※設置認可申請中

大阪公立大学（仮称）

一般選抜　個別学力検査等　サンプル問題

日程等	公立大学中期日程（工学部）
教科等	理科
科目名等	物理基礎・物理
試験時間	「化学基礎・化学」を含む 理科２科目 120 分

【注意事項】

・サンプル問題は入試問題をイメージするために作成したものであり、実際に出題される問題とは異なります。また問題の形式、問題数、難易度、配点についても実際と異なる場合があります。

・サンプル問題の解答用紙は作成していません。

・サンプル問題及び解答例や出題の意図について、掲載された情報以外のことはお答えできませんので、ご了承ください。

・サンプル問題は受験予定者が受験の準備に使用することや、教育機関（営利目的の機関は含みません。）の教職員が教育の一環として使用することを目的としています。それ以外の目的で複製、転載、転用することを禁止します。

物　　　理

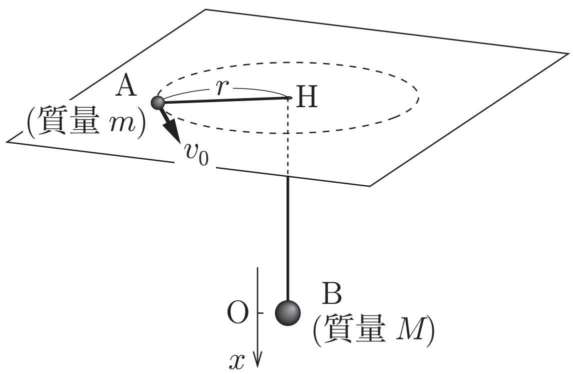
第 1問 （60点 ）

図のように，水平に固定された板にあけられた小さな穴 H に軽い糸を通し，糸の一端に質量 m の小球 A を結んで板の上におき，他端には質量 M のおもり B をつるした．いま，板の面内で，H を中心とする半径 r，速さ v_0 の等速円運動を A にさせたところ，B は空中に静止していた．板はなめらかであり，糸の伸縮やねじれ，糸と穴との摩擦，空気抵抗は無視できるものとする．重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ．ただし，文末に [　　] がある問いには [　　] 内に指定された物理量を用いて答えよ．

(1) 糸の張力の大きさ T を求めよ $[m,\ v_0,\ r]$.

(2) おもり B に対する力のつりあいの式を示せ $[M,\ g,\ T]$.

(3) 小球 A の速さ v_0 を求めよ $[m,\ M,\ g,\ r]$.



上の状態で，おもり B の静止位置を原点 O として鉛直下向きに x 軸をとる．この状態から，B を x 軸に沿って $x = \Delta r$ $(0 < \Delta r < r)$ まで手でゆっくりと引き下げて保持したところ，小球 A の運動は速さ v の等速円運動に変わった．この間，A にはたらく張力はつねに定点 H を向いていることに注意しよう．このような性質を持つ力のもとでは，線分 AH が単位時間に通過する面積（面積速度）は一定になることが知られている．

(4) おもり B を引き下げる前の小球 A の面積速度を求めよ $[v_0,\ r]$.

(5) B を $x = \Delta r$ の位置で保持したときの A の速さ v を求めよ $[v_0,\ r,\ \Delta r]$.

(6) **(5)** の状態での糸の張力の大きさを求めよ $[m,\ v_0,\ r,\ \Delta r]$.

(7) B を $x = \Delta r$ で保持するために手で加えた力の大きさ ΔF_1 を求めよ $[M,\ g,\ r,\ \Delta r]$.

位置 $x=\Delta r$ でおもり B から静かに手を離すと，B は x 軸に沿って運動を始める．運動している間，B の速さは小球 A の速さに比べて十分小さいものとする．このとき，各瞬間に B にはたらく力の大きさは，その場所で B を保持するために必要な力の大きさに等しいと考えてよい．

まず，Δr が r に比べて十分小さい場合を考えよう．B の位置が x $(|x| \leqq \Delta r)$ のとき，B には x に比例する復元力がはたらき，B は O を中心に単振動する．

(8) 絶対値が 1 より十分に小さい数 ε に対しては n を自然数として $\dfrac{1}{(1-\varepsilon)^n} \fallingdotseq 1+n\varepsilon$ の近似式が成り立つ．これを用いると，おもり B にはたらく力は k を比例定数として $-kx$ と書くことができる．k を求めよ $[M,\ g,\ r]$．

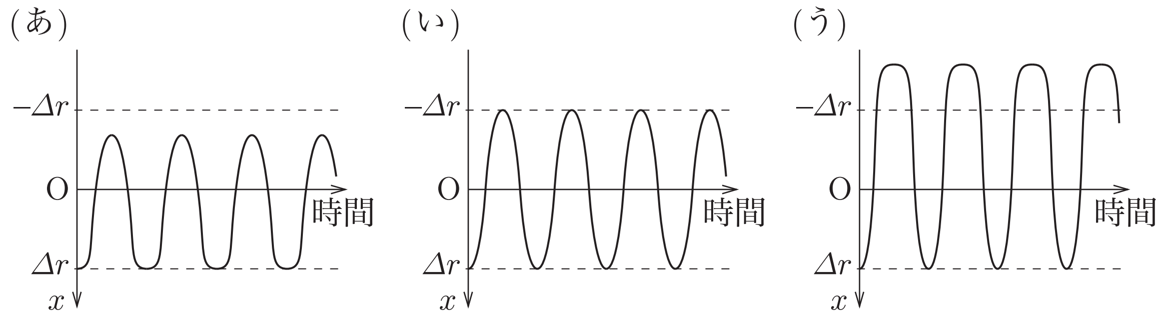
(9) B の角振動数を求めよ $[g,\ r]$．

(10) B の角振動数が 5.00 rad/s であるとき，r は何〔m〕か．ただし，重力加速度の大きさを $g=9.80\ \mathrm{m/s^2}$ として，有効数字 3 桁で求めよ．

次に，Δr が r に比べて十分小さいとはみなせず，**(8)** の近似が成り立たない場合について考えよう．ただし，小球 A はつねに板の上にあり，おもり B は板にぶつからないものとする．

(11) 以下の文章の $\boxed{\text{（ア）}}$，$\boxed{\text{（イ）}}$ には適切な式を入れ，$\boxed{\text{（ウ）}}$ は選択肢の中から適切なものを選んで記号 (あ)〜(う) で答えよ．ただし，$\boxed{\text{（ア）}}$〜$\boxed{\text{（ウ）}}$ については解答の過程を書かなくてよい．

おもり B を $x=-\Delta r$ の位置で保持するために手で加えなければならない力の大きさ ΔF_2 は，$\Delta F_2=$ $\boxed{\text{（ア）}}$ である $[M,\ g,\ r,\ \Delta r]$．このとき，ΔF_1 と ΔF_2 の大小関係は $\boxed{\text{（イ）}}$ となる $[\Delta F_1,\ \Delta F_2]$．このことから考えて，$x=\Delta r$ の位置でおもり B から手を離した場合の B の振動の様子を最も適切に表したグラフは $\boxed{\text{（ウ）}}$ となる．



物　　理

第 2 問（60点）

容器内に張った金属線を使った図 1 のような圧力計について考える。金属線に電流を流して加熱すると，その熱の一部は，気体分子が金属線の表面に入射し，散乱される過程で失われる。気体の圧力が低くて気体分子同士の衝突が無視できる場合，金属線の温度を一定に保つために必要な電流の値は気体の圧力とともに変化する。この電流の値から気体の圧力を間接的に測る。以下の文章を読んで問 (**1**)〜(**7**) に答えよ。

この圧力計のはたらきに次の (i)〜(iv) が関係している。

(i) 金属線が気体分子の衝突によって失う単位時間あたりの熱量は，金属線と気体の温度差に比例し，また，金属線表面に入射する単位時間あたりの気体分子数に比例する。

(ii) 表面の単位面積あたりに単位時間に入射する気体分子数を「入射頻度」とよぶことにする。気体の温度が一定のとき，入射頻度は気体の圧力に比例する。

(iii) 一般に金属の電気抵抗は温度とともに増加する。個々の金属線では各温度での抵抗値が決まっており，温度を一定に設定すれば抵抗値も一定となる。

(iv) ホイートストンブリッジを使って金属線の抵抗値を一定に保つことができる。

(i) に関して，金属線の温度だけがほかよりも高く，気体，容器，電極などの温度は室温に等しいものとする。また，金属線との衝突でエネルギーが増加した気体分子は，容器の壁との衝突でその増加分を失い，他の分子には影響を与えないものとする。

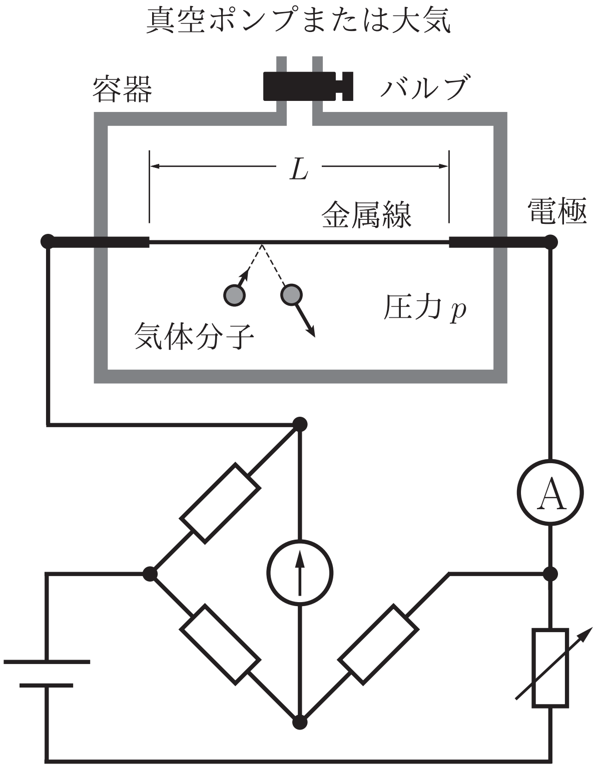


図 1

(ii) に関して，気体の圧力が容器内ではどの表面にも等しくはたらくのと同様に，入射頻度は容器内ではどの表面でも同じになる。気体分子の運動から気体の圧力を求めるのと同様にして入射頻度を求めてみよう。簡単のため，図 2 のように底面積 S，z 軸方向の長さ h の直方体容器の中に 1 種類の理想気体が入っている場合を考える。気体分子はなめらかな容器の壁に弾性衝突するものとし，重力の影響は無視する。

速度 $\overrightarrow{u}$ をもつ気体分子は，速度の z 成分 u_z の絶対値を $|u_z|$ とすると，$z = h$ の位置の壁に単位時間あたり $\boxed{\quad ① \quad}$ 回衝突する。全ての気体分子について $\boxed{①}$ の総和をとって壁の面積 S で割れば，この面における入射頻度を求めることができる。

容器内の気体分子数 N が十分に大きく，気体分子の運動がどの方向にも均等で偏りがないとき，全ての気体分子についての u_z の平均は $\boxed{\quad ② \quad}$ となる。一方，$|u_z|$ の平均は $\left(\text{気体分子の平均の速さ}\right) \times \dfrac{1}{2}$ に等しくなることが知られている。このことを使うと，入射頻度は気体分子の平均の速さ $\overline{u}$，容器の体積 V および N を用いて $\boxed{\quad ③ \quad}$ と表せる。気体の絶対温度 T が一定のとき，$\overline{u}$ は一定となる。また，単位体積あたりの気体分子数は気体の圧力 p，ボルツマン定数 k および T を用いて $\boxed{\quad ④ \quad}$ と表せるので，入射頻度は p に比例する。

金属線の表面積は容器内部の全表面積に比べると十分小さいので，金属線表面に対する入射頻度も $\boxed{③}$ に等しいとしてよい。したがって，(i) と (ii) より，金属線と気体の温度がそれぞれ一定のとき，金属線が気体分子の衝突で失う単位時間あたりの熱量は気体の圧力に比例する。

(1) 上の文章の空欄 $\boxed{①}$～$\boxed{④}$ に当てはまる数式を答えよ。

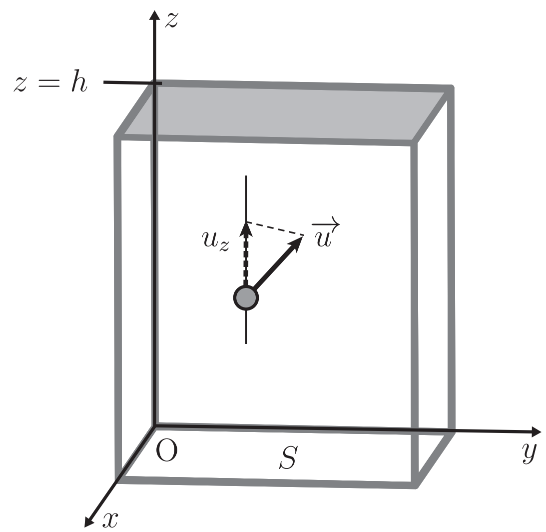


図 2

（次ページに続く）

(iii) で金属線の温度が一定のとき，<u>単位時間に発生するジュール熱と金属線が失う熱量はつりあっている</u>。

金属線の抵抗値を r，金属線を流れる電流を I ($I>0$) とおく。気体の圧力を p とすると，気体分子の衝突によって金属線が失う単位時間あたりの熱量は，比例定数 c ($c>0$) を用いて cp と表せる。金属線が失う熱には直接接触している電極へ伝導する熱や他の物体との接触なしに放射される熱もある。気体に関係なく金属線が失う単位時間あたりの熱量をまとめて Q_0 ($Q_0>0$) とおき，金属線の温度が一定なら Q_0 は I にはよらないものとする。

p が変化すれば cp も変化するが，I を調節すれば金属線をあらかじめ設定した温度に保つことができる。まえもって p と I の関係を調べておけば，金属線を流れる電流の値から装置内の気体の圧力について知ることができる。

(**2**) 上の文章の下線部の関係を，r，I，c，p，Q_0 を用いて等式で表せ。

(iv) のホイートストンブリッジとして，図 3 のように圧力測定用の金属線のほかに，抵抗値が R_1，R_2，R_3 の抵抗器 3 個，可変抵抗器，電流計，検流計，直流電源からなる回路を考える。検流計を流れる電流を $\varDelta I$ とおき，図 3 の下向きを $\varDelta I>0$ とする。金属線の設定温度での抵抗値を r_0 とする。なお，電極や導線の抵抗および電流計，検流計，電源の内部抵抗は無視できるものとする。

(**3**) $r=r_0$ とするには金属線の長さ L をいくらにすればよいか。r_0，金属線の断面積 a，設定温度での抵抗率 ρ を用いて表せ。

(**4**) $\varDelta I=0$ としたときに $r=r_0$ となるようにするには，R_3 をいくらにすればよいか。r_0，R_1，R_2 を用いて表せ。

以下では，$R_1=R_2=R$ とし，R_3 は (**4**) の条件を満たしているものとする。

(**5**) $I=I_0$，$r=r_0$ で $\varDelta I=0$ のとき，可変抵抗器の抵抗値 R_x はいくらか。I_0，r_0，R および電源の端子電圧 E を用いて表せ。

(**6**) (**5**) の状態から金属線の温度が変化して r が r_0 ではなくなると，$\varDelta I$ も 0 ではなくなる。このとき，

(イ) R_2 の抵抗器 (抵抗値は R) を流れる電流の大きさ，

(ロ) (**5**) の場合との金属線の抵抗値の差 $r-r_0$

を，それぞれ r_0，R，I，$\varDelta I$ を用いて表せ。

(**7**) $p = 1.0$ Pa のときに $I = 11$ mA，$p = 2.2$ Pa のときに $I = 13$ mA であった。

(ハ) $p = 0$ のときの I，

(ニ) $I = 10$ mA のときの p

はそれぞれいくらか。どちらも有効数字 2 桁で単位を付けて答えよ。ただし，どの p に対しても $r = r_0$，$\Delta I = 0$ とし，(**2**) の式の c および Q_0 の値は変わらないものとする。

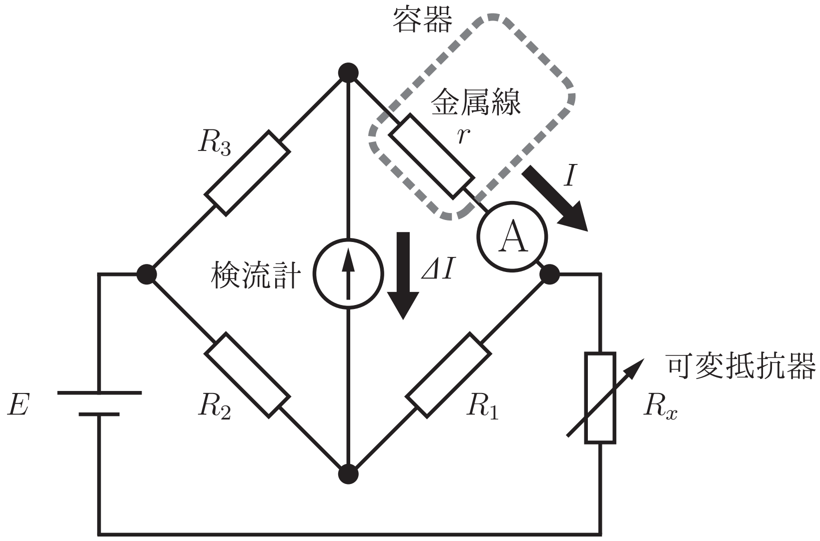


図 3

（以下余白）