

デザイン工学部A方式Ⅱ日程・理工学部A方式Ⅱ日程  
生命科学部A方式Ⅱ日程

## 3 限 理 科 (75 分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～16
生 物	18～23

## 〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 生物は生命科学部(生命機能学科植物医科学専修・環境応用化学科)を志望する受験生のみ選択できる。デザイン工学部(建築学科), 理工学部(電気電子工学科・経営システム工学科・創生科学科)を志望する受験生は選択できない。
4. 試験開始後の科目の変更は認めない。

# (物 理)

注意 1. 解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入すること。

注意 2. 解答を導くために必要な式も解答用紙に書いておくこと。

〔 I 〕 一様な断面積  $A$  の鉛直に固定された細い U 字管内に液体が入っている。この液体が一体となって管内を往復し、両端の液面が上下する運動を考える。管内での液体の長さは  $L$ 、密度は  $\rho$  である。重力加速度の大きさを  $g$  とし、管と液体との摩擦は無視できるものとする。

1. この液体の質量を求めよ。

図 1 に示すように、左右の液面が等しい高さにある平衡状態から一方の液面が  $x$  だけ下がると、他方の液面は  $x$  だけ押し上げられる。このとき、液体には左右の液面が等しい高さにある平衡状態に戻そうとする復元力が働く。

2. この復元力の大きさを求めよ。

復元力の大きさは液面の平衡状態からの変位  $x$  に比例するので、この液面が上下する運動は、U 字管内の液体と等しい質量をもつ質点がばねにつながれて単振動する場合と同様の方程式で表すことができる。

3. この単振動をもたらすばねのばね定数を求めよ。

4. 液面が上下する運動の振動数を求めよ。

5. この振動数は、長さ  $L$  のひもでつるした振幅の小さな単振り子の振動数の何倍か。

このU字管内の液体が、左右の液面の高さの差が最大で $2H$ となる単振動を行っていて、ある瞬間に左右の液面が同じ高さにそろった。このとき、

- 管内の液体を質点とみなして、その運動エネルギーを求めよ。
- 液面が上昇あるいは下降する速さを求めよ。

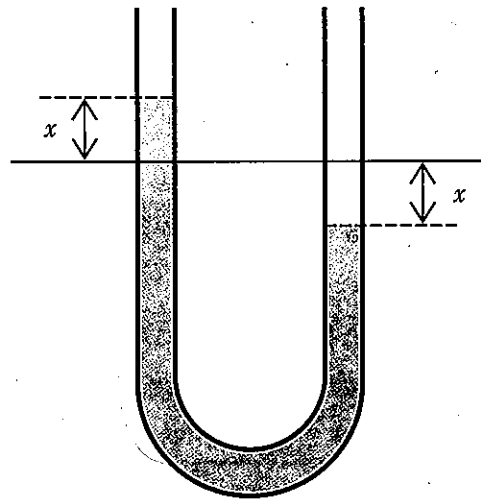


図1

〔Ⅱ〕 図2-1に示す回路について、問いの答えを数値で解答欄に記入せよ。

抵抗  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  の抵抗値はそれぞれ  $10\ \Omega$ ,  $80\ \Omega$ ,  $30\ \Omega$  である。平行板コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  の極板の面積は等しく、じゅうぶんに広い。また、極板間隔はじゅうぶんに狭い。 $C_1$  は、上下の極板を平行に保ったまま、極板間隔を変化させることができ、電気容量は可変である。これに対して  $C_2$  の電気容量は  $30\ \mu\text{F}$  に固定されている。電池  $E$  は起電力  $12\ \text{V}$  で内部抵抗が無視できるとする。 $S$  はスイッチである。

はじめ、 $C_1$  の電気容量は、 $6.0\ \mu\text{F}$  であった。このとき

- (a) KN 間のコンデンサーの合成容量はいくらか。
- (b)  $C_1$  の極板間隔は、 $C_2$  の極板間隔の何倍か。

$C_1$  の極板間隔を変化させた後、図2-2に示すように、その極板面積の半分にあたる極板間に比誘電率  $3.0$  の誘電体を満たしたところ、 $C_1$  の電気容量は  $20\ \mu\text{F}$  になった。このとき、

- (c) 誘電体を満たした部分のコンデンサーの電気容量はいくらか。
- (d)  $C_1$  の極板間隔は、 $C_2$  の極板間隔の何倍か。

このように  $C_1$  の電気容量を  $20\ \mu\text{F}$  とした状態で、図2-1に示す回路を考える。

はじめ  $S$  は開いており、 $C_1$ ,  $C_2$  にたくわえられている電気量は  $0$  であった。

- (e)  $S$  を閉じた瞬間、 $R_1$  に流れる電流はいくらか。
- (f)  $S$  を閉じた後、じゅうぶん時間が経過した。LN 間の電位差はいくらか。

$C_1$ ,  $C_2$  は直列に接続されるため、それぞれのコンデンサーには、たがいに等しい電気量がたくわえられる。

- (g)  $C_2$  にたくわえられた電気量はいくらか。
- (h) MN 間の電位差はいくらか。

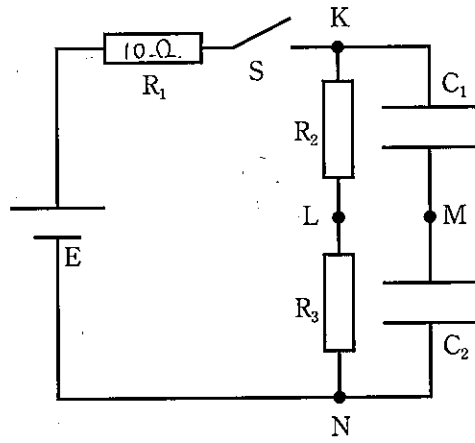


図 2 - 1

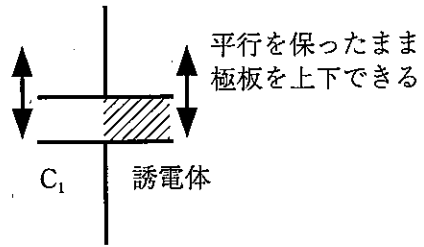


図 2 - 2

〔Ⅲ〕 つぎの文を読み、以下の問いに答えよ。

図3-1のように、断熱材で囲まれた容器と熱容量の無視できる温度計および温度を一様にするために使われるかき混ぜ棒からなる熱量計がある。熱量計の容器に水、金属物体、ニクロム線、氷を出し入れするとき、外部との熱の出入りはないものとする。

空の容器に質量  $M$  [g]、温度  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水を入れると容器内の温度は  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  で一定となった。

- (1) 容器の熱容量を  $C$  [J/K]、水の比熱を  $H$  [J/(g·K)] とするとき、水を入れる前の容器の温度を  $C$ 、 $M$ 、 $H$  を用いて表せ。

つぎにこの容器に質量  $m$  [g]、温度  $31\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水をさらに加えると、容器内の温度は  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$  で一定となった。

- (2) 容器の熱容量  $C$  を  $H$ 、 $M$ 、 $m$  を用いて表せ。

さらに図3-2のように金属物体を、熱容量の無視できる糸でつり下げて容器に入れた。しばらくすると容器内の温度は  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  で一定となった。

- (3) このとき金属物体が失った熱量を  $m$  と  $H$  を用いて表せ。

この状態を保ち、図3-3のように容器に抵抗値  $R$  [ $\Omega$ ] のニクロム線を入れ、電源、電流計、スイッチを接続した。ニクロム線と容器内の配線部の熱容量は無視でき、ニクロム線の抵抗値は常に一定で、そこに流れる電流はすべて熱に変わるものとする。

- (4) ニクロム線に電流が流れることで発生する熱を何とよぶか。

スイッチを入れると回路には一定電流  $I$  [A] が流れた。スイッチを入れてから時間  $T$  [s] の後にスイッチを切ったところ、容器内の温度は  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  上昇した。

- (5) ニクロム線で発生した熱量  $Q$  [J] を  $I$ 、 $R$ 、 $T$  を用いて表せ。  
(6) 金属物体の熱容量を  $Q$ 、 $m$ 、 $H$  を用いて表せ。

つぎに容器から金属物体を取り出し、代わりに  $-10^{\circ}\text{C}$  の氷を入れて、容器内の温度を  $15^{\circ}\text{C}$  にしたい。

(7) 氷の比熱を  $S[\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$ 、氷の融解熱(固体から液体へ変化させるのに必要な熱量)を  $F[\text{J}/\text{g}]$  として、必要な氷の質量を  $m$ 、 $H$ 、 $S$ 、 $F$  を用いて表せ。

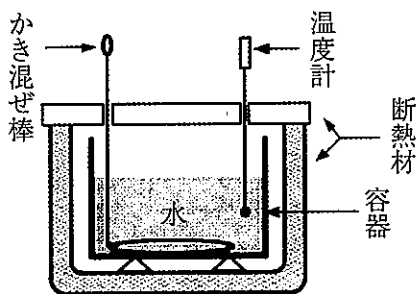


図 3 - 1

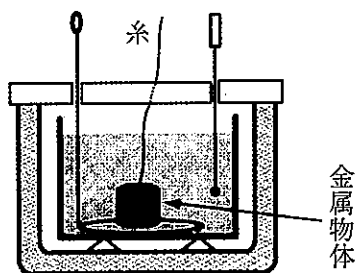


図 3 - 2

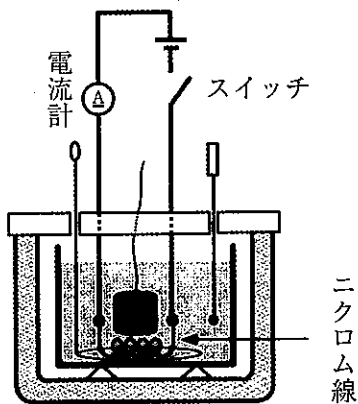


図 3 - 3

〔IV〕 図4に示すように、一端を固定したばね定数 $k$ のばねにとりつけた質量 $3m$ の小物体Pを、なめらかで水平な面1上でばねが自然長となる点Oにおき、これに接して質量 $m$ の小物体Qをおいた。なめらかで水平な面2上には質量 $3m$ の長い台車Rが、端点Cを面1の端点Bに接しておかれている。Rの上の面3は摩擦のある粗い水平面で、面1と同じ高さにある。ばねが長さ $a$ だけ縮んで、Pが点Aに達するまでQを押してから手をはなすと、QはPに押されて面1上をすべりだし、端点Bでもその速さは変化することなく、面3上に移った。Qは引き続き面3上をすべり続け、同時にRも面2上をすべりだした。やがてQは面3上の点Dで停止し、以後、Rと一体となって動いた。面3とQの間の動摩擦係数を $\mu$ 、重力加速度の大きさを $g$ とする。

- (イ) Pから離れる瞬間でのQの速さを求めよ。
- (ロ) ばねの自然長からの伸びの最大値は $a$ の何倍になるかを求めよ。
- (ハ) Qを押し出した後、Pは面1上で振動しはじめた。その周期を求めよ。
- (ニ) 面3上をすべっているQにはたらく摩擦力の大きさを求めよ。
- (ホ) 面2上をすべりだしたときのRの加速度の大きさを求めよ。
- (ヘ) Qが点Dで停止した後、Qと一体となったRが面2上をすべる速さは、Qが面3に移ったときの速さの何倍かを求めよ。
- (ト) Qが点Dで停止するまでに摩擦によって失われたエネルギーは、面3上に移り移る直前のQの力学的エネルギーの何%にあたるかを求めよ。
- (チ) 点Cと点Dの間の距離 $l$ と $a$ の関係を表す式を求めよ。



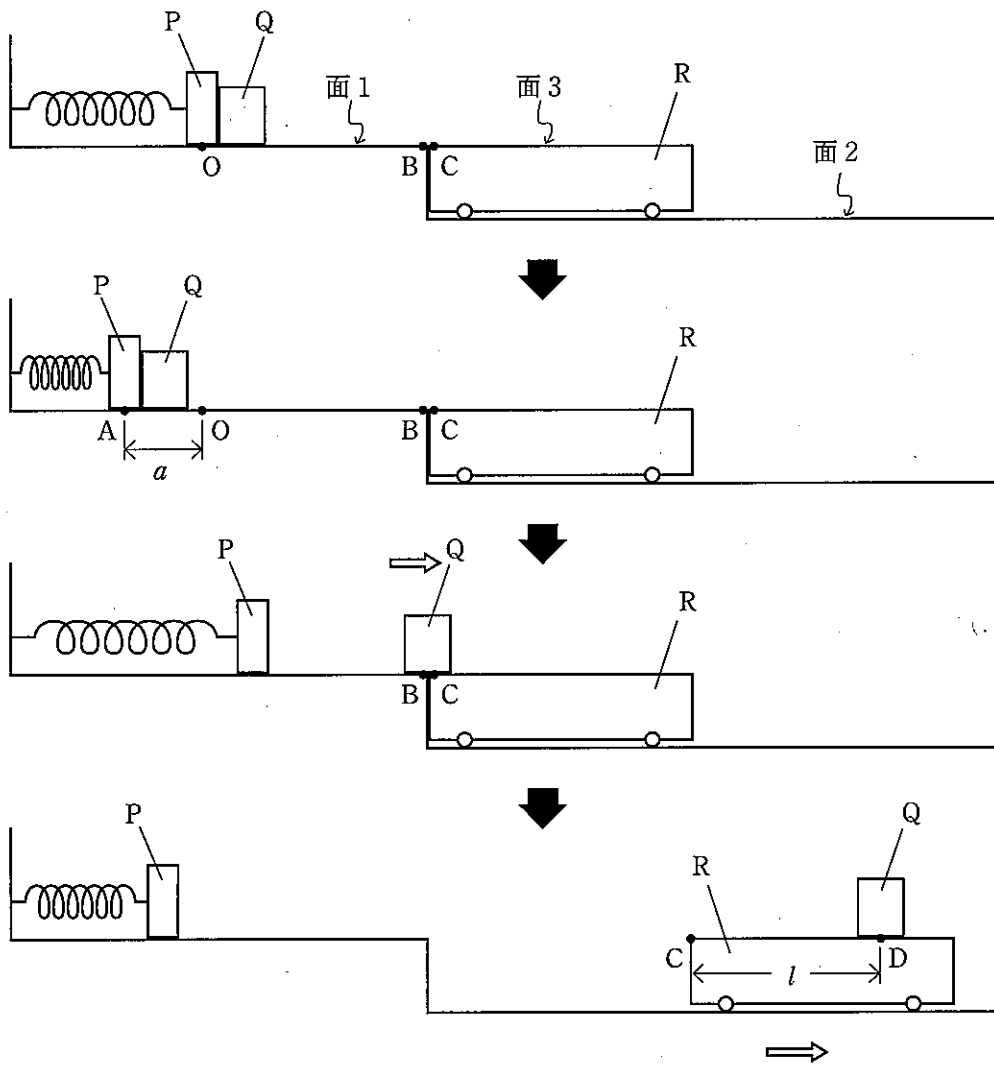


图 4