

物 理

注 意 事 項

- 1 「解答始め」の合図があるまでこの冊子を開かないこと。
- 2 この冊子は6ページである。
- 3 学部名と受験番号は、必ず4枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
- 4 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。

1

図1のように、長さ L [m] の一様な棒 OB が、一端 O はちょうつがいで、他端 B は点 O の鉛直線上 l [m] にあるくぎ C からつるされたロープで、水平になるように支えられている。一方、くぎ C からは質量 m [kg] のおもりと長さ l [m] のロープでできた振り子がつるされている。

点 A (CA と鉛直線のなす角度 α [rad]) で静止していたおもりが運動を始め、最下点 O で静止していた質量 m [kg] の物体に衝突し、物体は棒に沿って B 方向へ動きだした。ロープ CB と棒 OB のなす角度を θ [rad]、重力加速度の大きさを g [m/s²]、おもりと物体間のはねかえり係数(反発係数)を e として、以下の問いに答えよ。ただし、ちょうつがいはなめらかに回転でき、棒とロープの質量および物体と棒間の摩擦は無視できるものとする。

- (1) おもりが物体と衝突する直前におけるおもりの速さ v_1 [m/s] を求めよ。
- (2) おもりが物体と衝突した直後におけるおもりの速さ v_2 [m/s] と物体の速さ V [m/s] を、 v_1 [m/s] を用いた式で表せ。
- (3) 点 O から動き出した物体が距離 s [m] 進んだときにロープ CB に生じる張力の大きさ T [N] を求めよ。
- (4) ロープ CB は、張力が mg [N] になったときに切れるという。物体が動きだしてからロープが切れるまでの時間 t [s] を、 V [m/s] を用いた式で表せ。

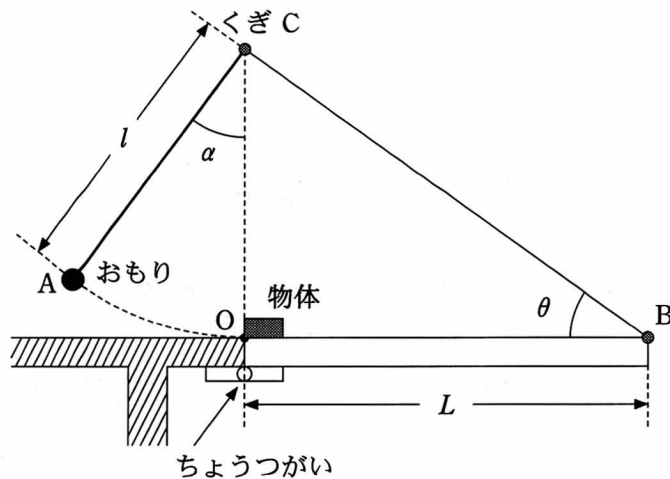


図1

- 2 図 2(a)のように、抵抗(電熱線)とピストンがついた十分長いシリンダを考える。シリンダ内を水で満たし、抵抗に電流を流して加熱する。以下の問いに答えよ。なお、ピストンの質量は無視でき、その動きはなめらかで、シリンダ内から外に熱は逃げないものとする。また、シリンダ内は、^{かくはん}攪拌され温度は均一とする。



図 2(a)

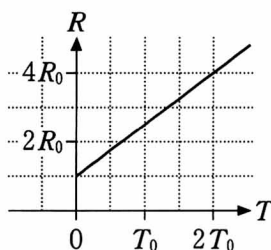
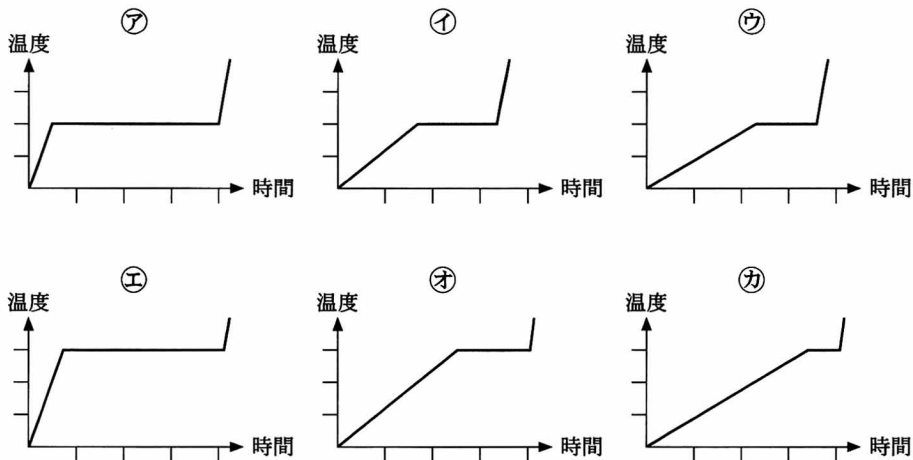


図 2(b)

- (1) 最初 20°C であった水に、1 秒あたり一定の熱を加え、全てを蒸発させる。ピストンにおもりを、(i)のせる場合、(ii)のせない場合のそれぞれについて、シリンダ内の温度はどのように変化するか、最も適当なグラフを次の㉠～㉦の中から一つずつ選べ。なお、各グラフの目盛りは共通で等間隔である。



- (2) 電気抵抗 $R[\Omega]$ と温度 $T[^\circ\text{C}]$ の関係が図 2(b)のグラフで与えられるものとする。抵抗で 1 秒間に発生する熱が一定であるように調節するには、温度 T に対し抵抗に加える電圧 $V[\text{V}]$ をどのように変化させるとよいか。 T と V の関係を式で表し、さらにグラフを描け。ただし、 $T = 0$ で $R = R_0$ 、 $V = V_0$ とする。

(3) 外気圧は1気圧で、最初、シリンダ内に水が 3 cm^3 入っていたとする。水が蒸発を始めてから終わるまでに、水(水蒸気)がピストンにする仕事を求めよ。ただし、水1 molの質量は 18 g とし、重力加速度の大きさは $9.8[\text{m/s}^2]$ とする。

なお、解答には途中の計算も簡単に記せ。

(4) 次の文章はシリンダ内の気体の圧力について書かれたものである。空欄に入れる適当な数式や用語は何か。空欄①～⑤には最も適当なものを下の選択肢㉠～㉨より一つずつ選び、解答欄に記入せよ。ただし、同じものを二度選んでもよい。空欄⑥には適当な式を解答欄に記入せよ。なお、 z 軸は鉛直上向きにとり、ピストンはシリンダの底面より高さ h にあり、気体の体積は V とする。また、物理量 ω の平均値は $\bar{\omega}$ のように文字の上に横棒をつけて書き表すものとする。

シリンダ内の気体が質量 m の分子 N 個からなると考えよう。速度 (v_x, v_y, v_z) で運動していた分子がピストンに衝突すると、分子の運動量は だけ変化する。この時、分子がピストンに与える力積は の法則より である。一方、ピストンに衝突した分子が再びピストンに衝突するまでの時間は である。従って、気体分子全体がピストンを上向きに押す力の大きさは となり、気体の圧力 p は、分子1個の運動エネルギーの平均値 \bar{E} を用いて $p = \text{⑥}$ となる。

【選択肢】

- | | | |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| ㉠ エネルギー保存 | ㉡ 作用反作用 | ㉢ 熱量保存 |
| ㉣ ボイル・シャルル | ㉤ $\frac{h}{v_z}$ | ㉥ $\frac{2h}{v_z}$ |
| ㉦ $\frac{Nmv_z^2}{h}$ | ㉧ $\frac{Nmv_z^2}{2h}$ | ㉨ $\frac{Nmv_z^2}{3h}$ |
| ㉩ $(0, 0, -2mv_z)$ | ㉪ $(0, 0, -mv_z)$ | |
| ㉫ $(0, 0, mv_z)$ | ㉬ $(0, 0, 2mv_z)$ | |
| ㉭ $(-2mv_x, -2mv_y, -2mv_z)$ | ㉮ $(-mv_x, -mv_y, -mv_z)$ | |
| ㉯ (mv_x, mv_y, mv_z) | ㉰ $(2mv_x, 2mv_y, 2mv_z)$ | |

3 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。ただし、レーザー光の波長を λ [m] とする。

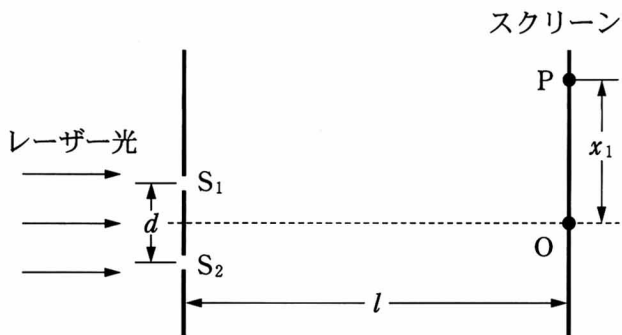


図3(a)

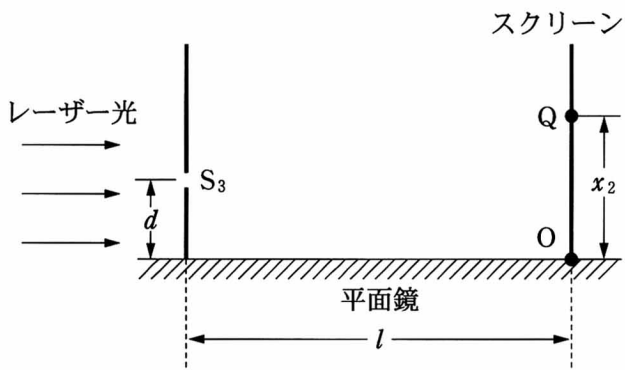


図3(b)

図3(a)は、光の性質に関するヤングの実験の配置図である。極めて近い距離 d [m]にある2つのスリット S_1 と S_2 にレーザー光を入射すると、スリットから距離 l [m]の位置に平行に置いたスクリーン上に明暗のしま模様が現れる。その理由は、スリットを通過した光が ① し、 ② するからである。したがって、点Pが明るくなる条件は、各々のスリットから点Pに至る光の経路(道のり)の差が $n\lambda$ [m] ($n = 0, 1, 2, \dots$)に等しい場合である。 $\overline{OP} = x_1$ [m] とすると、 l [m]が d [m]および x_1 [m]に対して十分長いとき、 $x_1 =$ ③ となる。

一方、図 3 (b)はロイドの実験の配置図である。平面鏡から距離 d [m]にある単一スリット S_3 にレーザー光を入射すると、平面鏡に垂直に立てられたスクリーン上に明暗のしま模様が観測される。これは、スリットから直接到達した光と平面鏡で反射した光が ② するからである。なお、光が平面鏡で反射すると、波の位相は逆になる。そのため、点 Q が明るくなる条件は、スリットから点 Q に至る 2 つの光の経路の差が ③ に等しい場合である。 $\overline{OQ} = x_2$ [m] とすると、 l [m] が d [m] および x_2 [m] に対して十分長いとき、 $x_2 =$ ④ となる。

また、図 3 (b)の場合、レーザー光の代わりに白熱灯の光を入射すると、明るい部分が色づいて見える。赤、紫、黄、緑の各色は平面鏡に近い側から ⑤ の順に並ぶ。これは、白熱灯や太陽光などの光が、いろいろな ⑥ の光を含んでいるため、そのような光を ⑦ と呼ぶ。

- (1) 上の文章中の空欄①～④に入れるのに最も適当なものを下の選択肢㉗～㉟より 1 つずつ選び、解答欄に記入せよ。ただし、同じ番号には同じ言葉が入る。

【選択肢】

- ㉗ 回折 ㉘ 散乱 ㉙ 偏光 ㉚ 干渉 ㉛ 共鳴
 ㉜ 反射 ㉝ 屈折 ㉞ 振幅 ㉟ 波長 ㊱ 速度
 ㊲ 波形 ㊳ 白色光 ㊴ 可視光 ㊵ 単色光

- (2) ロイドの実験において、スリット S_3 を通過後、点 Q に至る 2 つの光の経路を解答欄の図に描け。なお、図中にそれぞれの経路の長さを記入せよ。
- (3) 上の文章中の空欄①～④に入れる適当な式を答えよ。
- (4) レーザー光を入射したときの明暗のしま模様について、図 3 (b)の場合の間隔は図 3 (a)の場合の何倍か答えよ。
- (5) 上の文章の空欄⑤に入れるものとして、「赤、紫、黄、緑」を適当な順で並べて答えよ。

4

図4のように、鉛直下向きに一様な磁束密度 B [T] の磁場内に、平行な導体のレール a, b を水平面に置き、その上に質量 m [kg] の導体棒 PQ をのせる。レール a, b には電池および可変抵抗器が図のように接続されており、電池の起電力は E [V]、可変抵抗器は抵抗値が最大になっている。レール a, b 間の距離を l [m]、重力加速度の大きさを g [m/s²]、導体棒 PQ とレール a, b の静止摩擦係数を μ_0 、動摩擦係数を μ として以下の問いに答えよ。ただし、レール a, b と導体棒 PQ は電氣的に接触しており、導体棒 PQ はレール a, b と直角を保ちながらすべるものとする。また、可変抵抗器以外の電気抵抗は無視する。

(1) 可変抵抗器の抵抗値をゆっくり減少させ、導体棒 PQ がすべり始めたところで抵抗値を固定した。

- 抵抗値 R [Ω] を求めよ。
- すべり始める直前の電流を I_0 [A] として、 μ_0 を、 I_0 を用いた式で表せ。
- 導体棒 PQ がすべり始める向きはどちらか。右左で示せ。

(2) しばらくして導体棒 PQ は一定の速度になった。

- このとき導体棒 PQ に流れる電流 I [A] を、 μ を用いた式で表せ。
- 導体棒 PQ の速さ v [m/s] を、 I を用いた式で表せ。
- 導体棒を動かすための電力 P [W] を、 v を用いた式で表せ。

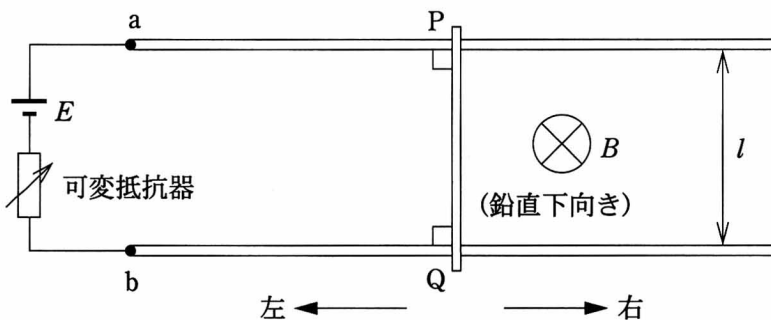


図4