



# 物 理

( 解答番号  ~  )

第1問 次の問い(問1~5)に答えよ。(配点 26)

問1 図1のように、Aさんが水平な雪面上をスノーボードに乗って右向きに一定の速度  $v$  で運動していたところ、Bさんから荷物を投げて渡された。Aさんが荷物を受け取る直前の荷物の水平右向き速度成分を  $v_0$  とすると、荷物を受け取った直後のAさんの水平右向き速度は  $\frac{3}{2}v$  になった。荷物の質量は  $m$ 、Aさんとスノーボードの合計の質量は  $11m$  である。 $v_0$  を表す式として正しいものを、後の①~⑤のうちから一つ選べ。ただし、空気抵抗の影響や雪面とスノーボードの間の摩擦は無視できるものとする。 $v_0 =$

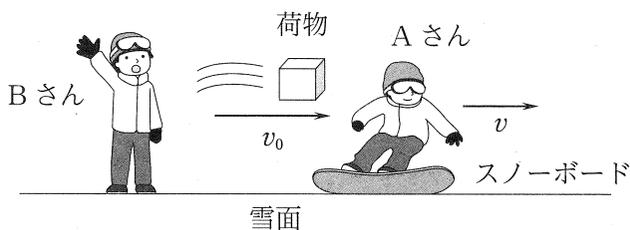


図 1

- ①  $4v$       ②  $5v$       ③  $6v$       ④  $7v$       ⑤  $8v$

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、  
 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。

図 2 のように、断熱材でできたシリンダー A と熱をよく通す材質でできたシリンダー B を、断熱材でできたピストンで連結し、各シリンダー内に物質量が等しくなるように理想気体(以下、気体)を封入した。この装置をシリンダー B の右面が鉛直な壁と接するようにして、水平面上に置いた。この状態で、シリンダー A 内とシリンダー B 内の気体の体積は等しく、各シリンダー内の気体の温度(絶対温度)と外気の温度は等しかった。ただし、各シリンダーの断面積は同じであり、ピストンは各シリンダー内をなめらかに動くことができる。

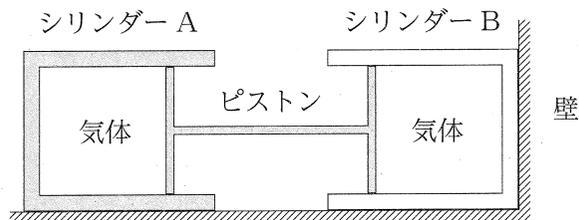


図 2

図 2 の状態からシリンダー A に右向きの力を加えて、右へゆっくりと移動させた後、シリンダー A を固定した。このとき、各シリンダー内の気体の温度は、

- {
- ① シリンダー A 内の方が高い。
  - ② シリンダー B 内の方が高い。
  - ③ シリンダー A 内とシリンダー B 内で等しい。

また、このときの各シリンダー内の気体の体積は、

- {
- ① シリンダー A 内の方が大きい。
  - ② シリンダー B 内の方が大きい。
  - ③ シリンダー A 内とシリンダー B 内で等しい。

# 物 理

問 3 次の文章中の空欄  ・  に入れる式の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑨のうちから一つ選べ。

同じ形状の薄い 2 枚の金属板と絶縁体の板をコの字形となるように取り付けたものを二つ用意する。これらを図 3 のように金属板が接触するように重ね合わせ、コンデンサーを作る。

はじめ、金属板の重なり合う部分の面積が  $S$  となるように固定して、コンデンサーの上側の金属板には  $+Q$  の電荷を帯電させ、下側の金属板には  $-Q$  の電荷を帯電させた。

この状態から固定を解除し、図 4 のように各金属板を左右に引き出し、コンデンサーの面積を  $xS$  ( $x > 1$ ) に拡大させた。このとき、図 3 の状態に比べて、コンデンサーの電気容量は  倍となり、上下の極板間の電場(電界)の強さは  倍となる。ただし、金属板間の電場は一様であり、金属板の端における電場の乱れは無視できるものとする。

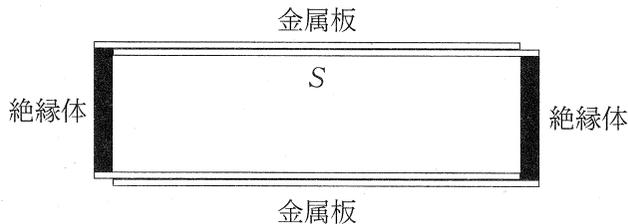


図 3

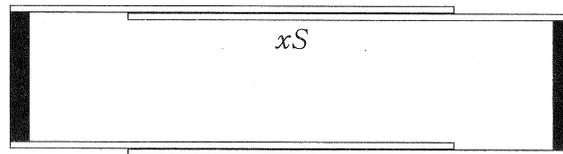


図 4

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
ア	$x$	$x$	$x$	1	1	1	$\frac{1}{x}$	$\frac{1}{x}$	$\frac{1}{x}$
イ	$x$	1	$\frac{1}{x}$	$x$	1	$\frac{1}{x}$	$x$	1	$\frac{1}{x}$

# 物 理

問 4 図5のように、空気中に直方体のガラスに三角形の穴をあけたものを水平に固定する。穴の断面はガラスの上面と下面に対して垂直となるように加工されており、三角形 ABC の辺 AB は直方体の左右の側面と平行になっている。辺 AB と平行なガラスの左側面に対して垂直に単色光を当てたとき、ガラスの鉛直上方から見た場合の単色光の波面の様子を表す図として最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし、各境界での反射の影響は無視する。 5

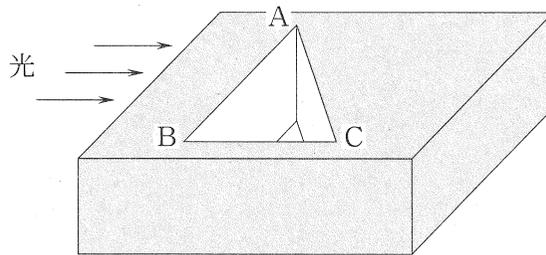
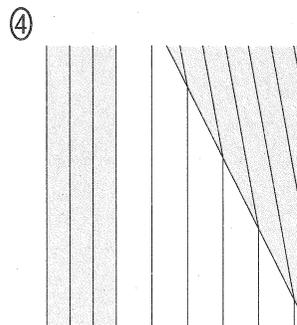
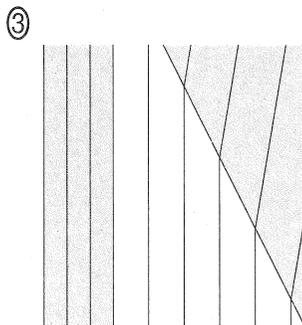
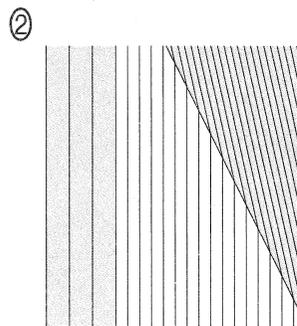
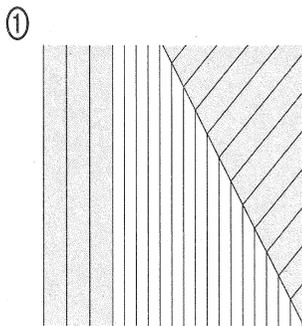


図 5



問 5 図 6 のように、直方体の物質に  $x$  軸の正の向きへ電流を流し、 $z$  軸の正の向きへ磁束密度の大きさが  $B$  の一様な磁場(磁界)を加えた。 $y$  軸に垂直な面 a に対する面 b の電位を測定したところ、その値は負であった。

このとき、物質中を進むキャリア(電流を担うもの)の電荷の正負と、面 a と面 b の間に生じる電場(電界)の強さを表す式はどうか。これら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。ただし、キャリアの電気量の大きさを  $q$ 、全てのキャリアの速度は一定で、 $x$  軸に平行な方向に速さ  $v$  で直進しているものとし、物質内に生じる電場は一様であるものとする。

6

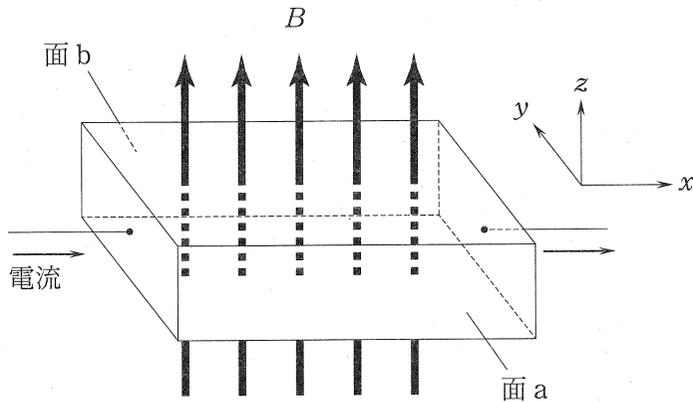


図 6

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
キャリアの電荷	正	正	正	正	負	負	負	負
電場の強さ	$\frac{B}{v}$	$\frac{B}{qv}$	$vB$	$qvB$	$\frac{B}{v}$	$\frac{B}{qv}$	$vB$	$qvB$

# 物 理

## 第2問 次の文章を読み、後の問い(問1～6)に答えよ。(配点 26)

生徒：先生！去年の月食を見ましたか。

先生：10月末にあった月食のことですね。もちろん見ましたよ。今回日本で見えたのは部分月食でした。そもそも月食とはどのような現象かわかりますか。

生徒：太陽—地球—月がその順番に並ぶときに月が地球の影の中に入って欠けていくように見える現象ですよ。

先生：そうですね。では、この月食を利用することで、地球から月までの距離を調べることができるのは知っていますか。

生徒：そんなことできるんですか!?でも、何か特別な装置とか必要なんじゃないか…

先生：いえいえ、時計があれば、大丈夫です。では、今からやってみましょう。

問1 次の発言の内容が正しくなるように、空欄 **ア**・**イ** 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①～⑧のうちから一つ選べ。 **7**

先生：図1のように、月は地球を中心に等速円運動しているものとします。また、地球の公転は考えず、静止しているものとし、地球の半径を  $R$ 、地球と月の中心間の距離を  $L$  としましょう。月が地球の周りを回る速さ  $v$  を用いると、月の加速度の大きさは **ア** で、向きは円軌道の **イ** です。これより、運動方程式をたてることで、月の速さを求めることができます。

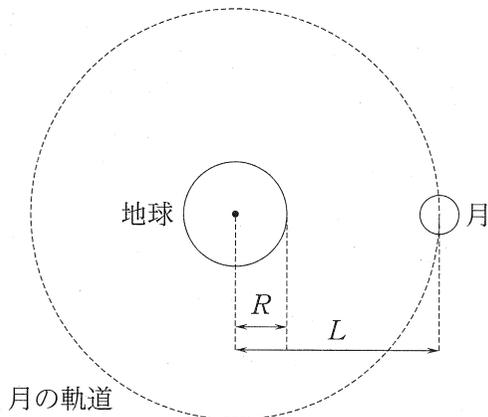


図1 概念図

	ア	イ
①	$Rv^2$	中心方向
②	$Rv^2$	接線方向
③	$Lv^2$	中心方向
④	$Lv^2$	接線方向
⑤	$\frac{v^2}{R}$	中心方向
⑥	$\frac{v^2}{R}$	接線方向
⑦	$\frac{v^2}{L}$	中心方向
⑧	$\frac{v^2}{L}$	接線方向

問 2 月が地球を中心に等速円運動する場合の速さ  $v$  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、地球の質量を  $M$ 、万有引力定数を  $G$  とする。 $v = \boxed{8}$

①  $\frac{\sqrt{GM}}{L}$

②  $\sqrt{\frac{GM}{L}}$

③  $\sqrt{\frac{GM}{L^3}}$

④  $\frac{\sqrt{GM}}{R}$

⑤  $\sqrt{\frac{GM}{R}}$

⑥  $\sqrt{\frac{GM}{R^3}}$

## 物 理

先生：では次に、月の速さ  $v$  について月食を利用して考えてみましょう。ここでは、2022年の11月にあった月食の観測データを利用します。図2のように、このとき、月が地球の影に入り始めたのが、18時09分、そして、月が地球の影から出始めたのが、20時42分でした。

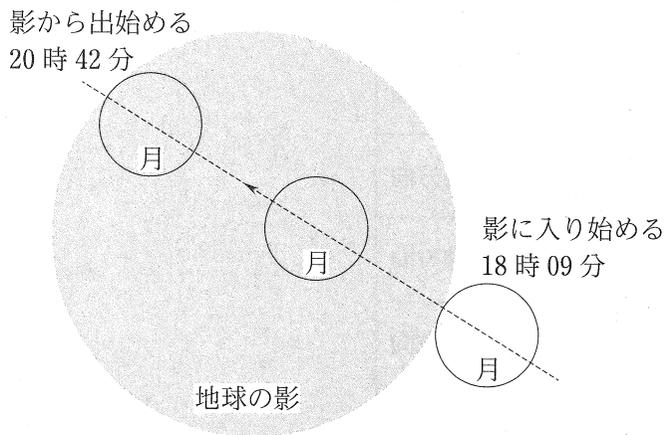


図2 地球の影に対する月の動き

生徒：月は地球の影の中心からは少しずれたところを通過しているように見えますが、月が地球の直径分の距離を直線的に移動したと近似して考えれば、この時間から月の速さが求められそうですね。

問3 地球の影が地球と同じ大きさであるとする。また、月は地球の影の中心部分を直線的に通過したとして、月の速さ  $v$  を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、月が地球の影に入り始めてから出始めるまでにかかった時間(月食にかかった時間)を  $\Delta t$  とする。 $v = \boxed{9}$

①  $\frac{\pi R}{2\Delta t}$

②  $\frac{\pi R}{\Delta t}$

③  $\frac{2\pi R}{\Delta t}$

④  $\frac{R}{2\Delta t}$

⑤  $\frac{R}{\Delta t}$

⑥  $\frac{2R}{\Delta t}$

先生：実際には，図3のように，太陽の上側からの光と下側からの光のどちらも届かない濃い影の部分を通過するときを考えるので，地球の直径に比べて月の通る距離は短くなります。この長さは，地球の直径の0.7倍程度の長さになるので，ここでは，計算を簡単にするために月が通過する影の長さが地球の直径の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍であることにしましょう。

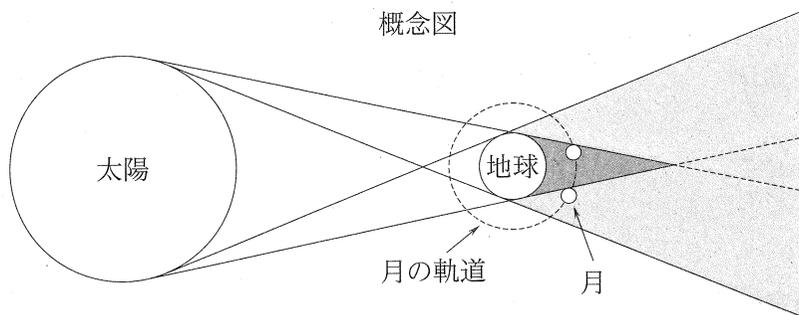


図 3

生徒：もうこれで，月までの距離がわかるんですか。

先生：いえ，まだです。今のままでは，万有引力定数や地球の質量のように，簡単に測ることができないものが含まれてしまいます。

問 4 万有引力定数  $G$  と地表での重力加速度の大きさ  $g$  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。ただし，地球の自転による遠心力の影響は無視する。 10

①  $GM = gR$                       ②  $GM = \frac{1}{gR}$                       ③  $GM = gR^2$

④  $GM = \frac{1}{gR^2}$                       ⑤  $GM = \frac{R^2}{g}$                       ⑥  $GM = \frac{g}{R^2}$

## 物 理

先生：それでは、月が静止した地球を中心に等速円運動するとして求めた速さと月食を利用して調べた速さから、地球と月の中心間の距離を表す式を求めましょう。

問 5 月が通過した地球の影の大きさを地球の直径の  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  倍とする。これより得られる月の速さと、問 2 で求めた速さから、地球と月の中心間の距離  $L$  を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $L = \boxed{11}$

①  $\frac{g\Delta t^2}{4}$

②  $\frac{g\Delta t^2}{2}$

③  $8g\Delta t^2$

④  $\frac{g\Delta t^2}{2\pi^2}$

⑤  $\frac{2g\Delta t^2}{\pi^2}$

⑥  $\frac{8g\Delta t^2}{\pi^2}$

生徒：月食にかかった時間と重力加速度の大きさがわかれば、月までの距離がわかるんですね！

先生：そうです。では、具体的に距離を計算してみましょう。

問 6 重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$  として、地球と月の中心間の距離  $L$  を有効数字 1 桁で求めるとどうなるか。次の式中の空欄  $\boxed{12}$  ・  $\boxed{13}$  に入れる数字として最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。また、月食にかかった時間は、前述した 2022 年の 11 月の観測データを用いて計算すること。

$$L = \boxed{12} \times 10^{\boxed{13}} \text{ km}$$

① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 5

⑥ 6

⑦ 7

⑧ 8

⑨ 9

⑩ 0

先生：この結果と実際の月の公転半径とを比べると、誤差は 10 % もないですね。

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

## 物 理

### 第3問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。(配点 20)

A 太郎さんは学校で光の干渉について学び、身近なところでもメガネやカメラのレンズ、そして学校で使用しているタブレットの画面に貼った反射防止膜にも光の干渉が利用されていることを知った。そこで太郎さんは、そのような薄膜(以下、膜と呼ぶ)について、膜の厚さによっては反射光が強めあう場合があるのかを調べた。さらに、可視光線以外のより広い範囲の光の波長についての干渉条件も計算してみた。

問1 次の文章中の空欄  ・  に入れる数値と語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

図1のように、屈折率  $n_1$  の膜を屈折率  $n_2 (> n_1)$  のガラスの表面に密着させ、空気側(屈折率1とする)から波長  $\lambda$  の光を膜に垂直に入射させた。光線 a は膜の上面で反射する光であり、光線 b は膜の下面で反射する光である。これらの反射光を空気側から観察する。

光が屈折率の小さい媒質から屈折率のより大きな媒質に入射し、その境界面で反射する場合は、位相が  $\pi$  だけ変化し、その逆の場合は位相が変化しない。このことから、光線 a の反射による位相の変化は  であり、光線 b の反射による位相の変化も  である。空気側から観察する場合、光線 a と b の光路差が  $\frac{\lambda}{2}$  の  倍であれば、これらの反射光は強めあう。

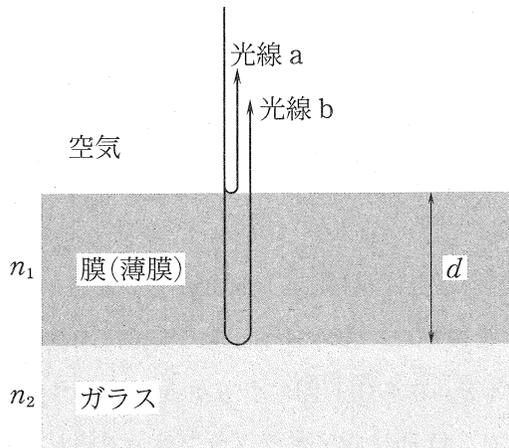


図 1

	①	②	③	④
ア	0	0	$\pi$	$\pi$
イ	偶 数	奇 数	偶 数	奇 数

# 物 理

次に、太郎さんは図1の場合で厚さ  $d$  の異なる膜に対して、反射光が強めあう光の波長  $\lambda$  を計算し、それらをグラフに表してみることにした。厚さ  $d$  は以下の2種類の膜 A, B を考えた。

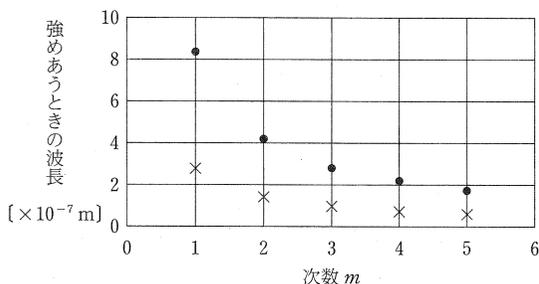
$$A : d = 1.0 \times 10^{-7} \text{ m}, \quad B : d = 3.0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

問 2 それぞれの膜の厚さに対して、反射光が強めあうときの次数  $m$

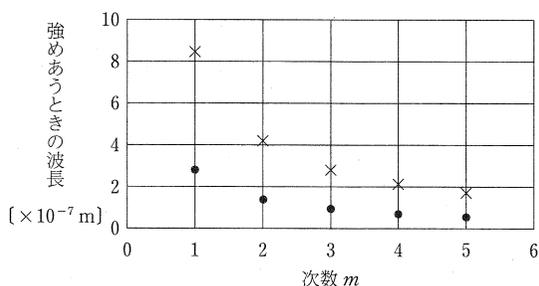
( $=1, 2, 3, \dots$ ) を横軸に、強めあうときの波長  $\lambda$  を縦軸にとったグラフとして最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。ただし、膜 A に対応するグラフは  $\bullet$  で、膜 B に対応するグラフは  $\times$  で表している。また、膜の屈折率は  $n_1 = 1.4$  とし、波長の違いによる屈折率の変化は考えないものとする。

15

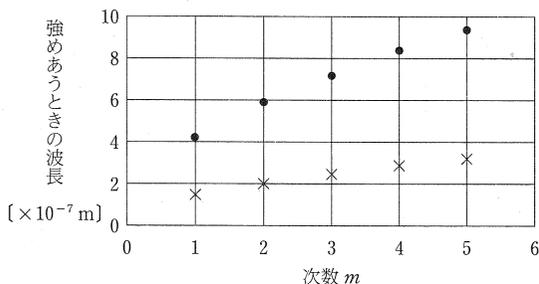
①



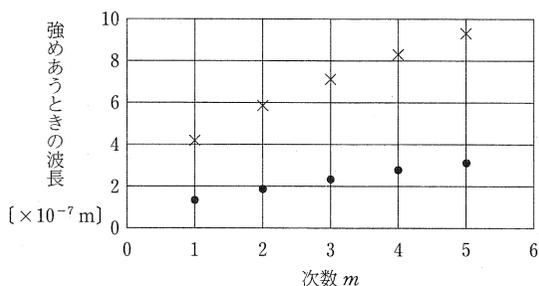
②



③



④



B X線の干渉について考える。

結晶の構造は、図2のように、原子が規則正しく並んで配置されており、格子面が等間隔  $d$  で積み重なったものと考えることができる。いま、格子面に対して角度  $\theta$  をなす方向から X 線を入射させる。入射 X 線はそれぞれの格子面で反射され、特定の角度  $\theta$  のときに、反射 X 線が重なり合うことで強い X 線が観測される。

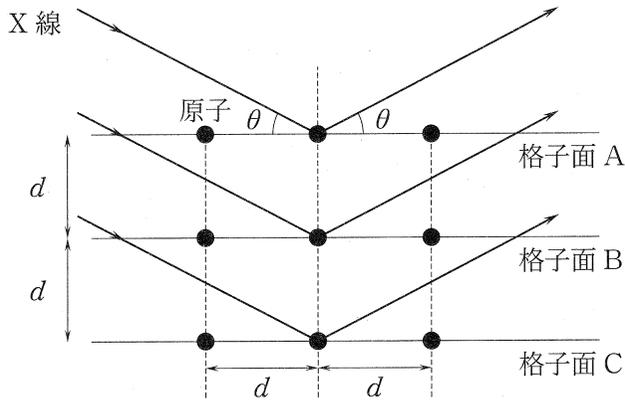


図 2

物 理

問 3 次の文章中の空欄 **ウ**・**エ** に入れる式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。 **16**

図 3 のように、格子面 A において、原子 1 で反射した X 線の経路を経路 a，原子 2 で反射した X 線の経路を経路 b とする。経路 a と経路 b の経路差は **ウ** となる。また、格子面 B において原子 3 で反射する X 線の経路を経路 c とすると、経路 a と経路 c の経路差は **エ** となる。

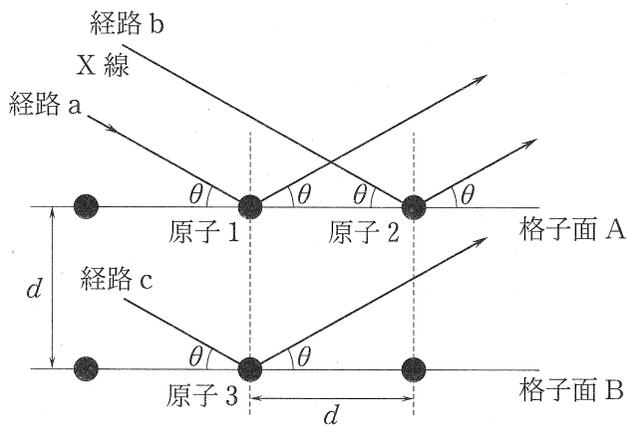


図 3

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ウ	0	0	0	0	$2d$	$2d$	$2d$	$2d$
エ	$d \sin \theta$	$2d \sin \theta$	$d \cos \theta$	$2d \cos \theta$	$d \sin \theta$	$2d \sin \theta$	$d \cos \theta$	$2d \cos \theta$



## 物 理

### 第 4 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 28)

物理の授業でコイルの性質を調べる実験を行った。図 1 のように、アクリル管にエナメル線を密に巻き付けてソレノイド(以下、コイル)を作った。エナメル線はアクリル管上の端 A から端 B まで均一に巻き付けるものとする。

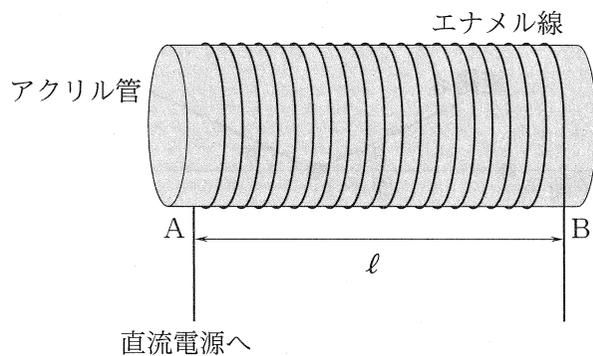


図 1

問 1 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる式または語句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。 **18**

アクリル管の断面積を  $S$ ，エナメル線の巻き数を  $N$ ，端 A から端 B までの長さを  $l$  とする。エナメル線に大きさ  $I$  の電流を流したとき、 $l$  が十分に長いと見なせるときには、アクリル管の内部には強さ **ア** の磁場(磁界)が生じる。電流が変化し、コイルに誘導起電力が生じているとき、その大きさは  $S$  の値に **イ** する。

	ア	イ
①	$\frac{l}{S}I$	比 例
②	$\frac{l}{S}I$	反比例
③	$\frac{S}{l}I$	比 例
④	$\frac{S}{l}I$	反比例
⑤	$\frac{N}{S}I$	比 例
⑥	$\frac{N}{S}I$	反比例
⑦	$\frac{N}{l}I$	比 例
⑧	$\frac{N}{l}I$	反比例

# 物 理

次に、図2のように、図1のコイルの両端に電圧計、直流電源、抵抗、電流計とスイッチを取り付けた。電圧計を流れる電流は無視でき、コイル、電流計、直流電源の内部抵抗も無視できるものとする。

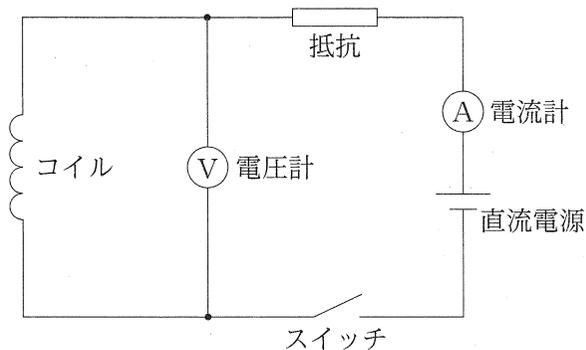


図 2

スイッチを閉じた瞬間を時刻  $t=0\text{ s}$  として、電流計を流れる電流  $I$  と電圧計の両端の電圧  $V$  の時間変化を調べ、図3および図4のグラフを作った。図3の点線は  $t=0\text{ s}$  におけるグラフの接線を表している。

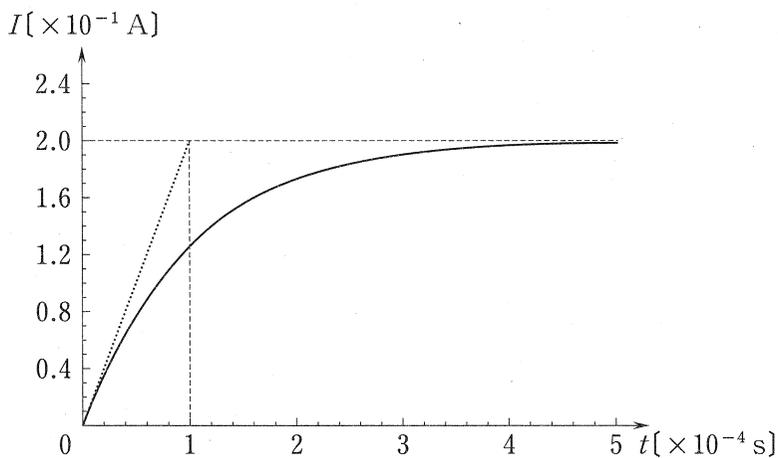


図 3

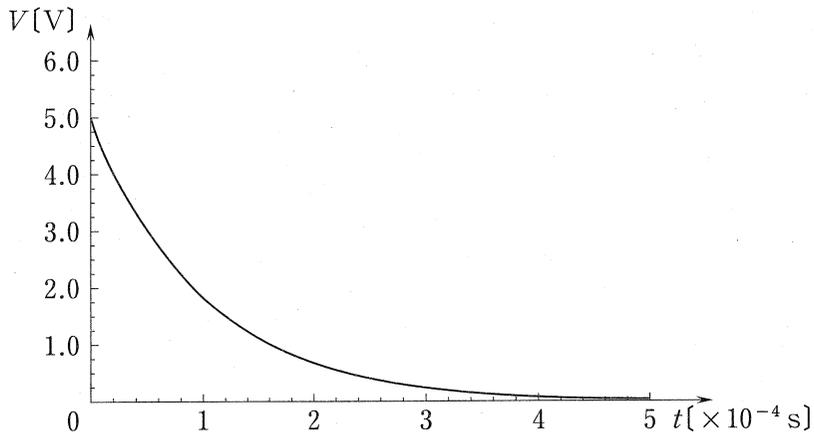


図 4

問 2 次の文章中の空欄  ~  に入れる記述または数値として最も適当なものを、それぞれ直後の { } で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

図 2 のコイルに生じる電圧は、

- |    |   |                               |
|----|---|-------------------------------|
| 19 | { | ① コイルに流れる電流の大きさに比例する。         |
|    |   | ② コイルに流れる電流の単位時間あたりの変化に比例する。  |
|    |   | ③ コイルに流れる電流の大きさに反比例する。        |
|    |   | ④ コイルに流れる電流の単位時間あたりの変化に反比例する。 |

図 4 より、スイッチを閉じた瞬間、電圧計の電圧は 5.0 V である。したがって、コイルの自己インダクタンスは、

- |    |   |                                                        |
|----|---|--------------------------------------------------------|
| 20 | { | ① $1.0 \times 10^{-4}$ H      ② $2.5 \times 10^{-4}$ H |
|    |   | ③ $1.0 \times 10^{-3}$ H      ④ $2.5 \times 10^{-3}$ H |
|    |   | ⑤ $1.0 \times 10^{-2}$ H      ⑥ $2.5 \times 10^{-2}$ H |

と求められる。また、スイッチを閉じてから十分に時間が経過したとき、

- |    |   |                               |
|----|---|-------------------------------|
| 21 | { | ① 抵抗の電圧が直流電源の電圧と等しくなっている。     |
|    |   | ② コイルに生じる電圧が直流電源の電圧と等しくなっている。 |
|    |   | ③ コイルに生じる電圧が抵抗の電圧と等しくなっている。   |

## 物 理

問 3 この実験で用いた抵抗の値を求めると何  $\Omega$  になるか。その値として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 22  $\Omega$

- ① 0.1                      ② 1                      ③ 10                      ④ 100  
⑤ 0.25                      ⑥ 2.5                      ⑦ 25                      ⑧ 250

問 4 次の会話文中の空欄 ウ・エ には、それぞれの直後の  $\left\{ \quad \right\}$  内の記述および数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①～⑨のうちから一つ選べ。 23

先 生：図 3 より、時刻  $t=5 \times 10^{-4}$  s 以降の電流  $I$  は一定とみなすことができるね。  
このときまでに抵抗で発生したジュール熱  $J$  を求めるにはどうすればよいか考えてみよう。

生徒 A：時刻  $t=0$  s から  $t=5 \times 10^{-4}$  s までの間に、直流電源がした仕事  $W$  は、

- ウ  $\left\{ \begin{array}{l} \text{(a) 図 3 のグラフと } t \text{ 軸で囲まれた領域の面積と } 5.0 \text{ V の積} \\ \text{(b) 図 4 のグラフと } t \text{ 軸で囲まれた領域の面積と } 2.0 \times 10^{-1} \text{ A} \\ \text{の積} \\ \text{(c) 図 3 のグラフと } t \text{ 軸で囲まれた領域の面積と、図 4 のグラフ} \\ \text{と } t \text{ 軸で囲まれた領域の面積との積} \end{array} \right\}$

で得られると思います。これを使って、回路に成り立つエネルギー保存則を考えれば求められるのかな。

生徒 B：コイルに蓄えられているエネルギー  $U$  は、自己インダクタンスと電流の値を用いて求められるね。エネルギー保存則は

$$\boxed{\text{工}} \left\{ \begin{array}{l} \text{(d) } J = W + U \\ \text{(e) } W = U + J \\ \text{(f) } U = W + J \end{array} \right.$$

となるから、この式を用いて  $J$  の値を求められそうだよ。

	ウ	工
①	(a)	(d)
②	(a)	(e)
③	(a)	(f)
④	(b)	(d)
⑤	(b)	(e)
⑥	(b)	(f)
⑦	(c)	(d)
⑧	(c)	(e)
⑨	(c)	(f)

# 物 理

図5のように、交流電源、コイル、コンデンサー、抵抗を導線でつないで、コンデンサーの両端の電圧をオシロスコープで測定した。図6にオシロスコープの波形を示す。ただし、グラフの縦軸は端子aを基準とした端子bの電位を表すものとする。

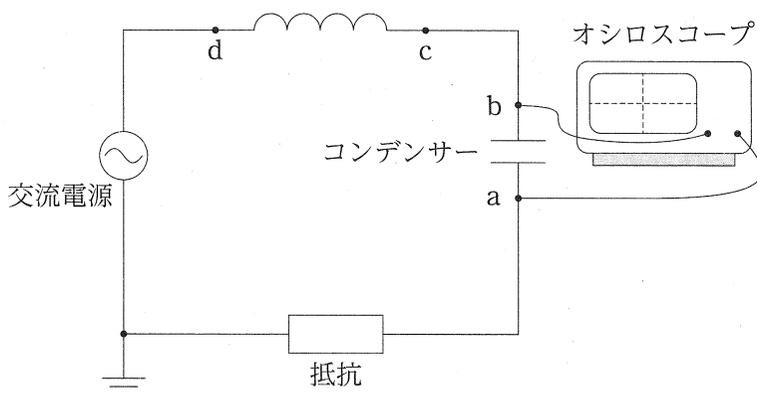


図 5

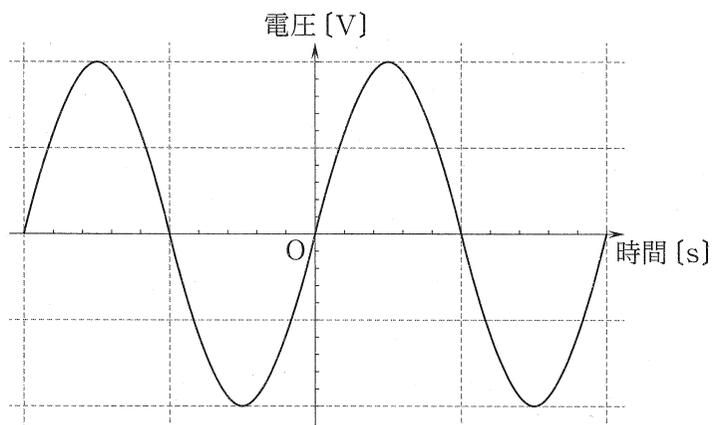


図 6

問 5 次の会話文中の空欄  ・  に入れるグラフとして最も適当なものを、後の選択肢①～④のうちから一つずつ選べ。ただし、グラフの時刻 0 および横軸の目盛りは図 6 と共通であるものとし、同じものを繰り返し選んでもよい。

先 生：図 6 のグラフからわかることを考えてみよう。図 5 の回路はコイル，コンデンサー，抵抗に流れる電流が共通であるという特徴があるね。各素子の電圧と電流の位相の関係に注意すれば，わかることがでてくるはずだよ。

生徒 A：たしかコンデンサーに流れる電流の位相は，かかっている電圧の位相より  $\frac{\pi}{2}$  進んでいるんだよね。コンデンサーにかかっている電圧が図 6 のグラフだから，この回路に流れる電流のグラフは  になるはずだ。

生徒 B：ということは，コイルの電圧(端子 c を基準とした端子 d の電位)  $V$  と時間の関係を表すグラフは  になるね。

・  の選択肢

