

令和4(2022)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1/5」から「物理5/5」までの5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4(2022)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4(2022)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に示す装置では、質点はばねに固定されたプレートによって x 方向に押し出され、摩擦のない滑らかなレールに沿って移動する。レールには高さ h の突起部と半径 r の一部欠けている円形部があり、質点は突起部ではレールの上を、円形部ではレールの内側を移動するものとする。ばね定数 k のばねが、初期状態で、自然長から x_0 縮んでいる。質点は質量が m であり、初期状態では静止している。重力加速度は g であり、 y 軸の負の向きに作用する。ばねとプレートの質量は、無視できるものとする。以下の設問1～設問4に答えなさい。

設問1. 質点がばねによって押し出されるとき、質点の最大速度 v_{\max} を、力学的エネルギー保存の法則から導出し、問題文中の記号を用いて表しなさい。

設問2. 質点が突起部の最高点 A を越えて x 軸の正の方向に移動するための x_0 の条件を、力学的エネルギー保存の法則から導出し、問題文中の記号を用いて表しなさい。

設問3. 質点が円形部の最下点 B を通り、円形部の最上点 C に達したときの質点の速度 v_c を、力学的エネルギー保存の法則から導出し、問題文中の記号を用いて表しなさい。

設問4. 質点が点 B を通過した後、レールから離れることなく点 C を通過するための x_0 の条件を導出し、問題文中の記号を用いて表しなさい。

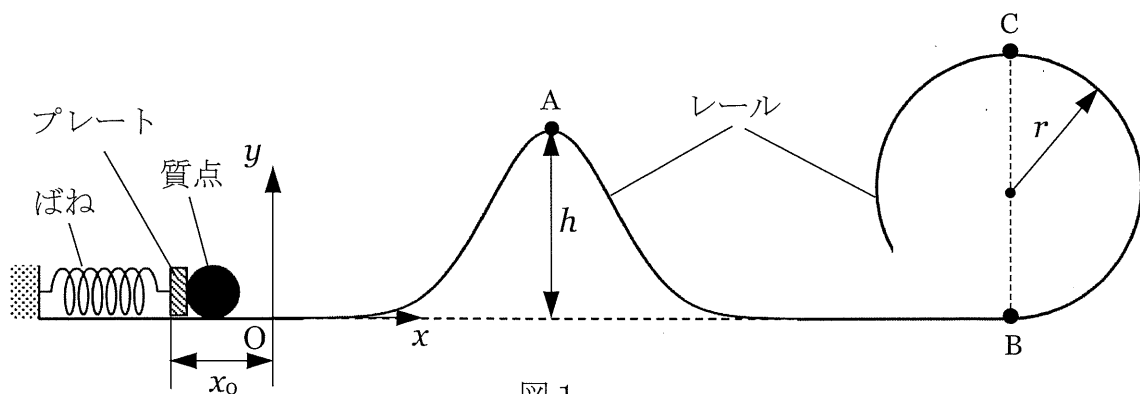


図1

問2.

図2に示すように、摩擦がなく滑らかにゆっくり動くピストンとストッパー付きのシリンダーによって囲まれた理想気体（定積モル比熱 C_v 、定圧モル比熱 C_p 、気体定数 R ）を考える。理想気体は、熱源によってのみ加熱もしくは冷却される。

- 過程(1)では、理想気体の状態 A（圧力 p_1 、体積 V_1 ）で、荷物がピストンに載せられたあと、圧力が上昇し、状態 B（圧力 p_2 ）のとき、過程(2)に移る。
- 過程(2)では、状態 B からピストンが上昇を始め、状態 C（体積 V_2 ）のとき、ピストンがストッパーと接触し、荷物がピストンから降ろされ、過程(3)に移る。
- 過程(3)では、状態 C から圧力が低下し、状態 D（圧力 p_1 ）のとき、過程(4)に移る。
- 過程(4)では、状態 D からピストンが下降を始め、体積が V_1 になったとき、ピストンがストッパーに接触し、状態 A に戻り、過程(1)に移る。

以下の設問1～設問3に問題文中の記号を用いて答えなさい。

設問1. 過程(1)～(4)を表す p - V 図を描きなさい。状態 A, B, C, D, および圧力 p_1 , p_2 , 体積 V_1 , V_2 を図中に明記しなさい。

設問2. 過程(1)で理想気体に外部から加わる熱量を求めなさい。理想気体に外部から加わる熱量を正とする。

設問3. 過程(1)～(4)で理想気体が外部にする全仕事（正味の仕事）を求めなさい。理想気体が外部にする仕事を正とする。また、設問1で描いた p - V 図の中に、理想気体が外部にする全仕事を表す部分を斜線で表しなさい。

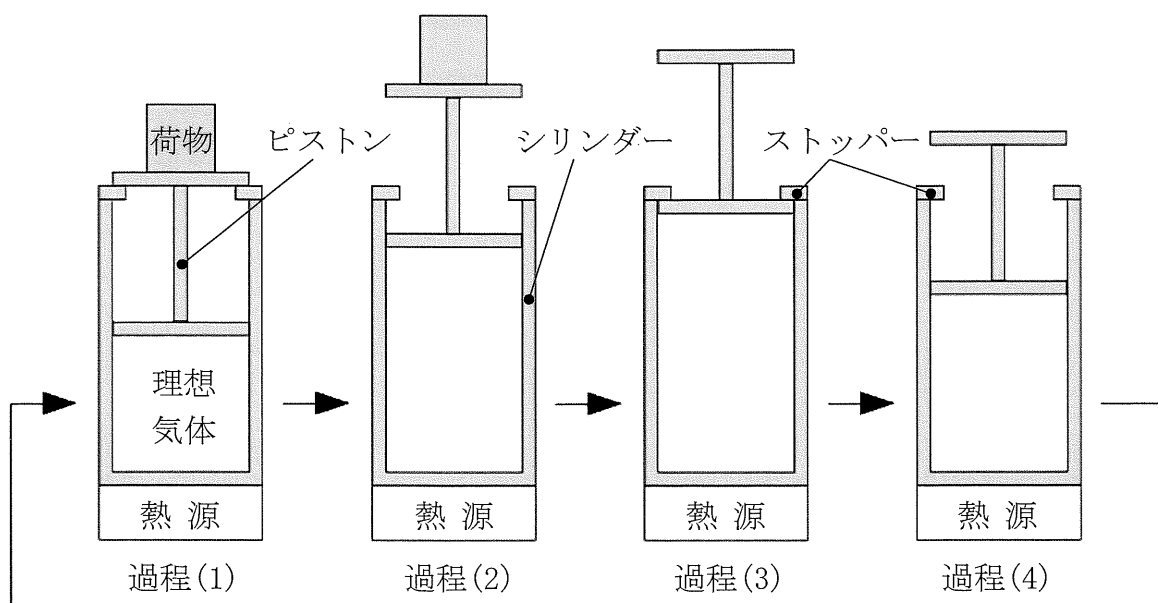


図2

問3.

図3のように、磁束密度 B [T] の一様な磁場中に、回路 $abcd$ が置かれている。 ab 間には抵抗 R [Ω] が固定され、 cd 間には滑らかに移動できる導体の棒が設置されている。導体棒の摩擦は考えないものとする。 cd 間の距離を l [m]、時刻 $t = 0$ [s] のとき抵抗 R と導体棒の距離を L [m] とする。導体棒を一定の速さ v [m/s] で y 軸の正の向きに動かすとき、以下の設問1～設問6に答えなさい。設問1～設問4は、 B, R, l, t, L, v の中から必要なものを用いること。

設問1. 時刻 t [s] のときに回路 $abcd$ を貫く磁束[Wb]を求めなさい。

設問2. 回路 $abcd$ に生じる誘導起電力の大きさ[V]を求めなさい。

設問3. 回路 $abcd$ に流れる電流[A]を求めなさい。また、図3のように磁場が z 軸の負の向きであった場合、抵抗 R に流れる電流の向きは、 a から b 、 b から a のどちらになるかを答えなさい。ただし、抵抗 R 以外の抵抗は無視できるものとする。

設問4. 抵抗 R で消費される電力[W]を求めなさい。

設問5. 導体棒を一定の速さで y 軸の正の向きに動かすために必要な外力は、 y 軸の正の向き、 y 軸の負の向きのどちらになるかを、理由とともに答えなさい。

設問6. 実験条件を変えるため、抵抗 R を抵抗 R' に交換し、磁束密度を B から B' に変化させた。しかし、導体棒を一定の速さ v で y 軸の正の向きに動かすために必要な外力は、以前の条件と変わらなかった。このとき抵抗 R' を、 R, B, B' を用いて表しなさい。

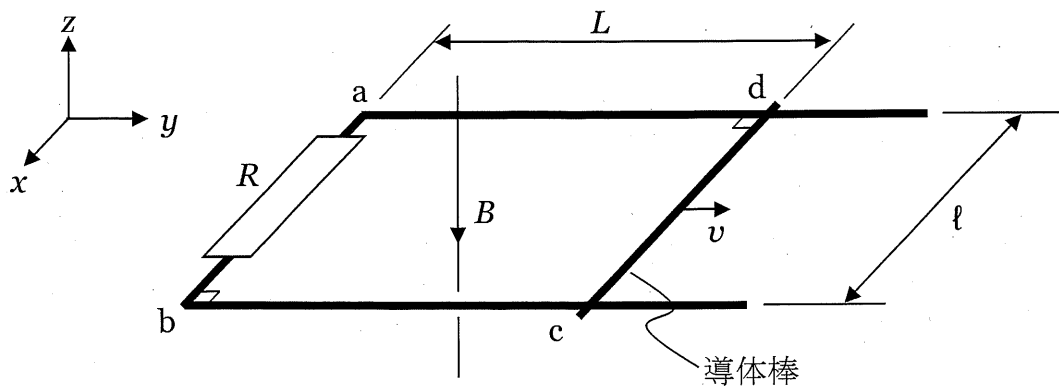


図3

問 4.

図 4(a)のように、単色 (波長 λ [m]) の平行光を発するレーザー光源、厚みの無視できる半透鏡、2 枚の平面鏡 M1, M2 を用いて干渉計を構築した。平面鏡 M2 側の光路に、屈折率 $n (>1)$ の透明な媒質でできた階段プリズムを挿入した。図 4(b)のように階段の段差はすべて δ [m] であり、両面での反射は無視できるものとする。干渉計は真空中に置かれ、真空の屈折率は 1 とする。このとき、以下の設問 1 ~ 設問 4 に答えなさい。

- 設問 1. 平面鏡 M1, M2 を点 A, B の位置に置き、光検出器 D で光の強度を測ったところ、強め合う干渉が生じていた。この状態から平面鏡 M1 を点 A' まで d [m] だけ動かしたところ、光の強度は単調減少して最終的に弱め合う干渉が生じた。このときの移動量 d を、レーザー光の波長 λ を用いて表しなさい。
- 設問 2. 平面鏡 M2 側の光路について、光が階段プリズムの k 段目の点 C_k を通るようにした。このとき、プリズム内部の片道の光路長 (光学距離) を、プリズムの屈折率 n 、段差 δ および段数 k を用いて表しなさい。
- 設問 3. 平面鏡 M2 側の光路について、OB 間の距離を L とする。光が階段プリズムの k 段目の点 C_k を通るとき、点 O から平面鏡 M2 の点 B を反射して点 O に戻る往復の光路長 (光学距離) を、OB 間の距離 L 、プリズムの屈折率 n 、段差 δ および段数 k を用いて表しなさい。
- 設問 4. 光が階段プリズムの k 段目の点 C_k を通るとき、光検出器 D では強め合う干渉が生じていた。この状態から階段プリズムを図 4(a)の矢印の方向に動かすと、光の強度は単調減少し、光が $k+10$ 段目の点 C_{k+10} を通るときに弱め合う干渉が生じた。このとき、階段プリズムの段差 δ を、プリズムの屈折率 n およびレーザー光の波長 λ を用いて表しなさい。

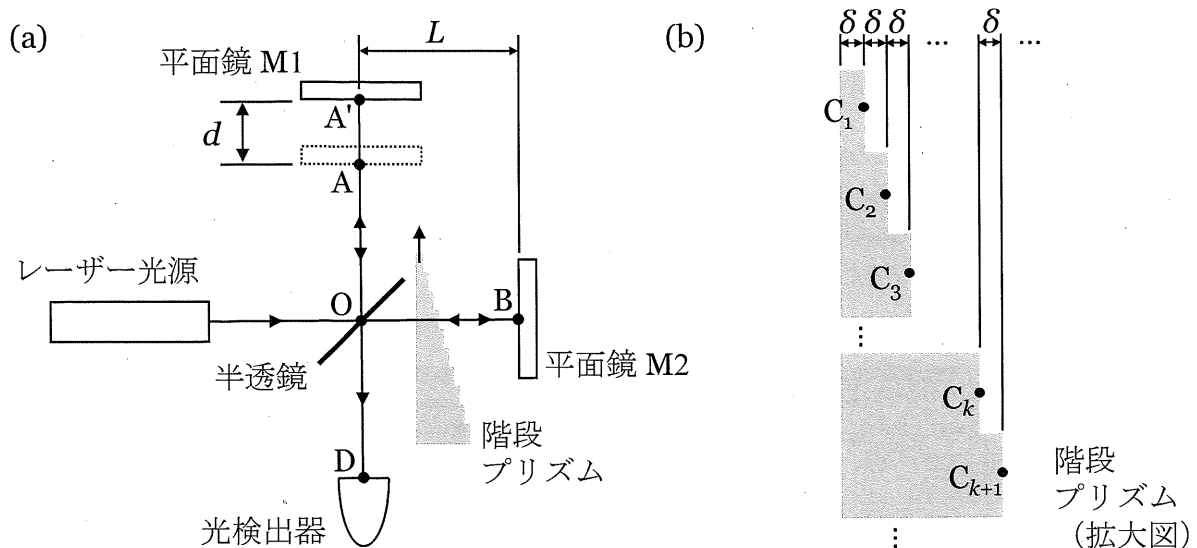


図 4