

# 物 理・化 学

## 問 題

2012年度

〈H24060017〉

### 注 意 事 項

- この問題冊子には、物理および化学の問題が印刷されています。  
受験票に記載されている理科解答パターンの問題のみを解答してください。

| 解答<br>パターン | 物 理 | 化 学 | 生 物<br>(別冊配布) |
|------------|-----|-----|---------------|
| A          | ○   | ○   | ×             |
| B          | ○   | ×   | ○             |
| C          | ×   | ○   | ○             |

- この試験では、解答パターンがAの受験生には、この問題冊子、記述解答用紙およびマーク解答用紙の計3種類を配付します。  
解答パターンがBおよびCの受験生には、これらに加え「生物」の問題冊子の計4種類を配付します。
- 問題冊子および解答用紙は、試験開始の合図があるまで開かないでください。
- 物理の問題は2～9ページ、化学の問題は12～19ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れに気付いた場合は、手を挙げて監督員にお知らせください。
- 記述解答用紙については、所定の欄(各2か所)に、氏名および受験票に記載されている受験番号を、正確に記入してください。受験番号は、右詰めで記入し、番号欄に余白が生じる場合でも、番号の前に「0」を記入しないでください。

(例) 3825番 ⇨ 

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 万 | 千 | 百 | 十 | 一 |
|   | 3 | 8 | 2 | 5 |

 ※数字は読みやすいように、はっきり記入すること。

読みにくい数字は採点処理に支障をきたすことがあるので、注意すること。

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 数 字 見 本 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

- マーク解答用紙については、受験番号を確認したうえ所定欄に氏名のみを記入してください。
- 解答は解答用紙の所定欄に、黒鉛筆(HB)またはシャープペンシル(HB)で記入し、所定欄外には何も記入しないでください。
- マーク解答用紙については、以下の点に注意してください。
  - マーク欄は、はっきりとマークしてください。また、訂正する場合は、消しゴムで消し残しがないようにきれいに消してください(砂消しゴムは使用不可)。
  - 解答は指定された解答欄にマークし、解答用紙のその他の部分には何も記入しないでください。

良い例 (a) 

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ○ | ○ | ● | ○ | ○ | ○ |

 ○の中を正確にぬりつぶす

悪い例 (a) 

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ● | ● | ○ | ● | ○ | × |

- はみ出してぬりつぶす
- ぬり残す
- で囲む
- 薄い
- ✓点(ぬりつぶしていない)
- ×印(ぬりつぶしていない)

- 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
- 問題冊子は持ち帰ってください。
- 解答用紙は必ず提出してください。

## 物理（マーク解答問題）

〔I〕 以下の問または空欄に当てはまる答を各解答群から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークせよ。

はじめに、波動および光の反射・屈折の基本的な性質を確認しておこう。

問1 媒質中を進行する波の速さを $v$ 、振動数を $f$ 、波長を $\lambda$ 、周期を $T$ とする。このとき、以下のそれぞれの関係式の中から正しいものをすべて選べ。

問1の解答群

- |                    |                            |                                |                                 |
|--------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| a. $v = f\lambda$  | b. $v = \frac{\lambda}{f}$ | c. $v = 2\pi f\lambda$         | d. $v = \frac{\lambda}{2\pi f}$ |
| e. $v = \lambda T$ | f. $v = \frac{\lambda}{T}$ | g. $v = \frac{2\pi\lambda}{T}$ | h. $v = \frac{\lambda T}{2\pi}$ |

問2 光が媒質Ⅰから入射し、媒質Ⅱとの境界で反射と屈折をしている場合を考える。入射角 $\theta_1$ と屈折角 $\theta_2$ の関係が、図1のように $\theta_1 > \theta_2$ となるとき、以下の関係式または不等式の中から正しいものをすべて選べ。ただし、媒質ⅠとⅡの屈折率をそれぞれ $n_1$ と $n_2$ 、光の伝わる速さをそれぞれ $c_1$ と $c_2$ 、媒質中の波長をそれぞれ $\lambda_1$ と $\lambda_2$ とする。

問2の解答群

- |                                  |                                  |                      |                      |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| a. $n_1\lambda_2 = n_2\lambda_1$ | b. $n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$ | c. $n_1c_2 = n_2c_1$ | d. $n_1c_1 = n_2c_2$ |
| e. $c_1\lambda_2 = c_2\lambda_1$ | f. $c_1\lambda_1 = c_2\lambda_2$ | g. $n_1 > n_2$       | h. $n_1 < n_2$       |

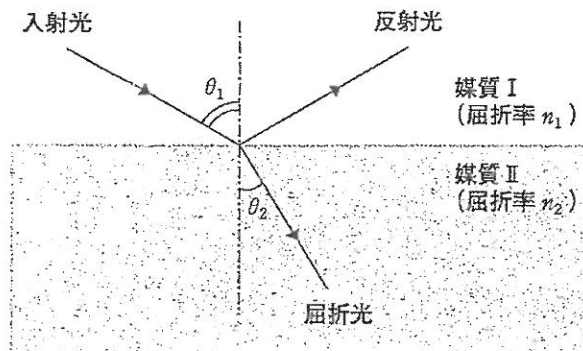


図1

つぎに、光の干渉と回折について考えよう。真空中での光の波長を $\lambda$ とし、以下の空欄にあてはまる答を各解答群から一つ選べ。ここで、[I]の以下のすべての問において、「光路長」は、光が媒質中を伝わる時の実際の距離にその媒質の屈折率を乗じた光学距離とする。解答に際して必要であれば以下の解答群の中の同じ答を何度用いてもよい。また、解答群の中の $m$ および $m'$ は0または正の整数とする。

問3 図2のように媒質Iの中に厚さ $d$ の薄膜(媒質II)が置かれているとき、この薄膜による光の干渉について考える。媒質Iから光が入射角 $\theta_1$ で入射し、一部は反射され、残りは角度 $\theta_2$  ( $\theta_2 < \theta_1$ )で屈折するとする。このとき、薄膜の表面で反射した光と薄膜を通して裏面で反射してきた光の光路長の差は (1) となる。よって、反射光が強め合う条件は (2) で、打ち消し合う条件は (3) となる。

いま、薄膜の厚さ $d$ を連続的に変化させたところ、反射光は強め合った状態から一旦打ち消し合った状態を経て、再び強め合う状態となった。このとき、薄膜の厚さ $d$ は (4) だけ変化した。

問3(1)の解答群

- a.  $\frac{2dn_2}{\sin \theta_2}$       b.  $\frac{dn_2}{\sin \theta_2}$       c.  $\frac{2dn_2}{\cos \theta_2}$       d.  $\frac{dn_2}{\cos \theta_2}$   
e.  $2dn_2 \sin \theta_2$       f.  $dn_2 \sin \theta_2$       g.  $2dn_2 \cos \theta_2$       h.  $dn_2 \cos \theta_2$

問3(2), (3)の解答群

- a.  $2dn_2 \sin \theta_2 = m\lambda$       b.  $dn_2 \sin \theta_2 = m\lambda$       c.  $2dn_2 \cos \theta_2 = m\lambda$   
d.  $dn_2 \cos \theta_2 = m\lambda$       e.  $2dn_2 \sin \theta_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$       f.  $dn_2 \sin \theta_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$   
g.  $2dn_2 \cos \theta_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$       h.  $dn_2 \cos \theta_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

問3(4)の解答群

- a.  $\frac{\lambda}{2n_2 \sin \theta_2}$       b.  $\frac{\lambda}{n_2 \sin \theta_2}$       c.  $\frac{\lambda \sin \theta_2}{2n_2}$       d.  $\frac{\lambda \sin \theta_2}{n_2}$   
e.  $\frac{\lambda}{2n_2 \cos \theta_2}$       f.  $\frac{\lambda}{n_2 \cos \theta_2}$       g.  $\frac{\lambda \cos \theta_2}{2n_2}$       h.  $\frac{\lambda \cos \theta_2}{n_2}$

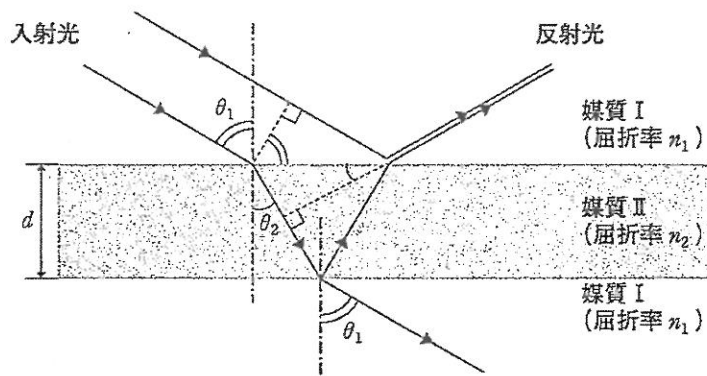


図2

問4 つぎに、図2の媒質Ⅱの下方、距離 $h$ のところに図3のように反射鏡を置いた。この場合の光の干渉について考えよう。入射角 $\theta_1$ で入射した光の反射光すべてが強め合うのは、問3の(2)と(5)の両方の条件を満たす場合である。ただし、この反射鏡で反射される光は位相が反転するものとする。

いま、すべての反射光が強め合った状態から、媒質Ⅱと反射鏡の距離 $h$ を波長 $\lambda$ の数倍程度連続的に増やす。このとき反射光の強さは(6)。

問4(5)の解答群

- a.  $2hn_1 \cos \theta_1 = m'\lambda$       b.  $2hn_1 \cos \theta_1 = \left(m' + \frac{1}{2}\right)\lambda$       c.  $2hn_1 \sin \theta_1 = m'\lambda$
- d.  $2hn_1 \sin \theta_1 = \left(m' + \frac{1}{2}\right)\lambda$       e.  $2(hn_1 + dn_2) \sin \theta_1 = m'\lambda$       f.  $2(hn_1 + dn_2) \sin \theta_1 = \left(m' + \frac{1}{2}\right)\lambda$
- g.  $2(hn_1 + dn_2) \cos \theta_1 = m'\lambda$       h.  $2(hn_1 + dn_2) \cos \theta_1 = \left(m' + \frac{1}{2}\right)\lambda$

問4(6)の解答群

- a. さらに強くなっていく      b. しだいに弱くなる
- c. 強くなったり弱くなったりを繰り返す      d. 変わらない

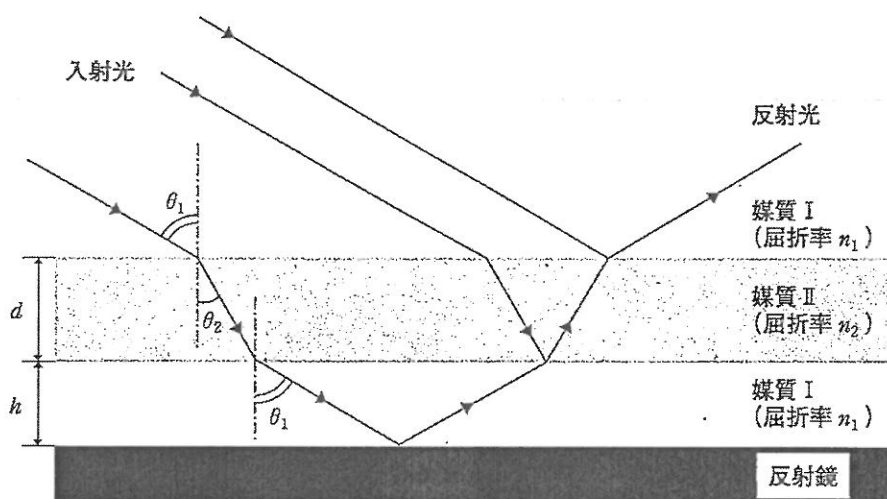


図3

問5 今度は図4のように、媒質ⅠおよびⅡの境界面に格子定数 $D$ の回折格子がある場合を考えよう。この回折格子に光が媒質Ⅰから入射角 $\theta$ で入射し、媒質Ⅱの方に角度 $\phi$  ( $\phi > 0$ )で矢印の方向に回折されている。ただし、回折格子の黒い部分では光は吸収されるものとする。隣同士のスリットを通る回折光の光路長の差は(7)で与えられ、回折光が強め合うのはこの光路長差が(8)に一致するときで、このときの角度 $\phi$ を $\phi_0$ とする。入射角 $\theta$ を固定して真空中の光の波長 $\lambda$ を連続的に大きくすると、角度 $\phi_0$ の大きさは(9)。一方、波長 $\lambda$ を固定して入射角 $\theta$ を連続的に小さくしていくと、角度 $\phi_0$ の大きさは(10)。

問5(7)の解答群

- a.  $D(\cos \theta + \cos \phi)$       b.  $D(\sin \theta + \sin \phi)$       c.  $D(n_1 \cos \theta + n_2 \cos \phi)$   
d.  $D(n_1 \sin \theta + n_2 \sin \phi)$       e.  $D\left(\frac{\cos \theta}{n_1} + \frac{\cos \phi}{n_2}\right)$       f.  $D\left(\frac{\sin \theta}{n_1} + \frac{\sin \phi}{n_2}\right)$   
g.  $D\left(\frac{n_1}{\cos \theta} + \frac{n_2}{\cos \phi}\right)$       h.  $D\left(\frac{n_1}{\sin \theta} + \frac{n_2}{\sin \phi}\right)$

問5(8)の解答群

- a.  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_1}$       b.  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_2}$       c.  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{\sqrt{n_1 n_2}}$       d.  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$   
e.  $m \frac{\lambda}{n_1}$       f.  $m \frac{\lambda}{n_2}$       g.  $m \frac{\lambda}{\sqrt{n_1 n_2}}$       h.  $m \lambda$

問5(9)および(10)の解答群 (空欄の組み合わせとして正しいものを選び)

- a. (9)大きくなる, (10)大きくなる      b. (9)大きくなる, (10)小さくなる  
c. (9)大きくなる, (10)変わらない      d. (9)小さくなる, (10)大きくなる  
e. (9)小さくなる, (10)小さくなる      f. (9)小さくなる, (10)変わらない  
g. (9)変わらない, (10)大きくなる      h. (9)変わらない, (10)小さくなる

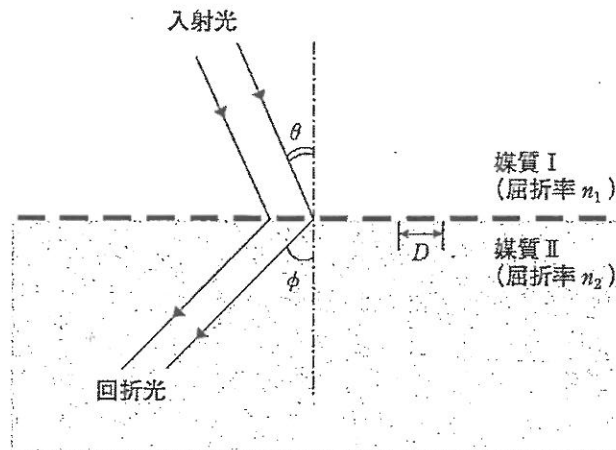


図4

## 物理（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 以下の問の答を解答用紙の該当欄に記入せよ。

図1のように、質量  $m$  の小球が伸縮しない糸によってつるされている。糸は、互いに平行な2枚の厚い板に開けた小さな穴を通して左右の手でつままれ、 $x$  軸方向に水平に加えられた大きさ  $F$  の力によって支えられている。板は固定されており、左右の穴の高さは等しい。小球は静止しており、つり合いの位置にある。最初、糸が水平となす角は  $30^\circ$  であり、左右の穴から小球までの糸の長さは  $L$  で、穴の高さから鉛直方向に沿って測った小球の深さは  $\frac{1}{2}L$  であった。穴と糸の間には摩擦がなく、糸の重さや小球の大きさは無視できる。また重力加速度を  $g$  として以下の間に答えよ。

問1 片方の手が糸を支えるのに必要な力の大きさ  $F$  を求めよ。

問2 糸を支える力を緩めたところ、小球は深さ  $aL$  ( $a > \frac{1}{2}$ ) まで沈み込んでつり合った。新たなつり合いの位置で、片方の手が糸を支えるのに必要な力の大きさ  $F'$  を求めよ。

問3 小球を最初のつり合いの位置に戻したあと、糸を左右から均等に、 $x$  軸に沿ってゆっくり引いたところ、小球は深さ  $\frac{1}{4}L$  まで持ち上がった。糸を引いた距離と、片方の手がした仕事を求めよ。

再び小球を最初のつり合いの位置に戻す。ここで図2のように、小球に  $y$  軸の正方向に初速度  $v_0$  ( $v_0 > 0$ ) を与え、運動させる。

問4 初速度  $v_0$  が十分小さいとき、小球はつり合いの位置のまわりで単振動をした。この振動の周期を求めよ。

問5 初速度  $v_0$  を大きくすると、小球は回転運動を始めた。糸がたるまずに回転運動を続けるための、初速度  $v_0$  の条件を求めよ。

問6 糸に加わる張力が  $T_c$  を超えると、糸は切れるものとする。回転運動中に糸が切れないための、初速度  $v_0$  の条件を求めよ。

問7 糸がたるまず、かつ切れずに回転を続けるとき、片方の手が糸を支える力  $F$  を求め、回転角  $\phi$  の関数として解答欄に図示せよ。ここで  $\phi$  は図2のように鉛直下向きを  $0^\circ$  とし、右真横からみて反時計回りを正にとる。解答欄の図には  $F$  の最大値、最小値も明記せよ。

引き続き、図2のように糸がたるまず、かつ切れない回転運動を考える。以下の二つの設問では、ある実数  $\varepsilon$  の大きさが1より十分小さいとき、 $(1 + \varepsilon)^2 \doteq 1 + 2\varepsilon$  と近似できることを用いよ。

問8 小球が初めの位置 ( $\phi = 0^\circ$ ) に戻ったとき、糸を左右から長さ  $\Delta x$  ずつ引いたところ、小球の速度は  $\Delta v_0$  だけ増加した。ここで生じた小球の速度変化の割合  $\frac{\Delta v_0}{v_0}$  を、 $L$  と  $\Delta x$  を用いて表せ。ただし、糸を引く長さ  $\Delta x$  は  $L$  に比べて十分小さいとし、小球の速度変化  $\Delta v_0$  も  $v_0$  に比べて十分小さいとする。

問9 小球が最も高い位置 ( $\phi = 180^\circ$ ) を通るとき、糸を左右から長さ  $\Delta x$  ずつ引いたところ、小球の速度は  $\Delta v$  だけ増加した。ここで生じた速度変化の大きさ  $\Delta v$  は、問8における速度変化  $\Delta v_0$  の何倍になるかを求めよ。

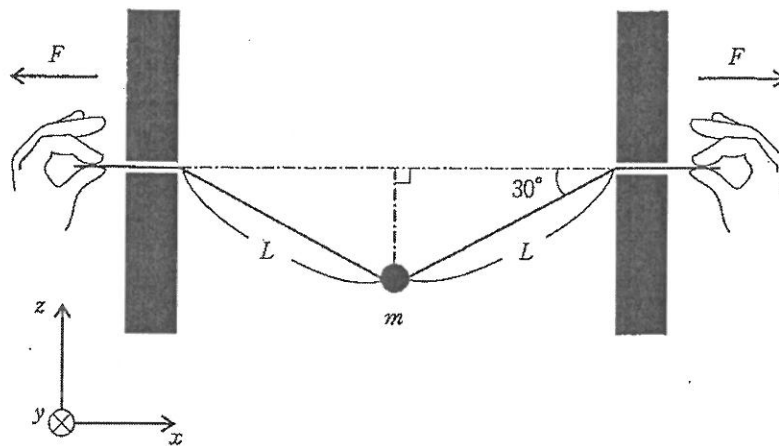


図 1

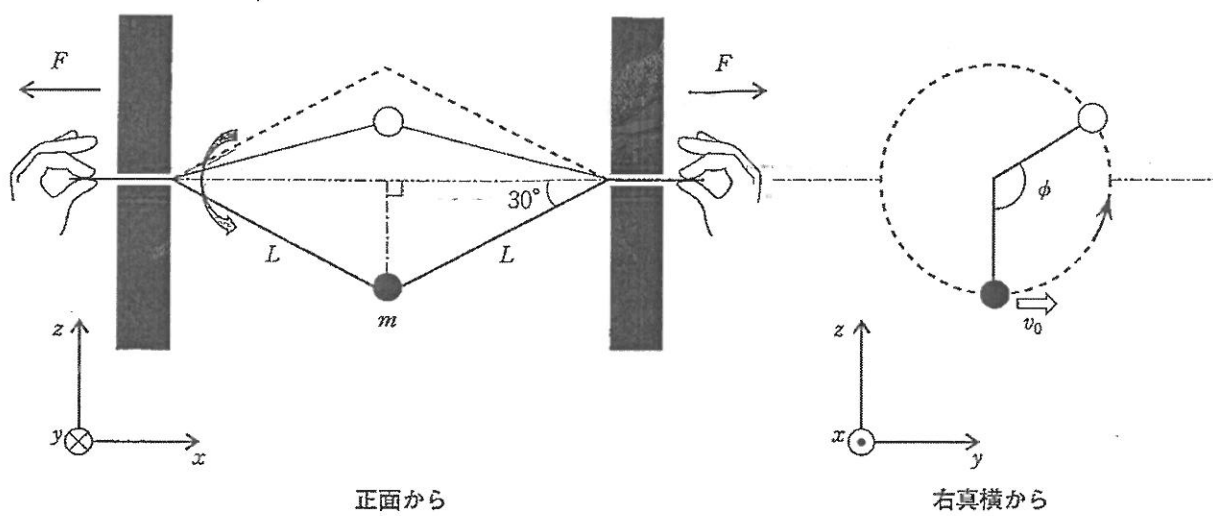


図 2

## 物理（記述解答問題）

〔Ⅲ〕 以下の問の答を解答用紙の該当欄に記入せよ。

図1のように、N極を鉛直下向きにした細長い棒磁石を、コイルの鉛直上方より一定の速度  $v = \frac{\Delta z}{\Delta t}$  で下向きに移動し、水平に置かれた半径  $r$  の円形1巻きコイルの中心を通過させた。コイルの中心  $O$  を  $z$  軸の原点とし、鉛直下方を  $z$  軸の正の向きにとり、棒磁石のN極の座標を  $z$  とする。また、棒磁石のN極およびS極は大きさを持たない点状の磁極とみなし、N極の磁気量を  $m_0$  ( $m_0 > 0$ )、S極の磁気量を  $-m_0$ 、棒磁石の質量を  $M$ 、棒磁石の長さを  $L$  とする。

はじめに、コイルと点状の磁極（N極およびS極）がコイルの半径  $r$  に比べて十分離れているときを考える。このとき、コイルを貫く磁場は  $z$  軸方向に平行であり、コイル内部で一様とみなせる。コイルの抵抗と太さは無視できるとして、以下の問に答えよ。

問1 棒磁石の移動により、時間  $\Delta t$  の間に磁束密度が  $\Delta B$  だけ変化した。コイルに生じた誘導起電力を求めよ。ただし、Aに対してA'の電位が低い場合を正の起電力とする。

問2 棒磁石が一定の速度  $v = \frac{\Delta z}{\Delta t}$  で  $\Delta z$  移動する間に、磁束密度が  $\Delta B$  だけ変化した。コイルに生じた誘導起電力を、 $\Delta z$ 、 $\Delta B$ 、 $v$ 、 $r$  を用いて表せ。

ここで、棒磁石が動いたときに磁束密度がどのように変化するか考えよう。点状の磁極が  $z$  軸上を移動しコイルを通過するとき、コイルを貫く磁場の方向は、磁極がコイルを通過した直後に  $180^\circ$  反転する。このことを考慮すると、 $z$  軸上にある磁気量  $m$  の磁極が、位置  $z$  ( $|z| \gg r$ ) から微小距離  $\Delta z$  移動するとき、コイルに生じる磁束密度の変化  $\Delta B$  は、コイルの通過前 ( $z < 0$ ) に  $\Delta B = -\frac{m}{2\pi z^3} \Delta z$ 、コイルの通過後 ( $z > 0$ ) に  $\Delta B = \frac{m}{2\pi z^3} \Delta z$  で与えられる。N極の座標を  $z$  とし、以下の問に答えよ。

問3 棒磁石がコイルの鉛直上方に位置し、コイルから十分離れた位置 ( $|z| \gg r$  かつ  $z < 0$ ) を一定の速度  $v$  で下方向に移動するとき、N極によりコイルに生じる誘導起電力を求めよ。

問4 棒磁石がコイルの鉛直下方に位置し、コイルから十分離れた位置 ( $z - L \gg r$ ) を一定の速度  $v$  で下方向に移動するとき、S極によりコイルに生じる誘導起電力を求めよ。

問5 棒磁石がコイルを通過中でも、各磁極がコイルから十分離れているとき ( $z \gg r$  かつ  $L - z \gg r$ ) は、コイルを貫く磁場は問3や問4のように一様とみなせる。また、この場合の誘導起電力は、N極とS極によりコイルに生じる誘導起電力の足し合わせで求めることができる。得られた誘導起電力の大きさの最小値と、そのときのN極の  $z$  座標を求めよ。

つぎに、コイルと磁極の距離が近く、棒磁石のつくる磁場がコイル内部では一様とみなせない場合を考えよう。図2のように、棒磁石とコイルの距離を  $h$  ( $h < r$ ) とし、コイルに抵抗値  $R$  の抵抗体と、起電力  $V$  の電池をつなぐ。また、磁気量  $m$  の点状の磁極がつくる磁束密度の大きさ  $B$  は、磁極からの距離を  $d$  とすると、 $B = \frac{m}{4\pi d^2}$  で与えられる。棒磁石は静止しているとし、またコイルから十分離れたS極による磁場は無視できるとして、以下の問に答えよ。

問6 コイル上の点Pにおける磁束密度  $B$  の大きさを求めよ。

問7 コイルが磁場から受ける力を求めるには、コイルが微小部分の集まりから成っていると考え、各微小部分に働く力の合力を求めればよい。点P近くのコイルの微小部分（長さ  $\Delta s$ ）に働く力の大きさを求めよ。ただし、この微部分は十分短く、線分とみなせる。

問8 コイルの中心Oの対極に位置する2点（図2の点Pと点Q）では、磁束密度  $B$  の向きが図2の矢印のようになる。コイルに流れる電流の向きを考慮すると、両点近くの長さ  $\Delta s$  の微部分に働く力の水平方向成分はつり合い、鉛直方向成分のみが合力として働く。このことを考慮すると、コイル全体にも同じように鉛直方向のみに力が加わることがわかる。コイルが磁場から受ける力の大きさと向きを求めよ。ただし、コイルは変形しないものとする。

問9 図2の位置にある棒磁石に加わる重力とコイルから棒磁石に働く力のつり合いにより、棒磁石が空中に静止している。このとき、重力加速度を  $g$  として起電力  $V$  を求めよ。ただし、コイルは動かず、棒磁石は横に倒れないものとする。

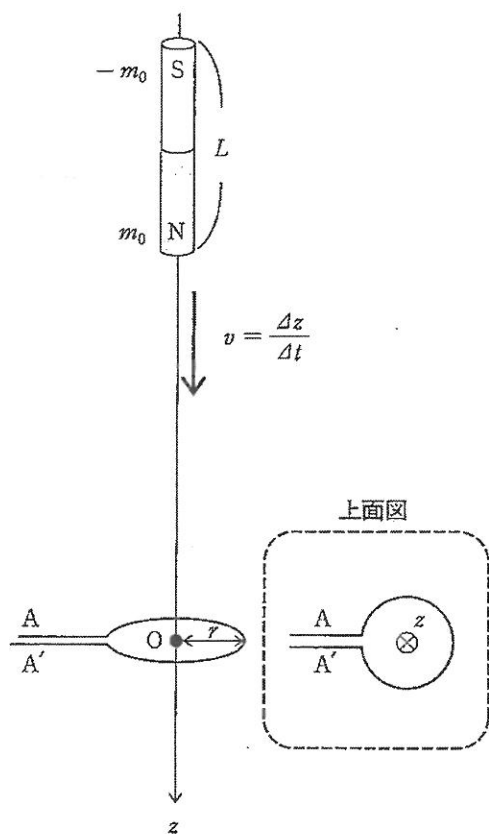


図1

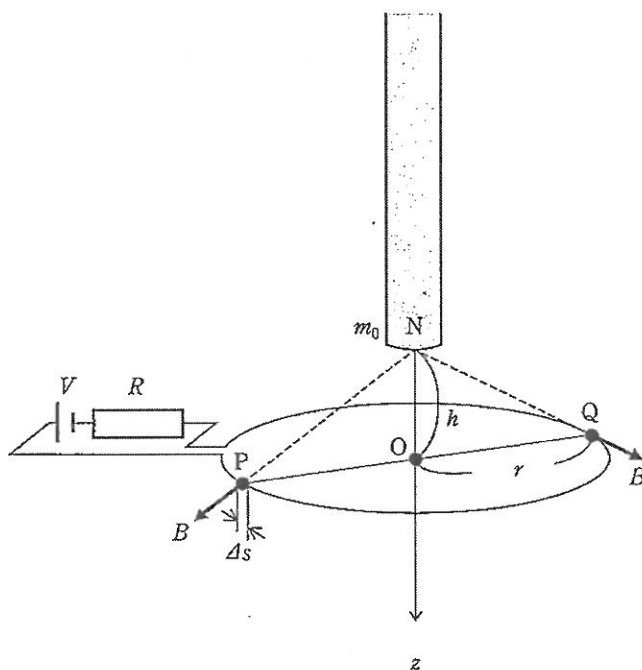


図2

化学の問題は12～19ページに記載されている  
このページは下書きに使用してよい。

化学の問題は12～19ページに記載されている  
このページは下書きに使用してよい。