

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)～(10)に答えよ。

〔Ⅰ〕 底面積 S 、高さ l 、質量 M の円柱 A を水に浮かべたところ、図 1 のように、水面の下に深さ l_0 ($l_0 < l$) まで沈んで静止した。鉛直方向下向きを正として z 軸をとり、このときの円柱 A の上面の位置を原点 $z = 0$ とする。円柱の密度は一様であり、上面と下面は常に水平に保たれている。重力加速度の大きさを g 、円周率を π とし、大気圧、空気と水の抵抗、水の動きの影響、円柱が沈むことによる水面の上昇は無視できるとする。

(1) 水の密度を、 S 、 M 、 l_0 を用いて表せ。

図 2 のように、円柱 A の上面中央にばね定数 k の軽いばね B を取り付け、天井から吊り下げたところ、水面の下に l_1 ($l_1 < l_0$) だけ沈んだ状態で静止した。

(2) このとき円柱 A にかかる浮力の大きさは、図 1 のときの浮力の大きさの 倍である。 に入る式を、 l_0 、 l_1 を用いて答えよ。

(3) ばね B の自然長からの伸びを、 M 、 l_0 、 l_1 、 g 、 k を用いて表せ。

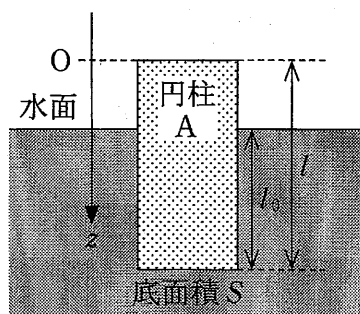


図 1

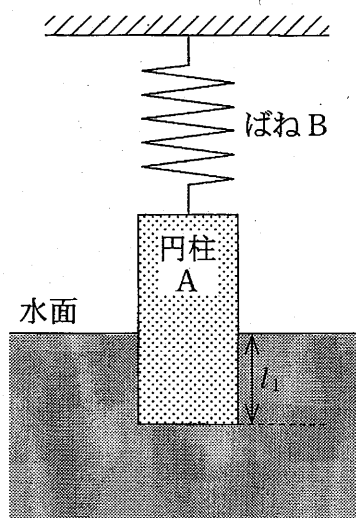


図 2

ばね B を取り外して図 1 の状態に戻した後、円柱 A の上面に鉛直方向下向きの力をゆっくりと加え、図 3 のように円柱 A の上面が水面と一致するまで押し下げ静止させた。力を静かに取り除いたところ、円柱 A は鉛直方向に周期 T で単振動を始めた。

- (4) 図 4 のように、円柱 A の上面の位置が z のときの、円柱 A の加速度を a とすると、円柱 A の運動方程式は

$$Ma = \boxed{}$$

と表される。 $\boxed{}$ に入る式を、 M, l_0, g, z を用いて表せ。

- (5) 円柱 A の振動の周期 T を、 l_0, g, π を用いて表せ。

- (6) 円柱 A の振動の速さの最大値を、 l, l_0, π, T を用いて表せ。

- (7) (6)の速さに達したときの円柱 A の運動エネルギーと、図 1 から図 3 の状態に変化させたときに加えた鉛直方向下向きの力がした仕事を、それぞれ、 M, l, l_0, g を用いて表せ。

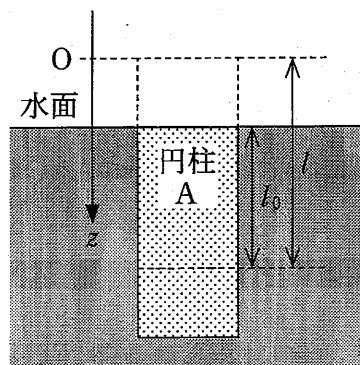


図 3

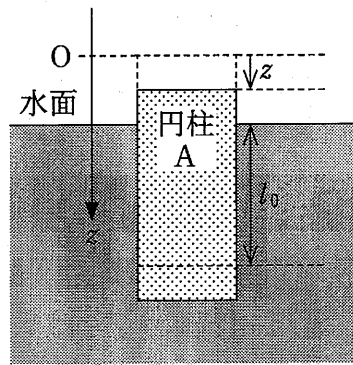


図 4

- 〔Ⅱ〕 図5のように、滑らかな水平面上に質量 M の小球 B が静止している。これに質量 m の小球 A を速さ v_0 で衝突させた。衝突後、小球 A の入射方向に対し、小球 A は左へ角 α の方向に速さ v で、小球 B は右へ角 β の方向に速さ V で運動した。2 球の衝突は弾性衝突であったとする。

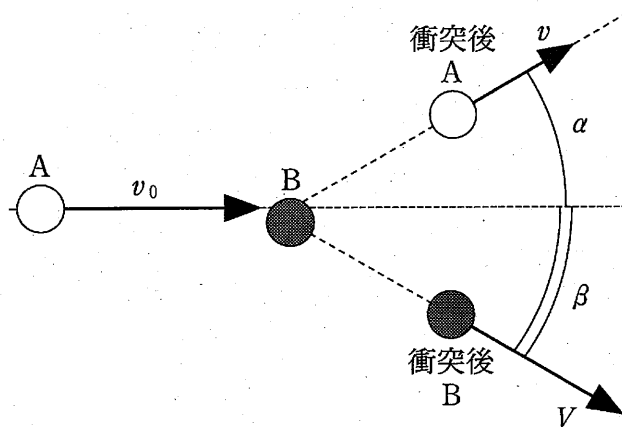


図 5

- (8) $m = M$ のとき、 $\alpha + \beta$ の値は何度か答えよ。
- (9) $m = M$ のときの速さ v と速さ V を、 α と v_0 を用いて表せ。
- (10) $M = 2m$ 、 $\alpha = 90^\circ$ であったとする。このときの、速さ v と速さ V を v_0 を用いて表せ。

- 2 図6のように、真空中に、面積 $S[\text{m}^2]$ 、間隔 $d[\text{m}]$ の2枚の薄い極板A、Bからなる平行板コンデンサーがある。極板には電圧 $V_0[\text{V}]$ の電池がつないであり、極板間には極板AからBの方向に強さ $E[\text{V/m}]$ の一樣な電場が加えられている。極板B側は接地しており、その電位は 0V に保たれている。極板に平行な方向を x 軸(右向きを正)、垂直な方向を z 軸(上向きを正)にとり、極板間の中心を $z=0$ とする。真空の誘電率を $\epsilon_0[\text{F/m}]$ とする。以下の問い(1)~(11)に答えよ。

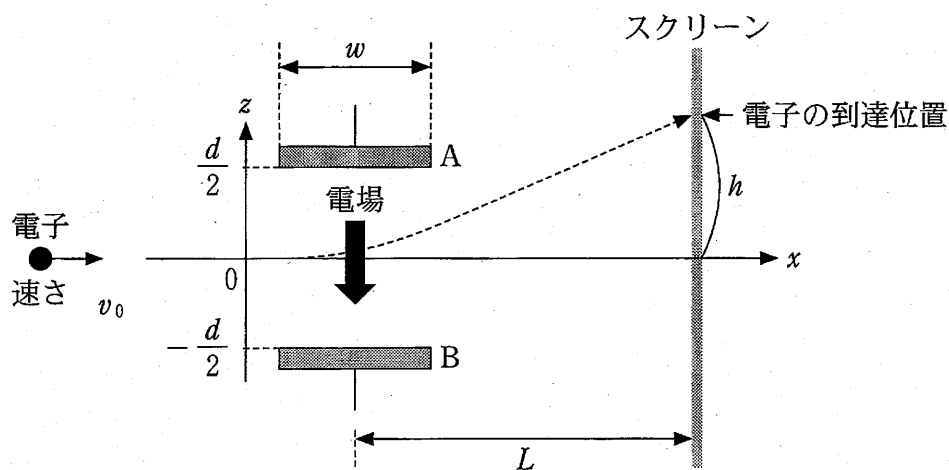


図6

- (1) このとき、コンデンサーに蓄えられている電気量 $[C]$ を、 d 、 ϵ_0 、 S 、 V_0 を用いて表せ。
- (2) 極板間の電場の強さ $E[\text{V/m}]$ を、 d 、 ϵ_0 、 S 、 V_0 の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) 極板間の座標 z における電位を図に示せ。

次に、図6のように、電荷 $-e[\text{C}]$ ($e > 0$)、質量 $m[\text{kg}]$ の電子を x 軸に平行に正の向きに極板間の中心 ($z = 0$) に速さ $v_0[\text{m/s}]$ で入射した。電場の加わる区間の長さは極板の x 軸方向の幅と等しく、 $w[\text{m}]$ であるとする。極板の中央から x 軸の正方向に $L[\text{m}]$ の位置に、蛍光物質を塗ったスクリーンを x 軸に垂直に置いた。重力の影響は無視する。

(4) 電子が極板に衝突することなく、極板間を通過する場合、電子が極板間を通過するのに要する時間 $t_0[\text{s}]$ を、 e , m , v_0 , w , E の中から必要なものを用いて表せ。

(5) もし、電場 E が E_1 以上であれば電子は極板に衝突し、 E_1 より小さければ衝突しない。この $E_1[\text{V/m}]$ の値を d , e , m , v_0 , w を用いて表せ。

(6) $E < E_1$ のとき、極板間に電子が入射してから、スクリーンに到達するまでの時間 $t_1[\text{s}]$ を求めよ。また、このとき、スクリーン上での z 軸方向の電子の到達位置 $h[\text{m}]$ を求めよ。答えは、 e , m , v_0 , w , E , L の中から必要なものを用いて表せ。

次に、電池をつないだまま、極板と同じ面積で厚さ $\frac{d}{4}$ の比誘電率3の誘電体を、極板Bの全面に接するように極板間に配置し、十分時間をおいた。その後、電子を同様に x 軸に平行に極板間の中心 ($z = 0$) に速さ $v_0[\text{m/s}]$ で入射した。

(7) このとき、コンデンサーに蓄えられている電気量 $[C]$ を、 d , ϵ_0 , S , V_0 を用いて表せ。

(8) 極板間の座標 z における電位を図に示せ。

(9) 極板間の座標 z における電場の強さを図に示せ。

(10) 電子が極板間を通過した場合，スクリーン上での z 軸方向の電子の到達位置は，(6)の場合と比較してどのようになるか，以下の①～③から適切なものを選び，記号で答えよ。

- ① $+z$ 側にずれる ② $-z$ 側にずれる ③ 変化しない

(11) 極板間に電子が入射してから，スクリーンに到達するまでの時間は，(6)の場合と比較してどのようになるか，以下の①～③から適切なものを選び，記号で答えよ。

- ① 長くなる ② 短くなる ③ 変化しない