

物理基礎・物理 (4 問)

〔 I 〕 図1のように、質量 m の小物体 X を地球の中心 O から距離 r だけ離れた点 A から OA に垂直な方向へ速さ v_0 で打ち出したところ、小物体 X は半径 r の円軌道を描いて地球を周回するようになった。地球の質量を M 、万有引力定数を G とし、 r は地球の半径より大きいものとする。また、地球の大気、自転および公転の影響、地球以外の天体の影響は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

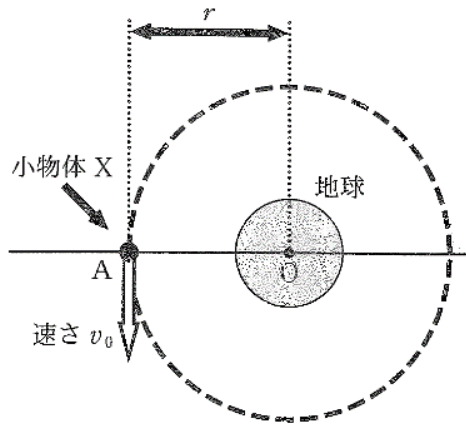


図1

問1 速さ v_0 を m 、 M 、 G 、 r のうち必要なものを用いて表せ。また、導き方も記せ。

問2 円運動の周期を m 、 M 、 G 、 r のうち必要なものを用いて表せ。

図2のように点AからOAに垂直な方向へ速さ s_0 ($s_0 > v_0$)で小物体Xを打ち出した。小物体Xは点Oを一つの焦点とする楕円軌道を描いて地球を周回するようになった。このとき、点Oから最も近い軌道上の点はAで、最も速い軌道上の点はBとなり、OB間の距離は R ($R > r$)であった。

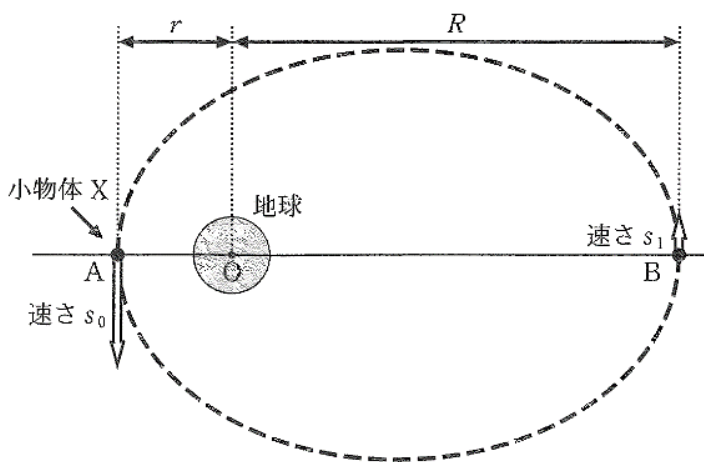


図2

問3 ケプラーの第二法則(面積速度一定の法則)から点Bでの速さ s_1 を G , M , m , R , r , s_0 のうち必要なものを用いて表せ。

問4 速さ s_0 を G , M , m , R , r のうち必要なものを用いて表せ。また、導き方も記せ。

問5 速さ s_0 がある速さ V を超えると小物体Xは、点Aに戻れなくなる。速さ V を G , M , m , r のうち必要なものを用いて表せ。また、導き方も記せ。

〔Ⅱ〕 次の文章中の空欄 (1) ~ (5) に入れる語句として、最も適切なものを下の選択肢 a ~ ℓ のうちから一つ選び、その記号を解答欄に記入せよ。同じものを複数回選んでもよい。

容器に閉じ込められた理想気体について考える。一つの気体分子が1回の衝突で容器の内壁に与える力積は、その分子の (1) に比例する。また、一つの分子の単位時間あたりの内壁との衝突の回数は、その分子の速さに比例する。これらから、容器の内壁が単位時間に受け取る力積の総量への、一つの分子からの寄与は、その分子の (2) に比例する。したがって、内壁の受ける力の大きさの平均値は、全気体分子の (3) の平均値に比例することがわかる。一方、ボイル・シャルルの法則より、気体の圧力は気体の (4) に (5) するので、結局、全気体分子の (3) の平均値は、気体の (4) に (5) することがわかる。

選択肢

- a 絶対温度
- b 熱量
- c エントロピー
- d 速度
- e 加速度
- f 反発力
- g 引力
- h 運動エネルギー
- i 位置エネルギー
- j 結合エネルギー
- k 比例
- ℓ 反比例

このページは白紙です。

〔Ⅲ〕 次の文章中の空欄 (1) , (3) ~ (7) に入る正しい数式を解答欄に記入せよ。また, (2) と (8) に入る適切な文章を選択肢 a ~ c のうちから一つ選び, その記号を解答欄に記入せよ。

図1のように, 空気中で2枚の平らなガラス板を重ね, 右端に薄い膜をはさんで上から波長 λ の単色光を当てる。これをガラス板の上方から観察すると, 明暗の縞模様が見られた。これは上のガラスの下面で反射した光(図1の経路①)と, 下のガラスの上面で反射した光(経路②)との干渉によるものである。ただし, ガラスの屈折率は空気の屈折率より大きいものとする。

上下のガラス板のなす角度を θ とすると, ガラス板の左端から明線までの距離 x は, 整数 $m(m = 0, 1, 2, \dots)$ を用いて $x =$ (1) と表される。角度 θ が大き

くなると, 隣り合う明線の間隔は

(2) 選択肢

{	a 広がる。
	b 一定のみである。
	c 狭くなる。

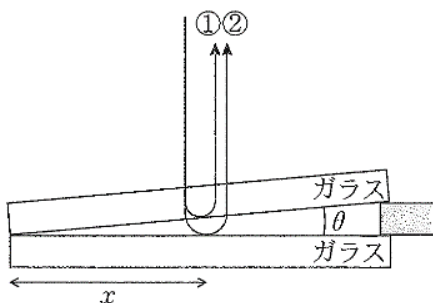


図1

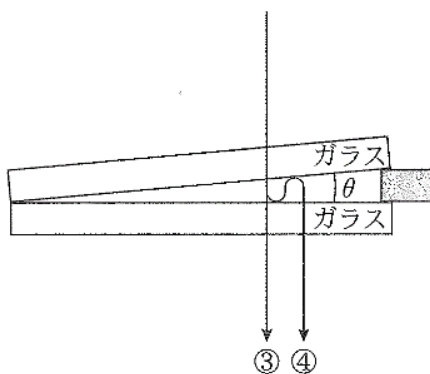


図2

ガラス板の下方から観察した場合も明暗の縞模様が見られた。これは図2のように、2枚のガラス板を、反射せずに透過した光(図2の経路③)と、2回の反射を経て透過した光(経路④)との干渉によるものである。このとき左端から明線までの距離 x は、整数 $m(m = 0, 1, 2, \dots)$ を用いて $x =$ (3) と表される。

次に、明暗の縞模様の見えやすさ(コントラスト)を考える。光が空気層からガラスへ透過する場合に振幅は T_1 倍、ガラスから空気層へ透過する場合に振幅は T_2 倍になるとする。また、ガラスと空気層の境界で反射される場合は、いずれでも振幅は R 倍になるとする。光は空気中でもガラス中でも減衰しないものとする。入射光の振幅を A とおくと、図1の上方で観察する経路①の反射光の振幅は T_2RT_1A となり、経路②の反射光の振幅は (4) となるから、最も暗いところの振幅は明線の振幅の (5) 倍となる。一方、図2の下方で観察する場合、経路③の透過光の振幅は $(T_1T_2)^2A$ 、経路④の振幅は (6) となり、最も暗いところの振幅は明線の振幅の (7) 倍となる。ガラス板では $R^2 < T_1T_2 < 1$ なので、これらの振幅の比から明暗のコントラストは、

- (8) 選択肢 $\left\{ \begin{array}{l} \text{a} \text{ 上方からの観察も下方からの観察も同じであることがわかる。} \\ \text{b} \text{ 下方からの観察の方がはっきりしていることがわかる。} \\ \text{c} \text{ 上方からの観察の方がはっきりしていることがわかる。} \end{array} \right.$

[IV] 図1のような、極板の間隔 d 、極板の面積 S の平行板コンデンサー、電圧 V_0 の直流電源、抵抗値 R の抵抗、およびスイッチからなる回路を考える。コンデンサー内部に物質が何も入っていない状態でスイッチを閉じたところ、十分な時間が経過した後、コンデンサーには Q_0 の電気量が蓄えられ、極板間には強さ E_0 の電場が生じた。この間に電源がした仕事は $Q_0 V_0$ である。コンデンサーは真空中に置かれている。以下の問いに答えよ。ただし、極板の面積は十分に大きく、極板間の電場は一様であるとみなしてよい。また、電源の内部抵抗と導線の抵抗は無視できるものとする。真空の誘電率を ϵ_0 とする。

問1 電場の強さ E_0 を Q_0 、 ϵ_0 、 S を用いて表せ。また、極板間に蓄えられた静電エネルギー U_0 を Q_0 、 V_0 を用いて表せ。

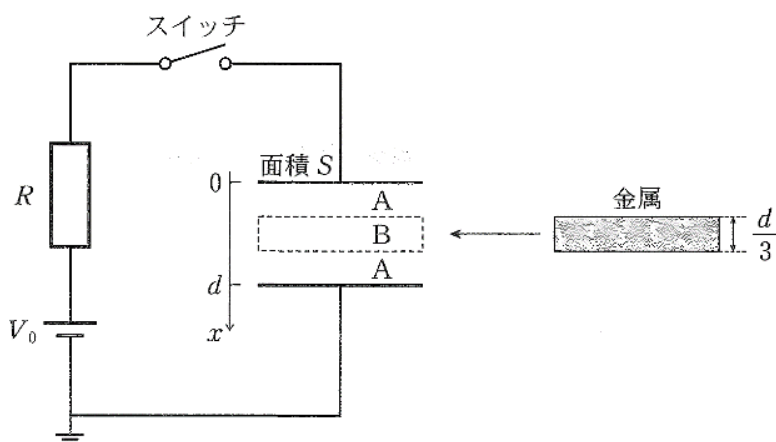


図1

[操作1]続いて、スイッチを開き、回路に電流が流れないようにして、厚さ $\frac{d}{3}$ の金属板を図1のように極板間の中心に挿入した。ただし、極板と金属との間の領域をA、金属内部の領域をBとする。

問2 操作1の後に極板間に蓄えられている静電エネルギー U_1 を Q_0 、 V_0 を用いて表せ。また、導き方も記せ。

[操作2]その後、再びスイッチを閉じ、十分に時間が経過するまで待った。

問3 領域Aの電場の強さ E_A 、および領域Bの電場の強さ E_B は、 E_0 の何倍か。また、コンデンサーに蓄えられた電気量 Q_2 は、 Q_0 の何倍か。その導き方も記せ。

問4 極板間の位置 x における電位を表すグラフを解答欄に描け。ただし、極板間での位置 x を表す座標軸を、図1のようにとるものとし、 $x=d$ での電位を0とする。

問5 操作2でスイッチを閉じてから、十分な時間が経過するまでの間に、増加した静電エネルギー ΔU 、電源がした仕事 P 、および抵抗で消費されたジュール熱 W を Q_0 、 V_0 を用いて表せ。また、導き方も記せ。

このページは白紙です。