

和歌山県立医科大学

平成 28 年 度

理 科

問 題 冊 子

和歌山県立医科大学

物理 訂正と補足

第1問 訂正

I 4行目

誤：なお， α は十分に小さく， $\cos \alpha \approx 1$ ， $\sin \alpha \approx \alpha$ としてよい。

正：なお， α は十分に小さく， $\sin \alpha \approx \alpha$ としてよい。

III 4行目

誤：小球が側壁に衝突するまでに箱が水平方向に移動する距離は 11 となる。

正：小球をはなしてから小球が側壁に衝突するまでに箱が水平方向に移動する距離は 11 となる。

第2問 補足

図 2-1, 2-2 は，点 O を原点 ($x = 0$, $y = 0$) とする。

物 理

第1問 次の文章を読んで、設問に答えよ。なお、には適切な式を、それぞれ記せ。

図1のように、水平な床の上に質量 M 、内部の高さ h 、幅 $2w$ の箱がある。箱内の左右の側壁から等しい距離の天井に、大きさの無視できる質量 m の小球が長さ l の糸で吊るされている。鉛直下向きと糸のなす角度を θ 、重力加速度を g とする。ただし、糸の質量、伸縮は無視してよい。また、小球は紙面内でのみ運動し、糸のたるみはないものとする。

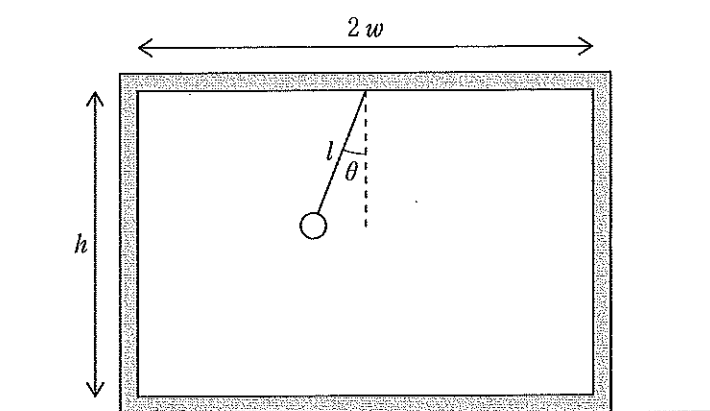


図1

- I 箱が水平右向きに等加速度運動している場合を考える。箱とともに動く観測者から見て、小球は角度 $\theta = \theta_0$ で静止している。このとき、床に対する箱の加速度の大きさは 1 である。次に、箱とともに動く観測者から見て、小球を角度 $\theta = \theta_0 + \alpha$ ($0 < \alpha < \theta_0$) にして静かにはなした。なお、 α は十分に小さく、 $\cos \alpha \doteq 1$ 、 $\sin \alpha \doteq \alpha$ としてよい。このとき、小球の最大の速さは 2 であり、運動の周期は 3 である。さらに、角度 $\theta = \theta_0 - \alpha$ のときに糸を切ったところ、小球は箱内の底面に落下した。このとき、落下時間は 4 であり、落下地点は、箱内の底面の中心からの距離で表すと 5 である。

II 箱と床のあいだに静止摩擦係数 μ の摩擦力が働く場合を考える。箱と小球が静止した状態で、小球に水平左向きの初速 v_0 を与えた。糸の角度が θ のとき、箱は静止したままの状態であった。そのときの小球の速さは 6 , 糸の張力の大きさは 7 , 箱が床から受ける垂直抗力は 8 である。

問 1 静止摩擦係数 $\mu = 0.5$ のとき、角度 $\theta = 45^\circ$ で箱は水平方向に動き出した。このとき、初速の二乗 v_0^2 が満たす条件を記せ。

III 箱と床のあいだに摩擦力がなく、なめらかに動く場合を考える。箱が静止した状態で、小球を角度 $\theta = \theta_1$ にして静かにはなした。小球が最下点にきたとき、床に対する小球の速さは 9 , 糸の張力の大きさは 10 である。このときに糸を切ると、小球は箱内の側壁に当たってはね返った。小球が側壁に衝突するまでに箱が水平方向に移動する距離は 11 となる。

第2問 次の文章を読んで、設問に答えよ。なお、 には適切な式または値を、それぞれ
記せ。

図2-1、2-2のように、紙面内に xy 平面をとり、紙面に垂直に表から裏に向かう一様な磁束密度 B の磁場が、 $0 \leq x \leq a$ の領域にある。一辺 $\sqrt{2}a$ の正方形の導線でできたコイルを、 xy 平面上の $x < 0$ の領域に、各辺が x 軸となす角が 45° となるように置く。コイルが x 軸の正方向に xy 平面上を一定の速さ v で移動し、磁場の存在する領域に入ってから出るまでを考える。コイルの端 P が $x = 0$ に達した時刻を $t = 0$ とし、誘導起電力は P から Q へ電流を流そうとする向きを正とする。なお、コイルに接続された回路は、磁場の影響を受けることはなく、コイルの運動に影響を与えることはないとする。また、導線の抵抗は無視できるものとする。

I 図2-1のように、抵抗 R_1 の回路が取り付けられた一回巻きコイルを移動させる場合について考える。 xy 平面上で辺 PQ に垂直な方向の、速さ v の成分は 1 となるので、時刻 t が $0 \leq t < \frac{a}{v}$ の間のコイルの辺 PQ に生じる誘導起電力は 2 となる。一回巻きコイル全体の誘導起電力 E は、各辺の誘導起電力を足し合わせればよいので

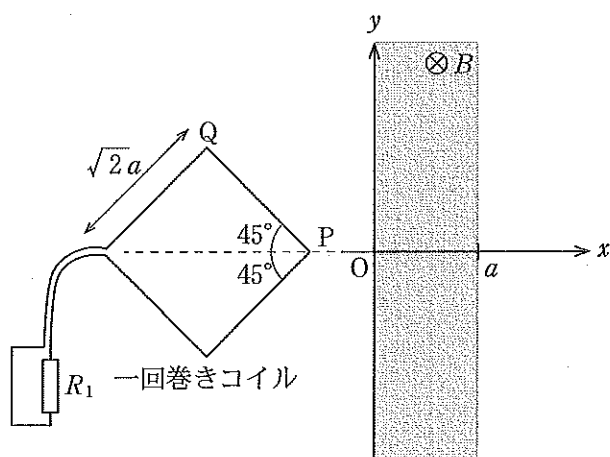


図2-1

$$E = \begin{cases} \text{3} & \left(0 \leq t < \frac{a}{v}\right) \\ \text{4} & \left(\frac{a}{v} \leq t < \frac{2a}{v}\right) \\ \text{5} & \left(\frac{2a}{v} \leq t < \frac{3a}{v}\right) \end{cases}$$

となる。コイルの自己インダクタンスを無視できるものとする、誘導起電力が最大値となる
ときの電力は 6 である。このとき、コイルを一定の速さ v で動かす外力の大きさは
7 となる。

Ⅱ 図2-2のように、抵抗 R_2 と発光ダイオードを直列につないだ回路が取り付けられた n 回巻きコイルを移動させる場合について考える。コイルは紙面に垂直な直線を中心軸として巻かれており、正の誘導起電力のときに流れる電流の向きは、発光ダイオードの順方向と一致している。発光ダイオードの順方向に流れる電流と電圧の模式的な関係を図2-3に示す。順方向では2.6 V以下のとき、逆方向では電圧にかかわらず電流はほとんど流れないので電流の大きさは無視してよい。発光ダイオードは電圧を高くしすぎると壊れるため、発光ダイオードの両端にかかる最大電圧が、順方向は3 V、逆方向は4.5 Vになるようにコイルの巻き数と抵抗の値を調整する。磁場の磁束密度 $B = 300 \text{ mT}$ 、コイルの速さ $v = 1 \text{ m/s}$ 、 $a = 5 \text{ cm}$ のとき、コイルの巻き数は $n = \boxed{8}$ ，抵抗の値は $R_2 = \boxed{9} \text{ } (\Omega)$ となる。

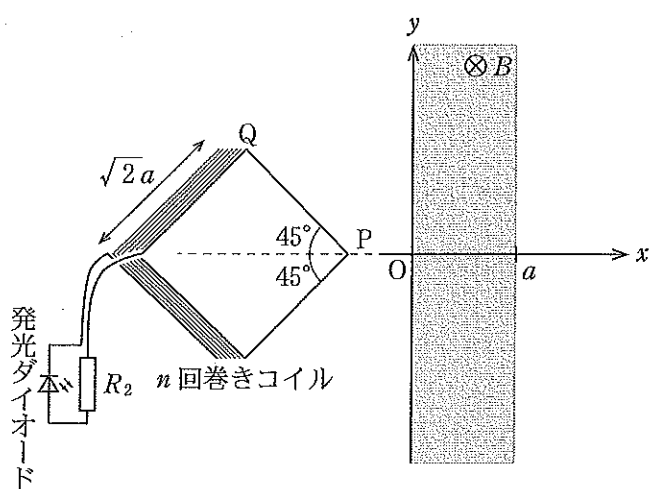


図2-2

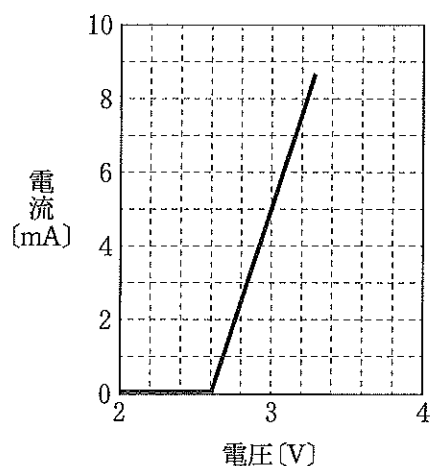


図2-3

問 1 時刻 $t = 0.15 \text{ s}$ に、一定の速さ $v = 1 \text{ m/s}$ のままでコイルを逆向きに動かした。

- (ア) 横軸に時刻、縦軸に電圧をとり、時刻 $t = 0 \text{ s}$ から 0.3 s までのコイルの誘導起電力の時間変化を破線(---)で図示せよ。なお、図には誘導起電力の最大値と最小値を記せ。
- (イ) (ア)の図に、時刻 $t = 0 \text{ s}$ から 0.3 s までの発光ダイオードにかかる電圧の時間変化を実線(—)で書き加えよ。なお、順方向のときの電圧を正とし、図には電圧の最大値と最小値を記せ。

第3問 次の文章を読んで、設問に答えよ。なお、 には適切な式を、それぞれ記せ。

図3-1のような、気体の熱膨張を利用して貯水槽1から貯水槽2まで水をくみ上げる装置(揚水ポンプ)について考える。揚水ポンプは、なめらかに動く断面積 S の仕切板で上部の気体と下部の水を分けている。上部にはヒーターが取り付けられており、単原子分子の理想気体が封入されている。断熱材でできた仕切板の可動範囲はストッパー1と2の間の距離 L であり、仕切板がストッパー1に接しているときの上部の気体の体積は V_0 である。揚水ポンプのストッパー1から貯水槽1の水面までの高さは H_1 、貯水槽2の取水口までの高さは H_2 であり、取水口の高さ H_2 まで配水管は水で満たされている。配水管にはコック1、2が取り付けられてある。水の密度を ρ 、重力加速度を g とし、大気圧 p_0 は貯水槽1と2の付近で同じとする。なお、水の温度変化はなく、仕切板の重さと体積は無視できるものとする。また、貯水槽1は非常に大きく、給水による水面の高さの変化は無視できるものとする。

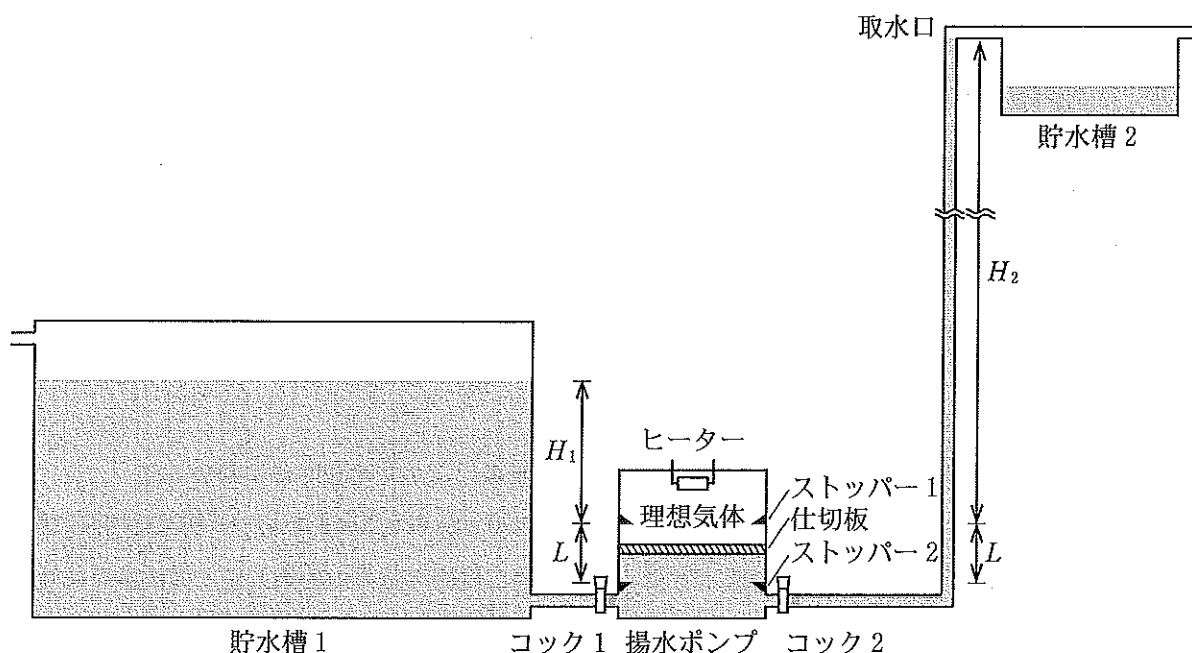


図3-1

図3-2に示す状態 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$ の変化を考える。はじめ、コック1、2は閉じられ、仕切板はストッパー1に接している。このときの理想気体の圧力と温度は大気と同じである(状態A)。コック2を開け、ヒーターで理想気体の温度を上げていくと、圧力が1になったときに仕切板が動き始める(状態B)。状態AからBの過程で理想気体の内部エネルギーの変化は2である。仕切板はゆっくりと移動し、ストッパー1から距離 l ($l < L$)のときの理想気体の圧力は3、体積は4となる。仕切板がストッパー2に接したときにヒーターを止めて、同時にコック2を閉じる(状態C)。ヒーターを止めた直後に、コック1を開けると仕切

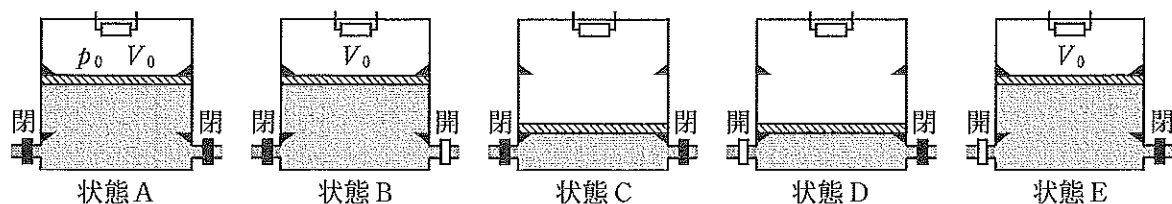


図 3-2

板はストッパー 2 に接したままであるが、理想気体の圧力が 5 になったところで仕切板が動き始める(状態 D)。状態 C から D の過程で揚水ポンプの壁から大気に放出された熱量は 6 である。仕切板はゆっくりと移動し、理想気体の内部エネルギーが 7 だけ変化するとストッパー 1 に接する(状態 E)。コック 1 を閉じて、そのまま放置すると、揚水ポンプの壁から大気に熱量 8 が放出されて状態 A に戻る。

問 1 横軸に体積、縦軸に圧力を取り、このサイクルの理想気体の状態変化を図示せよ。なお、状態 A, B, C, D, E に対応する点と、その圧力と体積の式を記すこと。

問 2 理想気体が行う仕事を、以下のそれぞれの過程について記せ。

- (ア) 状態 A から C までの吸熱過程の仕事
- (イ) 状態 C から A までの放熱過程の仕事
- (ウ) このサイクルで理想気体が行う仕事の総量