

1

図1に示すように、同一直線上を運動する小球1, 小球2(以後, 球1, 球2と呼ぶことにする)がある。それぞれの質量を0.1 kg, 10 kgとし, これら2球の衝突による運動エネルギーの変化を考えてみよう。ここで衝突は弾性衝突とする。以下の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なものを一つ選び, 解答欄の記号にマークしなさい。

球1は速さ10 m/sで右向きに進んでいて, これが速さ2 m/sで左向きに進んでいる球2と正面衝突した。

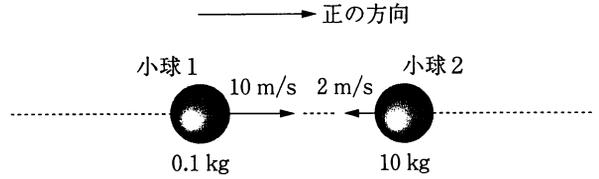


図1

- (1) 衝突後, 球1の速さは何[m/s]になるか。
- (2) 衝突後, 球1の運動エネルギーは衝突前と比べて何[J]増加するか。

次に, 球2の衝突前の速度(右向きを正の方向にとる)をいろいろと変化させて, 球1と衝突させてみる。ただし, 球1の衝突前の速さは一定で10 m/sで右向きに進んでいる。ここで球1の衝突前の運動エネルギーを K_0 , 衝突後の運動エネルギーを K_1 として, それらの運動エネルギー比 $R = \frac{K_1}{K_0}$ がどのように変化するかを, 球2の衝突前の速度に対して示したのが図2である。図2中には4つの点a, b, cおよびdが示されている。点aは, 図1に示されている衝突の場合に対応しており, 球2の衝突前の速度が-2 m/sであり, このとき $R = 1.89$ となる。また, 点b, cはそれぞれ $R = 1.0, 0.0$ となる場合に対応している。点dに関しては球1と球2は衝突しないのでこの点での R の値は求められない。

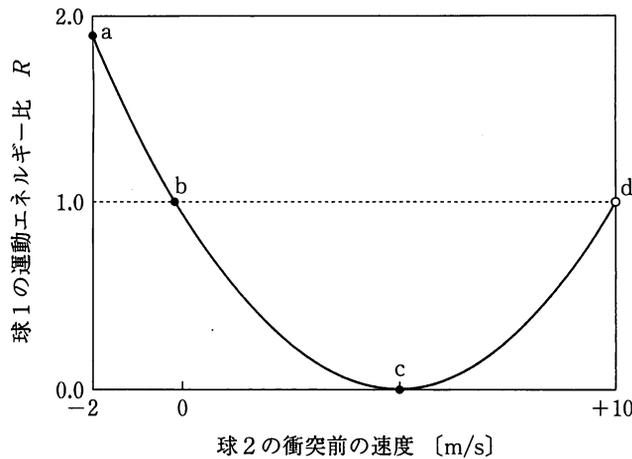


図2

- (3) 衝突後, 球1がそのまま右向きに進み続けるために必要な球2の衝突前の速度範囲はどのようになるか。その範囲を図2中の記号aからdを用いて答えなさい。
- (4) 点bにおける球2の衝突前の速さは何[m/s]になるか。
- (5) 点cにおける球2の衝突後の速さは何[m/s]になるか。

物 理

[解答群]

(1) ア. 2.50 イ. 3.84 ウ. 5.84 エ. 9.80 オ. 13.8

(2) ア. 1.71 イ. 1.82 ウ. 2.42 エ. 4.47 オ. 9.47

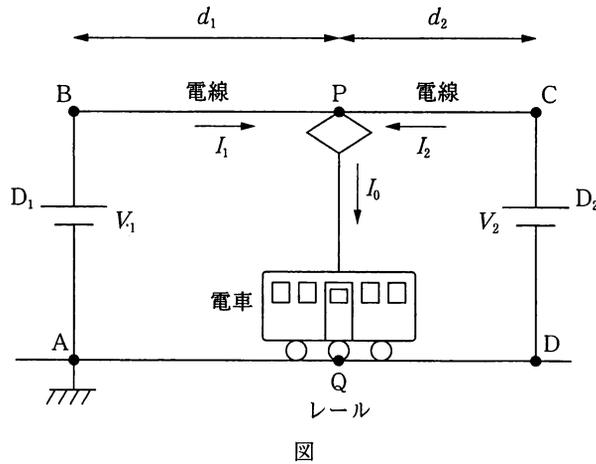
(3) ア. (a - b) 間 イ. (a - c) 間 ウ. (b - c) 間 エ. (b - d) 間 オ. (c - d) 間

(4) ア. 0.05 イ. 0.07 ウ. 0.10 エ. 0.12 オ. 0.15

(5) ア. 4.90 イ. 4.95 ウ. 5.00 エ. 5.05 オ. 5.10

2 図のように電線から与えられる電気を動力として路面電車が走っている。電線の両端には発電機 D_1 (起電力 V_1 [V])、 D_2 (起電力 V_2 [V]) があり、電車の動力に使われる電流 I_0 [A] を電線とレールを介して供給している。

発電機 D_1 の位置から d_1 [m]、 D_2 の位置から d_2 [m] の距離に電車がいるとき、以下の各問いに答えなさい。ただし、電線の抵抗は図の電線部分 BC 間でのみ考え、その大きさは単位長さあたり k [Ω /m] とする。また、発電機の内部抵抗およびレールの抵抗は無視するものとする。



- (1) 発電機 D_1 が供給している電流 I_1 を I_0 、 V_1 、 V_2 、 k 、 d_1 、 d_2 を用いて求めなさい。
- (2) レールの QD 間を流れる電流を I_0 、 V_1 、 V_2 、 k 、 d_1 、 d_2 を用いて求めなさい。
- (3) 電車に加えられた電圧を I_0 、 V_1 、 V_2 、 k 、 d_1 、 d_2 を用いて求めなさい。
- (4) 電線 BC 間で消費された電力を I_0 、 V_1 、 V_2 、 k 、 d_1 、 d_2 を用いて求めなさい。また、この消費された電力は何に変化するか答えなさい。
- (5) 電車の位置によって電線 BC 間で消費される電力は変わる。 $V_1 = V_2$ のとき、この BC 間での消費電力が最大となるときの BP 間の距離と、そのときの消費電力を求めなさい。

3

図1のように、空気中で球面の半径が R の平凸レンズが平行平面ガラスの上に間隔 t へだたて置かれている。平凸レンズは波長 λ の単色光で照らされている。図1には、平凸レンズの中心から距離 r_p の位置でおこる光線の反射の様子が示されている。顕微鏡で平凸レンズの中心付近を観察すると、何本かの同心円状の干渉じまが観測された。このしまの間隔からレンズの半径を次のように求めることができる。空気の屈折率を1として以下の各問いに答えなさい。

ただし、必要に応じて $x \ll 1$ のとき $(1+x)^m \approx 1 + mx$ の近似式を用いなさい。

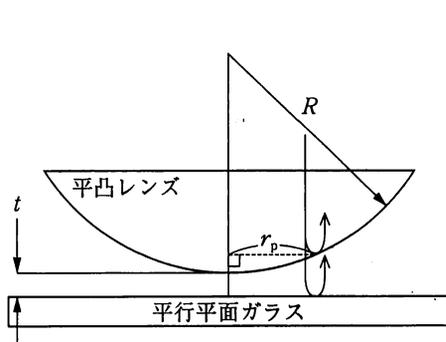


図1

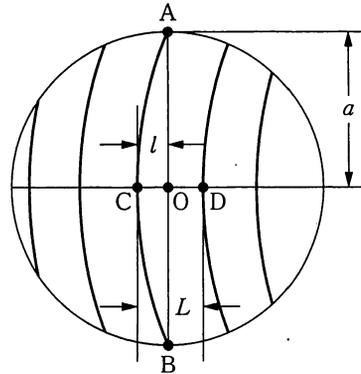
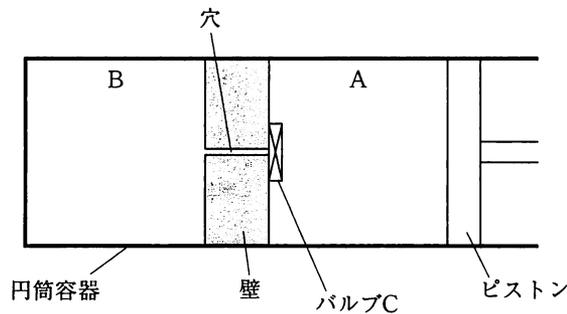


図2

- (1) 観測される同心円状の干渉じまの名称を答えなさい。
- (2) 中心から数えて p 本目 (p は正の整数) の干渉じまの半径を r_p とするとき、半径 r_p における光路差を t , R , r_p を用いて表しなさい。
- (3) (2) で測定した干渉じまが明環 (明るい干渉じま) である場合、 t , R , r_p , λ , p の間にある関係を示しなさい。
- (4) (3) で求めた式には、平凸レンズと平行平面ガラスの間隔 t としまの次数 p が入っている。中心から q 本目 (q は正の整数, $p \neq q$) の明環の半径 r_q を用いて $|r_p^2 - r_q^2|$ を求めると、 t を含まない形で平凸レンズの半径 R を決めることができる。 R を λ , $|r_p^2 - r_q^2|$, p , q で表しなさい。
- (5) 平凸レンズの半径が大きくなり、凸面が平面に近づくと顕微鏡の視野の中には図2に示すように、干渉じまの円の一部しか観測できなくなる。このような場合には干渉じまの間隔 $CD = L$, 線分 $CO = l$, 線分 $OA = a$ の長さを用いることで平凸レンズの半径 R を決めることができる。 $t = 0$ として、 R を L , l , a , λ を用いて表しなさい。

- 4 図のように大気の中に置かれた円筒容器が、熱をよく通す壁によって円筒容器 A と円筒容器 B に隔てられている。壁には細かい穴と、穴をふさぐことのできるバルブ C が設けられている。いま、容積 V [m³] の容器 B の内部を真空にし、バルブ C で穴をふさいだ。さらに容器 A の中に、なめらかに動くピストンで n [mol] の単原子分子の理想気体を封じた。このときの気体の圧力を p_0 [Pa]、体積を V_0 [m³]、温度を T_0 [K] とし、気体のこの状態を D とする。円筒容器の内部の断面積を S [m²]、大気圧を p [Pa]、気体定数を R [J/(mol · K)] とし、円筒容器とピストンは断熱材で構成されており、細かい穴の内径は十分に小さく、穴の容積は無視できるとする。また、穴を通る気体の流れの速さは十分に小さいとする。次の設問 (I) および (II) はともに、上記の状態 D から始めるものとし、以下の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。



図

- (I) ピストンを固定した状態でバルブ C を開いた。その後、十分時間がたって、A と B の圧力が等しくなったとする。
- (1) 気体の圧力を求めなさい。
 - (2) 気体の温度を求めなさい。
- (II) 人がピストンを動かして容器 A の気体の圧力 p_0 が一定に保たれるようにした場合について考える。バルブ C を開き、容器 A のピストンを押して、容器 A 内の気体のうち体積 V_1 [m³] を占めている量の気体を容器 B に移した。
- (3) 気体を容器 A から容器 B に移す過程で人がピストンを押す力はどれだけか。
 - (4) ピストンが気体にした仕事を求めなさい。
 - (5) 気体の内部エネルギーを求めなさい。
 - (6) 気体の温度を求めなさい。

[解答群]

(1) ア. $p_0 \frac{V_0}{V+V_0}$ イ. $p_0 \frac{V}{V+V_0}$ ウ. $p_0 \frac{V+V_0}{V_0}$ エ. $p_0 \frac{V+V_0}{V}$ オ. $p_0 \frac{V_0}{V}$

(2) ア. $\frac{pV}{nR}$ イ. $\frac{p(V+V_0)}{nR}$ ウ. T_0 エ. $\frac{V+V_0}{V} T_0$ オ. $\frac{V}{V+V_0} T_0$

(3) ア. $p_0 S$ イ. $p S$ ウ. $(p+p_0) S$ エ. $(p_0-p) S$ オ. $(p-p_0) S$

(4) ア. $p_0 V_1$ イ. $p V_1$ ウ. $(p+p_0) V_1$ エ. $(p_0-p) V_1$ オ. $(p-p_0) V_1$

(5) ア. $\left(\frac{3}{2} - \frac{V}{V_1}\right) nRT_0$ イ. $\frac{3}{2} nRT_0$ ウ. $\frac{V}{V_1} nRT_0$ エ. $\frac{V_1}{V_0} nRT_0$ オ. $\left(\frac{3}{2} + \frac{V_1}{V_0}\right) nRT_0$

(6) ア. T_0 イ. $\frac{3}{2} T_0$ ウ. $\left(1 - \frac{V}{V_1}\right) T_0$ エ. $\left(1 + \frac{2}{3} \frac{V_1}{V_0}\right) T_0$ オ. $\left(1 + \frac{V_1}{V}\right) T_0$