

物 理 学 A I

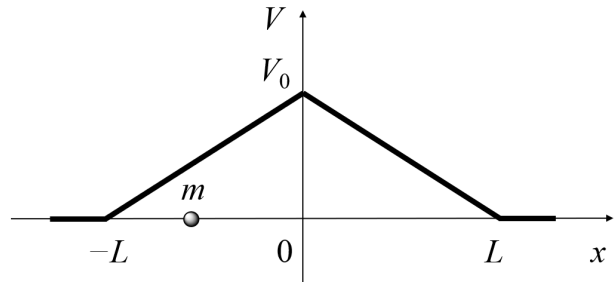
【全1ページ】

古典力学に関する以下の設問に答えなさい。

I-a

右図に示すように電位

$$V(x) = \begin{cases} V_0 \left(1 - \frac{|x|}{L}\right) & (-L \leq x \leq L) \\ 0 & (x < -L, L < x) \end{cases}$$



図

の場における荷電粒子の運動を考える

 $(V_0 > 0, L > 0)$ 。荷電粒子は質量 m で負の電荷 $-q$ をもつとし $(m > 0, q > 0)$ 、荷電粒子に働く力は電位による力のみとする。また、この荷電粒子の全エネルギーを $-W_0$ ($0 < W_0 < qV_0$) とし、荷電粒子は x 軸上を周期運動し、 $-L < x < L$ の範囲を出ることはない。次の問いに答えなさい。(1) 荷電粒子の速度を v として、エネルギー保存則を表す式を示しなさい。(2) 荷電粒子の周期運動の x 軸上の範囲を求めなさい。

(3) 位置を横軸にとり、運動量を縦軸にとって荷電粒子の運動を表す軌跡の概略図を示しなさい。ただし、運動の軌跡が横軸、縦軸と交差する値を示すこと。

(4) $x < 0$ の領域で x 軸の正の方向に運動する荷電粒子の運動方程式を示し、その運動方程式を解きなさい。ただし、時刻 $t = 0$ のとき、この粒子は、(2) で求めた範囲のうち $x < 0$ の領域で、原点 ($x = 0$) から最も遠い位置にあり、速度はゼロであるとする。

(5) 荷電粒子の周期運動の周期を求めなさい。

物 理 学 A II

【全1 ページ】

電磁気学に関する以下の設問に答えなさい。

II-a

図に示すように、電荷が半径 R の球内に一様な密度 ρ で分布している。球の中心から距離 r の点においてこの電荷の作る電場の強さ $E(r)$ に関する以下の問題に答えなさい。円周率は π とする。必要があれば、下記のガウスの法則を用いてよい。

ガウスの法則

任意の閉曲面 S について以下の式が成り立つ。

$$\int_S \{\mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r})\} dS = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho(\mathbf{r}) dV$$

ここで $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ は曲面 S 上の点 $\mathbf{r}$ における電場、 $\mathbf{n}(\mathbf{r})$ は点 $\mathbf{r}$ で曲面 S に垂直で外向きの単位ベクトル、 $\rho(\mathbf{r})$ は電荷密度、 ϵ_0 は真空中の誘電率である。左辺の積分は曲面 S 全体にわたる積分である。右辺の積分は曲面 S で囲まれた領域 V の全体にわたる積分である。

(1) 半径 R の球内に含まれる電荷 Q を求めなさい。

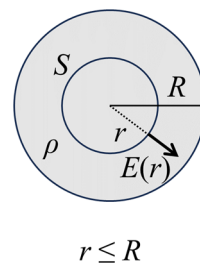
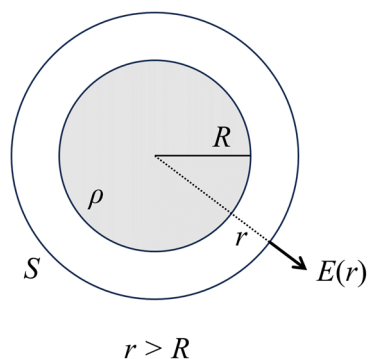
(2) $r > R$ における電場の強さ $E(r)$ を求めなさい。

(3) 次に $r \leq R$ における電場の強さ $E(r)$ を求めたい。
半径 $r (\leq R)$ の球内に含まれる電荷 Q を求めなさい。

(4) $r \leq R$ における電場の強さ $E(r)$ を求めなさい。

(5) 電場の強さ $E(r)$ を半径 r の関数としてグラフに表しなさい。 $r = R$ における電場の強さ $E(R)$ を ρ 、 R 、 ϵ_0 を用いて表し、縦軸に明記すること。

(6) 次に、この半径 R の球内に含まれる全電荷 Q が中心に点電荷として集まった場合を考える。この場合に球の中心から距離 r の点における電場の強さ $E(r)$ を求めなさい。また、これは (2) で求めた $E(r)$ と $r > R$ において同じか異なるか述べなさい。



図