

令和7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 15 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]

図1aのように, 2つの極板を有する容器の中に単原子分子の理想気体が閉じ込められている装置がある。2つの極板の面積は, ともに $S[\text{m}^2]$ である。下側の極板は容器の下部に固定されているが, 上側の極板はなめらかに動き, ピストンとしてはたらく。また, 2つの極板は電源とスイッチからなる回路に組み込まれており, 平行板コンデンサーとしてもはたらき, 極板間には一様な電場(電界)を生じさせる。容器の側壁は絶縁体でできており, 容器内部の気体の誘電率 $\epsilon[\text{F}/\text{m}]$ は一定とする。容器には気体の加熱用および冷却用機能が備わっており, 容器および極板は熱を通さないものとする。また, 極板の質量および極板の端の影響はともに無視できるとし, 上の極板に鉛直上方からかかる大気圧も無視して考えるものとする。

回路のスイッチを閉じると, コンデンサーは充電され, 2つの極板間には引き合う力が生じ, 上の極板は容器内部の気体から受ける力と釣り合う位置に落ち着いた。このときの極板の間隔は $d[\text{m}]$ であり, この状態を状態Aとする。状態Aにおいて上側の極板が下側の極板から受ける力の大きさが $F[\text{N}]$ であった。次に, 気体をゆっくりと加熱し, その間極板の間隔が常に d に固定されるように電源の電圧を制御した。気体の絶対温度が状態Aの2倍となったときの状態を状態Bとする。以下の問1から問4に答えなさい。

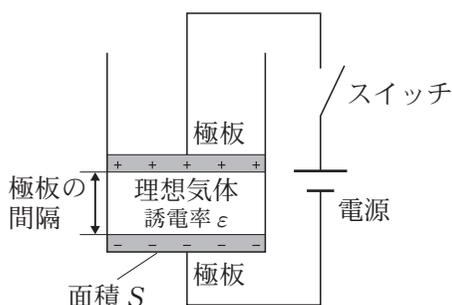


図1a

- 問 1 状態 A における気体の圧力を, F , S , d のうち必要なものを用いて答えなさい。
- 問 2 状態 A から状態 B へ変化する過程を考える。この過程で気体が外部にした仕事を答えなさい。また気体に与えられた熱量を, F , S , d のうち必要なものを用いて答えなさい。
- 問 3 コンデンサーに充電された電荷を q [C], 極板間に生じている電場の大きさを E [V/m] とするとき, 極板が引き合う力の大きさ F は $\frac{qE}{2}$ と表される。 F を, q , S , ϵ を用いて答えなさい。ただし, 電場の大きさは, 単位面積当たりを垂直に貫く電気力線の数であり, 電荷 q' [C] から出る電気力線の総本数は, $\frac{q'}{\epsilon}$ 本である。
- 問 4 状態 B でコンデンサーに充電されている電荷は, 状態 A のときの値の何倍となるか答えなさい。

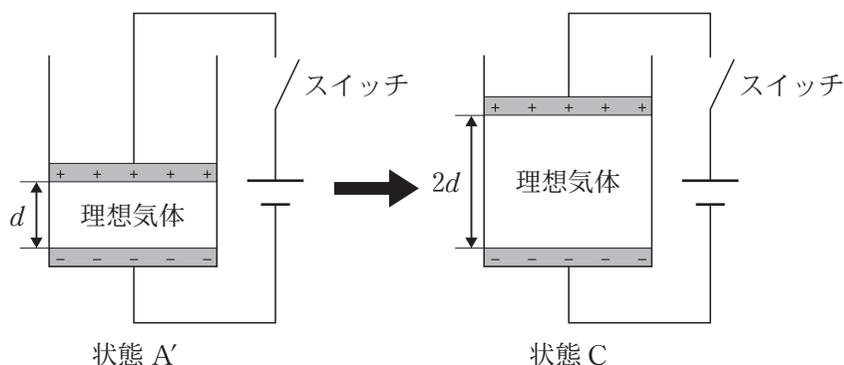


図 1 b

次に, 装置の状態を状態 A にもどし, 回路のスイッチを開いた。この状態を状態 A' とする。このときコンデンサーに充電された電荷を Q [C] とする。図 1 b のように, 容器内部の気体を加熱すると, 気体の圧力が一定に保たれながら, 上側の極板はゆっくりと上昇し始めた。極板の間隔が $2d$ となったときの状態を状態 C とする。以下の問 5 と問 6 に答えなさい。

問 5 状態 A' から状態 C へ変化する過程において、気体が外部にした仕事と気体に与えられた熱量を、 Q , S , d , ε を用いて答えなさい。

問 6 状態 A' から状態 C へ変化する過程において、気体が外部にした仕事とコンデンサーの静電エネルギー変化の関係について適切な説明文を、次の(a)~(d)の選択肢の中から 1 つ選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (a) 気体が外部にした仕事のほうが静電エネルギー変化よりも大きい。
- (b) 気体が外部にした仕事のほうが静電エネルギー変化よりも小さい。
- (c) 気体が外部にした仕事と静電エネルギー変化は同じである。
- (d) 仕事の次元は静電エネルギーの次元と異なるため、比較できない。

気体の加熱用および冷却用機能を使って、図 1c のように、ある状態 A_1 から気体の定積変化により状態 A_2 へ、状態 A_2 から気体の定圧変化により状態 A_3 へ、状態 A_3 から定積変化により状態 A_4 へ、状態 A_4 から定圧変化で状態 A_1 へ変化させた。なお、定積変化の過程では回路のスイッチは閉じており、極板の間隔が固定されるように電源の電圧を制御した。定圧変化の過程では回路のスイッチを開いていた。状態 A_1 におけるコンデンサーに充電された電荷量を Q_1 [C]、極板の間隔を d 、状態 A_2 における電荷量を Q_2 [C]、状態 A_3 における極板の間隔を $2d$ とする。

問 7 状態 $A_1 \rightarrow$ 状態 $A_2 \rightarrow$ 状態 $A_3 \rightarrow$ 状態 $A_4 \rightarrow$ 状態 A_1 の過程において、気体が外部にした仕事を答えなさい。

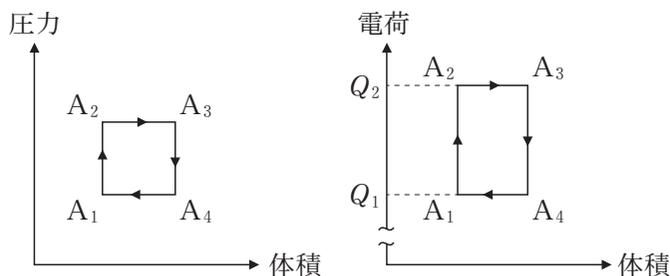


図 1c

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は, 起電力 V [V] の電池, 抵抗値 R_0 [Ω], R_1 [Ω] の抵抗 R_0, R_1 , 電気容量 C [F] のコンデンサー C , スイッチからなる回路である。スイッチの開閉により, 回路の電流や電圧, コンデンサーに蓄えられている電荷は, それぞれ時間とともに変化するが, じゅうぶんな時間が経過すると変化しなくなる。導線の電気抵抗, 電池の内部抵抗は無視できるとする。

スイッチを開いた状態で, じゅうぶんな時間を経過させた後に, スイッチを閉じた。スイッチを閉じた直後について, 以下の問1, 問2に答えなさい。

問1 コンデンサー C に蓄えられている電荷の大きさを求めなさい。

問2 抵抗 R_0, R_1 に流れる電流の大きさをそれぞれ求めなさい。

スイッチを閉じてからじゅうぶんな時間が経過するまでの間の, ある瞬間において, コンデンサー C に蓄えられた電荷が q [C] ($q > 0$) となった。このとき, 以下の問3, 問4に答えなさい。

問3 コンデンサー C にかかる電圧, 抵抗 R_0 にかかる電圧をそれぞれ求めなさい。

問4 抵抗 R_1 に流れる電流の大きさ, 図2の点 P を流れる電流の大きさをそれぞれ求めなさい。

以降の問いでは, $V = 15$ V, $R_0 = 3.0 \times 10^3 \Omega$, $R_1 = 2.0 \times 10^3 \Omega$, $C = 3.0 \times 10^{-6}$ F とする。

スイッチを閉じてからじゅうぶんな時間が経過した場合を考える。以下の問5, 問6に有効数字2桁の数値で答えなさい。

問5 抵抗 R_0 に流れる電流の大きさと, コンデンサー C にかかる電圧をそれぞれ求めなさい。

問 6 コンデンサー C に蓄えられたエネルギーと、電池が毎秒失うエネルギーを求めなさい。

スイッチを閉じて、じゅうぶんな時間が経過した後に、スイッチを開いた。以下の問 7 に有効数字 2 桁の数値で答えなさい。

問 7 スイッチを開いた直後、図 2 の点 P を流れる電流の大きさを求めなさい。

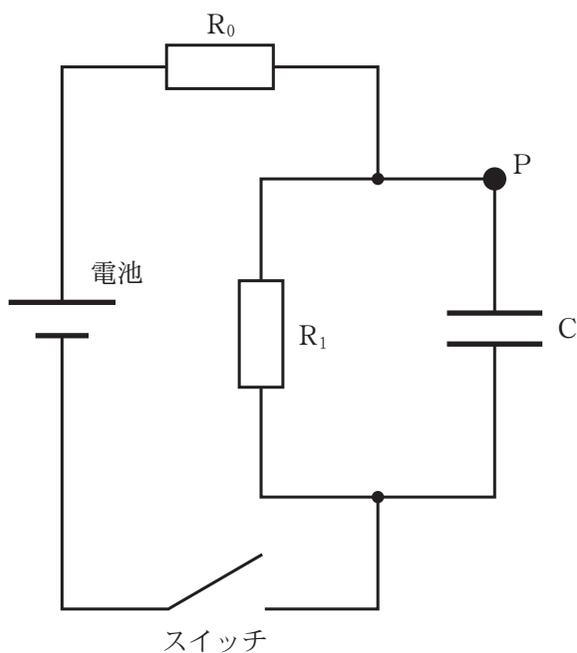


図 2

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]

宇宙空間にあるデブリ(宇宙ゴミ)を回収するため, ロケットで向かった。ロケットの速さを増すため星を利用する。

図3aのように, ロケットと星は同じ平面内(xy 面内)で運動するものとする。ロケットは, 星からの万有引力が無視できるじゅうぶん離れた遠方で, 速度 $(0, -v_0)$ [m/s] で等速直線運動し, このとき星は速度 $(0, V_0)$ [m/s] で等速直線運動している。ここで, 速度を(x 方向の速度成分, y 方向の速度成分)と表す。ただし, $v_0 > 0, V_0 > 0$ である。ロケットの質量を m [kg], 星の質量を M [kg] ($M > m$) とする。

ロケットが星の近くを通り, ロケットと星はそれぞれ運動の方向を変えた。その後, ロケットと星がじゅうぶん離れ万有引力が無視できるとき, 図3bのように, ロケットは速度 $(v_1, 0)$ [m/s], 星は速度 $(-V_x, V_y)$ [m/s] でそれぞれ等速直線運動した。ただし, $v_1 > 0, V_x > 0$ である。ロケット, 星, デブリは, 質点とみなせるとする。以下の問いに答えなさい。

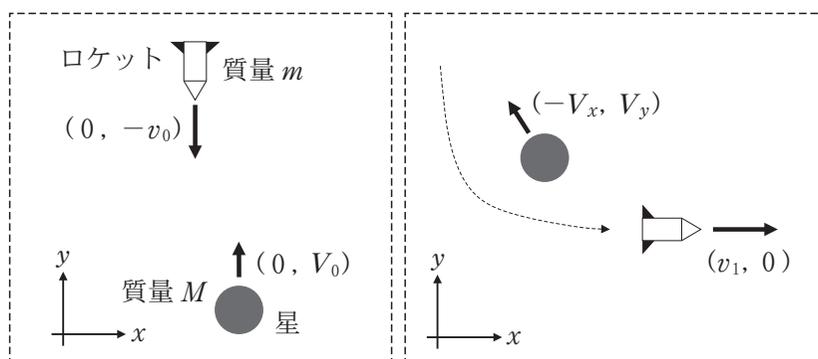


図3a

図3b

- 問 1 x 方向で成り立つ運動量保存則より, V_x を m, M, v_1 を用いて表しなさい。
- 問 2 y 方向で成り立つ運動量保存則より, V_y を m, M, v_0, V_0 を用いて表しなさい。
- 問 3 図 3 a の状態から図 3 b の状態へいたる過程で力学的エネルギーの損失はないものとして, エネルギー保存の式を, $m, M, v_0, v_1, V_0, V_x, V_y$ のうち必要なものを用いて表しなさい。
- 問 4 問 1 および問 2 で導いた V_x, V_y と, 問 3 で導いたエネルギー保存の式から, m, M, v_0, V_0 を用いて v_1 を表しなさい。
- 問 5 図 3 a の状態における, ロケットの運動量の大きさを P_R [kg・m/s], 星の運動量の大きさを P_S [kg・m/s] とするとき, $v_1 > v_0$ となる条件を, P_R, P_S を用いて表しなさい。

問 5 の条件を満たすことによりロケットの速さは v_0 から v_1 へと増加した。ロケットの先端には, 質量が無視できるロボットアームが搭載されている。図 3 c に示すように, x 方向に v_D [m/s] の速さで等速直線運動する質量 m_D [kg] のデブリを, 同一直線上の x 方向に v_1 の速さで等速直線運動するロケットのロボットアームで捕獲した。図 3 d に示すように, 捕獲後にロケットとデブリは一体化し, x 方向に v_2 [m/s] の速さで等速直線運動した。ここで, ロケットとデブリの間にはたらく万有引力は無視できるとする。以下の問いに答えなさい。

- 問 6 捕獲後のロケットの速さ v_2 を, m, m_D, v_1, v_D を用いて表しなさい。

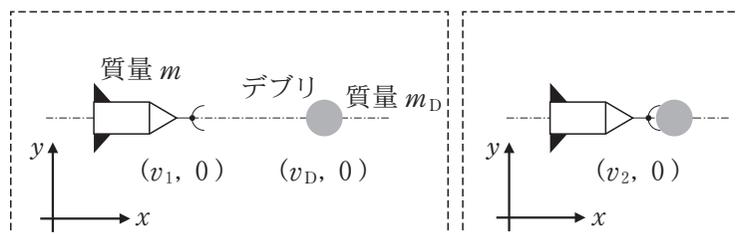


図 3 c

図 3 d

次に、図3cおよび図3dとは異なるデブリの捕獲方法をおこなうことにする。図3eに示すように、ばねを有するロボットアームを搭載した、 x 方向に等速直線運動する質量 m_R [kg] のロケットを考える。その直線上に静止しているデブリ(質量 m_D)に対して、ばね定数 k [N/m] のばねを持つロボットアームがデブリに接触した瞬間に捕獲した。ここで、捕獲する以前のばねは、自然長からの縮みや伸びはないものとし、ばねとロボットアームの質量は無視できるとする。ロボットアームがデブリを捕獲してから t 秒経過した時、ロケットとデブリはそれぞれ α_R [m/s²], α_D [m/s²] の加速度で運動していた。そのとき、ばねの左端と右端は、捕獲した瞬間からそれぞれ ℓ_R [m] および ℓ_D [m] だけ移動していた。以下の問いに答えなさい。

問 7 捕獲してから t 秒後において、ばねが自然長から伸びた長さ $\Delta\ell$ [m] を ℓ_R , ℓ_D を用いて表しなさい。

問 8 捕獲してから t 秒後における、ロケットとデブリの運動方程式を、 α_R , α_D , $\Delta\ell$, k , m_R , m_D のうち必要なものを用いて表しなさい。

ロケットから見たデブリの加速度を A [m/s²] とすると、 $A = \alpha_D - \alpha_R$ となる。以下の問いに答えなさい。

問 9 A を、 $\Delta\ell$, k , m_R , m_D を用いて表しなさい。

問10 ロケットがデブリを捕獲した後、ロケットから見て、デブリは単振動を始めた。この単振動の角振動数を、 k , m_R , m_D を用いて表しなさい。

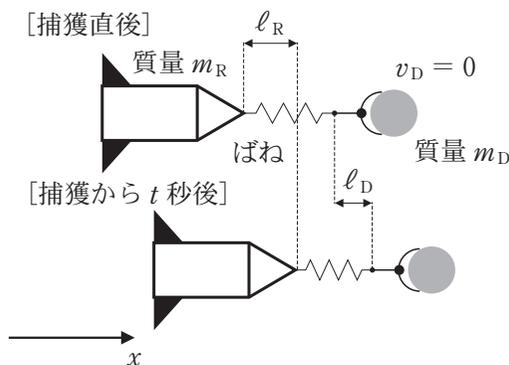


図 3 e

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4に示すように, xy 平面において, 原点 O から x 軸正の方向に r_0 [m] 進んだ点 P から, 質量 m [kg], 電荷の大きさ q [C] をもつ荷電粒子を, y 軸正方向に速さ v_0 [m/s] で射出した。図4の灰色で示された, y 座標が正である領域と $-\ell$ [m] より下側の領域では紙面垂直方向の表から裏向きに磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁場(磁界)が加えられている。射出された荷電粒子は, 原点 O を中心とした半径 r_0 の半円上を円運動し, 点 Q に到達した。荷電粒子の運動にともなう磁場の発生と電磁波の発生の影響, および重力の影響は無視できるものとして, 以下の問いに答えなさい。ただし, 円周率は π とする。

問 1 射出された荷電粒子がもつ電荷の符号を解答欄の選択肢から選び○をつけなさい。

問 2 荷電粒子が点 P から点 Q に移動している間, 荷電粒子にはたらくローレンツ力の大きさを, q , v_0 , B を用いて表しなさい。

問 3 r_0 を, m , q , v_0 , B を用いて表しなさい。

問 4 荷電粒子が点 P から点 Q に到達するまでにかかった時間を, m , q , B , π を用いて表しなさい。

y 座標が $-\ell$ から 0 までの領域では, y 軸に平行に大きさ E [V/m] の一様な電場(電界)を加えた。点 Q を通過した荷電粒子が点 R に到達したとき, 荷電粒子の速さは点 Q での速さよりも大きくなった。以下の問いに答えなさい。

問 5 加えられた電場の向きを解答欄の選択肢から選び○をつけなさい。

問 6 荷電粒子が点 R に到達したとき荷電粒子がもつ運動エネルギーを, m , q , v_0 , E , ℓ を用いて表しなさい。

問 7 荷電粒子が点 Q から点 R に到達するまでにかかった時間を, m , q , v_0 , E , ℓ を用いて表しなさい。

点 R に到達した荷電粒子は、点 O_1 を中心とする半径 r_1 [m] の半円上を円運動し、点 S に到達した。以下の問いに答えなさい。

問 8 r_1 を、 m , q , v_0 , B , E , ℓ を用いて表しなさい。

問 9 荷電粒子が点 R から点 S に到達するまでにかかった時間を、 m , q , B , π を用いて表しなさい。

荷電粒子が点 R から点 S に移動している間に、 y 座標が $-\ell$ から 0 までの領域で与えた電場の向きを反転させた。これにより、点 S を通過した荷電粒子をさらに加速させ点 T に到達させることができる。このような操作を繰り返し、荷電粒子を加速することを考える。ここで、点 Q から点 R への加速を 1 回目の加速、点 S から点 T への加速を 2 回目の加速とする。以下の問いに答えなさい。

問 10 n 回加速した直後の磁場中での荷電粒子の速さと円運動の半径を、 m , q , v_0 , B , E , ℓ , n のうち必要なものを用いて表しなさい。

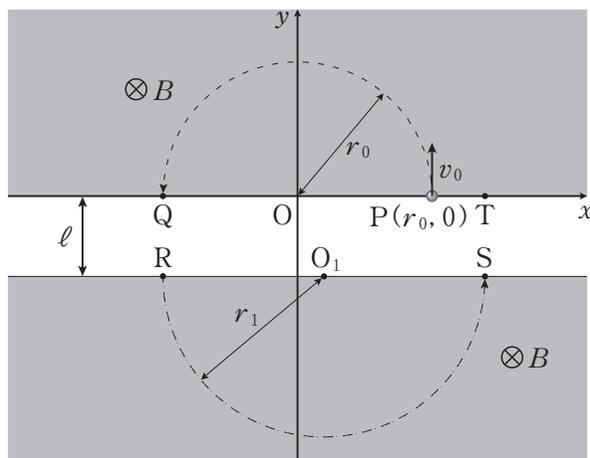


図 4

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]

以下の文章を読み, 空欄 (1) ~ (14) にあてはまる語句または数式, 数値を答えなさい。空欄に { } で示した選択肢がある場合は, それらの内から適切なものを選んで答案用紙に書きなさい。数式には文中に与えられた文字または指定された文字を用いなさい。

身のまわりの物体は多数の原子からできている。原子は原子核と電子で構成されている。原子核は, 電荷をもつ (1) と電荷をもたない (2) で構成されている。原子サイズの構造を観察しようとする場合, 可視光線を用いた光学顕微鏡ではなく, X線や電子線を用いた顕微鏡を用いる。これは, 可視光線の波長が $380 \sim 770 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 程度であり, これに比べ原子の大きさは (3) {非常に大きい, 同程度の, 非常に小さい} ためである。

ド・ブロイは, それまで (4) と思われていた電子などの (4) に (5) {放射性, 波動性, 慣性, 波の独立性} があると考えた。速さ $v [\text{m/s}]$ で運動する質量 $m [\text{kg}]$ の電子を考えると, この電子の物質波の波長 $\lambda [\text{m}]$ は, プランク定数を $h [\text{J}\cdot\text{s}]$ として, $\lambda =$ (6) である。このような物質波の波長は一般にド・ブロイ波長と呼ばれる。真空中において, 静止している電子を電圧 $V [\text{V}]$ で, 速さ v まで加速させた場合, 電子のエネルギー保存則を示す関係式は, 電気素量 $e [\text{C}]$ を用いて (7) と表すことができる。この関係式から v を求めて, ド・ブロイ波長の式 (6) に代入すると, $\lambda =$ (8) のように表される。具体的に数値を代入してみると, $V = 100 \text{ V}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $m = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 7 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ としたとき, 有効数字1桁で単位を付けて書くと, $\lambda = 1 \times 10^{(9)} \text{ m}$ となる。ここで, (9) は10のべき乗を示す整数値である。この λ の値は (10) {原子, 原子核, 電子} の大きさと同程度である。

結晶内では規則正しく並んだ原子を含む互いに平行な平面を何組も考えることができる。その一組に着目して図5aにあるように, 等間隔 $d [\text{m}]$ で並んだ結晶の原子

面を考える。真空中に置かれたこの結晶に、ド・ブROI波長が λ である電子線を原子面1に対し角度 θ [rad]で入射する。結晶内部での電子線のド・ブROI波長 λ' [m]は、 λ より短くなり、屈折現象により、電子線は原子面2や原子面3に対し角度 ϕ [rad]で進行する。一般に波の位相は、 $2\pi\left(\frac{\Delta t}{T_0} - \frac{\Delta x}{\lambda_0}\right)$ と書くことができる。ここで、 T_0 [s]は周期、 λ_0 [m]は波長、 Δt [s]は経過時間、 Δx [m]は波が進行方向へ進んだ距離を表す。図5 bにあるように、波が真空と結晶内部をそれぞれ線分PQ、線分RSに沿って進行したとき、波面である線分PR上では位相は等しく、同じく波面である線分QS上でも位相は等しい。これを用いると屈折に関する θ 、 ϕ 、 λ 、 λ' の関係式は、 $\frac{\cos \theta}{\text{(11)}} = \frac{\lambda}{\text{(12)}}$ となる。ここで、真空と結晶内部で T_0 は等しいことを用いた。結晶の屈折率 k は、 $k = \frac{\lambda}{\text{(12)}}$ である。図5 aにおいて、原子面2と原子面3で散乱された電子線が、強め合う干渉が起きる条件は、整数 n ($n = 1, 2, \dots$)および d 、 λ' 、 ϕ を用いると (13) で与えられ、 λ' 、 ϕ を消去して、 n 、 k 、 λ 、 d 、 θ を用いると (14) となる。

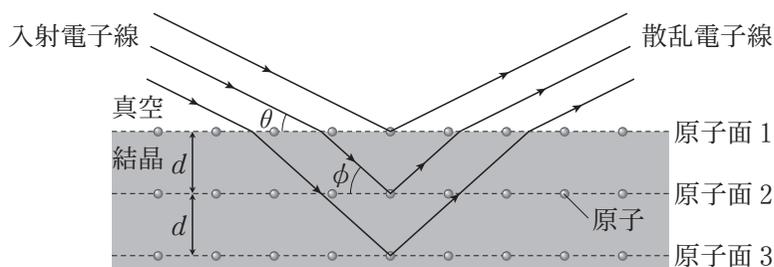


図 5 a

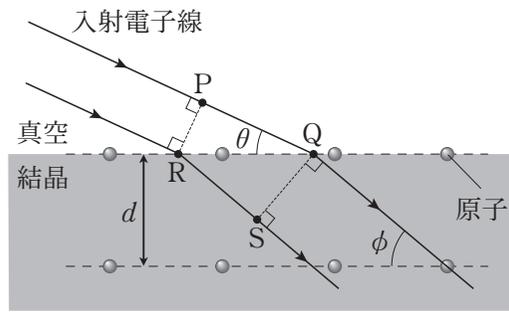


図 5 b

VI [理系一括入試]

質量 m [kg] の直方体の剛体とみなせる、幅 $2W$ [m]、高さ $2H$ [m] の一様な物体 A の運動について考える。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気抵抗は無視する。

図 6 a のように、物体 A は水平な床の上にあり、右面の中心 P からひもで、面に垂直方向に力 f [N] で引っ張られている。物体 A は転倒せずに一定の速度で滑り続けていた。床と物体 A の間の動摩擦係数を μ とし、以下の問 1 から問 3 に答えなさい。

問 1 f の大きさを求めなさい。

問 2 物体 A の右下端である点 O のまわりの力のモーメントを考える。力のモーメントの符号を、回転の向きが図 6 a で反時計回りのときを正として、 f による力のモーメントを、 f を用いて答えなさい。

問 3 物体 A が転倒せず安定な条件を W 、 H 、 μ を用いて不等式で表しなさい。

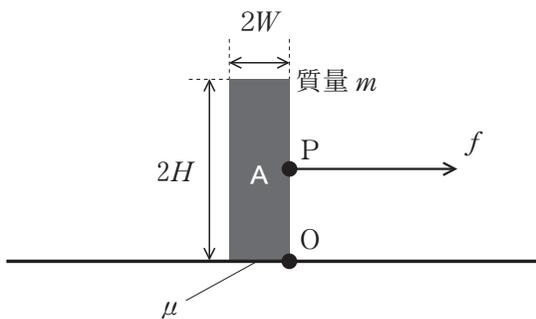


図 6 a

図 6 b のように、水平な床の上に質量 M [kg] の直方体の物体 B が載っており、その上に物体 A が載っている。物体 B をひもで水平右方向へある一定の力 F [N] で引っ張るとする。床と物体 B の間の動摩擦係数を μ_B 、物体 A と物体 B の間の動摩擦係数を μ_A とする。加速度は、水平右方向を正として、以下の問 4 から問 8 に答えなさい。

F が F_1 [N] であるとき、物体 A は、物体 B と一体となって等加速度運動した。

問 4 このときの床と物体 B の間の動摩擦力の大きさを求めなさい。

問 5 このときの加速度を求めなさい。

問 6 このとき、物体 A が転倒せず安定な条件を書きなさい。

F が F_2 [N] であるとき、物体 B 上で静止していた物体 A は、物体 B をひもで引くと同時に滑り出し、物体 A と物体 B はそれぞれ別々に等加速度運動した。このとき、物体 A は転倒しなかった。物体 A は、物体 B 上から落ちることのないものとする。

問 7 物体 A と物体 B の加速度をそれぞれ a [m/s²], b [m/s²] として、物体 A と物体 B の運動方程式をそれぞれ書きなさい。

問 8 物体 A が、物体 B 上を左方向へ距離 L [m] だけ滑ったときに、これに要した時間を、 a , b を用いずに答えなさい。

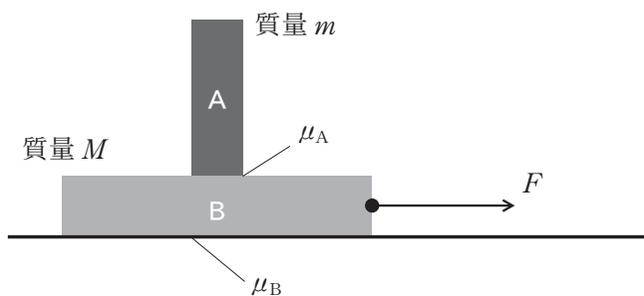


図 6 b

