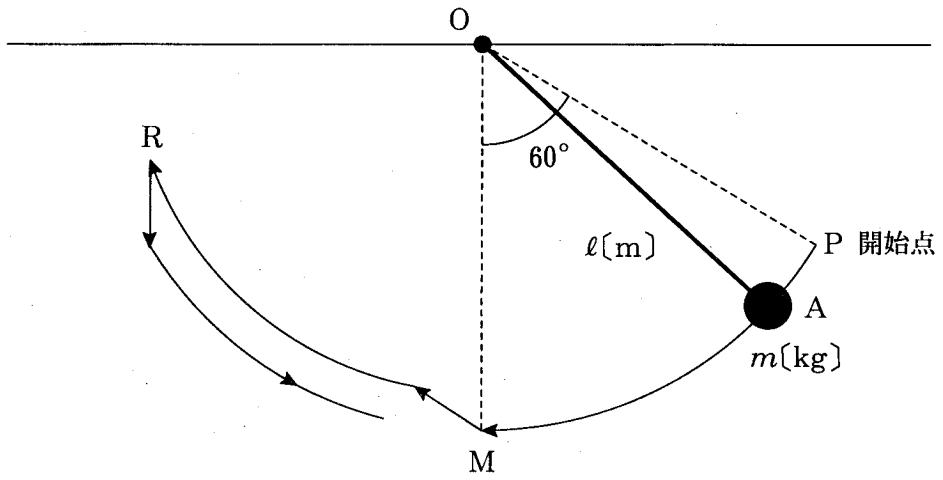


物 理

1 次の文章を読み、(1)から(5)に答えよ。

ブランコの原理を考えよう。図のように、質量 m [kg] の物体 A が長さ l [m] の糸で固定点 O につながれている。物体 A には精巧な仕掛けと電池が組み込まれていて、物体 A は最下点 M を通過した瞬間(この時の糸の張力を T_M [N] とする)から、しばらくの間、 T_M [N] の張力で $\frac{1}{10} l$ [m] だけ糸を物体 A の中へ引き込み、その後、振れの最大点 R に到達し、速さが 0 になった瞬間に張力を 0 とし、 $\frac{1}{10} l$ [m] だけ糸を物体 A の外へ出すという動作をする。いま、物体 A を手に持って、 $\angle POM$ が 60° となる開始点 P に物体 A を停止させてから手を離れたとすると、物体 A は右図のように動いていく(図中の矢印が動きを示している)。ここで物体 A の大きさ、空気の影響、糸の質量は無視できるものとし、糸ののびちみや、たるんでいた糸が急にピンと張る点での物体 A の運動エネルギーの減少は考えないこととする。また重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。

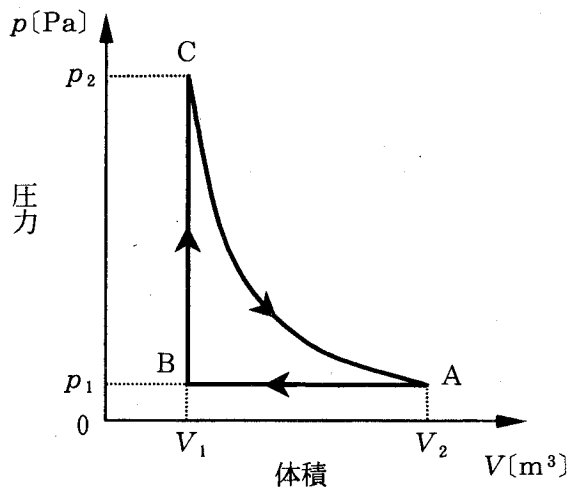
- (1) 最初に最下点 M を通過するときの糸の張力 T_1 [N] を、このときの物体 A の速さ v_1 [m/s] と m , l , g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (2) 最初に最下点 M を通過するときの物体 A の速さ v_1 [m/s] を m , l , g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (3) 2 度目に最下点 M を通過するときの物体 A の速さ v_2 [m/s] を m , l , g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (4) 増加した力学的エネルギーはどこから供給されたか。
- (5) 実際のブランコでは人が立ち上がる動作としゃがむ動作を行っている。これらは、それぞれ最下点 M、振れの最大点 R のどちらの動作に対応するか。



2 次の文章を読み、1)から4)に答えよ。

図のように、体積を自由に变化させることのできる球に入った n (mol) の気体が、状態 A (体積 V_2 [m³], 圧力 p_1 [Pa], 温度 T_A [K]), 状態 B (体積 V_1 [m³], 圧力 p_1 [Pa], 温度 T_B [K]) および状態 C (体積 V_1 [m³], 圧力 p_2 [Pa], 温度 T_C [K]) の間を状態変化する。気体は単原子分子で比熱一定の理想気体であり、気体定数を R [J/mol · K] とする。このとき、定積モル比熱は $c_v = \frac{3}{2} R$ [J/mol · K] である。また、球の質量および熱容量は無視し、 $V_2 > V_1$ および $p_2 > p_1$ とする。

- 1) 状態 A から状態 B へ定圧変化したとき、気体の内部エネルギーの変化量 $\Delta U_{A \rightarrow B}$ [J] を V_1, V_2, p_1, p_2 のうち必要な記号を用いて表せ。
- 2) 状態 C から状態 A へ可逆断熱変化したとき、気体のする仕事 $W_{C \rightarrow A}$ [J] を V_1, V_2, p_1, p_2 のうち必要な記号を用いて表せ。
- 3) 状態 A → 状態 B → 状態 C → 状態 A のような一連の過程を行ったとき、 T_A, T_B, T_C を高い方から順に並べよ。
- 4) 電圧 E [V] の定電圧直流電源と電気抵抗 r [Ω] の電熱線を用いると、体積一定のもとで気体の温度を ΔT [K] だけ上昇させるのに t [s] の時間がかかった。そのときの r を $E, n, R, t, \Delta T$ で表せ。



3 次の文章を読み、(問1)から(問6)に答えよ。

図3-1に示すような N 巻きのコイル、抵抗、コンデンサーおよびスイッチが接続されている回路を用いて、実験1から実験3を行った。コイルは電磁石の磁極の間に挟まれており、電磁石はコイルを貫く磁束を変化できるようになっている。また、電磁石が作る磁界はコイル面に対して垂直で一様である。コイルの断面積を A [m²]、コンデンサー①および②の容量を C_1 [F]、 C_2 [F] とし、実験を始める前には、コンデンサー①および②に電荷は蓄えられていないとする。また、導線の抵抗値は無視せよ。

実験 1

最初にスイッチ S_1 を閉じ、スイッチ S_2 を開いた。次に、図3-2に示すように、磁極間の磁束密度 B [T] を一定の割合で変化させた。 t_0 [s] を経過した後、コンデンサー①の両端の電圧が一定になったので S_1 を開いた。 S_1 を開いた後のコンデンサー①の両端の電圧の絶対値は V_1 [V] であった。その後、時間 t_1 [s] ($t_1 > t_0$) で磁極間の磁束密度を B_1 [T] で一定にした(以後、実験3の終了まで、 B_1 [T] に保つ)。

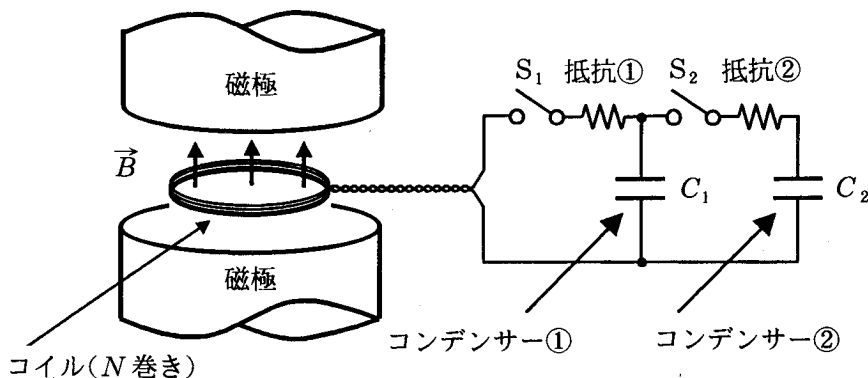


図3-1 実験回路

実験 2

次に、 S_1 を開いたままにして S_2 を閉じたところ、コンデンサー①の電圧の絶対値が V_1 [V] から減少し、充分時間を経た後には V_2 [V] になった。

実験 3

再び S_2 を開き、 S_1 を閉じたところ、コイルには図 3-3 に示すような電流が一方向に流れ、充分時間を経過した後は 0 になった。

(問 1) 実験 1 において、 V_1 を N , A , B_1 , t_1 を用いて表せ。

(問 2) 実験 2 において、 V_2 を V_1 , C_1 , C_2 を用いて表せ。

(問 3) 実験 2 において、 S_2 を閉じる前にコンデンサー①に蓄えられていたエネルギー E_1 を V_1 , C_1 を用いて表せ。

(問 4) 実験 2 において、 S_2 を閉じる前にコンデンサー①に蓄えられていたエネルギーの一部は、 S_2 を閉じた後に抵抗②で消費される。抵抗②で消費されたエネルギー E_2 を V_1 , C_1 , C_2 を用いて表せ。

==== (問 5), (問 6) は次のページにあります。 ====

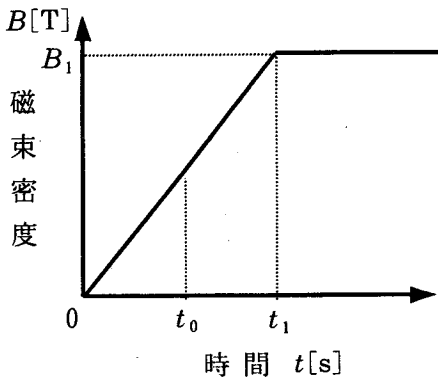


図 3-2 磁極間の磁束密度の変化

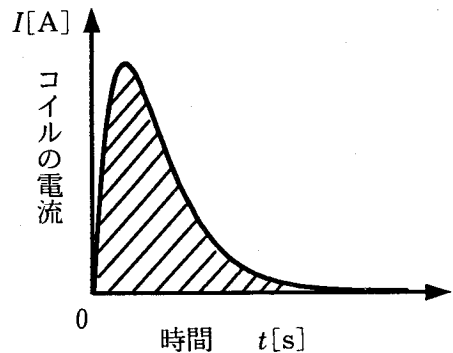


図 3-3 コイルを流れた電流

- (問 5) 実験 3 において、図 3-3 に示された電流が流れているとき(電流値が 0 でないとき)、コイルを流れる電流が磁界から受ける力の方向はどのようになるか。図 3-4 (ア) から (エ) の中から適当なものを選び。ただし、(ア)、(イ) にはコイルを上面から見た図が、(ウ)、(エ) にはコイルを側面から見た図が示されている。また、図中の太い矢印の方向が力の方向を表している。
- (問 6) 実験 3 において、コイルを流れる電流を表す曲線と時間軸で囲まれる部分(図 3-3 の斜線の部分)の面積を求めたところ、 U [$A \cdot s$] になった。 U を C_1 , V_2 を用いて表せ。

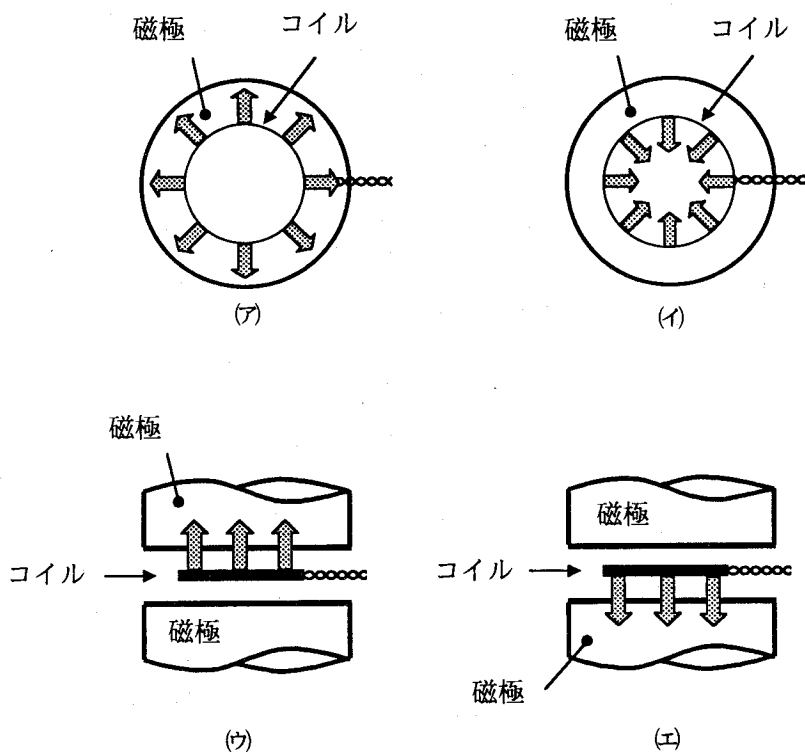


図 3-4 コイルに働く力の選択肢

4 次の [] に当てはまる記号，語句や数字を記入せよ。

^{137}Cs には，陽子が [(あ)] 個，中性子が [(い)] 個ある。 ^{137}Cs の半減期は約 30 年(以下の計算では 30 年ちょうどとする)で， ^{138}Cs の半減期は約 2 年(以下の計算では 2 年ちょうどとする)である。これらの放射性同位体で汚染された土を調べたところ， ^{137}Cs の放射能の強さは， ^{138}Cs の 2 倍であった。この土を密閉保管し，30 年たつと， ^{137}Cs の放射能の強さは現在の [(う)] 分の 1 となり， ^{138}Cs の放射能の強さは， ^{138}Cs の [(え)] 倍となる。

^{137}Cs は β 崩壊(β^- 崩壊)をおこして，大部分はエネルギーの高い状態(励起状態)の [(お)]
[(か)] Ba となる。これはさらに， [(き)] 線を出して安定な状態

(基底状態)の [(お)]
[(か)] Ba となる。 β 崩壊(β^- 崩壊)のときに発生する粒子は

[(く)] とニュートリノである。

^{214}Po は， [(け)] 崩壊をおこして， ^{214}Pb になる。このときに放出されるものは， [(け)] 線といい， [(こ)] の原子核である。