

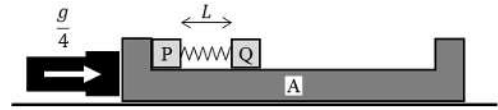
I 質量 m [kg] の二つの小物体 P と Q を、自然長 L [m]

でばね定数 k [N/m] の軽いばねでつなぎ、なめらかな

水平面上におかれた質量 $3m$ の箱 A の中に図のように

おいた。P は A の左側の壁に接しており、P、Q と A 上部

の水平面との間に摩擦はない。ばねは自然長の状態で、A、P、Q すべてが静止していた。これを初期状態とする。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の空欄に適切な式を入れよ。ただし、Q が A の右側の壁に到達することはないものとする。



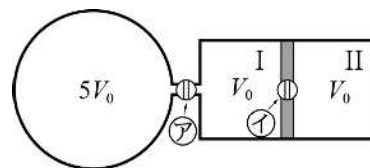
以下の①～③は k を用いずに答えよ。

- (1) 初期状態のときから、A に外力を加えて A を右方向に一定の加速度 $\frac{g}{4}$ で運動させ続けた。このとき、A 上に静止した観測者から見ると、Q は単振動をしていた。この運動中のばねの長さの最小値が $\frac{L}{2}$ であったとすると、Q が振動の中心にあるときのばねの長さは (①) [m] であり、 $k =$ (②) と表すことができる。よって、この単振動の周期は k を用いずに表すと (③) [s] となる。

以下の④～⑦は k を用いて答えよ。

- (2) (1)の状況が続けて A の上で Q の単振動が複数回くり返されたのち、ばねの長さが最小値 $\frac{L}{2}$ となったときに外力を除いた。外力を除いた直後の Q の加速度の大きさは (④) [m/s²]、外力を除いてから P が壁から離れるまでの時間は (⑤) [s] となる。P が壁から離れた後の運動を考えると、P から見た Q の速さの最大値は (⑥) [m/s] となり、A 上に静止した観測者から見ると、ばねの中心は A の左の壁から (⑦) [m/s] の速さで離れていくことになる。

II 右図のように、体積 $5V_0$ [m³] の球形容器と、体積 $2V_0$ の円筒容器が細管で連結されている。両容器内は真空であり、円筒容器の内部は、なめらかに動くピストンによって I 室と II 室に 2 等分されている。細管とピストンには、それぞれコック⑦、⑧が取り付けられている。これらは、全て断熱材で作られ、コックの開閉およびピストンの移動といった操作はゆっくりと行うものとする。ピス



トンの質量および体積、容器の厚さや細管部の容積は無視でき、気体定数は R [J/(K・mol)]、単原子分子理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ 、断熱変化では圧力 p [Pa] と体積 V [m³] との間に $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ の関係が成り立つとして、次の①～⑦に適当な式を入れよ。

ピストンを固定し、コック⑦、⑧を閉じてから、I 室にだけ 1 mol の単原子分子理想気体を満たしたところ、温度は T_0 [K] であった。これを状態 0 と呼ぶ。状態 0 での気体の圧力 p_0 [Pa] は (①) $\times T_0$ である。コック⑦を開き、十分に時間が経過した。この状態を状態 1 と呼ぶ。状態 1 での気体の温度は (②) $\times T_0$ であり、圧力は (③) $\times p_0$ である。次に、ピストンを移動させて I 室の体積をゼロにした。この状態を状態 2 と呼ぶ。気体の圧力は (④) $\times p_0$ であり、状態 0 から状態 2 の過程で、気体が外部からされた仕事は (⑤) $\times T_0$ [J] である。

今度は、状態 0 から、以下の A～D のいずれかの操作を行ってからコック⑦を開き、十分に時間が経過した後、ピストンを移動させて I 室の体積をゼロにした。

A : ピストンを移動させて I 室の体積を $2V_0$ にした。

B : 操作 A に続けて、I 室の体積を V_0 に戻した。

C : コック⑧を開いて十分に時間が経過した後、ピストンを移動させて I 室の体積を $2V_0$ にしてからコック⑧を閉じた。

D : ピストンを移動させて I 室の体積を $\frac{4}{5}V_0$ にした。

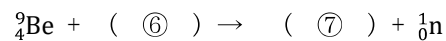
操作 A～D を用いたときの最終の気体温度をそれぞれ T_A [K]、 T_B [K]、 T_C [K]、 T_D [K] として、それらを小さい順に不等号を用いて表すと (⑥) となる。また、状態 2 の温度と等しい温度は T_A 、 T_B 、 T_C 、 T_D のうち (⑦) である。

Ⅲ 以下の文章の①～⑤に式を、⑥と⑦には原子番号と質量数を付した元素記号を入れよ。

アルファ線をベリリウムに照射すると、電荷をもたない未知の粒子Xが飛び出した。この粒子Xの正体を明らかにするために、その粒子Xを静止している水素の原子核（陽子）および窒素の原子核（質量数 14）に衝突させる実験を繰り返し行った。このとき、衝突された陽子の速さの最大値を v_p 、衝突された窒素の原子核の速さの最大値を v_N とする。また、陽子の質量を m 、プランク定数を h 、真空中の光の速さを c とする。

まず、粒子Xを光子と仮定し、光子が水素の原子核に衝突してその波長が λ から λ' になったとする。この2つの波長を使うと、運動量保存則からは（ ① ）という等式が得られ、エネルギー保存則からは（ ② ）という等式が得られる。しかし、この両式から求めた値は、 v_p 、 v_N の実測値と一致せず、粒子Xが光子である仮定は否定された。

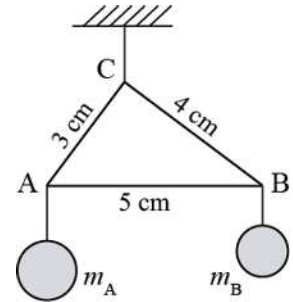
次に、粒子Xを質量 M の粒子と仮定し、それが速さ v で完全弾性衝突をしたとする。この場合、 v 、 M 、 m を用いると、陽子の速さは（ ③ ）、窒素の原子核の速さは（ ④ ）と表わされ、粒子Xの質量は、 v_p と v_N を用いると（ ⑤ ） $\times m$ となる。これに v_p と v_N の実測値を代入すると、⑤の値は1に近い値となり、粒子Xが陽子とほぼ同じ質量をもつ中性粒子であることがわかり、中性子と名付けられた。従って、アルファ線をベリリウム原子核 ${}^9_4\text{Be}$ に照射したときの核反応の反応式は



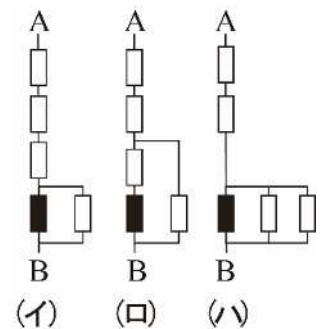
と表される。

IV 以下の問に答えよ。

- (1) 細く軽い棒で三角形ABCを作り，これを頂点Cに付けた軽い糸で天井からつるした。ABは5cm、BCは4cm、CAは3cmである。図のように、頂点A、Bから、それぞれ質量 m_A 、 m_B の球を軽い糸でつるしたところ、辺ABは水平になった。 m_A と m_B の比を最も簡単な整数比で答えよ。



- (2) 図のように、抵抗値 $R[\Omega]$ の抵抗を5本用いて（イ）、（ロ）、（ハ）の回路を作った。AB間に $E[V]$ の電圧を加えたとき、黒で塗りつぶした抵抗での電圧降下が最も小さいのは（ ① ）で、その値は、（ ② ） $\times E$ である。
①はイ、ロ、ハの記号で、②は数値で答えよ。



- (3) コンデンサーの電気容量 $C[F]$ 、電気抵抗 $R[\Omega]$ 、コイルの自己インダクタンス $L[H]$ を使ったア～オの式のうち、時間の次元となるものすべてを記号で答えよ。

ア. CR イ. $\frac{L}{R}$ ウ. $\sqrt{\frac{C}{R}}$ エ. $\sqrt{CL}$ オ. $\frac{\sqrt{L}}{C}$