令和８年度
北海道大学工学部
編入学試験（一般選抜）
学士入学試験

【物　　理】

試験時間　１３：００～１４：３０

・　試験時間中，机の上に置けるものは，受験票，黒の鉛筆，黒のシャープペンシル，消しゴム，鉛筆削り，眼鏡，時計（計時機能のみ有するもの）のみです。
　これ以外のものを試験時間中，机の上に置いてはいけません。

・　携帯電話，スマートフォン等の電子機器類，及び時計のアラームは，試験時間中，使用してはいけません。
　これらの電子機器類は，あらかじめアラームの設定を解除して電源を切り，かばん等に入れなさい。

注　意

１．試験開始の合図があるまで，この問題紙を開いてはいけません。
２．問題紙は，このページを含めて７ページあります。
３．解答用紙は「物理１／５」から「物理５／５」までの５枚，草案用紙は２枚あります。
４．受験番号は，監督員の指示に従って，すべての解答用紙の指定された箇所に必ず記入しなさい。
５．解答はすべて，解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。なお，裏面を使用してはいけません。
６．必要以外のことを解答用紙に書いてはいけません。
７．解答用紙は５枚とも全部必ず提出しなさい。
８．問題紙の余白は下書きに使用しても差し支えありません。
９．この問題紙と草案用紙は回収しません。

令和８年度
北海道大学工学部
編入学試験（一般選抜）
学士入学試験

【物　　理】

令和８年度北海道大学工学部編入学試験（一般選抜）・学士入学試験問題【物理】

問１．図１に示すように，x 軸を水平方向右向き，y 軸を鉛直方向上向きを正とした二次元座標系を考える。質量 m [kg] の球体を，原点 O から x 軸上の正方向に向けて，投射角度を θ [rad]，初速度 v_0 [m/s] で斜方投射した運動について考える。球体は空気抵抗の影響はなく，重力の影響のみを受けるものとする。原点 O から水平距離 L [m] の位置に，x 軸に対して垂直な硬い壁が存在し，球体はこの壁に衝突するものとする。重力加速度を g [m/s^2]，投射角度は $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ の範囲で，以下の設問に答えなさい。

設問１．壁が存在しないものとして，球体が再び x 軸に落下するまでの水平飛行距離（射程）R を v_0, θ, g を用いて表しなさい。

設問２．球体が壁に衝突するまでの時間 t_1 を，v_0, θ, L を用いて表しなさい。ただし L は設問１で求めた R より小さいものとする。

設問３．壁に衝突する直前の球体の状態について，以下の (a), (b) に答えなさい。

(a) 速度のベクトル成分 (v_x, v_y) （x 方向および y 方向）を，v_0, θ, g, t_1 を用いて表しなさい。ただし t_1 は設問２で求めたものとする。

(b) 衝突直前の球体の高さを，v_0, θ, g, t_1 を用いて表しなさい。ただし t_1 は設問２で求めたものとする。

設問４．球体は弾性体であり，壁に衝突した際に一時的に変形する。この変形はフックの法則に従い，反発力は $F = k\delta$ で表されるものとする。ここで k はバネ定数(剛性係数)，δ は球体が壁におしつけられた際に生じる変形量とする。以下の (a), (b) について答えなさい。

(a) 衝突直前の x 成分の運動エネルギーがすべて弾性エネルギーに変換されたと仮定するとき，最大変形量 $\delta_{\max}$ を m, v_x, k を用いて表しなさい。ただし v_x は設問３で求めたものとする。

(b) $v_0 = 4.0$ [m/s], $\theta = \frac{\pi}{3}$ [rad], $m = 0.125$ [kg], $k = 20000$ [N/m] としたとき，衝突によって生じる最大変形量 $\delta_{\max}$ [m] を求めなさい。

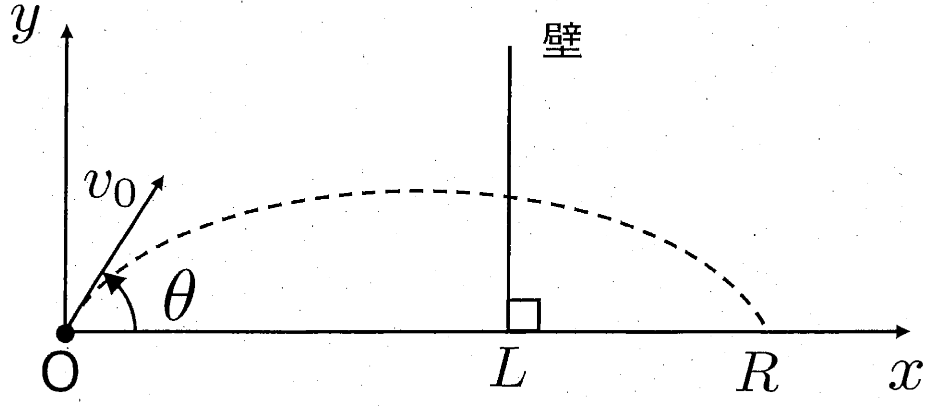

図１　斜方投射の模式図

問２．ピストンを有するシリンダー内に物質量nの理想気体を入れ，体積V_1，圧力p_1，温度T_1の初期状態（状態1）からピストンを固定して体積V_1を保ったまま加熱すると，理想気体は圧力p_2，温度T_2となった（状態2)。その後，ピストンの固定を解除するとともに理想気体を断熱状態として，圧力がp_1に再び戻るまで膨張させた（状態3)。理想気体の気体定数をR，定圧モル比熱をC_p，定積モル比熱をC_v，比熱比を$\gamma = C_p/C_v$として，以下の設問に答えなさい。

設問１．状態2における理想気体の温度T_2をT_1，p_1，p_2を用いて表しなさい。

設問２．状態1から状態2まで加熱した際の熱量Q_{12}をn，C_v，T_1，T_2を用いて表しなさい。

設問３．状態3における理想気体の体積V_3をV_1，p_1，p_2，γを用いて表しなさい。なお，断熱変化ではpV^γは定数となる。

設問４．状態3における理想気体の温度T_3をT_1，p_1，p_2，γを用いて表しなさい。

設問５．状態2から状態3への断熱変化において，理想気体が外部にした仕事W_{23}をn，T_1，C_v，p_1，p_2を用いて表しなさい。なお，断熱膨張で状態xから状態yへ変化する際の仕事W_{xy}は以下の式で表せる。

$$W_{xy} = n\,C_v(T_y - T_x)$$

設問６．状態1から状態3までの理想気体の状態変化をp-Vグラフを用いて示しなさい。グラフ中には各状態の点を明示して，圧力（p_1，p_2）と体積（V_1，V_3）も明記しなさい。また，各状態の点を通る等温線も示し，温度（T_1，T_2，T_3）も明記しなさい。

問３．電池には，電流 I [A]が増加するほど端子電圧 V [V]が減少する性質がある。これは電池の内部構造を図２の模式図のように表すと，直流電源（起電力 E [V]）と抵抗（内部抵抗 r [Ω]）の成分が存在し，$V = E - rI$ の関係が存在するためである。このような電池の端子電圧と電流の関係を実際に調べるため，電圧計，電流計，可変抵抗を用いた電気回路を構築し，可変抵抗の値を変えながら実験を行い，図 3 に示すような結果が得られた。この時，以下の設問に答えなさい。

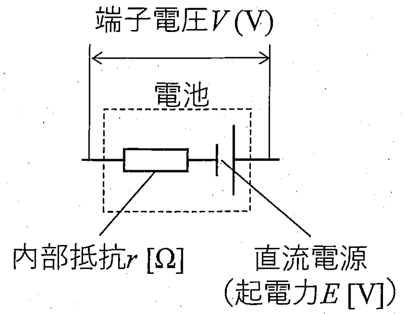

図２　電池の内部構造の模式図

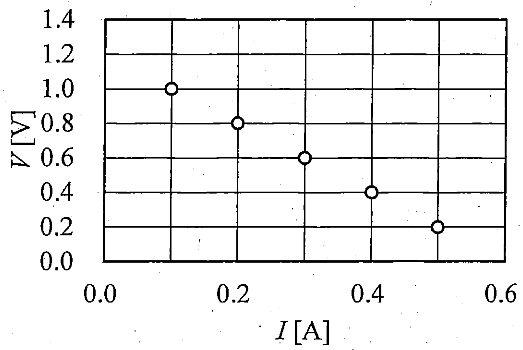

図３　実験で得られた電流と端子電圧の関係

設問１．この実験を行うためにどのような電気回路を構築する必要があるか，電池，電圧計，電流計，可変抵抗の接続関係が明瞭に分かるように回路図を示しなさい。なお回路図において，電池部分は図２に示すように直流電源と内部抵抗に分けて電気用図記号で示しなさい。電圧計，電流計，可変抵抗については以下の電気用図記号を用いなさい。

図４　電圧計

図５　電流計

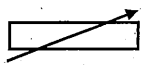

図６　可変抵抗

設問２．図３の結果からこの電池の内部抵抗 r [Ω]と起電力 E [V]を計算して求めなさい。

設問３．図３の結果から，この電池が発揮できる最大の電力 P [W]と，その時の電流 I [A]と端子電圧 V [V]を計算して求めなさい。

設問４．図３の結果を得た実験について説明している以下の文について，空欄（ ア ）にあてはまる可変抵抗の設定値 R [Ω]を計算して求め，空欄（ イ ）には「増加」と「減少」のいずれかあてはまる方を選んで解答しなさい。

「この実験では可変抵抗の設定値 R [Ω]の値を段階的に増加させても，減少させても，原理的には同じ結果を得ることができる。例えば電流 $I = 0.1$ [A]，端子電圧 $V = 1.0$ [V]の測定点は R を（ ア ）[Ω]に設定した場合に得られたと考えられる。R を（ ア ）[Ω]から段階的に（ イ ）させれば，図３の測定結果が得られる。」

問４．以下の設問に答えなさい。

設問１．次の文章は，波の性質について述べたものである。空欄の（ ア ）～（ ク ）に入る最も適切な語句，下の選択肢 A～J からそれぞれ 1 つずつ選びなさい。ただし同じ語句は一度しか使えません。

波は媒質を伝わるエネルギーの振動であり，複数の波が同じ場所で重なったとき，その振動の大きさはそれぞれの波の振動が足し合わされる。この性質は（ ア ）の原理と呼ばれ，（ イ ）現象の基礎となっている。波が障害物や狭い隙間を通り抜けると，波面が曲がり，方向を変えて伝搬する（ ウ ）現象が起こる。これは（ エ ）の原理では，波面の各点が新たな波の波源としてふるまうことから説明されている。
波がある媒質から異なる性質をもつ媒質へ侵入するとき，波の（ オ ）は変化しないが，波の（ カ ）や波長は変化する。媒質 1 中の波が媒質 2 に斜めに進入するとき，それぞれの媒質での波の速さをv_1, v_2とし，媒質間の境界面に垂直な法線とのなす角をθ_1，θ_2とすると，次のような関係が成り立つ。

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}$$

この関係式は（ キ ）と呼ばれ，光などの波に共通する法則である。光の場合，波の速さは真空中の光速に対する比，つまり（ ク ）により表わされる。

選択肢：A. 位相，B. 波長，C. 振動数，D. 屈折の法則，E. 屈折率，
F. 速さ，G. 光線，H. 干渉，I. 反射率，J. 反射の法則，
K. 重ね合わせ，L. ホイヘンス，M. 回折

※ 設問２は次項にあります。

設問２．図７のように xy 座標系において，真空中に屈折率 $n>1$ の媒質が存在する。その境界は半径 r の円であり，曲率中心は原点 O(0, 0) とする。円の外側は真空（屈折率 1），内側は媒質（屈折率 n）とする。

点 A$(-a, r\sin\theta)$ から出た光は，円周上の点 P$(r\cos\theta, r\sin\theta)$ で屈折し，

点 B$(r, 0)$ に達するものとする。ここで $\theta(=\angle\mathrm{BOP})$ は BOP の成す角であり，$-a<-r$，$\frac{\pi}{2}<\theta<\pi$ とする。

(a) 点 A から点 P を経由して点 B に至る光学距離 $L(\theta)$ を，屈折率 n，および幾何学的距離に基づいて，a, n, r, θ を用いて表しなさい。

(b) 点 A と点 B を固定したとき，光線は点 A から B へ到達するまでの時間が最も短くなるような道筋を選んで進む。この性質はフェルマーの原理として知られている。$\frac{\pi}{2}<\theta<\pi$ であることに注意すると，フェルマーの原理から (a) で求めた光学距離 $L(\theta)$ が最小となる極値条件により以下の関係式が導かれる。

$$r\sin\theta = \frac{\boxed{\text{（ケ）}}}{|\overrightarrow{\mathrm{PB}}|}$$

この関係式右辺の分子（ ケ ）を a, r, n, θ の中から必要なものを用いて表しなさい。

(c) 図７に示すように，点 P における入射角 θ_1 と屈折角 θ_2 の正弦は，幾何学的に以下のように表される。

$$\sin\theta_1 = \sin\theta,\ \sin\theta_2 = \frac{|\overrightarrow{\mathrm{OP}}\times\overrightarrow{\mathrm{PB}}|}{|\overrightarrow{\mathrm{OP}}||\overrightarrow{\mathrm{PB}}|}$$

この関係と (b) で得られた関係式を用いて

$$\sin\theta_1 = n\sin\theta_2$$

が導かれることを示しなさい。

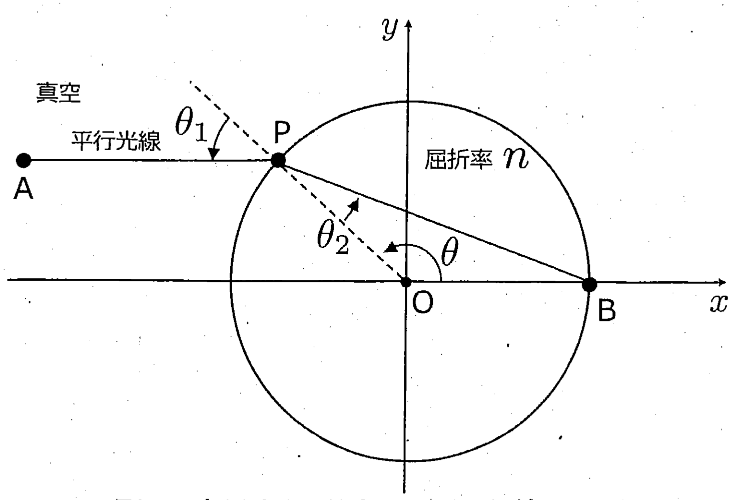

図７ 境界を通過する平行光線の模式図