

物理学演習II 第3回 ポテンシャルと電位

2017年10月11日 担当：佐藤 純

問題 1 x 軸原点に電荷 q がある。この電荷が周囲に作る電場と電位を、テスト電荷 q_t を使って調べる。

- (1-1) テスト電荷 q_t を位置 $x(>0)$ においたとき、テスト電荷が原点の電荷 q から受ける力 $F(x)$ を求めよ。
- (1-2) 前問で求めた力をテスト電荷 q_t で割ったもの $E(x) = F(x)/q_t$ を“電場”と呼ぶ。原点の電荷 q が位置 x に作る電場 $E(x)$ を求めよ。
- (1-3) テスト電荷 q_t を、 $x = a$ から $x = b$ まで運ぶのに必要な仕事 $W(a \rightarrow b)$ を求めよ。ただし、 $0 < b < a$ とする。
- (1-4) このとき、テスト電荷は仕事 W をされることによって、ポテンシャルエネルギーを蓄える。位置 x におけるポテンシャルエネルギーを $U(x)$ とするとき、 $U(b) - U(a)$ を求めよ。
- (1-5) ポテンシャルの基準点を $x = a$ に選ぶ。すなわち、 $U(a) = 0$ とする。
このとき、位置 x におけるポテンシャルエネルギー $U(x)$ を求めよ。
- (1-6) ポテンシャルの基準点を無限遠点 $x = \infty$ に選んだときの、位置 x におけるポテンシャルエネルギー $U(x)$ を求めよ。
- (1-7) 前問で求めたポテンシャルエネルギーを、テスト電荷 q_t で割ったもの $\phi(x) = U(x)/q_t$ を“電位”と呼ぶ。原点の電荷 q が位置 x に作る電位 $\phi(x)$ を求めよ。
- (1-8) 位置 x における電場 $E(x)$ は、電位 $\phi(x)$ を微分することによって

$$E(x) = -\phi'(x)$$

と書けることを確認せよ。

- (1-9) 同様にして、3次元の場合には、 \vec{r} の位置における電位 $\phi(\vec{r})$ は

$$\phi(\vec{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

と書ける。ただし、 $r = |\vec{r}|$ は原点からの距離を表す。

\vec{r} の位置における電場 $\vec{E}(\vec{r})$ は

$$\vec{E}(\vec{r}) = -\left(\frac{\partial\phi}{\partial x}, \frac{\partial\phi}{\partial y}, \frac{\partial\phi}{\partial z}\right)$$

と書けることを示せ。