

(一般前期)

近畿大学
平成 27 年度入学試験問題

(2科目選択)

理 科

(物理, 化学, 生物)

注意事項

1. 解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること。
2. 物理, 化学, 生物の中から 2 科目のみ解答すること。

物 理 (問題用紙 1)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

I 図1のように、水平面と傾斜角 α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) をなし十分広いなめらかな斜面がある。この斜面上の点Oに長さ l の伸び縮みしない軽い糸の一端を固定し、他端に質量 m の小球を取りつけぶら下げたところ、点Aで静止した。点Oを原点、水平方向に x 軸、斜面の最大傾斜方向に y 軸をとり、 x 軸および y 軸の正の向きはそれぞれ右向きおよび上向きとする。この小球に水平右向きに大きさ v_0 の初速度を与えたときの運動を考える。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。なお、空気抵抗は無視できるものとする。

- (1) $v_0 = v_1$ のとき、小球は斜面上を、点Oを中心として円運動し、糸がたるむことなく点Bまですべり上がり、点Bに達したところで速さが0となった。 v_1 を、 g , l , α を用いて表せ。

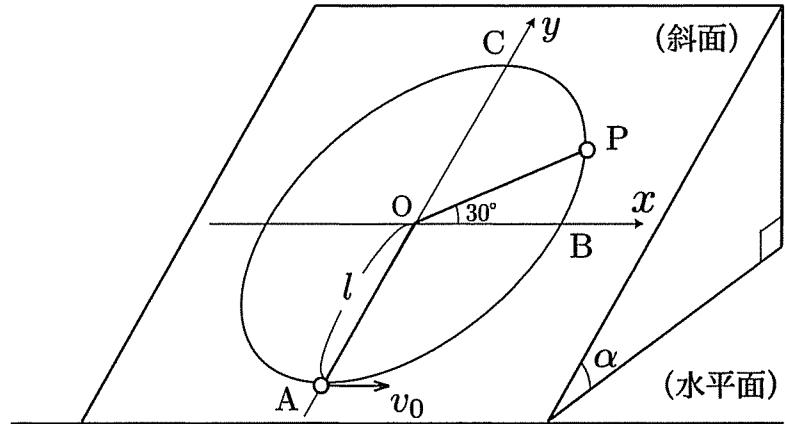
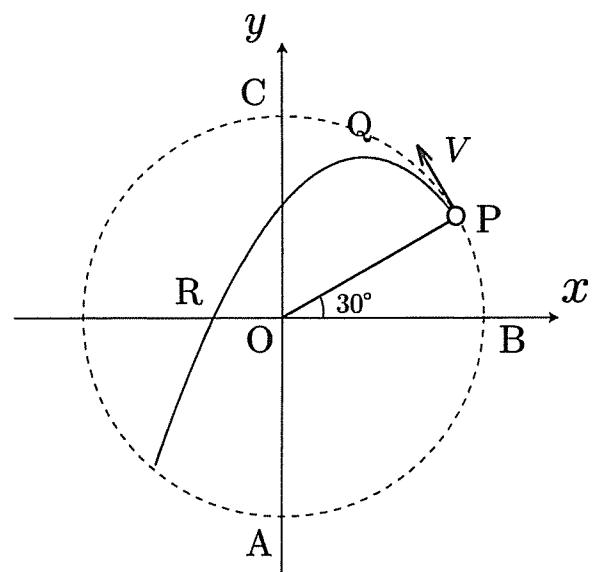


図1

- (2) 小球が斜面上を、点Oを中心として円運動し、糸がたるむことなく y 軸上の点Cまで達するために必要な v_0 の最小値を v_2 とする。 v_2 を、 g , l , α を用いて表せ。

- (3) 小球に与えた初速度の大きさが v_1 より大きくかつ v_2 よりも小さいとき、小球の運動は円弧BC間の途中で円軌道からはずれる。今、 $v_0 = v_3$ ($v_1 < v_3 < v_2$) のとき、図2のように、 $\angle POB = 30^\circ$ である円軌道上の点Pで小球の運動が円軌道からはずれた。点Pでの小球の速さを V とする。

- (i) V を、 g , l , α を用いて表せ。
- (ii) v_3 を、 g , l , α を用いて表せ。
- (iii) 点Pで円軌道をはずれた小球はその後斜面上を放物運動し、図2のように最高点Qに達した。小球が点Pを通過した時刻を $t=0$ として、小球が最高点Qに到達した時刻 t_1 を、 V と l を用いて表せ。
- (iv) 最高点Qの x 座標と y 座標を、それぞれ l を用いて表せ。
- (v) 最高点を通過した後に、小球は x 軸上の点Rを通過した。小球が点Rを通過する時刻 t_2 を、 V と l を用いて表せ。
- (vi) 点Rを通過するときの小球の速さは V の何倍か。



(斜面に垂直な方向から見た図)

図2

物 理 (問題用紙 2)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

II 質量が m [kg], 長さが L [m] で, 太さの無視できる導体棒 P を天井から長さ a [m] の軽い導線でつるして水平に保った。軽い導線の先に直流電源をつないで導体棒に I_p [A] の電流を流してある。座標軸 x , y , z を導体棒に対してそれぞれ垂直方向, 平行方向, 鉛直上方にとり, 重力加速度の大きさを g [m/s^2], 真空の透磁率を μ_0 [N/A^2] として以下の問いに答えよ。ただし, 導線と導体棒の表面は絶縁膜で覆われており, 以下の考察において導線や導体棒は変形せず, 導体棒の長さ L は導線の長さ a に比べて十分に大きいものとする。また, 磁場から受ける力については導体棒の部分についてのみ考えればよいものとする。

- (1) 鉛直上向き (z 軸の正の向き) に磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁場をかけると,
導体棒 P は図 1 のように鉛直から角 θ だけ x 軸の正の方向に傾いて静止した。ただし,
 $0 < \theta < \frac{\pi}{4}$ とする。
- 電流 I_p [A] の向きを y 軸の正負で答えよ。
 - 一様磁場から導体棒 P に働く力の大きさ f [N] を, a , L , I_p , B , θ のうち必要なものを用いて表せ。
 - 電流 I_p [A] の大きさを, m , g , L , B , θ を用いて表せ。
 - 2 本の導線が導体棒 P を引く力の大きさ S [N] を, m , g , a , L , θ のうち必要なものを用いて表せ。
 - 導体棒 P が静止している状態から傾き角を少しだけずらして手をはなすと, P は釣り合いの位置のまわりで単振り子と同じ微小振動をした。P の単振り子としての周期 T [s] を, m , g , a , L , θ のうち必要なものを用いて表せ。

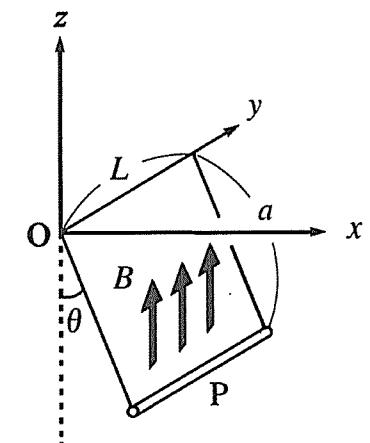


図 1

- (2) 磁場をいったん消し, 長さと質量が導体棒 P と同じ導体棒 Q を, 長さ a [m] の軽い導線で P と平行に近接させてつるした。そして, P にはその大きさと向きが問(1)と同じ電流 I_p [A] を流し, Q には電流 I_Q [A] を流すと, P, Q は図 2 のように鉛直からそれぞれ x 軸の負と正の方向へ問(1)と同じ角 θ だけ傾いて静止した。
- 導体棒 Q に流れる電流 I_Q [A] の向きを y 軸の正負で答えよ。
 - 二つの導体棒 P, Q の間に働く力の大きさ F_{PQ} [N] を, μ_0 , I_p , I_Q , a , L , θ を用いて表せ。
 - 電流 I_Q [A] の大きさを, μ_0 , B , a , L , θ のうち必要なものを用いて表せ。

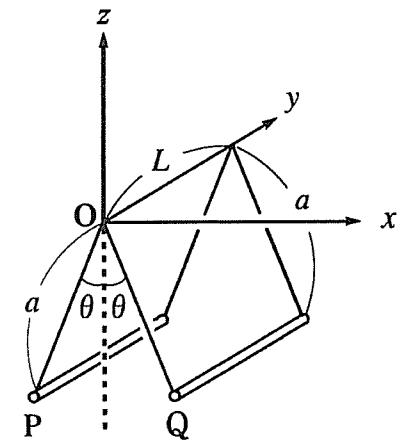


図 2

- (3) 問(2)の状態で, さらに z 軸の正の方向に磁束密度の大きさ B' [T] の一様な磁場をかけると, 図 3 のように P は y z 面内で静止し, Q は x 軸の正の方向に鉛直から角 $2\theta'$ だけ傾いて静止した。ただし, $0 < \theta' < \frac{\pi}{4}$ とする。
- 一様磁場から導体棒 P に働く力の大きさ f' を, B , B' , m , g , θ を用いて表せ。
 - 磁束密度の大きさ B' [T] を, B , θ , θ' を用いて表せ。ただし, 磁場からの力は導体棒の部分のみを考えればよいものとする。
 - 2 本の導線が導体棒 P を引く力の大きさ $S_{P'}$ [N] を, m , g , θ を用いて表せ。

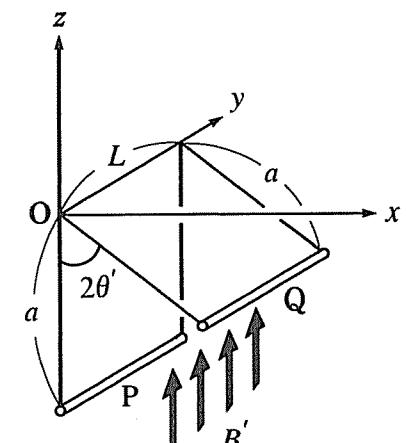


図 3

物 理 (問題用紙 3)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

III 図1のように、断面積 S [m²] の細長い円筒形容器が鉛直に置かれている。この容器内に、質量が無視できなめらかに動くことのできるピストンで、質量 m [g] の水がすき間なく閉じ込められている。容器内には温度調節器があり、容器内の物質を一様に加熱または冷却できるようになっている。ピストンや容器は熱容量の無視できる断熱材でできており、外部との熱のやりとりはない。以下の問い合わせよ。

(1) 容器内の水を冷却して凍らせ、 $-T_1$ [°C] で一定にした後、温度調節器の電力を一定にして、1気圧の大気圧のもとで加熱を続けた。加熱し始めた時刻を 0 s として、容器内の温度の変化を観測したところ図2のようになつた。すなわち、 t_1 [s] 後には 0 °C となりしばらく温度は一定となつた。加熱開始 t_2 [s] 後には氷は完全に溶けて水になり、その後再び温度が上昇し始め、加熱開始 t_g [s] 後には T_g [°C] に、また t_3 [s] 後には 100 °C となり、加熱開始 t_4 [s] 後までは 100 °C の温度が保たれた。

- (i) 水の比熱を C_w [J/(g·K)] として、氷が完全に溶けた直後の m [g] の水が、0 °C から T_g [°C] まで上昇する間に与えられた熱量を求めよ。
- (ii) 加熱している間の一定電力 P [W] を、 m , C_w , T_g , t_g , t_2 を用いて表せ。
- (iii) 氷の融解熱 [J/g] を、 C_w , T_g , t_1 , t_g , t_2 を用いて表せ。
- (iv) 氷の比熱は、水の比熱の何倍か。 T_1 , T_g , t_1 , t_g , t_2 を用いて表せ。
- (v) 加熱開始後 t_f [s] 後に、この容器内に残っている氷の質量は、溶けて水となる部分の氷の質量の何倍か。 t_1 , t_f , t_2 を用いて表せ。ただし、 $t_1 < t_f < t_2$ である。
- (vi) 水の蒸発熱 [J/g] と氷の融解熱の比を、 t_1 , t_2 , t_3 , t_4 を用いて表せ。

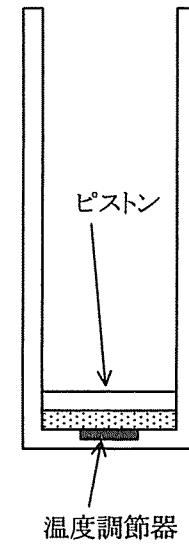


図1

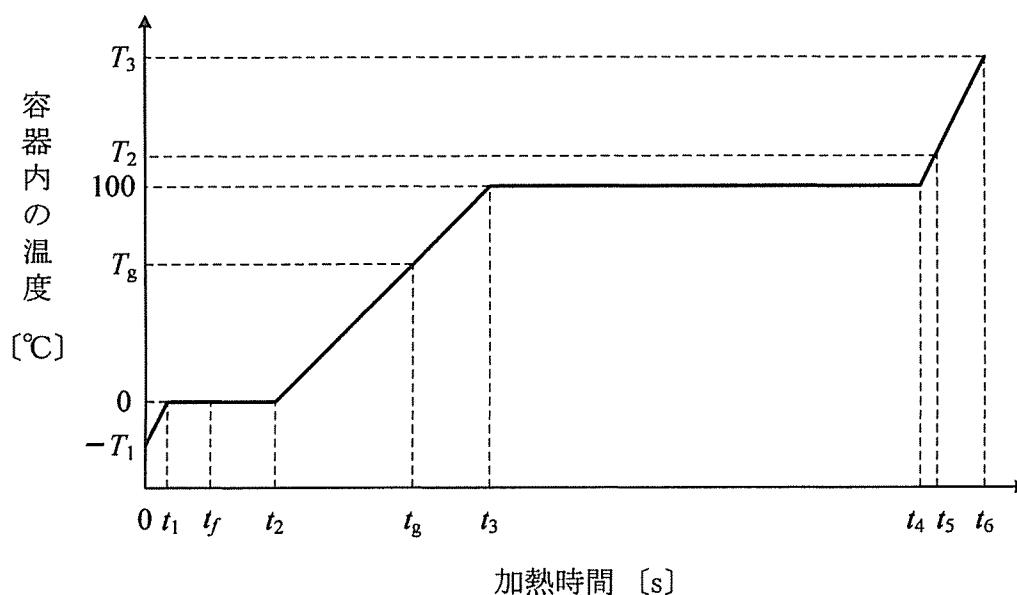


図2

(2) 加熱開始 t_4 [s] 後には、水は完全に水蒸気となり再び温度は上昇し始め、加熱開始 t_5 [s] 後には T_2 [°C] に、また t_6 [s] 後には T_3 [°C] となり、ここで加温を停止した。ただし、水蒸気は「理想気体」と見なせるものとする。

- (i) 加熱開始 t_5 [s] 後において、容器内の水蒸気の体積は V_0 [m³] であった。加熱開始 t_6 [s] 後の容器内の水蒸気の体積 V_1 [m³] を、 V_0 , T_2 , T_3 を用いて表せ。ただし、絶対零度を -273 °C とする。
- (ii) 大気圧を p_0 [Pa] とするとこの間に水蒸気が外部にした仕事 W [J] を、 p_0 , V_0 , T_2 , T_3 を用いて表せ。
- (iii) この間の水蒸気の内部エネルギーの変化 ΔU_1 [J] を、 P , W , t_5 , t_6 を用いて表せ。