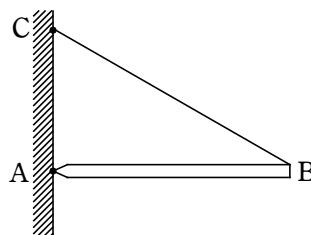


藤田医科対策 物理問題1 100点

- 1 質量 M 、長さ l の一様な棒 AB がある。図のように、棒の端点 A を鉛直な壁にちょうつがいで止め、そこを中心にして棒が鉛直な平面内で自由に回転できるようにする。さらに端点 B を伸びない糸でちょうつがいの鉛直上方の壁の 1 点 C につないで、棒が水平になるようにつるす。このとき、 BC を結ぶ糸は水平と 30° の角をなしている。重力加速度の大きさを g として次の問いに答えよ。



- (1) BC を結ぶ糸の張力を T 、ちょうつがいから棒が受ける力の鉛直成分を F として、鉛直方向の力のつりあいの式を書け。
- (2) ちょうつがいのまわりの力のモーメントのつりあいの式を書け。
- (3) 張力 T と力 F はそれぞれいくらか。

次に、質量 $2M$ のおもりを糸でこの水平な棒につるす。おもりをつるす位置を A 端から B 端へ向けて移動していったところ、ある点 D まできたとき BC を結ぶ糸が切れた。

- (4) 用いた糸は $4Mg$ の張力まで耐えることができるとして、 AD の長さを求めよ。

2 図1のように、なめらかに動くピストンのついたシリンダー内に、1 molの単原子分子理想気体が閉じこめられている。その気体の圧力 p [Pa]、体積 V [m³]、温度 T [K] は、熱交換器を通した熱の出入りやピストンの動きにより任意に変化させることができる。ピストンとシリンダーは断熱材できており、ピストンとシリンダーと熱交換器の熱容量は無視できるものとする。はじめ、気体の状態は図2の状態 A (圧力が p_0 [Pa]、体積が V_0 [m³]) であった。気体定数を R [J/(mol·K)] とし、1 molの単原子分子理想気体の内部エネルギー U [J] は $U = \frac{3}{2}RT$ であることを用いてよい。(1)~(5) は、 p_0 、 V_0 、 R の中から必要な記号を用いて答えよ。(6) は数値で答えよ。

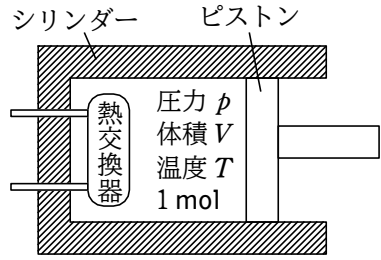


図1

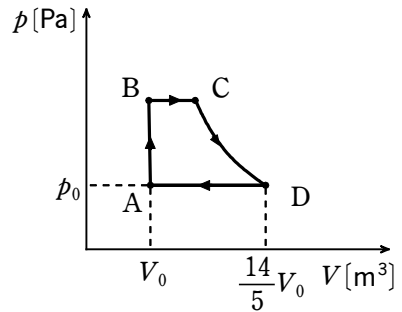
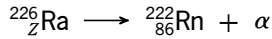


図2

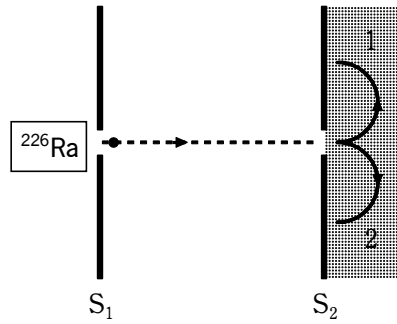
- (1) 状態 A の気体の温度 T_A [K] を求めよ。
- (2) 状態 A の気体に対して、体積を一定に保ちながら、熱交換器を通して熱量 $Q_{AB} = 2p_0V_0$ [J] を加えると、図2の状態 B に変化した。状態 B の気体の温度 T_B [K] と圧力 p_B [Pa] を求めよ。
- (3) 状態 B の気体に対して、圧力を一定に保ちながら、熱交換器を通して熱量 $Q_{BC} = 4p_0V_0$ [J] を加えると、図2の状態 C に変化した。状態 C の気体の温度 T_C [K] と体積 V_C [m³] を求めよ。
状態 C の気体はその後、圧力が p_0 になるまで断熱膨張し、図2の状態 D に変化した。状態 D の気体の体積 V_D [m³] は $\frac{14}{5}V_0$ であった。その後、状態 D の気体に対して、圧力を一定に保ちながら、熱交換器を通して外に熱を捨てると、図2のように最初の状態 A に戻った。
- (4) 状態変化 C → D の間に気体が外にする仕事 W_{CD} [J] を求めよ。
- (5) 状態変化 D → A の間に外に捨てた熱量 Q [J] を求めよ。
- (6) 状態変化 A → B → C → D → A で構成されるサイクルで作動する熱機関の熱効率 e を求めよ。

- 3 原子は正電荷をもつ原子核と、それを取り囲む負電荷をもつ電子で構成されている。さらに、原子核は正電荷をもつ と、電荷をもたない の2種類の粒子(核子)から成っている。原子核に含まれる の数は原子核を取り囲む電子の数と等しく、この数を という。また、原子核を構成する2種類の粒子(核子)の総数を という。

自然界に存在するほとんどの原子核はきわめて安定であるが、一部の不安定な原子核は放射線を出して安定な原子核になろうとする。以下に示す原子核反応式はラジウムの原子核が α 粒子を放出してラドンの原子核に変化する過程(α 崩壊)を示している。



- (1) 上の文中の に適当な語句を入れよ。
- (2) α 粒子を構成する核子の数は何個か。
- (3) 上の原子核反応式で Z はいくらか。
- (4) 上の原子核反応において、 ${}^{226}\text{Ra}$ の半減期は 1.6×10^3 年である。最初にあった ${}^{226}\text{Ra}$ 原子の数が8分の1になるのは何年後か。
- (5) 上の原子核反応で放出される α 粒子のエネルギーを図のような装置を用いて測定する。この装置は、穴の開いた2枚の板 S_1 、 S_2 を置き、板 S_1 の穴を通った α 粒子を、板 S_2 に開いた穴からその右側の一様な磁場を加えた領域に打ち出す装置で、真空中に置かれている。一様な磁場の向きは紙面に垂直で、紙面の表から裏の向きであり、その磁束密度を $B[\text{Wb/m}^2]$ とする。また、 α 粒子が板 S_2 の穴に入射するときの速度を $v[\text{m/s}]$ とする。



- (a) 磁場を加えた領域に入ったあと、 α 粒子は1と2のどちらの軌跡をたどるか。
- (b) 磁場を加えた領域に入ったあと、 α 粒子は図のような半円の軌道にそって運動する。その半径と α 粒子の運動エネルギーの関係を説明せよ。