

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	10～18
生 物	20～30

〈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. 志望学部・学科によって選択できる科目が決まっているので注意すること。

志望学部(学科)	受験科目
デザイン工学部(建築)	物理または化学
理工学部(電気電子工・経営システム工・創生科)	
生命科学部(環境応用化・応用植物科)	物理, 化学または生物

4. 科目の選択は、受験しようとする科目の解答用紙を選択した時点で決定となる。  
一度選択した科目の変更は一切認めない。

# (物 理)

注意 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入すること。

解答用紙の余白は計算に使用してもよいが、採点の対象とはしない。

〔 I 〕 以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

エレベーターの中で、天井から軽いばねで質量  $m$  の小物体  $A$  がつるされており、エレベーター内の人  $A$  の運動を観測している。以下では、すべて、エレベーター内の観測者から見た運動を考える。

はじめに、エレベーターが静止状態にある場合を考える。 $A$  が静止しているとき、ばねの自然の長さからの伸びは  $d$  であった。

1 ばねのばね定数を求めよ。

その後、 $A$  を静止している位置からさらに距離  $d$  だけ下方に引き下げ、静かにはなすと  $A$  は振動を始めた。

2  $A$  をはなしてから、 $A$  が最高点に達するまでの時間を求めよ。

つぎに、図 1 のようにこのエレベーターが鉛直下向きに一定の大きさ  $a$  の加速度で下降している状態にある場合を考える。ただし、 $0 < a < g$  とする。

3 はじめ  $A$  は  $O$  点で静止している。このとき、ばねの自然の長さからの伸びを求めよ。

この後、 $A$  を  $O$  点から下へ引き下げ、自然の長さからの伸びが  $2d$  になったところで静かにはなすと、 $A$  は振動を始めた。

4  $O$  点を原点として下向きに  $X$  軸をとり、力は下向きを正とする。 $A$  が座標  $x$  の位置にあるとき、 $A$  にはたらく力の合力を  $d$ 、 $g$ 、 $m$ 、 $x$  を用いて表せ。

5  $A$  をはなしてから、 $A$  の速さが下向きで最大となるまでの時間を求めよ。

6 このときの  $A$  の速さを求めよ。

- 7 Aの加速度の大きさの最大値を求めよ。
- 8 小問2でAが最高点に達したときの加速度の大きさと、小問7で求めた加速度の大きさはどちらが大きいか。小問2の場合は2，小問7の場合は7，の数字で答えよ。

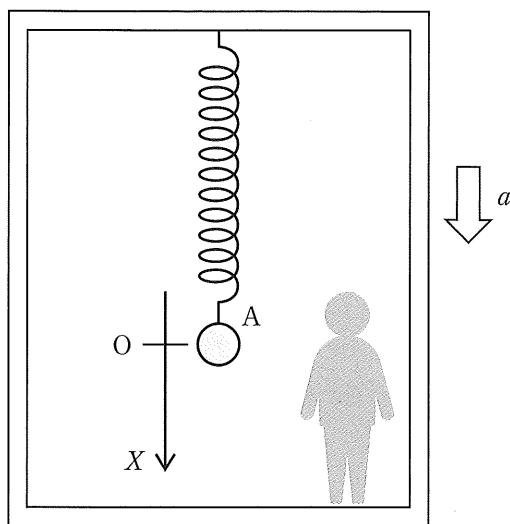


図1

## 物理

〔Ⅱ〕 図2-1のように、極板A, Pは平行板コンデンサーを構成し、起電力 $V$ の電池とスイッチが導線で接続されている。極板Aは垂直な壁に固定され、極板Pはなめらかで水平な床の上に垂直に置かれ、ばね定数 $k$ のばねにより壁につながれている。極板の面積はじゅうぶん大きく両方とも $S$ であり、コンデンサーは、はじめ帯電していない。水平方向に $X$ 軸をとり、スイッチが開いているときの極板Pの位置を原点とし、極板Aの位置を $d$ とする。空気の誘電率は $\epsilon$ である。このとき、

(a) この平行板コンデンサーの電気容量を $S, \epsilon, d$ を用いて表せ。

スイッチを閉じた。するとコンデンサーに帯電した電荷のクーロン力により、極板Pが床の上を動き出し、図2-2に示すように最終的に極板Aと平行を保ったまま $x$ の位置で静止した。なお、極板Pと床との摩擦、極板が動くことにより伸び縮みする導線の力学的影響は無視できる。

(b) ばねによって極板Pが引っ張られる力の大きさを $k, x$ を用いて表せ。

(c) このときの平行板コンデンサーの電気容量を $\epsilon, d, x, S$ を用いて表せ。

(d) 平行板コンデンサーに帯電した電荷の電気量の大きさを $\epsilon, d, x, V, S$ を用いて表せ。

(e) 平行板コンデンサーを構成する両極板間に生じる電界の強さを $V, d, x$ を用いて表せ。

2つの極板がつくる電界は向きも強さも等しいため、極板間には1つの極板がつくる2倍の強さの電界が生じる。極板Pが受けるクーロン力の大きさは、小問(e)で得られた半分の電界の強さと、極板Pに帯電した電荷の電気量から計算できる点に注意する。

(f) 極板Pが受けるクーロン力の大きさを $\epsilon, d, x, V, S$ を用いて表せ。

(g) ばねの力とクーロン力の関係から $V$ を $x, d, \epsilon, S, k$ を用いて表せ。

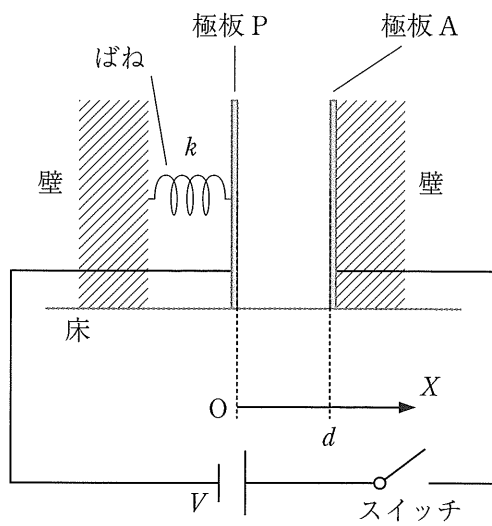


図 2 - 1

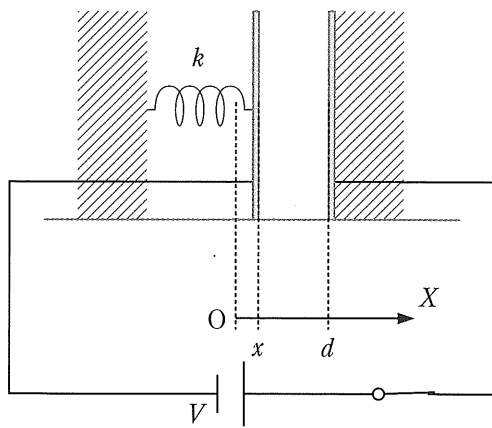


図 2 - 2

## 物理

〔Ⅲ〕 図3のように、長い2本の平行な金属レールを間隔  $l$  だけ離して水平に置き、鉛直上向きに、磁束密度  $B$  の一様な磁界をかける。レールの上に導体棒  $ab$  をのせ、なめらかな滑車を通して質量  $M$  のおもりをつり下げた糸を導体棒  $ab$  の中点につなぎ、おもりを手で支えて落ちないように保持する。回路の電気抵抗は抵抗  $R$  のみである。導体棒や滑車の摩擦および質量、誘導電流がつくる磁界は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$ 、電池の起電力を  $E$  とする。

スイッチ  $S_1$  を開き、スイッチ  $S_2$  を閉じ、おもりを支えていた手をはなしたところ、おもりは下降しはじめた。

- (1) 手をはなした瞬間の導体棒  $ab$  の加速度の大きさを求めよ。
- (2) おもりの速さが  $v$  になったとき、抵抗  $R$  を流れる電流の大きさを求めよ。
- (3) このとき導体棒が磁界から受ける力の大きさを求めよ。

しばらくすると、おもりの速さが一定となった。

- (4) このとき  $ab$  間に発生する誘導起電力の大きさ  $V_1$  を求めよ。

つづいて、スイッチ  $S_1$  を閉じ、 $S_2$  を開いた。しばらくすると、おもりは上昇しはじめ一定の速さとなった。

- (5) このとき  $ab$  間に発生する誘導起電力の大きさ  $V_2$  を、 $E$ 、 $V_1$  を用いて表せ。
- (6) 単位時間あたりおもりが得る力学的エネルギー  $W$  を  $E$ 、 $R$ 、 $V_1$  を用いて表せ。
- (7) 抵抗  $R$  を  $E$ 、 $V_1$ 、 $W$  を用いて表せ。
- (8) 電池が供給する電力を  $W_E$  とするとき、エネルギー変換効率  $(W/W_E)$  を  $E$ 、 $R$  および抵抗を流れる電流の大きさ  $I$  を用いて表せ。このエネルギー変換効率を高くするにはどうすれば良いか答えよ。

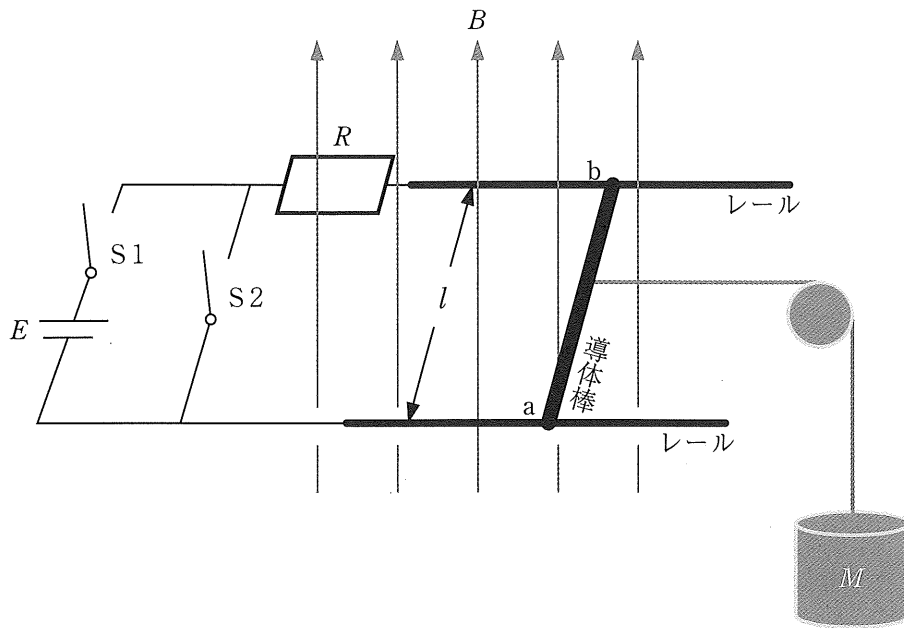


図 3

## 物理

〔IV〕 屈折率の異なる2種類の透明な直方体の媒質1 (屈折率  $n_1$ ) と媒質2 (屈折率  $n_2$ ) を密着させて空気中に置き, 図4-1に示すように入射した光線が境界面に垂直な断面内を進んでいる。空気の屈折率は1としてよく, また媒質中での光損失は無視できるものとする。

- (イ) 媒質1に入射した光線は媒質2との境界ABで一部は反射し, 一部は媒質2に透過する。入射角を  $\alpha$  として  $\sin \alpha$  を屈折角  $\beta$ ,  $n_1, n_2$  を用いて表せ。
- (ロ) 入射角  $\alpha$  を  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  の範囲で変化させたとき, 境界ABで全反射が起こるための  $n_1$  と  $n_2$  の大小関係を不等号を用いて表せ。
- (ハ) 境界ABで全反射が起こるときの臨界角を  $\alpha_0$  として,  $\sin \alpha_0$  を  $n_1, n_2$  を用いて表せ。

図4-2は屈折率の異なる2種類の透明な媒質1と媒質2からなる円柱状の二重構造をした光ファイバーの概念図であり, 中心軸を含む断面内を光線が進む様子を示している。図4-1の結果を用いて, 中心軸に垂直な左側の端面から入射した光線が, 媒質の境界で全反射を繰り返しながら反対側の端面まで到達する条件を調べてみよう。媒質2の内径および外径は一定であり, 光ファイバーはまっすぐに置かれているとしてよい。

- (ニ) 左側の端面への光線の入射角を  $\theta$  とするとき  $\cos \alpha$  を  $\theta$  と  $n_1$  を用いて表せ。
- (ホ) 光線が光ファイバー内で全反射を繰り返して反対側の端面に到達するための  $\sin \theta$  に対する条件を  $n_1, n_2$  を用いて表せ。
- (ヘ)  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  のすべての入射角  $\theta$  に対して境界ABで全反射を起こさせるための条件を  $n_1$  と  $n_2$  を用いて表せ。
- (ト) 光ファイバーの全長を  $L$ , 真空中での光の速さを  $c$  とするとき, 小問(ホ)の条件を満たす光線が左側の端面から反対側の端面に到達するまでに要する時間を  $c, n_1, L, \theta$  を用いて表せ。



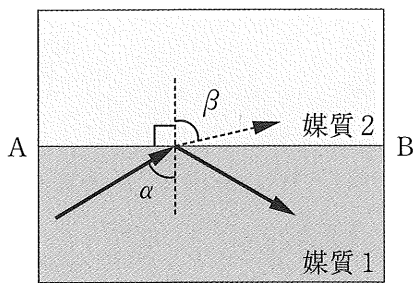


圖 4 - 1

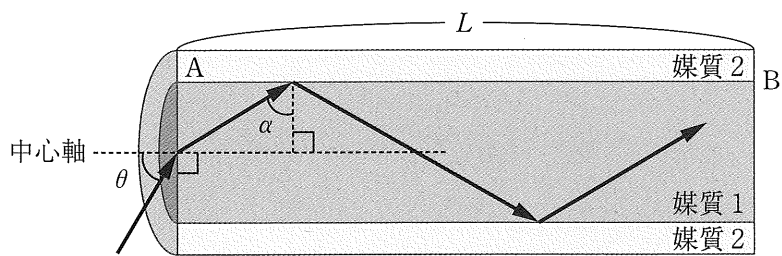


圖 4 - 2