2026 年度　入学者選抜
［理工系女子特別　海外就学経験者　外国人留学生］
理工学部

物理

注　　意

1. 問題は全部で（ 4 ）ページである。
2. 解答はすべて解答用紙に書きなさい。
3. 解答用紙は必ず提出のこと。
［問題は提出する必要はない。］
4. 試験開始の指示があるまでは、問題冊子を開いてはならない。

□16□

1 以下の文章を読み，問題 (1) ～ (10) の解答を解答用紙の所定の欄に記入せよ。

質量の無視できるバネ定数 (spring constant) k のバネの一端に質量 m の小さな物体 (small body) が固定されている。バネの他端は図 1-1 のように，P 点で天井に固定されている。P 点の鉛直下方の水平面上の点を Q とする (Q is a point on the horizontal plane vertically downward from P)。物体は水平な滑らかな平面 (smooth horizontal plane) の上を Q 点を中心とする円軌道上 (on a circular orbit centered at Q) を速さ (speed) v で運動している（図 1-2)。PQ 間の距離は一定で L である。また PQ とバネのなす角 θ は水平面上を円運動する物体の速さ v により変化する。図中の Q から物体までの距離 r（円軌道の半径）も θ によって変化することに注意し，答には使わないこと。(Do not use "r" for answers.)

重力加速度 (gravitational acceleration) の大きさを g とし，以下の問題に答えよ。

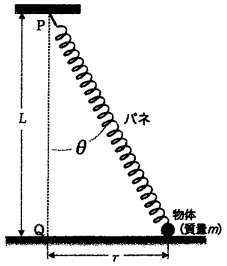


図 1-1

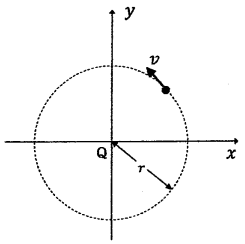


図 1-2

I.　はじめ，物体は速さ $v = v_1$ で水平面上を円運動していた。このとき PQ に対しバネのなす角は $\theta = \theta_1$ であった。

(1)　バネの復元力 (restoring force：バネが自然長に戻ろうとする力) の大きさを T_1 とおき，物体にはたらく平面からの垂直抗力 (normal force) の大きさ N_1 を T_1，θ_1 を用いて表せ。

(2)　物体は等速円運動 (uniform circular motion) をしている。$\theta = \theta_1$ であることに注意し，物体の向心加速度 (centripetal acceleration) の大きさを θ_1，v_1 および L を用いて表せ。

(3)　(2) よりバネの自然長からの伸び (an extension from the natural length) x_1 を θ_1，v_1 および L からもとめることができる。x_1 を答えよ。答に T_1 は使わないこと。(Do not use T_1 for the answer.)

□16□

II. 円運動をする物体は，速さが $v > v_2$ のとき，平面から上方に浮き上がった。(The small body moves above the plane with $v > v_2$.) 以下，物体が浮き上がる直前の $v = v_2$ の場合を考える。このとき，バネのなす角は $\theta = \theta_2$ であった。

(4) バネの復元力の大きさ T_2 を θ_2 を用いて表せ。

(5) (4) を使うと α を定数として，$\tan\theta_2 = \alpha \times v_2$ のような関係を示す。α を求めよ。

(6) このときの物体がする等速円運動の周期 (period) は，g と L だけで表せる。周期を表す式を記せ。

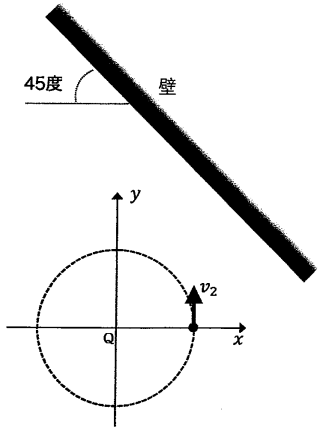


図 1-3

III. 物体が $v = v_2$ で円運動をしていた。しばらくすると，図 1-3 のように物体が x 軸上 ($x > 0$ の領域) でバネから外れた (the small body was released from the spring on the x axis)。この後，物体は水平面上をすべり，図 1-3 に示すような x 軸，y 軸と 45 度で交差する壁 (wall) と衝突した。この衝突の反発係数 (はね返り係数, restitution coefficient) は e であった。

(7) 衝突直前の物体の運動エネルギー (kinetic energy before the collision) K_1 を答えよ。

(8) 衝突直後の物体の速度 (velocity after the collision) $\boldsymbol{u} = (u_x, u_y)$ を求めよ。

(9) 衝突直後の物体の運動エネルギー (kinetic energy after the collision) K_2 はいくらか。

(10) 運動エネルギーの変化分 $\Delta K = K_1 - K_2$ を e の関数としてグラフにせよ。

2 以下の文章を読み、問題(1)～(13)の解答を解答用紙の所定の欄に記入せよ。

ただし、コンデンサーの極板間は真空 (vacuum) であり、真空の誘電率 (permittivity) を ε_0 [F/m]とする。また、電源 (power supply) の内部抵抗 (internal resistance) と導線 (wire) の抵抗 (resistance) は無視できるものとする。

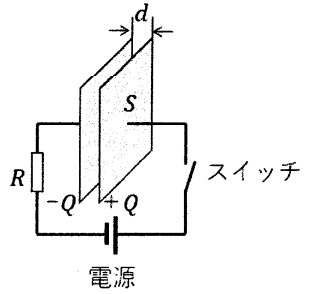


図 2-1

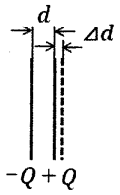


図 2-2

図 2-1 のような、極板間の距離 (distance between plates) を変える (variable) ことができる極板面積 (area) が S [m^2]のコンデンサー (capacitor) と、スイッチ (switch)、および抵抗値 (resistance) R [Ω] の抵抗 (resistor) と電源 (power supply) を接続した。

最初、極板間の距離は d [m]であり、スイッチを閉じてしばらく時間がたつと、コンデンサーの二つの極板には電気量 $\pm Q$ [C]の電荷 (charge) が蓄えられていた。次の問いに答えよ。

(1) コンデンサーの電気容量 (capacitance) を求めよ。

(2) 極板間の電位差 (potential difference) を求めよ。

(3) コンデンサーが蓄えている静電エネルギー (electrostatic energy) を求めよ。

次に、スイッチを開いて、コンデンサーの電気量が一定 (constant) の状態で、図 2-2 のように極板間の距離を微小な長さ Δd [m]だけゆっくりと広げた。

(4) コンデンサーの電気容量は極板間を広げる前の何倍か？

(5) 極板間の電位差は極板間を広げる前の何倍か？

(6) 極板間を広げた後に、コンデンサーが蓄えている静電エネルギーを求めよ。

極板間を広げる前と後での静電エネルギーの変化量は、極板を動かすために引力(attractive force)に逆らって外から加えた力(external force)のした仕事(work)に等しい。

(7) この引力の大きさを求めよ。

その後、極板間の距離を d [m]にもどしてスイッチを閉じた。しばらく時間がたってから、こんどはスイッチを閉じた状態で、図 2-2 のように極板間の距離を Δd [m]だけゆっくりと広げた。

(8) 十分に時間がたった後、極板に蓄えられている電気量は、極板間を広げる前の何倍か。

(9) 極板間を広げる前と後での静電エネルギーの差は、(3)で求めた静電エネルギーの何倍か。

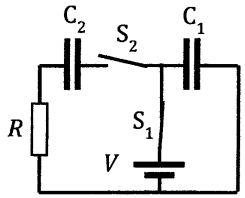


図 2-3

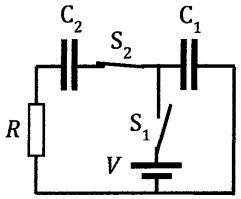


図 2-4

図 2-3 のような、電気容量がそれぞれ C [F], $2C$ [F]のコンデンサーC_1, C_2 と、2つのスイッチ S_1, S_2、および抵抗値 R [Ω]の抵抗と電源を接続した回路について考える。最初、コンデンサーには、電荷が蓄えられていないものとして、電源の電圧は V [V]に固定した。最初にスイッチ S_2 は開いていており、スイッチ S_1 を閉じて、しばらく時間がたった。

(10) コンデンサーC_1 の静電エネルギーを求めよ。

次に、図 2-4 のように、スイッチ S_1 を開いて、S_2 を閉じた。

(11) コンデンサーC_2 に蓄えられている電気量を求めよ。

(12) コンデンサーC_2 の極板間の電位差を求めよ。

(13) コンデンサーC_1 が蓄えている静電エネルギーを求めよ。