

物 理

学 部	学 科(コース)	配 点
理工学部	化学・生命理工学科(化学コース)	300 点
	化学・生命理工学科(生命コース), 物理・材料理工学科, システム創成工学科	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) 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 質量 m [kg] で大きさが十分に小さい物体 A, 質量 $3m$ [kg] で長さ $2l$ [m] の台 B および質量の無視できるばね (ばね定数 k [N/m]) を用いた運動を考える。重力加速度の大きさを g [m/s²], すべての空気抵抗は無視するものとして以下の問いに答えよ。

[I] 図1のように, 物体 A は粗い表面の台 B 上にあり, 台 B は水平な床の上にある。また, 台 B と床との間に摩擦はなく, 台 B はばねで床の右端に接続されている。ばねが自然長のとき, 物体 A は台 B の中心上にある。台 B を水平方向左側へゆっくりと引張り, ばねが自然長から x_0 [m] 伸びたところで台 B を静かにはなした。すると物体 A と台 B は一体で運動を始めた。水平左方向を正とする。

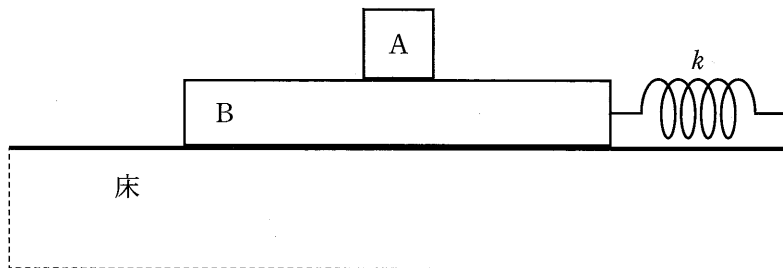


図 1

- (1) 台 B をはなした直後, 物体 A と台 B が一体で運動するときの加速度 a [m/s²] を m, k, x_0 を用いて答えよ。
- (2) 物体 A と台 B との間に作用する摩擦力 f [N] は周期的に変化する。物体 A と台 B が一体で運動する際に生じる f の最大値を k, x_0 を用いて答えよ。
- (3) 運動の周期 T [s] を答えよ。

- 〔Ⅱ〕 次に図 1 のばねを取り外し，物体 A と台 B を図 2 のような傾斜角 θ [rad] を変えられる粗い斜面上に置いた。物体 A は台 B の中心上にあり，物体 A と台 B は斜面上に静止していた。斜面下方向を正とする。

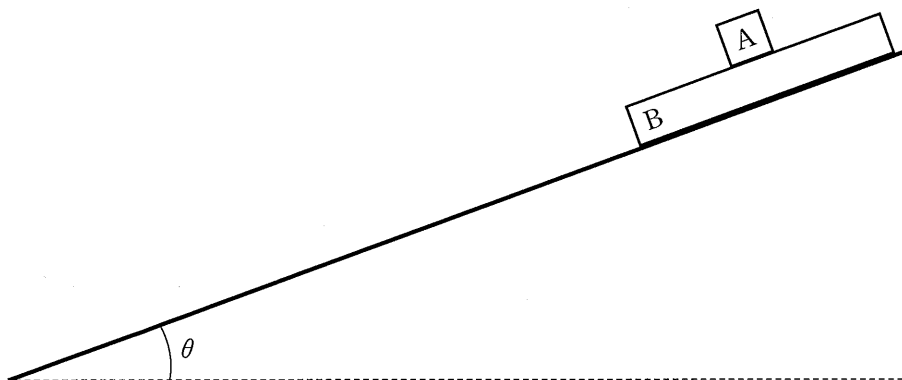


図 2

- (4) 傾斜角を $\theta = \theta_0$ まで増加させたところ，物体 A と台 B は一体ですべり始めた。台 B と斜面との静止摩擦係数 μ_B を答えよ。
- (5) 次に傾斜角を $\theta = \theta_1 (> \theta_0)$ にすると，物体 A は台 B 上をすべり始めた。物体 A の加速度を a_A [m/s²]，台 B の加速度を a_B [m/s²] として，物体 A と台 B の運動方程式をそれぞれ答えよ。ただし，物体 A と台 B との動摩擦係数を $\mu'_A = \frac{2}{5}$ ，台 B と斜面との動摩擦係数を $\mu'_B = \frac{1}{4}$ とする。
- (6) 台 B から見た物体 A の運動方向と加速度 b [m/s²] の大きさを答えよ。
- (7) 物体 A が台 B 上をすべり始めたときの時刻を $t = 0$ [s] とすると，物体 A の中心が台 B 上を距離 $\frac{\ell}{2}$ [m] すべるまでの時間 t_1 [s] を答えよ。

- [Ⅲ] 次に図1のばねを図3のように斜面左下に取り付け、台Bを斜面右上に置いて静かにはなした。すると台Bは斜面上をすべり、ばねを x_1 〔m〕縮めたところで速さが0になった。台Bがすべり出す前、ばねの右端から台Bの左端までの距離は L 〔m〕($L > 2\ell$)であった。また、このとき生じる摩擦力は、台Bと斜面との動摩擦($\mu'_B = \frac{1}{4}$)以外無視し、傾斜角は $\theta = \theta_2$ とする。

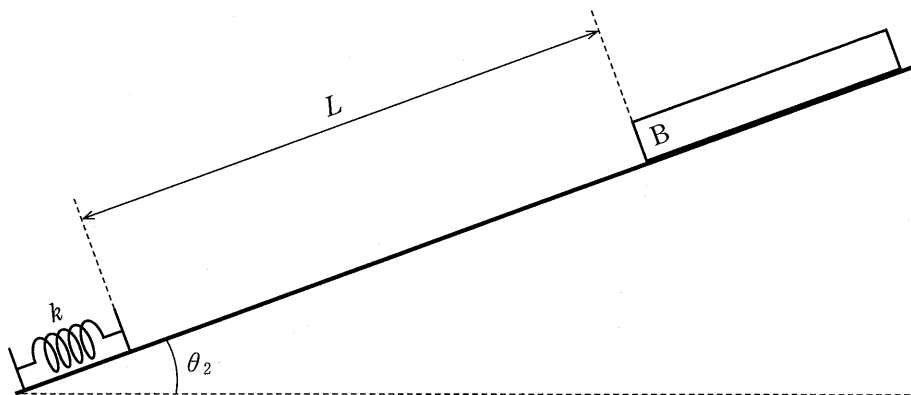


図3

- (8) ばねに接触する直前の台Bの速さ v 〔m/s〕を答えよ。
- (9) 台Bが斜面をすべり始めてから速さが0になるまでに生じた摩擦による仕事 W 、重力による位置エネルギーの変化量 ΔU_g 、ばねに蓄えられる弾性エネルギー U_k をそれぞれ答えよ。

- 2 質量 m [kg], 電気量 $q (> 0)$ [C] をもつ荷電粒子が, 電磁場中でどのように運動するか考える。図 4 に示すように点 O を座標の原点 ($x = y = z = 0$) とし, z 軸は紙面に垂直 (裏側から表向きを正) である。領域 I, 領域 II, 領域 III にはそれぞれ, x 軸正の方向に電場 E_1 [N/C], y 軸正の方向に電場 E_2 [N/C], x 軸正の方向に磁束密度 B [T] の磁場が一様に加えられている。荷電粒子は最初原点 O に静止しており, 各領域での電磁場の他領域への漏れはないとする。また, 重力の影響は無視してよい。円周率を π とする。以下の問い(1)~(8)に答えよ。

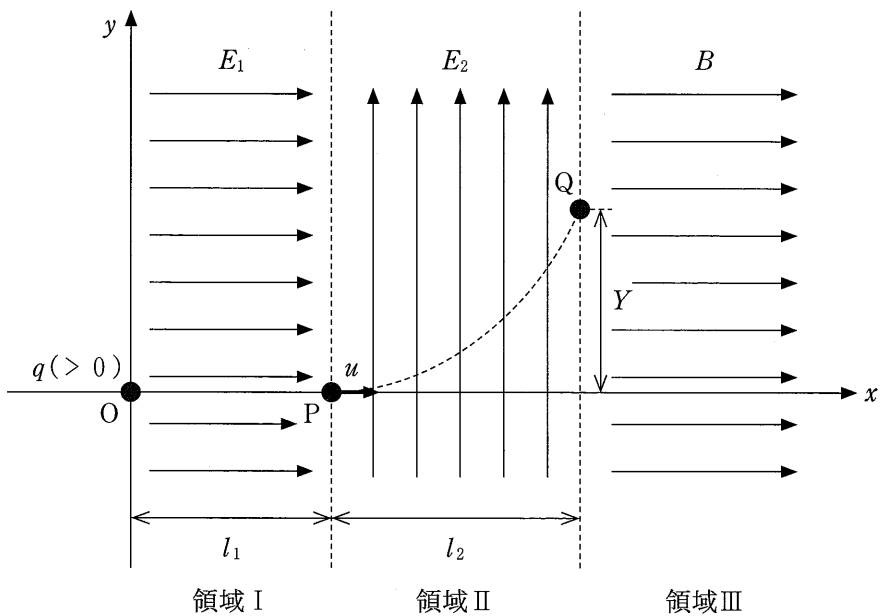


図 4

- (1) 領域 I では静止していた荷電粒子が電場 E_1 により加速される。これにより, 原点から距離 l_1 [m] 離れた領域 I と領域 II の境界点 P で荷電粒子の速度が u [m/s] となった。このとき電場が荷電粒子に対してした仕事 W [J] と速度 u を l_1, E_1, m, q の中から必要なものを用いて表せ。ただし, 導出過程も記せ。

- (2) 荷電粒子は点 P での速度と電場 E_2 から受ける力により領域Ⅱを運動し、領域Ⅱと領域Ⅲの境界点 Q に達した。領域Ⅱで荷電粒子が x 軸方向に進んだ距離を l_2 [m] とするとき、荷電粒子が点 P から点 Q に達するまでに要した時間 t_1 [s] と、この間に y 軸正方向に受ける力の大きさ f [N] を m, q, E_2, l_1, l_2, u の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) 荷電粒子の領域Ⅱにおける y 軸正の方向への加速度 a [m/s²] と点 Q の y 座標 Y [m] を m, q, E_2, l_1, l_2, u の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 点 Q での x 軸方向の速度 v_x [m/s] と y 軸方向の速度 v_y [m/s] をそれぞれ m, q, E_2, l_1, l_2, u の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) 荷電粒子が領域Ⅲで磁場により受ける力の大きさ F [N] を q, v_x, v_y, B の中から必要なものを用いて表せ。また、点 Q で磁場による力のはたらく軸方向と向きの正負を答えよ。
- (6) 領域Ⅲでの荷電粒子の運動を x 軸正の方向から見ると、図 5 のように電荷が yz 平面上で等速円運動しているように見えた。このとき円運動の半径 r [m]、周期 T [s] および角速度 ω [rad/s] を、 m, q, v_x, v_y, B の中から必要なものを用いて表せ。
- (7) 図 5 のように、円運動において z 座標が正方向に最も大きくなる点を①とし、そこから時計回りに $\frac{\pi}{2}$ [rad] 回転していくごとにそれぞれの位置を②、③、④とする。円運動では④まで運動した後①に戻る。荷電粒子が点①を通過してから初めて④を通過するまでにかかる時間 t_2 [s] を m, q, v_x, v_y, B の中から必要なものを用いて表せ。

- (8) 荷電粒子が最初に点①を通過してから④を n 回通過するまでに x 軸方向に進んだ距離 X (m) を m, q, v_x, v_y, B, n の中から必要なものを用いて表せ。ただし、導出過程も記せ。

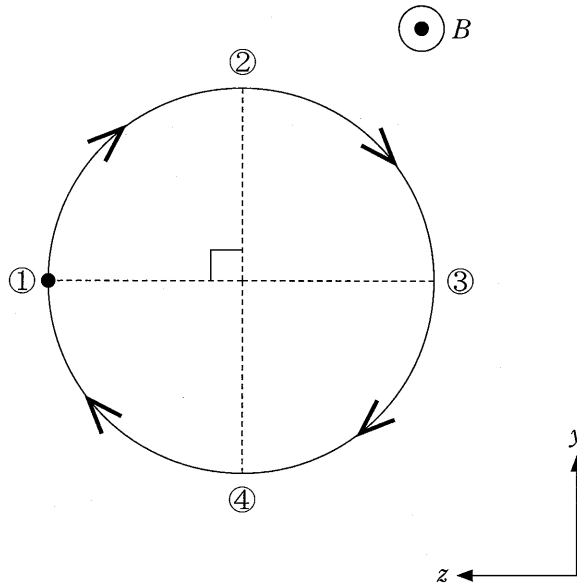


図 5