

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、空気と水の抵抗力、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。

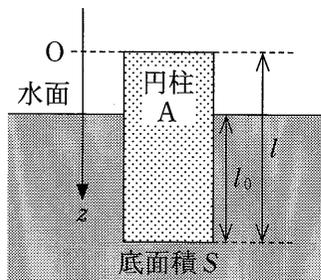


図 1

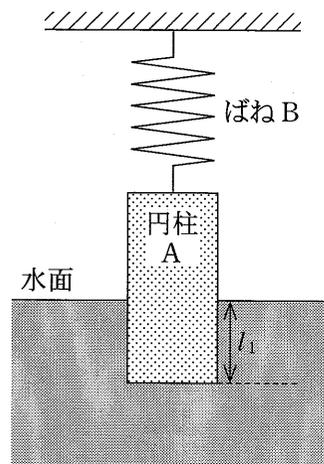


図 2

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。

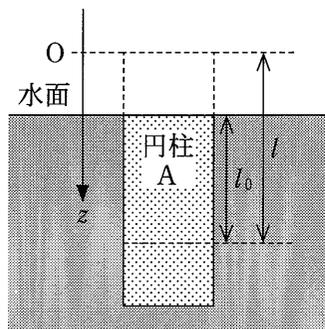


図 3

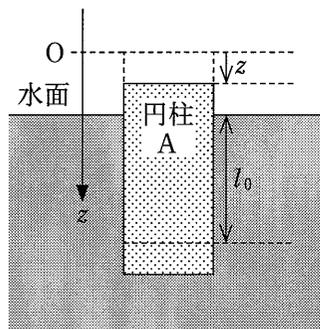


図 4

- 〔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。

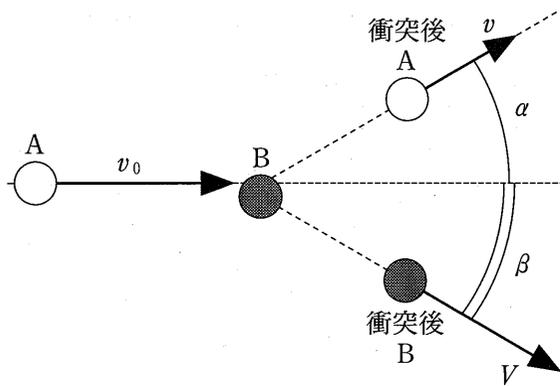


図 5

- (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 $E[\text{V/m}]$ の一様な電場が加えられている。極板 B 側は接地してあり、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。

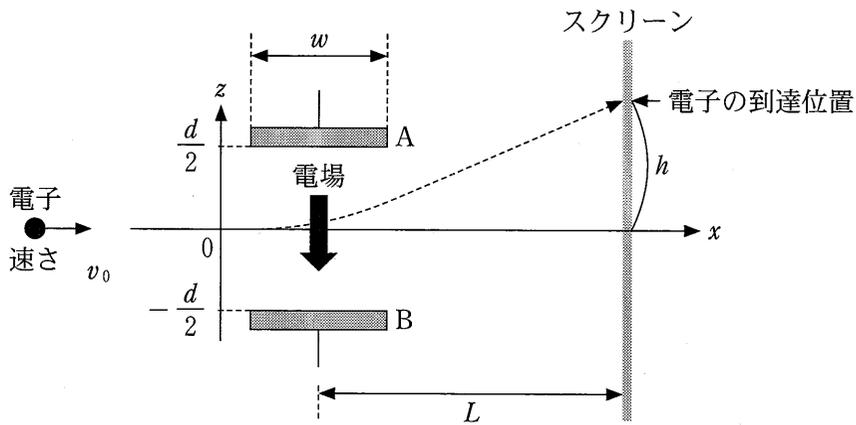


図 6

- (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 $-e$ [C] ($e > 0$)、質量 m [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 [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 [m] であるとする。極板の中央から x 軸の正方向に L [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 [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 [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 [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 [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 [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