

物 理

学 部	学 科(クラス)	配 点
理工学部	理工学科(化学クラス)	350 点
	理工学科(数理・物理クラス, 材料科学クラス, 情報系クラス, 電気電子・情報通信クラス, 機械知能航空クラス, 社会基盤・環境工学クラス)	200 点

注 意 事 項

1. 問題は, [1] から [2] までの計 2 問です。
2. [1] から [2] までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は, (2 の 1) から (2 の 2) までの計 2 枚です。解答は, すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに, 本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後, 問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1 〔I〕と〔II〕の文章を読み、問い(1)~(12)に答えよ。

〔I〕 図1-1のように、長さ $2a$ 、質量 M の一様な棒の一端 A を水平で粗い床に、他端 B を鉛直でなめらかな壁に接触させ、床から角度 θ だけ傾けて立てかけたところ、棒はすべらずに静止した。床から棒にはたらく静止摩擦力を F_1 、床と棒との間の静止摩擦係数を μ_A とする。なお、重力加速度の大きさを g とし、棒にはたらく重力は棒の midpoint に加わるものとする。

- (1) 棒には壁から垂直抗力 N_1 、床から垂直抗力 N_1' がはたらいている。水平方向および鉛直方向の力のつりあいの式を N_1 、 N_1' 、 F_1 、 M 、 g を用いて表せ。
- (2) 点 A のまわりの力のモーメントのつりあいの式を N_1 、 a 、 M 、 g 、 θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 静止摩擦力 F_1 を M 、 g 、 θ を用いて表せ。
- (4) 角度 $\theta \geq \theta_1$ のとき棒はすべり出さないが、 $\theta < \theta_1$ のとき棒はすべり始める。このときの $\tan \theta_1$ を μ_A を用いて表せ。

次に図1-2のように、壁を粗い壁に変更して、棒を図1-1と同様に立てかけたところ、棒はすべらずに静止した。壁から棒にはたらく静止摩擦力を F_2 、壁と棒との間の静止摩擦係数を μ_B とする。

- (5) 棒には壁から垂直抗力 N_2 、床から垂直抗力 N_2' がはたらいている。点 A のまわりの力のモーメントのつりあいの式を N_2 、 a 、 M 、 F_2 、 g 、 θ のうち必要なものを用いて表せ。

- (6) 角度 $\theta \geq \theta_2$ のとき棒はすべり出さないが、 $\theta < \theta_2$ のとき棒はすべり始める。このときの $\tan \theta_2$ を μ_A 、 μ_B を用いて表せ。

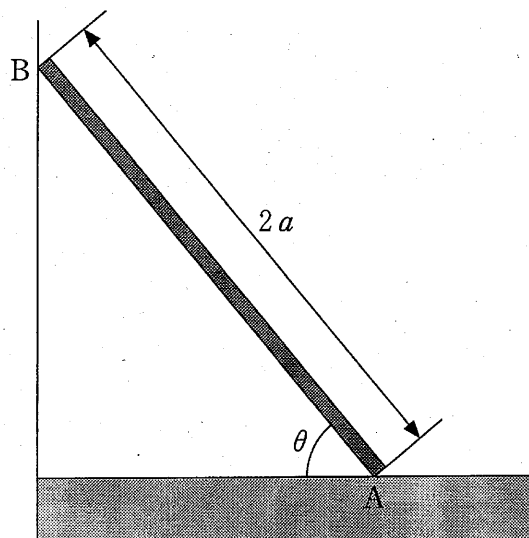


図 1 - 1

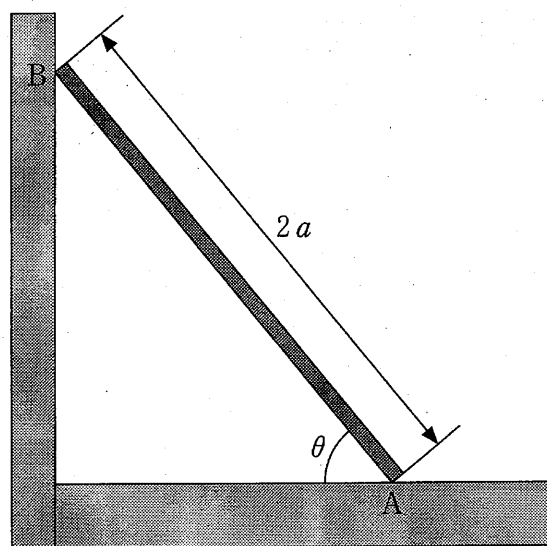


図 1 - 2

〔Ⅱ〕 図 1 - 3 のように、長さ l_1 の軽い糸の上端を天井に固定し、下端に質量 m の小球をつるして水平面内で等速円運動をさせたところ、糸は鉛直方向と α_1 の角度をなした。重力加速度の大きさを g とし、必要であれば円周率を π とせよ。

(7) 糸の張力の大きさを S_1 、等速円運動の半径を r_1 、角速度を ω_1 とするとき、小球とともに等速円運動している観測者から見た水平方向と鉛直方向の力のつりあいの式をそれぞれ表せ。

(8) 小球の角速度 ω_1 を l_1 、 g 、 α_1 を用いて表せ。

(9) 小球の円運動の周期を T_1 とするとき、 T_1 を l_1 、 g 、 α_1 を用いて表せ。

次に図 1 - 4 のように、自然の長さ l_2 、ばね定数 k の軽いばねの上端を天井に固定し、下端に質量 m の小球をつるして水平面内で等速円運動をさせたところ、ばねは鉛直方向と α_2 の角度をなし、一定の伸び x となった。

(10) ばねの伸び x を m 、 k 、 g 、 α_2 を用いて表せ。

(11) 小球の円運動の半径を r_2 とするとき、 r_2 を m 、 k 、 l_2 、 g 、 α_2 を用いて表せ。

(12) 小球の角速度を ω_2 とするとき、 ω_2 を m 、 k 、 l_2 、 g 、 α_2 を用いて表せ。

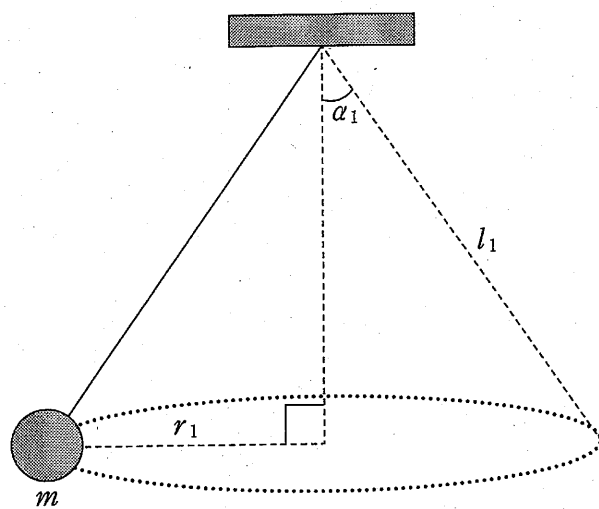


图 1 - 3

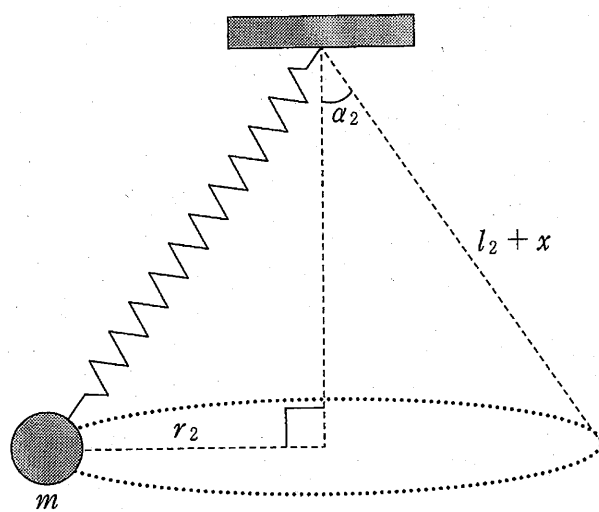


图 1 - 4

2 〔I〕と〔II〕の文章を読み、問い(1)～(9)に答えよ。

〔I〕 図2-1のように、真空中で十分に長い直線導線P、Qが xy 平面を垂直に貫いている。導線Pは点 $(-a, 0)$ を、導線Qは点 $(a, 0)$ をそれぞれ通っている。ただし、 $a > 0$ とする。導線Pには大きさ I の、導線Qには大きさ $2I$ の電流が紙面の表から裏の向きにそれぞれ流れている。また、 $(\frac{3}{2}a, 0)$ に点Aがある。真空の透磁率を μ_0 とする。

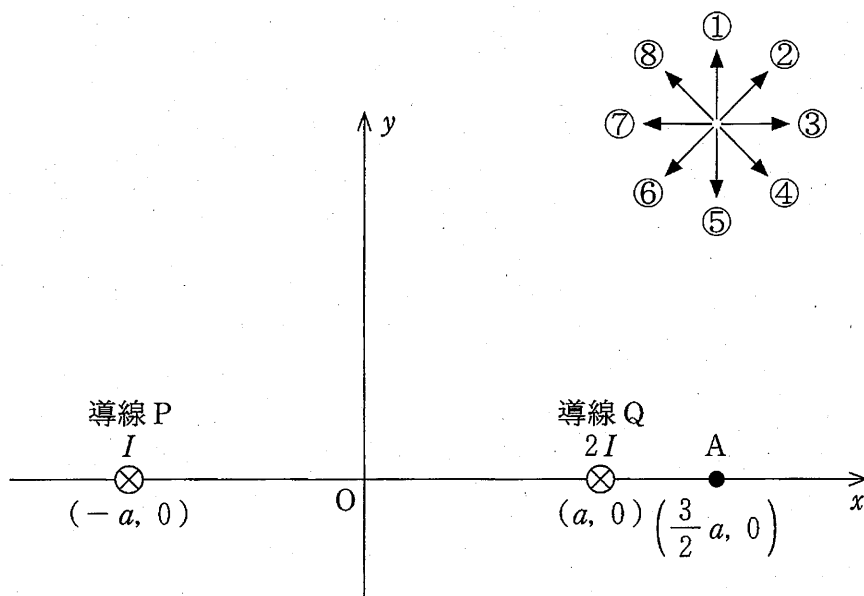


図2-1

- (1) 点Aでの磁場の向きを図2-1の①～⑧の中から1つ選び、記号で答えよ。
- (2) 点Aでの磁束密度の大きさを求めよ。
- (3) 磁束密度の大きさが0となる x 軸上の座標を求めよ。ただし、無限遠方は考えないものとする。
- (4) 導線Qを流れる電流がつくる磁場から、導線Pを流れる電流の単位長さあたりにはたらく力の大きさを求めよ。また、その向きを図2-1の①～⑧の中から1つ選び、記号で答えよ。

〔Ⅱ〕 極板面積が S ，極板 A ， B の間隔が $2d$ の平行板コンデンサーが真空中に置かれている。はじめ平行板コンデンサーに電荷は蓄えられていない。ただし，真空の誘電率を ϵ_0 とし，極板間の電場は一様とみなしてよい。

(5) 図 2 - 2 のように，平行板コンデンサーに起電力 V の直流電源を接続し，十分に時間が経過した。コンデンサーに蓄えられる電気量，静電エネルギー，極板間の電場の強さをそれぞれ求めよ。

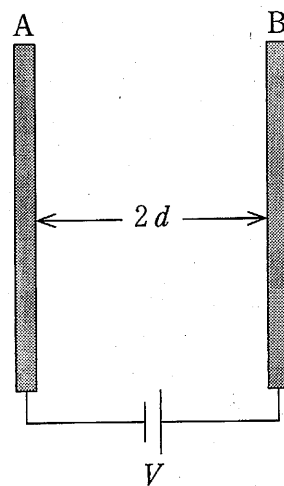


図 2 - 2

次に、図2-3のように、極板に垂直な x 軸に対して、極板Aを $x = -d$ 、極板Bを $x = d$ の位置にそれぞれ固定し、接地した。そして電気量 Q ($Q > 0$)を帯びた、極板A、Bと同形状で厚さが無視できる金属板Pを、極板AB間の中心($x = 0$)に平行に挿入した。このとき極板A、Bと金属板Pは、 x 軸に平行な方向から見てずれることなく重なっている。

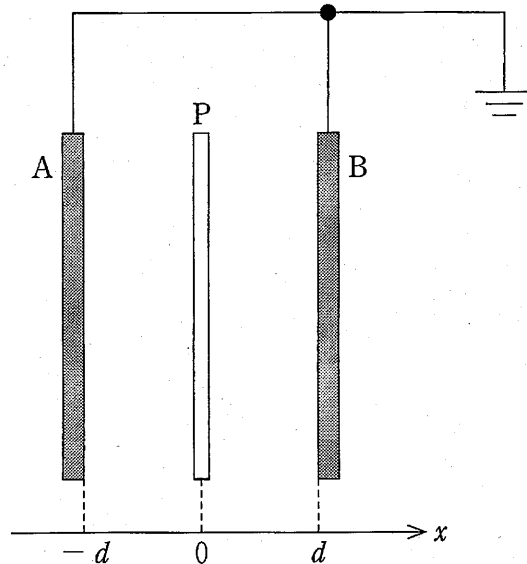


図2-3

(6) 極板Aと金属板Pの間の電気容量を求めよ。

(7) 極板A、Bを基準とした金属板Pの電位を求めよ。

次に、金属板Pを極板Bの方向へ平行を保ったまま、 $x = a$ の位置に動かした。ただし、 $0 < a < d$ である。

(8) 極板A、Bを基準とした金属板Pの電位を求めよ。

(9) コンデンサー全体に蓄えられる静電エネルギーを求めよ。