

## 物理 I B ・ 物理 II (物理)

1 次の問いに答えなさい。

問 1 長さを  $L$ ，質量を  $M$ ，時間を  $T$  で表して，たとえば面積のディメンジョン(次元)は  $L^2$ ，速度のそれは  $LT^{-1}$ ，密度のそれは  $ML^{-3}$  であるという。

力のディメンジョン(次元)を求めなさい。

問 2 時速 72 km で走る電車がブレーキをかけたところ，一様に速さを減じて，10 秒後に止まった。電車がこの間に走った距離は何 m か。

問 3 密度  $\rho$  の物体を密度  $\rho_0$  の液体に浮かべるとき，物体の体積の何%が液中に沈むか。(1)~(3)から正しいものを選び，記号で答えなさい。ただし  $\rho < \rho_0$  とする。

(1)  $\frac{\rho}{\rho_0} \times 100[\%]$ ， (2)  $\frac{\rho}{\rho + \rho_0} \times 100[\%]$ ， (3)  $\frac{\rho_0}{\rho + \rho_0} \times 100[\%]$

問 4  $90^\circ\text{C}$  の水 100 kg を  $42^\circ\text{C}$  にするには， $10^\circ\text{C}$  の水何 kg を混合すればよいか。ただし，水の比熱は  $1.0 \text{ kcal/kg}\cdot\text{K}$  とし，水以外の物質との熱の出入りは無視する。

問 5  ${}^{238}_{92}\text{U}$  が 7 回の  $\alpha$  崩壊と 4 回の  $\beta$  崩壊の結果ある物質になった。この物質の (1) 原子番号，(2) 質量数を求めなさい。

2

図のように、質量が無視できる伸縮しない糸につるされた物体Aを水平台Qから高さ $h$ のところまで持ち上げて静かに手を離し、水平台の端に静止している物体Bに水平に衝突させる場合を考えよう。ただし、物体A、Bの大きさは十分小さいとし、それぞれの質量は $m_1$ 、 $m_2$ とする。重力加速度は $g$ とする。

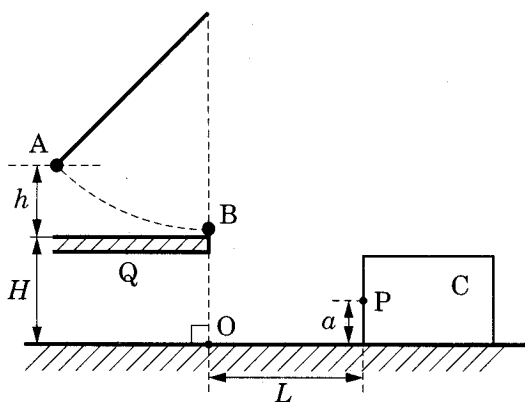
問 1 物体Bに衝突する直前の物体Aの速さを求めなさい。

問 2 衝突直後の物体Bの速さ $v$ を $g$ 、 $h$ 、 $m_1$ 、 $m_2$ を用いて表しなさい。ただし、その衝突は完全弾性衝突(はねかえり係数 $e=1$ )とする。

その後、物体Bは水平台Qから速さ $v$ のまま水平に飛び出し、 $H$ だけ下方の水平な床に落下する前に、その床上に静止している箱Cの左側面(床に垂直な面)上の点Pに完全弾性衝突した。点Pは床から高さ $a$ の場所である。ただし、 $a < H$ とする。

問 3 水平台Qの端の真下の点Oと箱Cの間の距離 $L$ を $g$ 、 $a$ 、 $H$ 、 $v$ を用いて表しなさい。

問 4 物体Bとの衝突後、箱Cは床上をすべり出した。衝突後の箱Cの速さを $m_2$ 、 $m_3$ 、 $v$ を用いて表しなさい。ただし、箱Cの質量は $m_3$ とする。箱Cの表面は十分なめらかであり、箱Cと床の間に摩擦はないとする。



3 変圧器は相互誘導を利用して、一次側と二次側のコイルの巻き数の比に比例して二次側の交流電圧を変化させる装置である。理想的な変圧器は一次側から二次側へ損失なく電力を伝えることができる。そこで、鉄しんに同じ巻き数のコイルを二つ巻いて、理想的な変圧器を作った。この変圧器の二次側に何もつながず一次側に 60 Hz の交流電圧を加えても、一次側には電流は流れなかった。

つぎに図に示すように変圧器の一次側に  $100\ \Omega$  の抵抗およびスイッチ (SW 1, SW 2), 二次側に 100 V 用 100 W の電球を取り付けた。

導線や巻き線の電気抵抗は無視できると仮定して次の問いに答えなさい。  
なお、数値には単位を付けること。

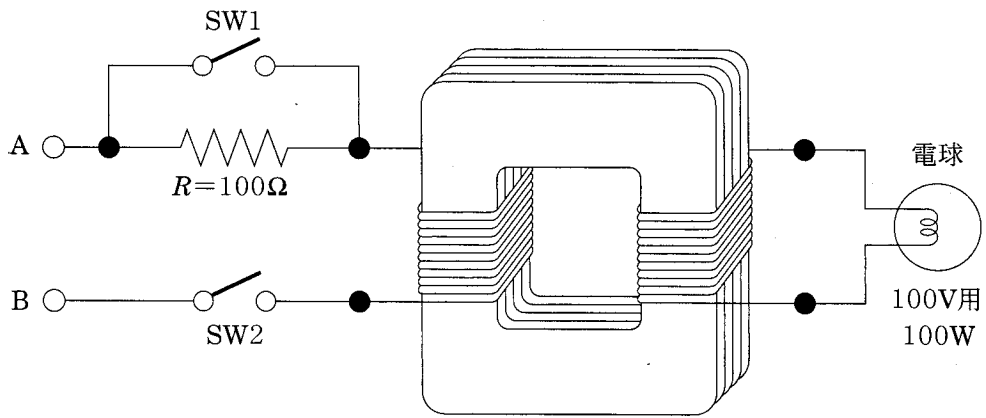
問 1 100 V 用 100 W の電球の電気抵抗はいくらか。ただし温度による抵抗の変化は無視できるとする。

問 2 スイッチ SW 1 を閉じて、端子 A と B に周波数 60 Hz で実効電圧 50 V の交流電源を接続し、SW 2 を閉じると電球が点灯した。

- (1) 二次側に流れる電流の実効値
  - (2) 電球で消費される電力
  - (3) 一次側に流れる電流の実効値
- をそれぞれ求めなさい。

問 3 交流電源をはずした後、スイッチ SW 1 と SW 2 を開き、端子 A と B がそれぞれ+と-になるように 10 V の直流電源をつないだ。スイッチ SW 2 を閉じ、じゅうぶんに時間が経過した後の、

- (1) 一次側に流れる電流
  - (2) 電球に加わる電圧
  - (3) 電球に流れる電流
- をそれぞれ求めなさい。



4 空所に適当な式、あるいは数値を入れなさい。

問 1 図はギターを模式的に描いたものである。一見して分かる通りフレットの  
間隔がサドルに向かうにつれて短くなっている。このことについて考えてみ  
よう。話を簡単にするために弦の基本振動のみを考える。ナット(第0フレ  
ット)からサドルまでの距離を  $L$  とし、弦を伝わる横波の速さを  $v$  とす  
る。弦を開放して(どこも押さえないで)はじくと長さ  $L$  で定まる定常波が  
生じる。このときの基本振動数  $f_0$  は  $L$  と  $v$  を使って  $f_0 =$   (1)  で与え  
られる。いま、第  $i$  フレットと第  $(i-1)$  フレット間の間隔を  $l_i$  ( $i = 1,$   
 $2, \dots$ ) とする。それぞれのフレットの位置は、押さえるフレットの位置を  
一つずつ変えていくと、原理的には一定の振動数の増減を生じるように決め  
られている。このように考えると  $l_1$  と  $l_2$  の比は  $\frac{l_2}{l_1} =$   (2)  となり、  
確かに  $l_2 < l_1$  であることが分かる。

同様に  $l_i$  と  $l_{i+1}$  の比を求めることができる。表式を簡単にするため  
に、 $K_i = \sum_{k=1}^i l_k$  (ただし、 $K_0 = 0$  と約束する) を導入すると、 $l_i$  と  $l_{i+1}$  の比は  $L,$   
 $K_{i-1}$  及び  $K_{i+1}$  を使って  $\frac{l_{i+1}}{l_i} = 1 - \frac{K_{i+1} - K_{i-1}}{\text{ (3)$  と表すことができる。

得られた表式において  $i = 1$  とおくと  $K_0 = 0$  及び  $K_2 = l_1 + l_2$  であるから  
先に求めた(2)の場合に帰着する。上式の右辺で、 $K_{i+1} > K_{i-1}$  かつ

(3)   $> 0$  であるから、一般に  $l_{i+1} < l_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) となることが  
いえた。

問 2 次にギターの調弦について考えよう。弦を伝わる横波の速さ  $v$  は弦にか  
かる張力  $T$  の平方根  $\sqrt{T}$  に比例することが知られている。ギターの調弦  
は、通常、第1弦の第5フレットを押さえて弦の基本振動が 440 Hz のおん  
さと共鳴するように糸巻きをまわして弦にかかる張力を調整する。

さて、第1弦を張っていく途中で第5フレットを押さえて弦をはじき  
440 Hz で振動しているおんさを近づけたところ、毎秒4回のうなりが生  
じ、弦の方の音が少し低く聞こえた。この弦の今の振動数は  (1)  Hz  
であるから、この弦を正しく調弦するにはこの弦にかかる張力を  
 (2)  % 増加させなければならない。

