

# 物 理

1 図は水平面からの傾き角  $\theta$  の滑らかな斜面の断面図である。斜面の上端を A, 下端を B とし, B を通る水平面と A からおろした垂線との交点を C とする。AC 間の距離を  $h$ , BC 間の距離を  $L$  とする。斜面の上端 A に質量  $m$  の小球がある。重力加速度を  $g$  として, 以下の問いに答えよ。

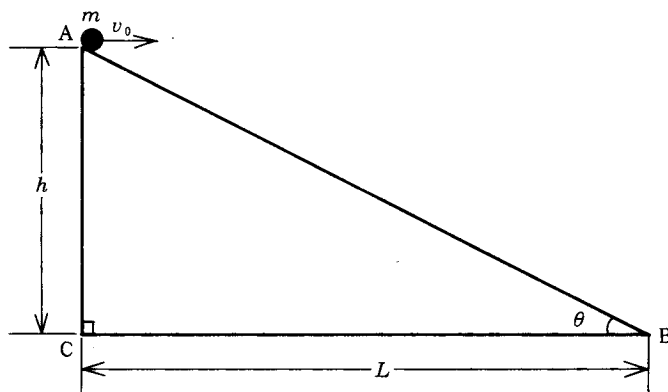
問〔1〕 小球を斜面の上端 A から水平方向に初速度  $v_0$  で投げたところ, ちょうど斜面の下端 B に落下した。初速度  $v_0$  を  $L, h, g$  を用いて表せ。

問〔2〕 小球が斜面の下端 B に落下したときの速度の方向と水平面とのなす角を  $\theta'$  ( $0 < \theta' < \frac{\pi}{2}$ ) とするとき,  $\tan \theta'$  を  $\tan \theta$  で表せ。

問〔3〕 同じ小球を斜面の上端 A より初速度 0 で斜面にそってすべらせた。このとき, 小球が斜面の下端 B に達するまでの時間を  $L, h, g$  を用いて表せ。

問〔4〕 斜面の下端 B に達するのに要した時間は, 問〔1〕と問〔3〕の場合とではどちらが長い  
か, 式を用いて示し, 長い方の問いの番号を書け。

問〔5〕 斜面の下端 B に達したときの速さは, 問〔1〕と問〔3〕の場合とではどちらが大きい  
か理由を記して, 大きい方の問いの番号を書け。



2 種類の電熱線 P, Q があり, それぞれの両端に 0 ~ 140 V の直流電圧を加えたときに流れる電流 [A] を測定したところ, 図 1 のような結果になった。この電熱線 P を 1 個, 電熱線 Q を 2 個, さらに抵抗値  $R[\Omega]$  を連続的に変えられる抵抗器と, 起電力  $E[V]$  を連続的に変えられる直流電圧源を用いて, 図 2 のような回路を作った。直流電圧源の内部抵抗は無視でき, また各電熱線で消費された電力はすべて熱に変換されるものとして, 以下の問いに答えよ。

まず,  $E$  と  $R$  をある値に固定して電熱線 P での発熱量を測定したところ, 毎秒 120 J であった。

問〔1〕 図 1 より電熱線 P の両端の電圧  $V_P[V]$ , および流れている電流  $I_P[A]$  の値を求めよ。

問〔2〕 電熱線 Q の両端の電圧を  $V_Q[V]$ , 1 個の電熱線 Q を流れる電流を  $I_Q[A]$  とするとき,  $I_Q$  を  $V_Q$  と  $R$  で表せ。

問〔3〕  $R$  が  $100\Omega$  のとき  $V_Q[V]$  と  $I_Q[A]$  の値を, 図 1 のグラフから求めよ。その際, 求める方法について説明せよ。

問〔4〕  $R$  が  $100\Omega$  のとき  $E$  の値を求めよ。

次に,  $E$  と  $R$  の値を調整して, 1 個の電熱線 Q での単位時間あたりの発熱量は問〔3〕の場合に発生する発熱量と同じにして, 電熱線 P での単位時間あたりの発熱量だけを毎秒 60 J にした。

問〔5〕 そのとき,  $E$  と  $R$  の値を求めよ。

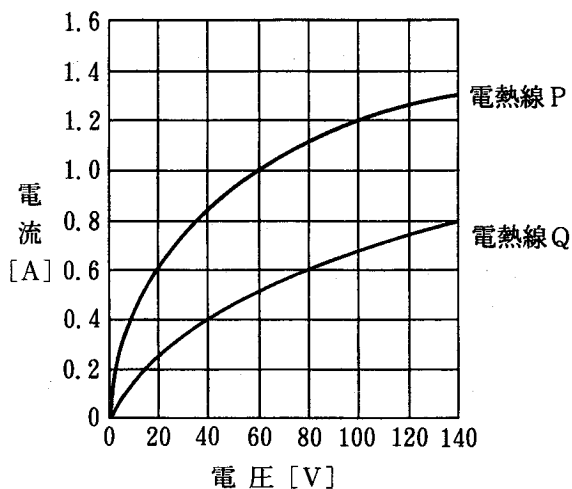


図 1

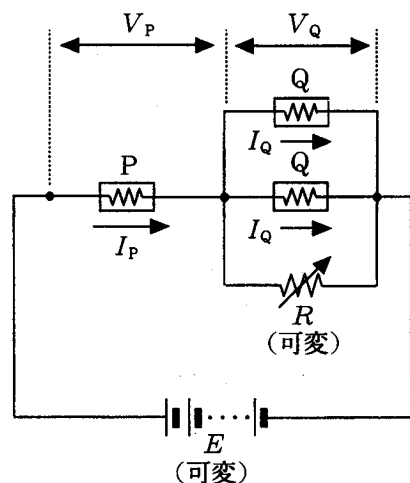


図 2

3 考古学，人類学，文化財科学，地震学などの研究では年代測定が重要であり，いくつかの科学的方法が使われている。その中でも有名なものが放射性炭素法である。下記の測定原理と測定例を読んで，以下の問いに答えよ。

**測定原理：**

米国の W. F. Libby は 1940 年代後半に放射性炭素  $^{14}\text{C}$  を用いる年代測定法を開発した。大気中の  $^{14}\text{C}$  は宇宙線によって作られた中性子と大気中の窒素  $^{14}\text{N}$  とが大気上層部で核反応 ( $^{14}\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$ ) をすることによって作られる。その後，放射性炭素は酸素と反応して二酸化炭素になる。この二酸化炭素は，炭素の同位体  $^{12}\text{C}$  からなる二酸化炭素と大気中で混合し，光合成や食物連鎖により生物にとり込まれる。

$^{14}\text{C}$  は  $\beta$  崩壊を起こし，それによる半減期は  $5.7 \times 10^3$  年である。生物が死んで新しい炭素の吸収がなくなれば，その生物中の  $^{14}\text{C}$  の数は  $\beta$  崩壊にともない減少する。大気中の二酸化炭素では， $^{12}\text{C}$  に対する  $^{14}\text{C}$  の数の割合はおよそ  $1 \times 10^{-12}$  で常に一定である。生物が生きていた時の生物組織内の  $^{14}\text{C}$  と  $^{12}\text{C}$  の割合もこの値とすると，放射能の強さは  $^{14}\text{C}$  の数に比例するため，試料の放射能の強さを測定することによって，生物が死んでからの年代を推定することができる。

**測定例：**

遺跡 A から出土した炭から採った一定量の炭素の放射能の強さは，現在生きている植物から採った同量の炭素の放射能の強さに比べて  $\frac{1}{3}$  に減少していた。同様に，遺跡 B から得られた動物の牙から検出された炭素の放射能の強さは，現在のものと比べて  $\frac{3}{5}$  に減少していた。

問〔1〕 炭素  $^{12}\text{C}$ ，放射性炭素  $^{14}\text{C}$ ，窒素  $^{14}\text{N}$  の原子核中の陽子と中性子の数はそれぞれ何個か。

問〔2〕  $^{14}\text{C}$  の原子核は  $\beta$  崩壊によって，どのような元素の原子核に変わるか。元素名，原子核中の陽子と中性子の数を答えよ。

問〔3〕 生物が死んだ後，炭素の放射能の強さが半分減少するのに何年かかるか。また，半減期の 3 倍の時間が経つと炭素の放射能の強さは最初の何%にまで減少するか。

問〔4〕 遺跡 A，遺跡 B から出土したものはそれぞれ何年前のものか推定せよ。必要であれば  $\log_2 3 = 1.58$ ， $\log_2 5 = 2.32$  を用いよ。