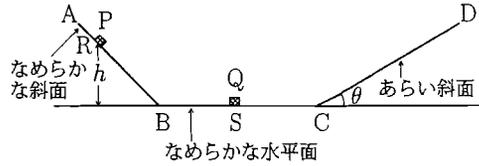


物 理 3 0 1 その 1

第1問 図のように、なめらかな水平面 BC の左側になめらかな斜面 AB がつながっており、また水平面の右側には水平面と角度 θ をなす動摩擦係数 μ' のあらい斜面 CD がつながっている。斜面 AB 上の水平面 BC からの高さ h の点 R に質量 m の小物体 P を、水平面 BC 上の点 S に質量 M の小物体 Q をおく。ここで、 $m < M$ であり、水平面 BC を位置エネルギーの基準の高さ 0 とする。空気抵抗は無視でき、重力加速度の大きさを g とし、面 ABCD 上の小物体の運動について以下の問いに答えよ。



- [1] 点 R から小物体 P を静かにはなした。P は斜面 AB から水平面 BC へ進み、BC 上の点 S で Q に一直線上の弾性衝突をした。
- 問 1 点 S で Q に衝突する直前の P の速度 u_0 を g と h を用いて表せ。

[式と計算]

| | |
|---|--|
| 答 | |
|---|--|

- 問 2 衝突直後の P の速度 U 、Q の速度 V 、およびこの衝突で Q が得た力学的エネルギー E_0 を m 、 M と u_0 を用いて表せ。

[式と計算]

| | | |
|---|-------|--|
| 答 | U | |
| | V | |
| | E_0 | |

- [2] 衝突後、Q はなめらかな水平面 BC 上を進み、C に達した。この時刻を $t = 0$ とする。Q は C からあらい斜面 CD 上を進み、時刻 t_1 に C から距離 L の最高点に達し、速度が 0 となった。この間の Q の運動を考える。

- 問 3 $0 < t < t_1$ の時刻 t での Q の速度 v を V 、 g 、 θ 、 μ' と t を用いて表せ。また摩擦力の仕事率 P を v 、 M 、 g 、 θ と μ' を用いて表せ。

[式と計算]

| | | |
|---|-----|--|
| 答 | v | |
| | P | |

- 問 4 時刻 t_1 および距離 L を V 、 μ' 、 g と θ を用いて表せ。また時刻 t_1 での Q の力学的エネルギー E_1 を L 、 M 、 g と θ を用いて表せ。

[式と計算]

| | | |
|---|-------|--|
| 答 | t_1 | |
| | L | |
| | E_1 | |

- 問 5 Q が最高点に達するまでの間に摩擦力のした仕事を W とする。 W を L 、 M 、 g 、 θ と μ' を用いて表した式 I、および W を E_0 と E_1 を用いて表した式 II を求めよ。

[式と計算]

| | | |
|---|----|--|
| 答 | I | |
| | II | |

物 理 301 その2

第2問 図1のように断面積 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 、巻数 1.0×10^3 回のソレノイド(コイル)を固定しておく。コイルの両端には負荷抵抗 4.0Ω および検流計を直列につなぐ。検流計は電流の大きさおよび方向を知ることができ、図1の a から b への電流を正の向きとする。コイルの左側のなめらかで水平な床の上に磁石を置き、コイルの面に垂直に一様な磁場をかける。コイルにおいて右向き(磁束密度 B [T])を正とする。磁石を左右に往復させ、図2に示すように磁束密度を時間変化させた。時刻 0.05 s から 0.25 s 、 0.35 s から 0.55 s 、 0.65 s から 0.85 s において、磁束密度の時間変化は直線的である。次の問いに答えよ。ただしコイルの抵抗、検流計の内部抵抗、空気抵抗および磁石の質量は無視できるものとする。

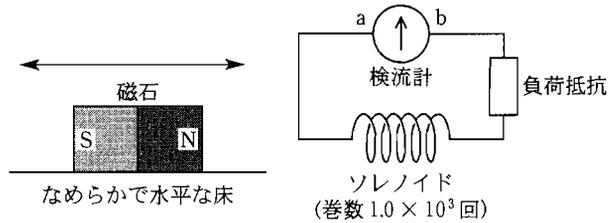


図1

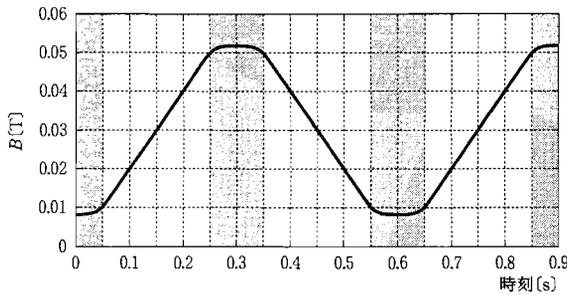


図2

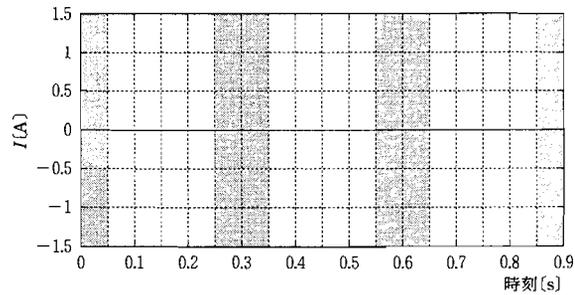


図3

問1 時刻 0.05 s から 0.25 s の間、 0.35 s から 0.55 s の間、 0.65 s から 0.85 s の間において、検流計に流れる電流を図3に実線で示せ。

[式と計算]

問2 時刻 0.05 s から 0.25 s の間に負荷抵抗で消費する電力、負荷抵抗で発生するジュール熱の大きさを求めよ。

[式と計算]

| | | |
|---|-------|--|
| 答 | 消費電力 | |
| | ジュール熱 | |

問3 磁石をコイルに近づけ、コイルにおける磁束密度が時間とともに増加するとき、磁石には左向きの力が加わる。コイルを流れる電流が作る磁場の向きを考慮して、左向きの力が生じる理由を50字以内で答えよ。

| | |
|--|----|
| | 25 |
| | 50 |

問4 磁石をコイルに近づけると、磁石に右向きの外力を加えなくてはならない。この外力のする仕事と負荷抵抗で発生するジュール熱にはどのような関係があるか。関係を説明する法則の名前をあげ、50字以内で説明せよ。

| | |
|--|----|
| | 25 |
| | 50 |

問5 時刻 0.05 s から 0.25 s の間に磁石は 0.40 m 移動した。このときの外力の平均値を求めよ。

[式と計算]

| | |
|---|--|
| 答 | |
|---|--|

| | | |
|----|--|---|
| 小計 | | 点 |
|----|--|---|

物 理 3 0 1 その 3

第3問 図1のように、断面積 S の断熱容器に断熱性のなめらかなピストンをはめ、自然長 l_0 のばねを取り付ける。ピストンの左側は単原子理想気体 A が封入されて気密に保たれ、ヒーターで気体 A を加熱することができる。右側は大気 B と接しており、大気圧は p_0 である。最初、気体 A の圧力は大気圧と等しく、ばねの長さは $2l_0$ でピストンはストッパーに接して止まっていた。ばね、ヒーター、ストッパーの体積と熱容量は無視できる。気体定数を R 、ばね定数は温度によらず一定として、次の問いに答えよ。

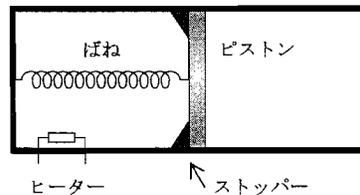


図1

[1] ヒーターのスイッチを入れて気体 A を加熱したところ、気体の圧力が $2p_0$ になったときピストンが動き始めた。図2は気体の圧力 p と体積 V のグラフで、この過程 I における気体の状態変化を示している。

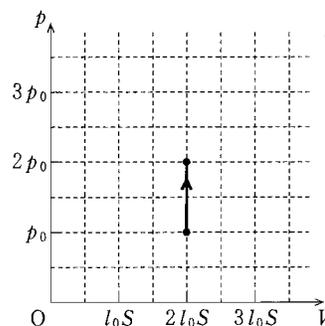


図2

問 1 ばね定数を求めよ。

[式と計算]

| | |
|---|--|
| 答 | |
|---|--|

[2] さらに気体 A を加熱し続けるとピストンがゆっくり移動し、ばねの長さが $3l_0$ となった時に加熱を止めた。この時、気体 A の圧力は $3p_0$ であった。以下、ピストンが動き始めてから加熱を止めるまでの間の過程 II について考える。

問 2 ピストンに働く力のつりあいの式から、気体 A の圧力 p とばねの長さ l の間に成り立つ関係式を求めよ。また、過程 II における気体 A の圧力 p と体積 $V (= lS)$ の関係を図2に実線で示せ。

[式と計算]

| | |
|---|--|
| 答 | |
|---|--|

問 3 過程 II において気体 A がした仕事を求めよ。

[式と計算]

| | |
|---|--|
| 答 | |
|---|--|

問 4 過程 II において気体 A の内部エネルギーはどれだけ増えたか。ただし、単原子理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ である。

[式と計算]

| | |
|---|--|
| 答 | |
|---|--|

問 5 過程 II においてヒーターにより気体 A に加えられた熱量を求めよ。

[式と計算]

| | |
|---|--|
| 答 | |
|---|--|

| | |
|-----|---|
| 小 計 | 点 |
|-----|---|