frac{D}{L}$	$a$
⑤	$2x\frac{D}{L}$	$\frac{L}{D}a$
⑥	$2x\frac{D}{L}$	$La$
⑦	$2a$	$a$
⑧	$2a$	$\frac{L}{D}a$
⑨	$2a$	$La$

問 5 次にガラス板 A の固定を静かに外したところ、ガラス板 A はガラス板 B に向かって垂直に重力加速度  $g$  で加速しながら自由落下した。このとき落下し始めてから  $t$  秒後に入射した光によってできた明線  $k$  の変位を表したグラフの概形として最も適当なものを、次のページの①～④から 1 つ選べ。ただし、光の速度に対して落下速度は極めて小さいため、入射した瞬間から、干渉が起きるまでガラス板 A はとまっているとみなす。また、変位の基準をガラス板 A を持ち上げる前の明線  $k$  の位置とし、基準から点 O 側への変位を正とする。いずれのグラフも途中までしか描かれておらず、グラフの描かれている範囲で、ガラス板 A はガラス板 B に達していない。

17





## 第 4 問 次の(問 1～5)に答えよ。(配点 25)

A 図 1 のように水平面とのなす角が $\theta$ の滑らかな斜面を持つ水平面に固定された台がある。質量が $m$ の小球をのびない長さが $r$ の軽い糸に取り付け、糸の他端を斜面上の点  $O$  に固定して、最下点で小球に対して水平方向に初速度 $v_0$ を与えたところ、小球は斜面上で点  $O$  を中心に円を描いて運動した。点  $A$  はこの円運動においての最高点である。重力加速度を $g$ とする。空気抵抗は無視する。

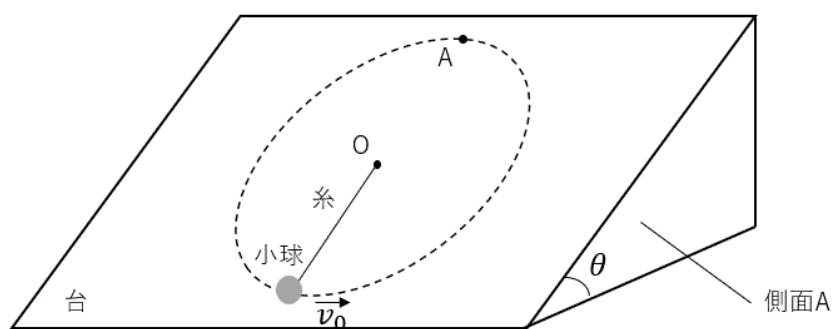


図 1

問 1 次の文書中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる式の組み合わせとして最も適切なものを、次のページの①～⑥から 1 つ選べ。 **18**

まず小球を円運動の最下点となる地点に置いた。このとき物体が糸から受ける張力の大きさは **ア** である。また、この小物体が点  $A$  に到達するための最小の初速度 $v_0$ は **イ** である。

	ア	イ
①	$mg$	$\sqrt{3gr}$
②	$mg$	$\sqrt{5gr}$
③	$mg\sin\theta$	$\sqrt{3gr\sin\theta}$
④	$mg\sin\theta$	$\sqrt{5gr\sin\theta}$
⑤	$mg\cos\theta$	$\sqrt{3gr\cos\theta}$
⑥	$mg\cos\theta$	$\sqrt{5gr\cos\theta}$

次に図 2 のように台の固定を外し、水平面および側面 A にたいして平行で、水平右向きに一定の加速度の大きさ  $a$  を与えた。ただし、水平面との摩擦はないものとする。また、小球は斜面から浮き上がることはなかった。

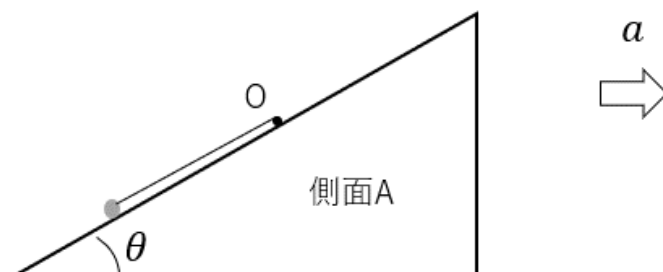


図 2

問 2 小球に初速度を与えず、最下点に設置したときの張力の大きさ、および、小球に最下点から糸に対して垂直な水平方向に初速度  $v_0$  を与え円運動をさせたとき、最初に最高点に到達するまでに重力のした仕事を表す式の組み合わせとして最も適当なものを、次のページの①～⑨から 1 つ選べ。ただし、最高点 A での小球の速さを  $v_A$  とする。

19

	張力の大きさ	重力のした仕事
①	$m(g\sin\theta + a\cos\theta)$	$-2mgr\sin\theta$
②	$m(g\sin\theta + a\cos\theta)$	0
③	$m(g\sin\theta + a\cos\theta)$	$\frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$
④	$m(g\cos\theta + a\sin\theta)$	$-2mgr\sin\theta$
⑤	$m(g\cos\theta + a\sin\theta)$	0
⑥	$m(g\cos\theta + a\sin\theta)$	$\frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$
⑦	$m(g\sin\theta + a\sin\theta)$	$-2mgr\sin\theta$
⑧	$m(g\sin\theta + a\sin\theta)$	0
⑨	$m(g\sin\theta + a\sin\theta)$	$\frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

問3 図2のとき、点Aに達するために必要な最小の初速度 $v_0$ を小さくする方法として適当なものを下のa～fからすべて選んだものとして最も適当なものを、その下の①～⑨から1つ選べ。 20

- a 加速度 $a$ の値を大きくする。
- b 加速度 $a$ の値を小さくする。
- c 斜面の角度 $\theta$ を大きくする。
- d 斜面の角度 $\theta$ を小さくする。
- e 斜面を摩擦のあるものにする。

- ① a, b    ② a, c    ③ a, d    ④ a, e    ⑤ b, c    ⑥ b, d    ⑦ b, e  
 ⑧ c, d    ⑨ c, e    ⑩ d, e

B 図 2 のように体積が  $V$  の容器 A と、滑らかに動くピストンで気体を閉じ込めることのできる容器 B が細い体積を無視することのできる管でつながれている、また細い管には、閉じることで気体を遮断することのできるコックがついている。容器 A には、圧力が  $4P_0$ 、温度が  $T$  の理想気体がコックを閉めて閉じ込められている。まず、図 2(a) のように、ピストンは奥まで押し込まれた状態で、図 2(b) のようにピストンをピストンによって密閉されている空間の体積が  $V$  になるように引いて固定した。容器 A, B, 細い管, コック, ピストンは断熱材でできており、熱が外部に逃げないものとする。また、大気圧を  $P_0$  とする。

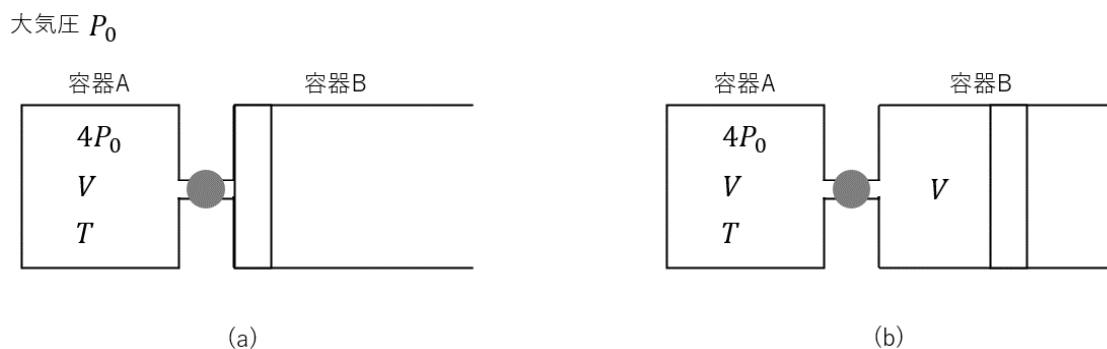


図 2

問 4 図 2(b) の状態でコックを開いた。時間が十分にたったあとの容器およびピストンで閉じ込められている気体の圧力と温度の組み合わせとして最も適当なものを、下の①～⑥から 1 つ選べ。 21

	①	②	③	④	⑤	⑥
圧力	$P_0$	$P_0$	$2P_0$	$2P_0$	$4P_0$	$4P_0$
温度	$T$	$2T$	$T$	$4T$	$T$	$8T$

問 5 ピストンの固定を外したところ、ピストンが動き、十分に時間がたったあとの容器内の気体の温度は $T'$ であった。 $T$ と $T'$ の大小関係、および気体のされた仕事 $w$ の正負の組み合わせとして最も適当なものを、下の①～⑥から1つ選べ。ただしピストンは容器 B から外れることはなかったものとする。

22

	$T$ と $T'$	$w$
①	$T < T'$	正
②	$T < T'$	負
③	$T = T'$	正
④	$T = T'$	負
⑤	$T > T'$	正
⑥	$T > T'$	負

(計 算 用 紙)

## 6 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。

## 7 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）進行方法がわからない場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。

## 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。



←ウェブで正答と解説の確認ができます