

問題

問1 アボガドロ数から原子の大きさを概算せよ。

問2 原子核に物質の質量が集中しているとすると、地上に存在する物質のうちおよそ何パーセントが質量を担っていることになるか、その体積比を概算せよ。

問3 原子核だけから成る核物質1 cm³あたりの質量を概算せよ。また、地球が核物質になったとすると、その半径はどの程度になるか。

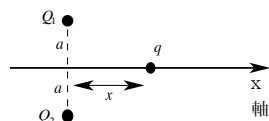
問4 1 [kg] で1 [C] の電荷を蓄えた物体が1 [m] 隔てておかれているときに作用するクーロン力を求めよ。この力を重力と比較せよ。

問5 お互いに等量の静電気を帯びているために、君と1 m離れて立っている友人との間に10 gwの力を感じているときの静電気を概算せよ。これは君の体の全電子数のうち、何パーセントの電子の電荷に相当するか。ここでは電荷の符号は考えないことにする。

問6 (電流の単位) 1 [A] は1 [C] の電荷が1秒間に移動する電荷の流れの量である。1 [A] は、毎秒何個の電子の移動に等しいか。

問7 直径1mmの銅線に1 [A] の電流が流れるときの、自由電子の平均速度を求めよ。銅の比重、1モルの重さは各自調べよ。自由電子は、銅原子1個当たり1個の放出されるものとする。

問8 2つの電荷 Q_1, Q_2 が距離 $2a$ へだてておかれているとき、中心線上におかれた電荷 q が受ける力を、 Q_1, Q_2 が同・異符号のそれぞれの場合に求めよ。



問9 半径 a の球面上に電荷が一定の面密度 σ で分布している場合、ガウスの法則を使って球の内側、外側の電場を求めよ。

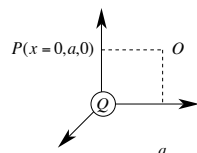
問10 半径 a の球内に電荷が一定の密度 ρ で分布している場合、ガウスの法則を使って球の内側、外側の電場を求めよ。

問11 無限に長い半径 a の円柱の内部に電荷が一定の面密度 σ で分布している。ガウスの法則を使って円柱の内側、外側の電場を求めよ。

問12 無限に広がった平面に面密度 σ で電荷が分布している。まわりの電場を求めよ。

問13 $V = k \frac{Q}{r}$ から \vec{E} を計算せよ。逆に $\vec{E} = k \frac{Q}{r^2} \hat{r}$ から V を計算せよ。ポテンシャルの基準は無限遠方にとるものとする。

問14 図のように、 O を基準にした P の電位を、 $V_{O \rightarrow X} = -\int_O^X d\vec{s} \cdot \vec{E}$ に従って、計算によって求めよ。



問15 流れが一方に向かう場合、ベクトルの内積の性質を用いて、 $\frac{\partial E_x}{\partial x}$ は $\vec{\nabla} \cdot \vec{E}$ の表現の特別な場合になっていることを示せ。

問16 $\vec{E} = k \frac{Q}{r^2} \hat{r}$ のときに、 $\vec{\nabla} \cdot \vec{E}$ と $\int_{Surface} d\vec{S} \cdot \vec{E}$ を計算せよ。

問17 $V = \frac{e^{-mr}}{r}$, ($m \neq 0$) (湯川ポテンシャル) のときに、 \vec{E} 、 $\vec{\nabla} \cdot \vec{E}$ 、 $\int_{Surface} d\vec{S} \cdot \vec{E}$ を計算せよ。ここでSurfaceは、原点を囲む閉曲面とする。

問18 半径 a の球内に電荷 Q が一様な密度 ρ で分布する場合、電場 $\vec{E}(\vec{x})$ をガウスの法則を使って求め(問10)、次にポテンシャル $V(\vec{x})$ を求めよ(問13)。ポテンシャルの基準は無限遠方にとるものとする。次に、 $\vec{\nabla} \cdot \vec{E}$ を計算して確かに ρ/ϵ_0 となることを示せ

問19 ある分子内で2つの陽子が距離 3.8×10^{-10} cmだけ離れている。一方の陽子が他方の陽子に作用する静電気力をもとめよ。この力は、人間の感覚からすると非常に大きな力であることを説明せよ。

問20 ファインマンはかつて、「もしも2人の人物が互いに腕の長さの距離に立ち、各人が自分たちの体にある陽子より1%だけ余計に電子を持っていたなら、2人の間に作用する斥力の大きさは、地球全体の重量を持ち上げるのと同じくらいで」と言った。このことを概算して説明せよ。