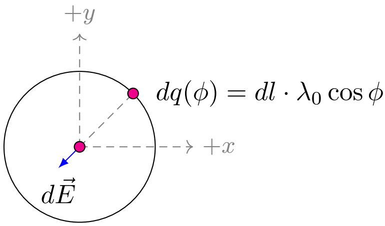


Рассмотрим напряженность в центре кольца.

$$d\vec{E} = dE_x \cdot \vec{i} + dE_y \cdot \vec{j} \tag{1}$$

Напряженность элементарного (точечного) заряда dq

$$dE = \frac{k \cdot dq(\phi)}{R^2} \tag{2}$$

Запишем дифференциал напряженности в проекциях:

$$dE_x = \frac{k \cdot dq(\phi)}{R^2} \cos\phi \tag{3}$$

$$dE_y = \frac{k \cdot dq(\phi)}{R^2} \sin\phi \tag{4}$$

Для перевода интегрирования в сферические координаты, выразим диффиренциал дуги через дифференциал азимутального угла:

$$\phi = \frac{l}{R} \quad \Rightarrow \quad dl = R \cdot d\phi \tag{5}$$

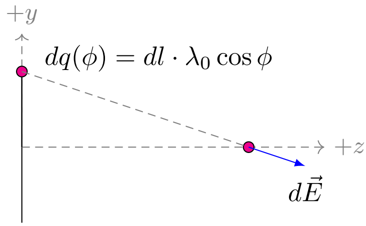
$$E_x = \frac{k\lambda_0}{R^2} \int\limits_0^L \cos^2\phi \cdot dl = \frac{k\lambda_0}{R^2} \int\limits_0^{2\pi} \cos^2\phi \cdot R \cdot d\phi = \frac{k\lambda_0 \pi}{R} \tag{6}$$

$$E_y = \frac{k\lambda_0}{R^2} \int\limits_0^L \cos\phi \sin\phi \cdot dl = \frac{k\lambda_0}{R^2} \int\limits_0^{2\pi} \cos\phi \sin\phi \cdot R \cdot d\phi = 0 \tag{7}$$

$$E_y = \frac{k\lambda_0}{R^2} R \int\limits_0^{2\pi} \cos\phi \sin\phi \cdot d\phi = 0 \tag{8}$$

Тогда полная напряженность в центре кольца

$$E = k\frac{\pi\lambda_0}{R} \tag{9}$$



Напряженность элементарного (точечного) заряда dq

$$dE = \frac{k \cdot dq(\phi)}{r^2} \tag{10}$$

Запишем дифференциал напряженности в проекциях:

$$dE_x = \frac{k \cdot dq(\phi)}{r^2} \cos\phi \sin\Theta \tag{11}$$

$$dE_y = \frac{k \cdot dq(\phi)}{r^2} \sin\phi \sin\Theta \tag{12}$$

$$dE_z = \frac{k \cdot dq(\phi)}{r^2} \cos\Theta \tag{13}$$

Где

$$\sin\Theta = \frac{R}{r} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + z^2}} \quad , \quad \cos\Theta = \frac{z}{r} = \frac{z}{\sqrt{R^2 + z^2}} \tag{14}$$

Для перевода интегрирования в сферические координаты, выразим диффиренциал дуги через дифференциал азимутального угла:

$$\phi = \frac{l}{R} \quad \Rightarrow \quad dl = R \cdot d\phi \tag{15}$$

$$E_x = \sin\Theta \frac{k\lambda_0}{r^2} \int\limits_0^L \cos^2\phi \cdot dl = \sin\Theta \frac{k\lambda_0}{r^2} \int\limits_0^{2\pi} \cos^2\phi \cdot R \cdot d\phi = \frac{k\lambda_0 \pi R^2}{r^3} \tag{16}$$

$$E_y = \sin\Theta \frac{k\lambda_0}{r^2} \int\limits_0^L \cos\phi \sin\phi \cdot dl = \sin\Theta \frac{k\lambda_0}{r^2} \int\limits_0^{2\pi} \cos\phi \sin\phi \cdot R \cdot d\phi = 0 \tag{17}$$

$$E_z = \cos\Theta \frac{k\lambda_0}{R^2} \int\limits_0^L \cos\phi \cdot dl = \cos\Theta \frac{k\lambda_0}{R^2} \int\limits_0^{2\pi} \cos\phi \cdot R \cdot d\phi = 0 \tag{18}$$

Тогда полная напряженность в точке наблюдения

$$E = k\frac{\pi\lambda_0 R^2}{r^3} = k\frac{\pi\lambda_0 R^2}{(R^2+z^2)^{3/2}} \tag{19}$$

При $z \gg R$

$$E = k\frac{\pi\lambda_0 R^2}{(z^2)^{3/2}} = k\frac{\pi\lambda_0 R^2}{z^3} \tag{20}$$