

受験番号:

氏名:

総合研究大学院大学 物理科学研究科 宇宙科学専攻  
入学選抜試験 問題  
(物理)

問1

(1) 半径 $R$ 、質量 $M$ の一様な密度を持つ球体がある。この球体の表面での重力加速度を $g_0$ とすると、次のそれぞれの場合について、この球体の中心から $r$ の距離にあり質量 $m$ を持つ質点が球体から受ける重力加速度 $g$ を $g_0$ 、 $R$ 、 $r$ を用いて表せ。

- (a) 質点が球体の外部にある( $r > R$ )場合
- (b) 質点が球体の内部にある( $r < R$ )場合

計算では、図1-1のような半径 $r_c$ 、質量 $dM_c$ を持つ微小厚みの球殻と質量 $m$ を持つ質点に対し、この球殻が中心 $O$ から $r$ の距離にある質点におよぼす重力 $f(r)$ の大きさが

$$\begin{cases} r > r_c \text{ のとき} & f(r) = \frac{Gm dM_c}{r^2} \\ r < r_c \text{ のとき} & f(r) = 0 \end{cases}$$

( $G$ は万有引力定数)と表されることを利用せよ。

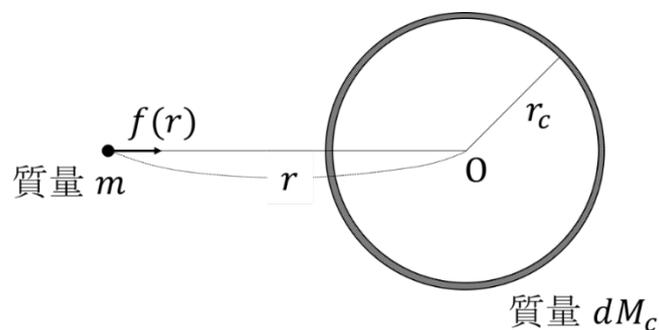


図1-1: 微小厚みの球殻(断面図)と質点。

(※この用紙は回収します。)

受験番号:

氏名:

- (2) (1)の質点を球体の表面すれすれに置いて初速度を与え、球体に落下することなく、大円に沿って運動させる。この時の運動の周期を $g_0$ 、 $R$ を用いて表せ。  
なお $m \ll M$ とし、球体のおよぼす重力以外の影響は無視してよい。
- (3) (1)の球体の中心を通り、直線状に細い貫通孔をあける(図1-2)。球体の表面でこの貫通孔の真上に(1)の質点を静置し静かに手を離すと、その後質点はどのような運動をするか? 運動の特徴を(2)のそれと比較して論じよ。  
なお $m \ll M$ とし、球体のおよぼす重力以外の影響は無視してよい。

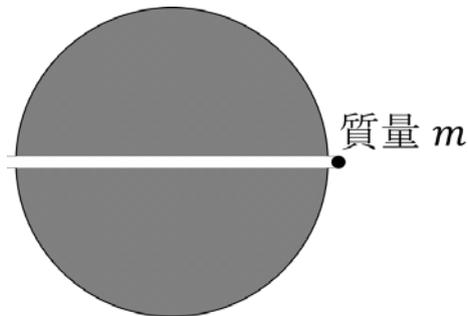


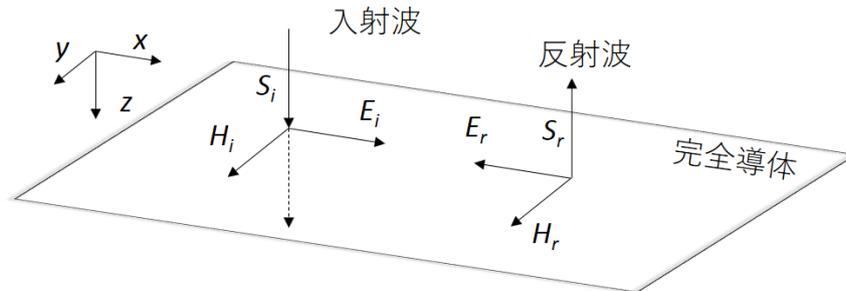
図1-2: 貫通孔をあけた球体(断面図)と、貫通孔の入口に置かれた質点。



受験番号:

氏名:

平面正弦電磁波が完全な導体(電気伝導率が無限大)の平面に垂直に入射した場合の定在波の成り方について考察する。下の図は入射波の電界 $E_i$ 、磁界 $H_i$ 、ポインティングベクトル $S_i$ 、反射波の電界 $E_r$ 、磁界 $H_r$ 、ポインティングベクトル $S_r$ を表している。完全導体の表面は $z = 0$ であり、電界は $x$ 方向、磁界は $y$ 方向にある。



位置 $z$ における入射波の電界 $E_i$ を電界強度 $A_i$ 、角周波数 $\omega$ 、光速 $c$ 、時間 $t$ を使って表すと、

$$E_i = A_i \sin \omega \left( t - \frac{z}{c} \right) \quad \text{④}$$

同様に位置 $z$ における反射波の電界 $E_r$ は電界強度 $A_r$ を使って表すと、

$$E_r = A_r \sin \omega \left( t + \frac{z}{c} \right) \quad \text{⑤}$$

である。導体外部での電界は、

$$E_i + E_r = A_i \sin \omega \left( t - \frac{z}{c} \right) + A_r \sin \omega \left( t + \frac{z}{c} \right) \quad \text{⑥}$$

完全導体の表面では電界は生じないから、表面( $z = 0$ )での境界条件は、

$$E_i + E_r = \boxed{\phantom{0}} \quad \text{⑦}$$

(4) 境界条件の式⑦を解答欄に記せ。

式⑦の条件を使い、導体外部での電界を入射波の電界強度 $A_i$ を使って表すことができる。

$$E_i + E_r = \boxed{\text{ア}} \quad \text{⑧}$$

(5) 式⑧の  $\boxed{\text{ア}}$  を表す式を以下から選択して回答欄に記入せよ。

$$A_i \sin \frac{\omega z}{c} \cos \omega t, \quad -2A_i \sin \frac{\omega z}{c} \cos \omega t, \quad -\frac{A_i}{2} \sin \frac{\omega z}{c} \cos \omega t, \quad -A_i \sin \frac{\omega z}{c} \sin \omega t$$

(※この用紙は回収します。)

受験番号:

氏名:

- (6) 電界の定在波を解答欄に図示せよ。作図にあたっては、導体表面から 1.5 波長分の距離の定在波を、腹・節の位置と周期を明確にして記載すること。導体表面に対する節の位置に関する理由を記すこと。

一方、入射波の磁界については、電界 $E$ と磁界 $H$ の大きさの比 $k$ を使って、

$$H_i = kE_i = kA_i \sin \omega \left( t - \frac{z}{c} \right) \quad \textcircled{9}$$

と表される。

同様に反射波は、ポインティングベクトルの向きが入射波の逆になることに注意して、

$$H_r = -kE_r = \boxed{\text{イ}} \quad \textcircled{10}$$

と表される。

- (7) 式⑩の  $\boxed{\text{イ}}$  を表す式を以下から選択して解答欄に記入せよ。

$$kA_i \sin \omega \left( t - \frac{z}{c} \right), \quad -kA_i \sin \omega \left( t - \frac{z}{c} \right), \quad kA_i \sin \omega \left( t + \frac{z}{c} \right), \quad -kA_i \sin \omega \left( t + \frac{z}{c} \right)$$

したがって、導体外部での磁界は入射波の電界強度 $A_i$ を使って表すことができる。

$$H_i + H_r = \boxed{\text{ウ}} \quad \textcircled{11}$$

- (8) 式⑪の  $\boxed{\text{ウ}}$  を表す式を以下から選択して解答欄に記入せよ。

$$kA_i \sin \frac{\omega z}{c} \cos \omega t, \quad 2kA_i \sin \frac{\omega z}{c} \cos \omega t, \quad 2kA_i \cos \frac{\omega z}{c} \sin \omega t, \quad \frac{kA_i}{2} \sin \frac{\omega z}{c} \cos \omega t$$

- (9) 磁界の定在波を解答欄に図示せよ。作図にあたっては、導体表面から 1.5 波長分の距離の定在波を、腹・節の位置と周期を明確にして記載すること。導体表面に対する節の位置に関する理由を記すこと。