

令和5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6ページあります。
3. 解答用紙は「物理1/8」から「物理8/8」までの8枚、草案用紙は4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8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5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5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は、水が張られた水槽を上方から見た様子を示す。水槽の平面状の壁付近に、振動する波源Aがあり、この波源Aから水面波が同心円状に拡がり水槽の壁で反射する。このとき、直接波と反射波が干渉することで水面上に腹と節ができる。図1に示すように座標をとり、波源Aの位置を $(a, 0)$ とする。ただし、 a の値は水面波の波長より大きいものとする。また、波源Aの振動数を f とし、水面波の速さを v とする。

なお、原点Oでの水面の振動の様子を観察したところ、腹であった。そして、原点Oから x 軸に沿って正の方向に観測点を移していくと、位置 $(b, 0)$ で初めて節が観察された。このとき、以下の設問に答えなさい。

設問1. 壁に接する位置が自由端、固定端のいずれであるか答えなさい。

設問2. b を求めなさい。

設問3. 任意の位置 $B(x, y)$ (ただし $x > 0$) を考えたとき、波源Aからの直接波と反射波のそれぞれが位置Bに至るまでの経路の長さを求めなさい。

設問4. 設問3の結果を踏まえ、位置Bで節が観察される条件を書きなさい。

設問5. $a = 7b$ であるとき、原点Oと波源Aの間の x 軸上で3つの節が見つかった。このとき、水面上で観察される節線の概形を図示しなさい。

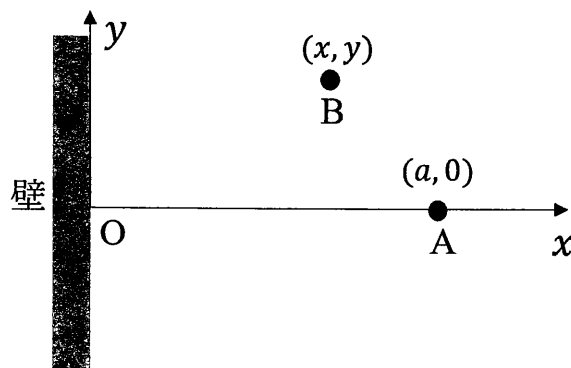


図1

問 2.

速度 \vec{v} で運動する質量 m_1 の質点 1 と、静止している質量 m_2 の質点 2 との平面内での弾性衝突を考える。そして、この平面を上方から垂直に俯瞰する位置で、観測者が \vec{v} と同一の方向に速度 \vec{u} で運動しているものとする。弾性衝突の前後で質点の全運動量と全運動エネルギーは保存されるが、観測者が観測する運動においても同様のことが成り立つという前提で、以下の設問に答えなさい。

設問 1. 観測者から見た、弾性衝突前の質点 1 の速度を答えなさい。

設問 2. 観測者から見たとき、弾性衝突前の全運動量がゼロであったとする。このときの \vec{u} を求めなさい。

設問 3. 設問 2 のとき、観測者から見た、弾性衝突後の質点 1, 2 の速度方向が \vec{v} となす角 θ_1, θ_2 の関係を示す式を求めなさい。なお、角 θ_1, θ_2 は \vec{v} に対して右回りに定義するものとする。

設問 4. 設問 2 のとき、観測者から見た、弾性衝突後の質点 1, 2 の速さ（速度の大きさ）をそれぞれ求めなさい。

設問 5. 弾性衝突の前後で、観測者が観測する運動においても質点の全運動量と全運動エネルギーが保存されるという前提を確認する。そのために、まず、観測者が観測する運動における弾性衝突前の全運動量と全運動エネルギーを、 $m_1, m_2, \vec{v}, \vec{u}$ を用いて書きなさい。そして、それらが、観測者が観測する運動における弾性衝突後の全運動量と全運動エネルギーに一致することを示しなさい。

問3.

理想気体 1 mol が図2の p - V 線図のように過程1 (A→B) : 断熱圧縮 (温度は T_1 から T_2 へ変化), 過程2 (B→C) : 等温圧縮, 過程3 (C→D) : 断熱膨張 (温度は T_2 から T_1 へ変化), 過程4 (D→A) : 等温膨張, の順で熱サイクルする場合を考える。このとき, 以下の設問に答えなさい。ただし, 全ての過程は準静的過程であり, 比熱比を γ , 気体定数を R とする。

設問1. 過程1 (A→B) において, 外部からサイクルに与えられる仕事を, T_1 , T_2 , γ , R を用いて表しなさい。

設問2. 過程2 (B→C) において, 外部からサイクルに与えられる仕事を, V_B , V_C , T_2 , R を用いて表しなさい。

設問3. 過程2 (B→C) において, 外部に放出される熱量を, V_B , V_C , T_2 , R を用いて表しなさい。

設問4. このサイクルをヒートポンプ暖房機として用いる。室外の温度が 0°C で, 室内の温度を 20°C に保ち, 外部に放出される熱量が 3 kW のとき, このサイクルに外部から与えなければならない必要最小動力[W]を有効数字3桁で求めなさい。

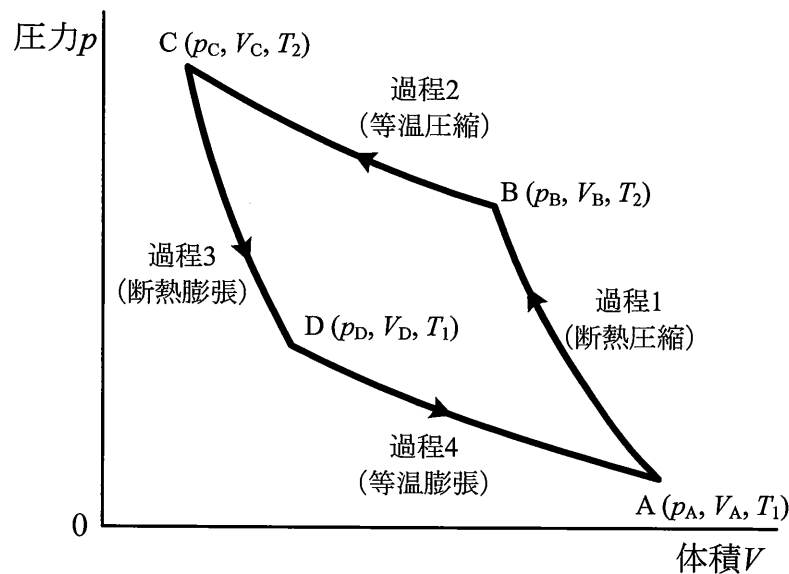


図2

問4.

図3に示すように、起電力 E の電池、電気抵抗 R_1 、 R_2 の抵抗、静電容量 C のコンデンサ、スイッチ S_1 、 S_2 からなる電気回路がある。ただし、 $R_2 > R_1$ である。このとき、以下の設問に答えなさい。

設問1. スイッチ S_1 のみを閉じて十分時間が経った後、コンデンサに蓄えられた電荷を求めなさい。

設問2. 設問1の方法によりコンデンサを充電した後、スイッチ S_1 を開き、その後、スイッチ S_2 を閉じた。このときに流れる電流を時刻 t の関数として表しなさい。なお、 S_2 を閉じた時刻を $t = 0$ とする。

設問3. スイッチ S_1 と S_2 の両方を閉じて十分時間が経った後、 S_1 を通過する電流を求めなさい。

設問4. 設問3の方法によりコンデンサを充電した後、コンデンサに蓄えられた電荷を求めなさい。

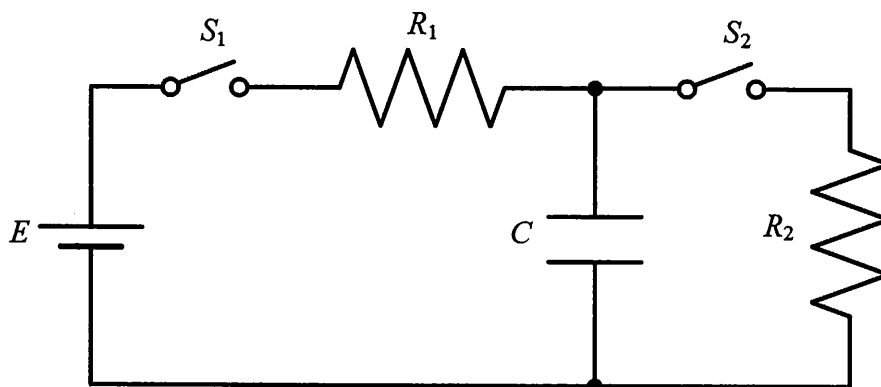


図3