

令和 6 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

物 理

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
融 合 学 域	先 導 学 類(理系傾斜) 観光デザイン学類(理系傾斜) スマート創成科学類(理系傾斜)	I, II, III, IV, V (5問)
人間社会学域	学 校 教 育 学 類	I, II, III (3問)
理 工 学 域	数 物 科 学 類 地 球 社 会 基 盤 学 類 生 命 理 工 学 類 理 工 3 学 類	I, II, III, IV, V (5問)
医薬保健学域	医 学 類 薬 学 類 医 薬 科 学 類	III, IV, V (3問)
	保 健 学 類	I, II, III (3問)
理 系 一 括 入 試		I, II, III, IV, V, VI (6問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文 16 ページです。答案用紙は、学校教育学類、保健学類は 3 枚、先導学類(理系傾斜)、観光デザイン学類(理系傾斜)、スマート創成科学類(理系傾斜)、数物科学類、地球社会基盤学類、生命理工学類、理工 3 学類は 5 枚、医学類、薬学類、医薬科学類は 3 枚、理系一括入試は 6 枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

I [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 保健学類, 理系一括入試]

以下の文章が正しい記述となるように, (6) には人名を書きなさい。
(8) , (13) は{ }内の選択肢から最も適切なものを一つ選び, 解答欄の選択肢に○をつけなさい。また, それ以外の () には適切な式を記入しなさい。

質量 M_s [kg] の太陽と, 質量 M [kg] の地球の間にはたらく万有引力の大きさは, それらのあいだの距離を r [m], 万有引力定数を G [$\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$] とすると (1) [N] と表せる。静止した太陽を中心として地球は半径 r の円軌道を描くとする。また他の惑星や衛星からの万有引力の影響は無視する。公転運動の角速度 ω [rad/s] を用いると軌道上の地球の速さは $v =$ (2) [m/s] である。遠心力の大きさは v , r , M を用いて (3) [N] と書ける。また, 公転周期 T [s] と角速度 ω の間には $T =$ (4) [s] の関係がある。太陽からの万有引力と遠心力がつり合うとして周期の2乗を求めると r を用いて $T^2 =$ (5) [s^2] となり, これは (6) の第3法則に相当する。円運動の面積速度は, 太陽との距離 r と速さ v を用いて (7) [m^2 / s] と表される。惑星の軌道は楕円軌道もありえる。(6) の第2法則によれば, 同じ楕円軌道上で速度は太陽に近い位置で (8) {(速く, 遠い位置では遅く)・(遅く, 遠い位置では速く)・(も遠い位置でも同じに)} なる。

また, 万有引力は地球の表面での重力の原因でもある。地球の自転を無視して考える。質量 m [kg] の地表の物体と地球の間にはたらく万有引力の大きさは地球の半径を R [m], 地球の質量を M [kg] とすると G を用いて (9) [N] となる。地球表面での重力加速度の大きさを g [m / s^2] とすると, 地表にある物体にはたらく重力の大きさ mg [N] は (9) と等しい。よって g は R , G , M を用いて (10) [m / s^2] と表せる。

次に地球を周回する大きさの無視できる質量 m [kg] の物体について考える。ただし太陽からの万有引力の影響や空気の抵抗による摩擦は無視する。地球表面におい

て水平方向の速さが第一宇宙速度 v_1 [m/s] のとき、地面に落ちることなく地表面すれすれを周回する。この状態では重力と遠心力がつり合うことから、この速さ v_1 は g と R を用いて (11) [m/s] と書ける。

さらに速さが v_2 [m/s] 以上のときその物体は地球から離れて無限の遠方に飛んでいく。この速さを第二宇宙速度という。万有引力による質量 m の物体の位置エネルギーは、基準を無限遠で 0 にとると、半径 R の地球の地表において (12) [J] となる。一方、速さ v [m/s] の物体の運動エネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ [J] である。地表面でこれらの合計が (13) {0 以上・0 未満} になることが無限の遠方に飛んでいく条件になる。このことから第二宇宙速度は R , G , M を用いて $v_2 =$ (14) [m/s] と書ける。これは g と R を用いて書きなおすと $v_2 =$ (15) [m/s] となる。

次に正と負の 2 つの電荷の間にはたらく静電気力を考える。静電気力は万有引力と同じ距離依存性を示す。水素原子の場合、正の電荷をもつ陽子と負の電荷をもつ電子が引き合うが、陽子の質量が電子の質量よりはるかに大きいことも、太陽と地球の関係に似ている。電気素量を e [C], 電子の質量を m_e [kg], 電子の円軌道の軌道半径を r_e [m], 電子の速さを v_e [m/s], 真空中の静電気力の定数を k_0 [N・m²/C²] として、電子の遠心力と静電気力がつり合うことから $r_e =$ (16) [m] と導ける。

Ⅱ [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 保健学類, 理系一括入試]

図2に示すように, 内部抵抗を無視できる起電力 E [V] の電池, 抵抗率 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$] で断面積 S [m^2], 長さ ℓ [m] の一様な抵抗線, 電気容量 C [F] のコンデンサー, 自己インダクタンス L [H] のコイル, 内部抵抗を無視できる電流計, スイッチ SW からなる回路を考える。移動接点 p は, 図2に示すように抵抗線の一端から長さ x [m] の地点に接続してある。スイッチは a に接続されている状態, b に接続されている状態, 中間で開いている状態がある。最初, スイッチは開いており, コンデンサーに電荷は蓄えられていないとする。以下の問いに答えなさい。

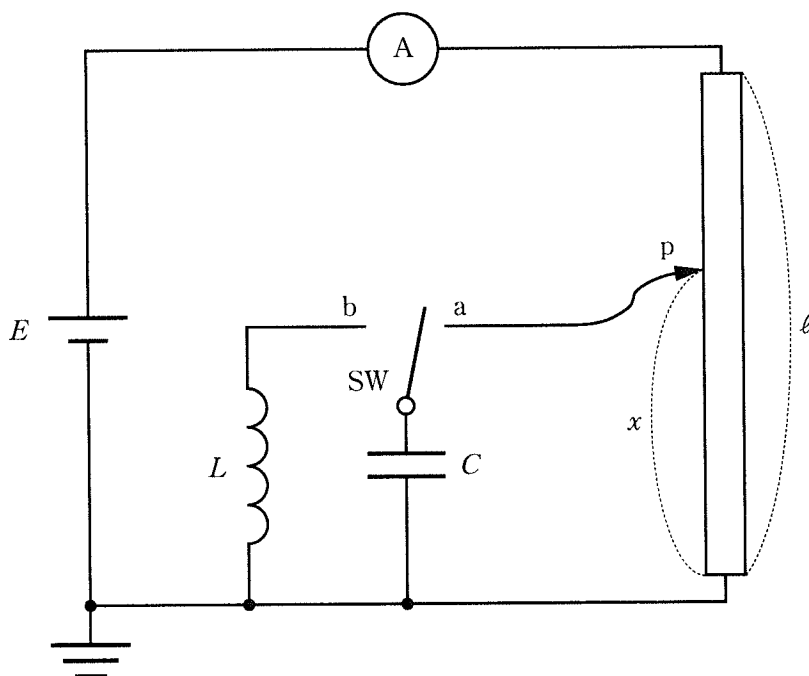


図2

- 問 1 抵抗線の全抵抗値を求めなさい。
- 問 2 電池の負極は接地してある。移動接点 p の電位を答えなさい。
- 問 3 次にスイッチを a と接続した。その直後にコンデンサーにかかる電圧と電流計に流れる電流の大きさを求めなさい。
- 問 4 スwitchを a に接続してじゅうぶん時間が経過した後に電流計に流れる電流の大きさとコンデンサーに蓄えられる電気量を求めなさい。
- 問 5 その後、コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーが U [J] になるように移動接点 p の位置を調整した。このときの x を求めなさい。
- 問 6 その後、スイッチを b に接続すると、コイルに流れる電流は時間変化した。電流の大きさの最大値を求めなさい。ただし、 U を用いて表しなさい。
- 問 7 スwitchを b に接続してからコイルに蓄えられるエネルギーが最初に最大となるまでの時間を求めなさい。

Ⅲ [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 保健学類, 理系一括入試]

媒質中を進む光の屈折について考える。媒質1と媒質2の絶対屈折率をそれぞれ n_1 と n_2 とする。以下の問いに答えなさい。

問1 媒質1に対する媒質2の相対屈折率を答えなさい。

図3aのように、内半径 a [m], 外半径 b [m] の中空のガラス円柱1の中に半径 a の金属円柱が軸を同一にして隙間なく埋めこまれた物体が空気中に置かれている。同心軸上の一点を O とする。図3aの点 P は円柱の同心軸と垂直な方向にあり、物体からじゅうぶん離れたところに位置している。点 P からこの物体を眺めると、図3bのように金属円柱の半径が実際の半径 a よりも大きく見えた。このときの見かけの半径を r_1 [m] ($a < r_1 < b$) とする。ただし、空気とガラス円柱1の絶対屈折率をそれぞれ1と n_1 とし、 $n_1 > 1$ の条件を満たすとする。図3cは点 O で同心軸に垂直に切断したときの断面図である。点 A で金属円柱の表面から接線方向へ発した光がガラス円柱1の表面の点 B で屈折し、点 P の方向へ進む経路が描かれている。直線 OP と点 B の距離が見かけの半径 r_1 になる。点 B における入射角、屈折角をそれぞれ α , β とし、全反射しない場合を考える。

問2 点 B における屈折の法則から n_1 を α と β を用いて表しなさい。

問3 $\sin \alpha$ を a , b , r_1 の中から必要なものを用いて答えなさい。

問4 $\sin \beta$ を a , b , r_1 の中から必要なものを用いて答えなさい。

問5 r_1 を a , b , n_1 の中から必要なものを用いて答えなさい。

問6 次の(ア)～(エ)の中から適切な文章を全て選び, 解答欄に記号で答えなさい。

(ア) a と b を固定したまま n_1 を大きくすると r_1 は大きくなる。

(イ) a と b を固定したまま n_1 を大きくしても r_1 は変わらない。

(ウ) a と n_1 を固定したまま b を大きくすると r_1 は大きくなる。

(エ) a と n_1 を固定したまま b を大きくしても r_1 は変わらない。

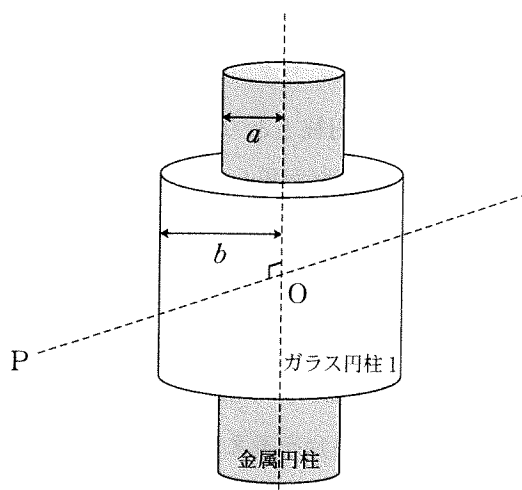
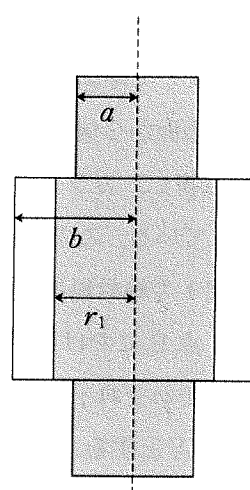
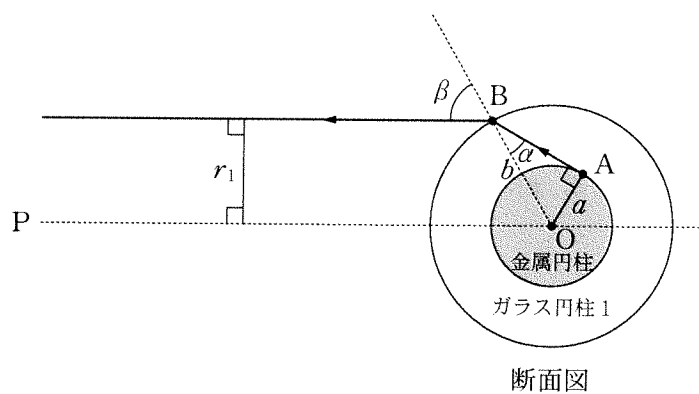


図 3 a



点 P から見たとき

図 3 b



断面図

図 3 c

次に、この物体を内半径 b 、外半径 c [m] ($a < b < c$) の中空のガラス円柱 2 の中に軸を同一にして隙間なく埋め込んだ。図 3 d はそのときの断面図である。点 A で金属円柱の表面から接線方向へ発した光がガラス円柱 1 とガラス円柱 2 の境界面上の点 B で屈折し、ガラス円柱 2 の表面の点 C で再び屈折し、点 P の方向へ進む経路が描かれている。このときの金属円柱の見かけの半径を r_2 [m] ($a < r_2 < c$) とし、ガラス円柱 1 の絶対屈折率を n_1 ($n_1 > 1$)、ガラス円柱 2 の絶対屈折率を n_2 ($n_2 > 1$) とする。点 B における入射角、屈折角をそれぞれ α 、 β とし、点 C での入射角、屈折角をそれぞれ γ 、 δ とする。点 O から直線 BC へのばした垂線が直線 BC と交わる点を A' とする。点 B、C で全反射しない場合を考える。以下の問いに答えなさい。

問 7 点 B における屈折の法則を表す式を α 、 β 、 n_1 、 n_2 を用いて書きなさい。

問 8 点 C における屈折の法則を表す式を γ 、 δ 、 n_2 を用いて書きなさい。

問 9 r_2 を a 、 b 、 c 、 n_1 、 n_2 の中から必要なものを用いて答えなさい。

問 10 次の(オ)～(ク)の中から適切な文章を全て選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (オ) a 、 b 、 c 、 n_1 を固定したまま n_2 を大きくすると r_2 は大きくなる。
- (カ) a 、 b 、 c 、 n_1 を固定したまま n_2 を大きくしても r_2 は変わらない。
- (キ) a 、 b 、 n_1 、 n_2 を固定したまま c を大きくすると r_2 は大きくなる。
- (ク) a 、 b 、 n_1 、 n_2 を固定したまま c を大きくしても r_2 は変わらない。

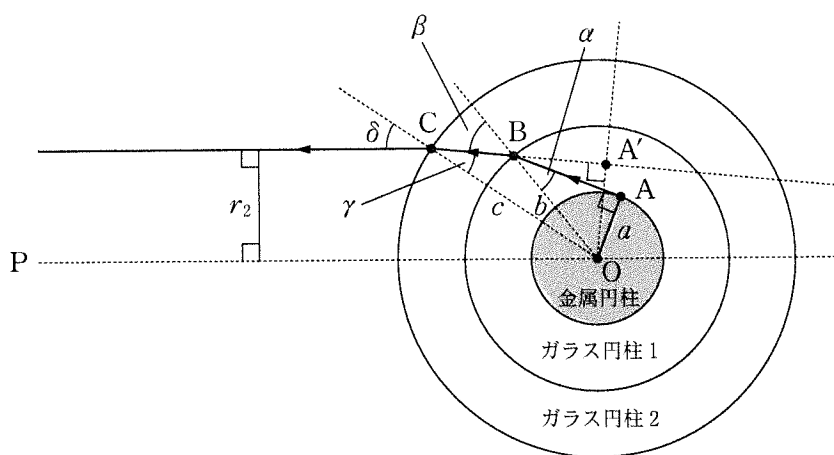


図 3 d

Ⅳ [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 理系一括入試]

図4aのように, ばねの上端を天井に固定し, その下端に質量 m [kg] のおもりをつると, ばねは自然長より d [m] だけ伸びてつり合った。鉛直上向きを y 方向の正の向きとし, このときのおもりの位置を原点 O とする。ばねの質量は無視できるとし, ばね定数を k [N/m] とする。空気の抵抗による摩擦はないものとし, 重力加速度の大きさを g [m/s²] とし, 以下の問いに答えなさい。

問 1 ばねの伸び d を m , g , k を用いて答えなさい。

問 2 おもりを O から $y = -a$ [m] ($a > 0$) の位置まで手で引いてその位置で静止させた。このときのおもりにはたらくばねの弾性力の大きさを m , g , k , a を用いて答えなさい。

問 3 その後, 静かに手をはなすとおもりは単振動をはじめた。この単振動の周期を m , k を用いて答えなさい。

問 4 単振動しているおもりの速さの最大値を m , k , a を用いて答えなさい。

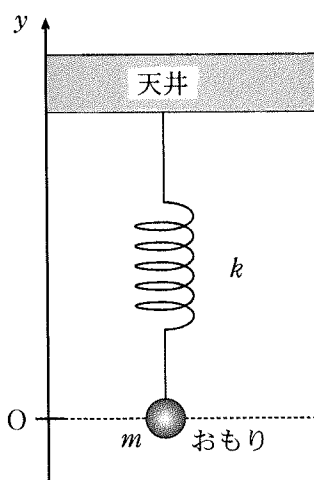


図 4 a

図 4 b のように、質量 M [kg] の一様な直方体の物体が穴の開いた水平な板の上ののっており、物体の下には板の穴を通して前と同じばねが取り付けられている。ただし、板は固定されており、板の穴はじゅうぶん小さいものとする。また、物体とばねの接点は物体の重心を通る鉛直線上にあり、ばねは鉛直方向にのみ伸縮する。ばねの下端に質量 m [kg] のおもりががつるされており、つり合いの位置を原点 O とする。おもりを O から $y = -a$ [m] の位置まで手で引いてから静かに手をはなすとおもりは上昇し、その後ある時点で物体が浮きあがった。

問 5 手をはなしてから物体が浮く直前までの間に、板が物体に及ぼす垂直抗力の大きさをおもりの位置 y と m, g, k, M を用いて答えなさい。

問 6 物体が浮いた瞬間のおもりの位置を m, g, k, M を用いて答えなさい。

物体が浮いた瞬間のおもりの位置が $\frac{a}{2}$ であったとして、以下の問いに答えなさい。

問 7 おもりから手をはなしてから物体が浮き始めるまでにかかった時間は問 3 で求めた周期の何倍かを答えなさい。

問 8 物体が浮いた瞬間のおもりの速さを m, k, a を用いて答えなさい。

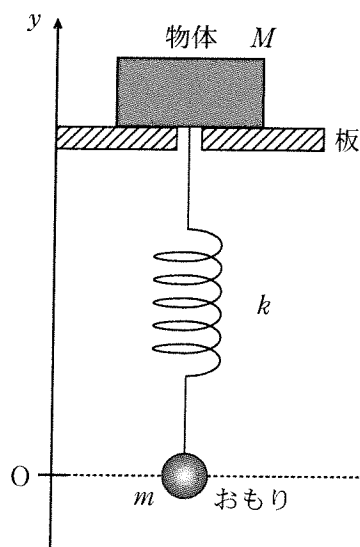


図 4 b

V [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 数物科学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理工3学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 理系一括入試]

理想気体に関する以下の問いに答えなさい。

問 1 圧力 P [Pa], 体積 V [m^3], 質量 m [kg], 1 モルあたりの質量 m_A [kg/mol], 気体定数 R [J/(mol·K)], 絶対温度 T [K] の理想気体の状態方程式は

$$PV = \boxed{\text{(a)}} RT$$

と表される。 $\boxed{\text{(a)}}$ にあてはまる適切な式を答えなさい。

問 2 問 1 の状態方程式は密度 ρ [kg/ m^3] を用いて

$$\frac{P}{\rho T} = \boxed{\text{(b)}}$$

と書き換えることができる。 $\boxed{\text{(b)}}$ にあてはまる適切な式を m_A と R を用いて答えなさい。

問 3 問 2 の式の右辺は定数であることから, 一定圧力のもとで密度は温度に対して $\boxed{\text{(c)} \text{ {比例・反比例} }}$ することがわかる。 $\boxed{\text{(c)}}$ にあてはまる正しい語句を選び解答欄の選択肢に○をつけなさい。

熱気球の風船内の空気を熱して、熱気球を浮上させることを考える。図5のように、風船部分は一定の体積 V [m³] を保ち、その下部は開いており気体は自由に入出力できる。風船内部にはヒーターがあり、風船内の空気の温度を変化させることができる。風船内の空気を除いた熱気球全体の質量を M [kg] とし、熱気球の風船部分以外の体積は無視できる。最初、熱気球は地表にあり、地表での空気の圧力、絶対温度、密度をそれぞれ P_0 [Pa], T_0 [K], ρ_0 [kg/m³] とする。以下では、空気を理想気体として扱ってよい。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の問いに答えなさい。

問 4 地表において熱気球にはたらく浮力の大きさを求めなさい。

熱気球を地表にロープで固定した状態で、風船内の空気を T_0 から T_1 [K] まで加熱した。

問 5 加熱後の風船内の空気の質量を求めなさい。

問 6 熱気球を地表から浮上させるために必要な T_1 が満たすべき条件式は

$$T_1 > \boxed{} \times T_0$$

と表される。 $\boxed{}$ にあてはまる適切な式を ρ_0 , V , M を用いて答えなさい。ただし、風船の体積はじゅうぶん大きく、 $\rho_0 V > M$ を満たすものとする。

風船内の空気の温度を T_1 とした後、熱気球と地表をつなぐロープを切り離すと熱気球はゆっくりと浮上した。

問 7 ロープを切り離した直後に熱気球が浮上することを説明する理由として正しい文を下から1つ選び解答欄の選択肢に○をつけなさい。

- (a) 風船内の空気を加熱することで、熱気球にはたらく浮力が大きくなるから。
- (b) 風船内の空気を加熱することで、風船内の空気の質量が小さくなるから。
- (c) 風船内の空気を加熱することで、風船内の圧力が大きくなるから。

ロープを切り離した後、しばらくすると熱気球の上昇は止まり、ある高度で静止した。ただし、この間、風船内の空気の温度は T_1 に保たれたままとする。熱気球が浮上した際に大気中の風の影響はないものとする。大気の圧力と密度は高度によって変化するが、大気の温度は高度によって変化しないものとして、以下の問いに答えなさい。

問 8 熱気球が静止した高度での大気の密度を V , M , T_0 , T_1 を用いて答えなさい。

問 9 その高度での大気圧を V , M , T_0 , T_1 , ρ_0 , P_0 を用いて答えなさい。

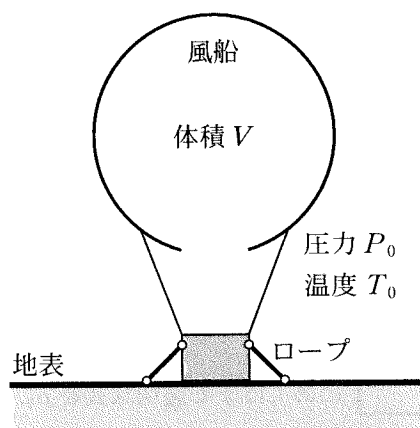


図 5

VI [理系一括入試]

図 6 a に示すように水平な氷面上に xy 平面を定める。質量 m [kg] の円盤を原点 O から初速度の大きさ v_0 [m/s] で y 軸の正方向へ射出し、 O から距離 L [m] にある y 軸上の目標点で静止させたい。円盤と氷面の間の動摩擦係数を μ とし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。円盤の大きさはじゅうぶん小さいものとし、円盤は回転運動をしないとして、以下の問いに答えなさい。

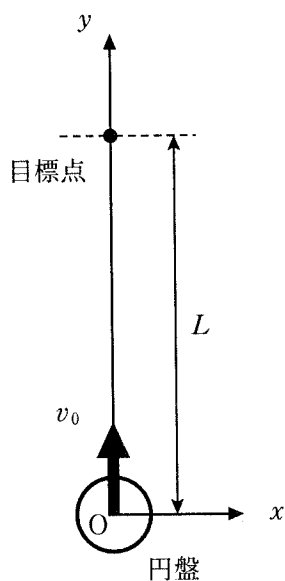


図 6 a

- 問 1 円盤が目標点に向かって動いているときの y 方向の運動方程式を答えなさい。ただし、加速度の y 成分として $a[\text{m/s}^2]$ を用いなさい。
- 問 2 円盤が射出されてから時間 $t[\text{s}]$ 経過後の円盤の速さを v_0, μ, g, t を用いて表しなさい。
- 問 3 円盤が射出されてから静止するまでの時間を v_0, μ, g を用いて表しなさい。
- 問 4 円盤を目標点で静止させるために v_0 が満たすべき条件式を μ, g, L を用いて表しなさい。
- 問 5 射出直後の円盤の運動エネルギーと円盤を射出してから静止するまでに摩擦力がする仕事の関係式を m, v_0, μ, g, L を用いて表しなさい。

次に、図 6 b に示すように、水平な氷面上の点 A から距離 L [m] 離れた位置にある質量 $2m$ [kg] の静止している円盤 2 に、質量 m [kg] の円盤 1 を y 軸の正の方向に速さ v_0 [m/s] で完全弾性衝突させた。衝突後、円盤 1 は速さ v_1 [m/s] で y 軸から時計回りに角度 α [rad] の方向へ、円盤 2 は速さ v_2 [m/s] で y 軸から反時計回りに角度 θ [rad] の方向へ進んだ。その後、円盤 2 は点 A 上にある静止した質量 m [kg] の円盤 3 に一直線上で衝突した。ただし、この円盤 2 と円盤 3 の衝突は非弾性衝突であり、その反発係数を e ($0 < e < 1$) とする。各円盤の大きさはじゅうぶん小さいものとする。また衝突によって円盤は回転運動をせず、直線運動のみ行うものとする。各円盤と氷面の間の動摩擦係数を μ とし、重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の問いに答えなさい。

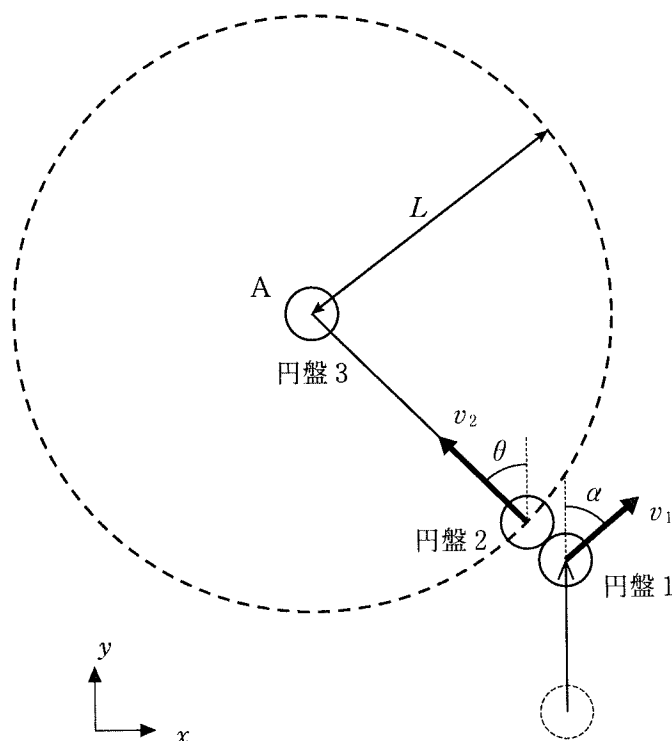


図 6 b

- 問 6 円盤 1 と円盤 2 の衝突前後における運動量保存の法則の式を書きなさい。ただし、 x 方向と y 方向の各成分で答えなさい。
- 問 7 問 6 の衝突においては運動量だけではなく運動エネルギーも保存する。 v_2 を v_0 と θ を用いて表しなさい。
- 問 8 円盤 3 に衝突する直前の円盤 2 の速さを v'_2 とする。 v'_2 を v_2 , μ , g , L を用いて表しなさい。
- 問 9 円盤 2 と円盤 3 が衝突した直後のそれぞれの速さを v''_2 と v_3 として、 e を v'_2 , v''_2 , v_3 を用いて表しなさい。
- 問10 衝突後の円盤 3 が点 A を中心とする半径 L の円周上で静止した。そのときの v_2 を e , g , L , μ を用いて表しなさい。

