

物 理

注 意 事 項

1. 「解答始め」の台図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は8ページである。
3. 「解答始め」の台図があったら、まず、黒板に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、解答用紙をミシン目に沿って落ち着いて丁寧に別々に切り離し、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に横書きで記入すること。

1 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

光は(1)としての性質があるのでスリットを通るときに回折する。これを利用して光の波長を測定することができる。

図1のように等間隔 d で平行に並んだ多数のスリット A, B, C, … でできた回折格子がある。いま、平行な波長 λ の(2)を回折格子に対して垂直に入射させると、その光は回折する。このような回折光のうち、はじめに(3)して強め合う回折光(1次の回折光)は、入射光に対して角 θ の方向で観測された。

次に、波長がわずかに異なる波長 λ' の(2)を入射させた。1次の回折光を同じ角 θ の方向で観測するためには、図2のように、回折格子を O 点を通る紙面に垂直な軸の周りに角 ϕ ($< \theta$) だけ回転させなければならなかった。このときの λ' と ϕ の関係を求めてみよう。回折格子上の A 点および B 点に入射光が到達したときの道のりの差 $AP =$ (ア) であり、これらがスリットで回折するとさらに道のりの差 $AQ =$ (イ) が生じる。角 ϕ が微小であるとして、 $\sin \phi \cong \phi$ および $\cos \phi \cong 1$ の近似式を用いると全体の道のりの差は(ウ) となる。したがって、 λ' 、 d 、 θ および ϕ の間には(エ) の関係式が成り立つ。

いま、1.0 mm 当たり 100 本のスリットが等間隔に並んだ回折格子に、ある波長の(2)を垂直に入射させると、1次の回折光は入射光に対して $\pi/6$ rad の方向で観測された。次に、波長が $\Delta\lambda$ だけ異なる光を入射して、回折格子を 0.10 rad だけ回転すると、1次の回折光が同じ方向で観測された。このことから $\Delta\lambda$ を求めると(オ) m となる。

(1) 文章中の(1)～(3)に当てはまる最も適切な語句を下記の選択肢から選び、解答欄に記入しなさい。

【選択肢】

散乱, 偏光, 入射, 干渉, うなり, 共鳴, 反射, 透過, 屈折, 拡散, 分散,
波, 音, 熱, 自然光, 白色光, 単色光

(2) 文章中の(ア)~(エ)に入る適切な式を求めなさい。ただし、(ウ)については、導出過程も記述すること。

(3) 文章中の(オ)に入る適切な数値を求めなさい。ただし、導出過程も記述すること。

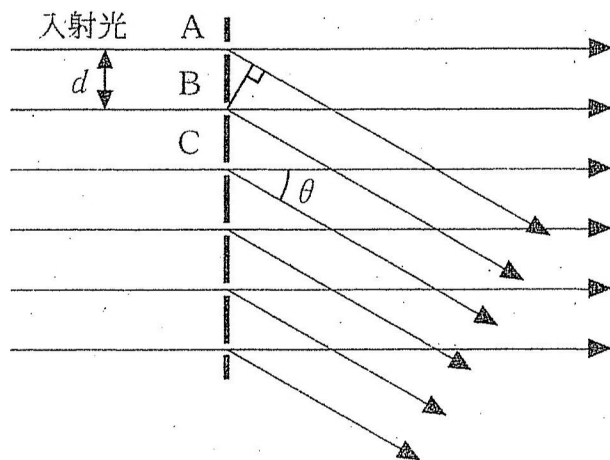
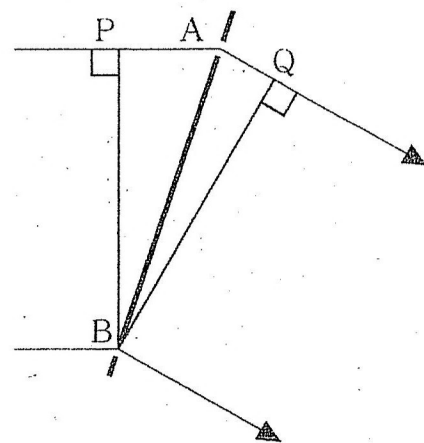
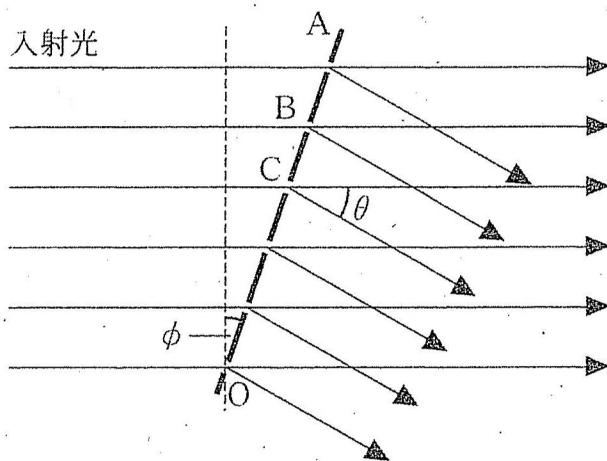


図1



スリット A, B 付近の拡大図

図2

2 図3に示すように、質量 m 、断面積 A で厚みの無視できるピストンがついたシリンダーの中に、単原子分子の理想気体が封入されている。シリンダーには、ピストンの動きを停止させるストッパー K、R がついており、ピストンはこれらの間をなめらかに動くことができる。シリンダーの底部 B からストッパー K までの高さ、ストッパー K から R までの高さは、いずれも h である。状態1では、封入された気体の温度は周囲の温度 T_0 に等しく、ピストンからストッパー K に力 F が鉛直下向きに作用している。周囲の圧力は p_0 である。いま、以下に示す説明のとおり気体の状態を $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ と変化させた。このとき、封入された気体に関する (1) から (4) の問いに答えよ。ただし、重力加速度を g とし、答えの導出過程も示せ。

過程 $1 \rightarrow 2$: ピストンからストッパー K に作用する力が $F=0$ になる瞬間まで、封入された気体を加熱した。この間、ピストンは動いていない。

過程 $2 \rightarrow 3$: 封入された気体をさらに加熱した。ピストンは動き出し、ストッパー R に接触したときに加熱を止めた。

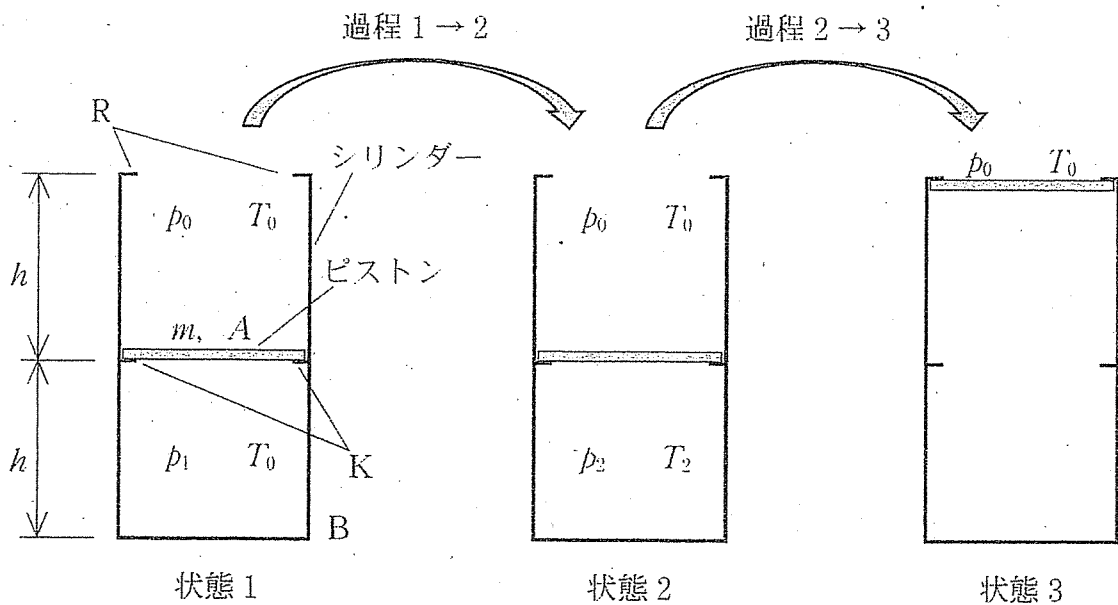


図3

(1) 状態 1, 状態 2 での圧力 p_1, p_2 を求めよ。答えは, m, A, F, p_0, g の中から必要な記号を用いて示せ。

以下の問いの答えは, p_1, p_2, A, h, T_0 の中から必要な記号を用いて示せ。

(2) 状態 2 での温度 T_2 を求めよ。

(3) 過程 $1 \rightarrow 2$ で気体が吸収した熱量 Q_{12} を求めよ。

(4) 過程 $2 \rightarrow 3$ における内部エネルギーの変化量 ΔU_{23} と, 気体がなした仕事 W_{23} を求めよ。

3 図4のように、固定した接点A, Bの二点で支えられた水平かつ丈夫で厚みと質量を無視できる物体Xの中央に、底辺 b 、高さ h 、質量 m の一様な物体Yが乗っている。重力加速度を g とする。なお各物体の奥行きは考慮しなくて良い。

(1) 図4には、物体Xが接点A, Bの二点から受けている力が、それぞれ F_{1a} , F_{1b} として示されている。これらの力の大きさを求めなさい。

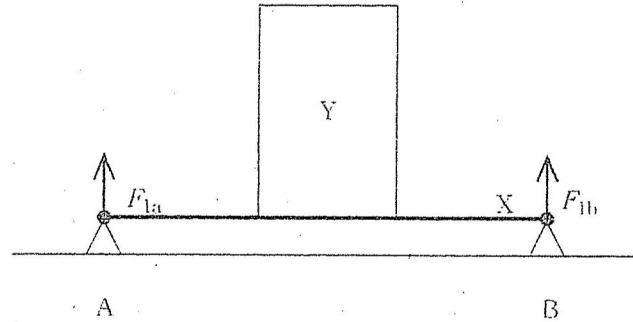


図4

(2) 図5のように、接点Aを取り外し、物体Xを一定の力で鉛直方向に静かに持ち上げたところ、物体Xは接点Bを軸として回転し、水平面に対する角度が θ のときに物体Yは転倒せずに滑り始めた。このときの物体Xと物体Yとの間の静止摩擦係数 μ の条件を示しなさい。なお解答用紙には、導出過程も記述すること。

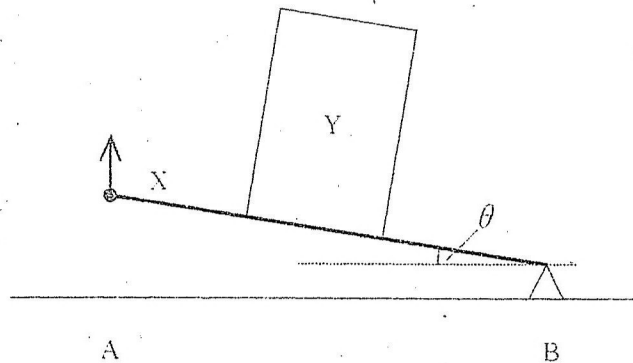


図5

- (3) 物体 X を厚みのある質量 M の一様な物体 Z に取り替えたのち、図 6 のように物体 Z の側面中央部を F_2 の力で水平方向に引いたところ、物体 Y は倒れずに物体 Z と一体となって動いた。このときの加速度の大きさ a と、物体 Y と物体 Z の間に働く摩擦力 f を求めなさい。なお物体 Z が置かれた面はなめらかであるとする。また物体 Z の奥行きは考慮しなくて良い。なお解答用紙には導出過程も記述すること。

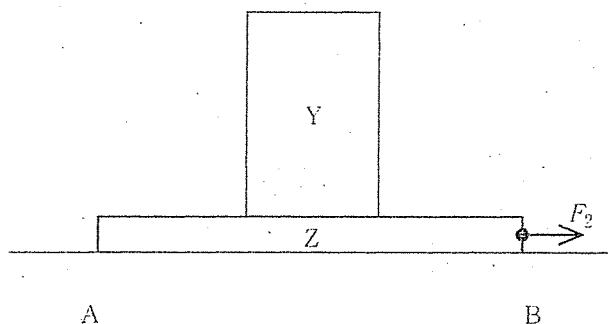


図 6

4 真空中に、長さ l [m]、単位長さあたりの巻数 n 、半径 r [m] のコイルがあり、図 7 にその断面図を示す。真空の透磁率を μ_0 [N/A²] とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 図 7 に示す方向(⊙は、紙面垂直に上向き、⊗は、紙面垂直に下向きを表す)に電流 I [A] を流すとする。コイルの内外に生じる磁力線の概形を描け。
- (2) 図 7 のように、コイル内部の中心線上にある点 P と、コイルの両端 A および B の成す角度が、それぞれ θ_1 および θ_2 で表されるとき、点 P での磁場の強さ H [A/m] は、

$$H = \frac{nI}{2} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

とかける。コイルの長さ l を変化させたとき、コイルを貫く磁束 Φ がとりうる最大値を単位とともにかけ。また、そのときの θ_1 および θ_2 をかけ。ただし、 l 、 r 、および n は一定とする。

- (3) 以下の文章の空欄 a ~ e を埋めよ。

コイルに流す電流を変化させると、コイル内の磁束が変化する。このとき、 の法則によって、磁束の変化を打ち消す方向に、コイルにが生じる。これをといい、その大きさはの変化に比例する。この比例係数はの大きさを表し、という。

- (4) 図 7 のコイル(コイル A とする)と抵抗 R_1 および R_2 を直列に接続した回路(図 8)で、時刻 t_1 および t_2 でスイッチ S を操作したところ、図 9 のように回路に流れる電流が変化した。

次に、コイル A より短く、半径および単位長さあたりの巻数が同じコイル B でコイル A を差し替え、 t_1 、 t_2 で同様のスイッチ操作をしたところ、コイル A の場合と違う電流の変化が測定された。コイル B の場合における電流の変化の概形を図示せよ。

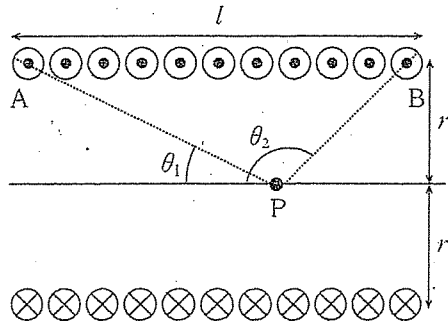


図 7

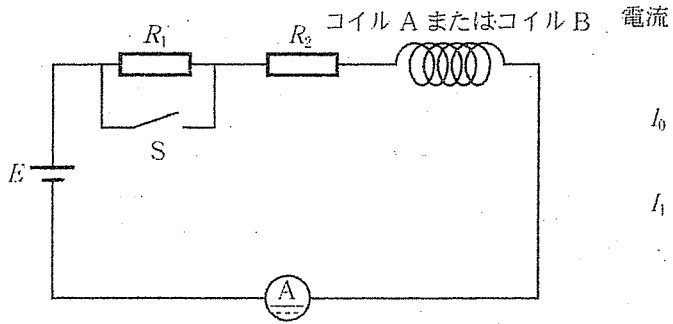


図 8

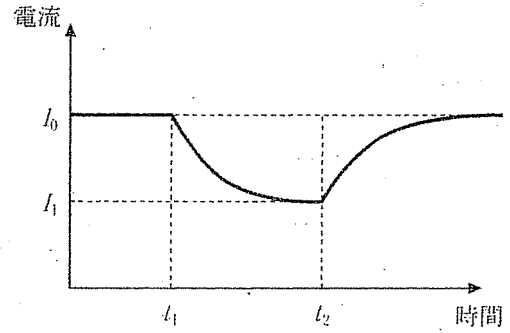


図 9