

平成 19 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理 ・ Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物 ・ Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (日) (情文自) 15 : 30—16 : 30

(理・医・工) 15 : 30—17 : 30

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、37 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 16 枚(物理 4 枚、化学 5 枚、生物 3 枚、地学 4 枚)、医学部志望者には 12 枚(物理 4 枚、化学 5 枚、生物 3 枚)、工学部志望者には 9 枚(物理 4 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を選択して解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了時刻まで退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

I

物 理

問題は次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱの2題ある。

解答は、答案紙の所定の欄の中に書け。計算欄には、答えにいたるまでの過程の要点(法則、関係式、論理、計算など)を書け。

物理 問題 I

図1のように、水平な床の上に高さ H の机が固定されている。机の上に、半径 R の半円形の滑らかな内側を持つ厚板が固定されており、半円の両端を結ぶ線分(図2の中の破線)は机の表面の左端と平行である。一方の端に質量 m のおもりをつけたばね(他端は机に対して固定)により、質量 m の小さい円盤 A を机の表面にそって、机の左端に対して垂直右方向に打ち出す。机の表面は区間 PQ を除いて滑らかである。重力加速度を g として以下の問いに答えよ。

- (1) ばねの自然長は l_0 であり、ばね定数は k とする。円盤 A をおもりに接触させてばねを押し縮めてから放して、円盤を打ち出す。円盤がおもりから離れたときの速さは v_0 となった。押し縮めたときのばねの長さ l_1 を求めよ。ただし、ばねはフックの法則に従い、ばねの質量は小さいものとする。
- (2) 速さ v_0 で打ち出された円盤 A は、動摩擦係数 μ' をもつ区間 PQ を通過した。円盤 A が P 点を通過した時刻を $t = 0$ として、時刻 t における円盤 A の速さ v および P 点からの距離 x を区間 PQ において求めよ。
- (3) 円盤 A が Q 点に到達したとき、その速さは $\frac{v_0}{2}$ となった。区間 PQ の長さ L を求め、さらに摩擦力が円盤 A になした仕事 W を求めよ。
- (4) 図2に示す位置(厚板の半円の端)に、質量 $\frac{m}{2}$ の小球 B が置かれていた。円盤 A は Q 点を通過後、小球 B に一直線上で弾性衝突した。衝突直後の円盤 A、小球 B のそれぞれの速さ v_A 、 v_B を求めよ。
- (5) 衝突後に小球 B は速さ v_B を得て、厚板の半円にそって運動した。厚板が小球 B から受ける力の大きさ F_B を v_B を用いて表せ。
- (6) 小球 B は速さ v_B で厚板から離れ、水平面上を左方向に運動した後、机の左端から飛び出し、床との衝突を経て、机から距離 S だけ離れた鉛直の柔らかな壁に衝突し、めり込んだ。高さ H で壁に衝突する場合の v_B をすべて求めよ。ただし、床面は滑らかで小球 B に対するはね返り係数は 1 である。

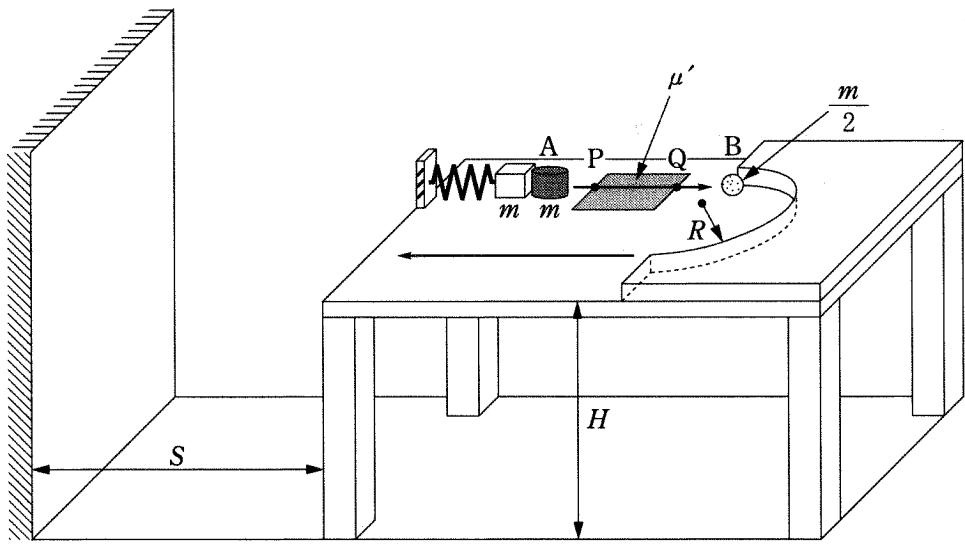


図1 見取り図

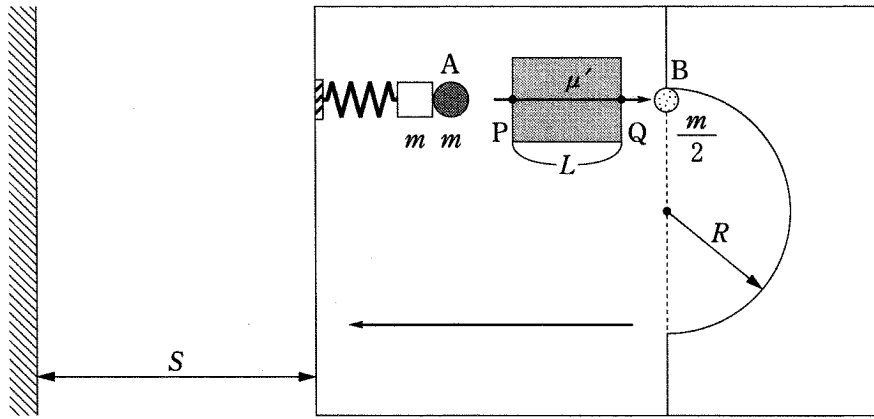


図2 机を上から見た図

物理 問題Ⅱ

図1のように、正方形の金属板(対角線の長さ l)を間隔 d で固定した平行板コンデンサーに、起電力 V の直流電源が導線で接続されている。直流電源の内部抵抗や導線の抵抗は無視できるものとする。コンデンサーの極板間に、比誘電率が ϵ_r (ただし $\epsilon_r > 1$)、底面の対角線長さが l で高さが d の正四角柱の誘電体を、図1のように極板の対角線の方向に挿入した。誘電体は、誘電体に働く静電気力とつりあう外力によって図1のような位置で静止している。なお、 x は、極板右端の点 O を原点($x = 0$)とした場合の誘電体右端の点 P の位置を表す変数であり、対角線を軸として、矢印の向きを正とする。誘電体は $-\ell < x < \ell$ の範囲において対角線軸に沿ってのみ移動し、極板と誘電体との間の摩擦や電磁波の発生は考えないものとする。また、回路全体は真空中に置かれ、真空の誘電率は ϵ_0 である。以下の問いに答えよ。

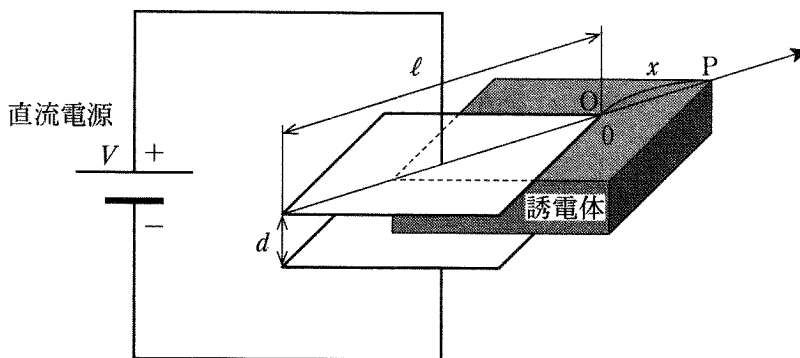


図1

- (1) コンデンサーの容量 $C(x)$ が、 $-\ell < x < \ell$ の範囲において次式で与えられることを導け。

$$C(x) = \frac{\epsilon_0 l^2}{2d} + \frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)(l - |x|)^2}{2d}$$

- (2) このコンデンサーに蓄えられる静電エネルギー $U(x)$ を x の関数として求めよ。ただし、 $-\ell < x < \ell$ とする。

次に、 $0 < x < \ell$ の範囲内における位置 x にある誘電体を、外力を加えることによって対角線軸の正の向きに距離 Δx だけ、ゆっくりと移動した。このとき、極板間の電位差 V は一定に保たれていた。ただし、 $0 < x + \Delta x < \ell$ とする。

- (3) 蓄えられた静電エネルギーの変化分 $U(x + \Delta x) - U(x)$ を求めよ。
- (4) 直流電源がなした仕事 $W_B(x)$ を求めよ。
- (5) 外力がなした仕事 $W_F(x)$ と静電エネルギーの変化 $U(x + \Delta x) - U(x)$ と直流電源がなした仕事 $W_B(x)$ との関係から、外力がなした仕事 $W_F(x)$ を求めよ。
- (6) このとき、誘電体には外力とつりあう静電気力が対角線軸に沿って働いている。距離 Δx が微小であるとして、エネルギーおよび仕事の計算において $(\Delta x)^2$ の項を無視することによって、静電気力を x の関数として求めることができる。 $0 < x < \ell$ の範囲における静電気力 $f(x)$ を求め、グラフに描け。ただし、対角線軸の矢印の向きに働く静電気力を正とし、 $f(x)$ のすべての値が図の枠内におさまるようにすること。

次に、コンデンサーの極板間における誘電体の運動を考える。あらかじめ外力によって誘電体を位置 $x = \frac{4\ell}{5}$ において静止させた後、外力を取り去ったところ、誘電体は対角線軸に沿って運動を始めた。ただし、極板間の電位差 V は常に一定であるとする。

- (7) 運動を開始してから静電気力がなした仕事 W が最大となる位置 x_{\max} を求めよ。また、 W の最大値 W_{\max} を求めよ。