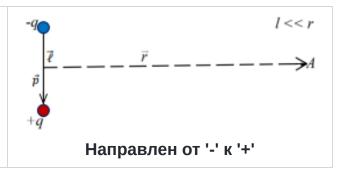
13. Электрический диполь (потенциал, напряженность электрического поля).

Электрический диполь - система состоящая из 2 зарядов, равных по величине и противоположных по знаку, расположенные на некотором расстоянии l друг от друга. Рассматривая его как систему предполагают, что $r\gg l$, где r - расстояние до диполя до интересующих нас точек поля.

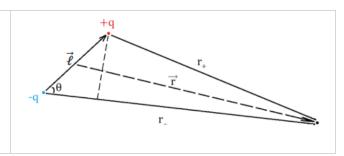
Диполь имеет важную характеристику - дипольный момент: $\vec{p} = q \vec{l}$ - вектор, $p = q l; \; q > 0$



Потенциал электрического поля диполя.

По принципу суперпозиции:

$$arphi(ec{r})=arphi_+(ec{r}_+)+arphi_-(ec{r}_-)=rac{kq}{r_+}+rac{k(-q)}{r_-}=kq\left(rac{r_--r_+}{r_-\cdot r_+}
ight) \ r_-;r_+;r\gg l$$
 потому посчитаем приблихительно $r_-\cdot r_+\cong r^2;\;r_--r_+\cong l\cos heta \ kq\left(rac{l\cos heta}{r^2}
ight)=rac{kp\cos heta}{r^2}=rac{kp\cos heta}{r^3}$



$$\cos heta = \widehat{(ec{p}; ec{r})} \Rightarrow arphi(ec{r}) = rac{k ec{p} ec{r}}{r^3}$$
 - потенциал диполя $arphi_{\partial un}$ убывает быстрее $arphi_{m.s.}$ $m.$ к. $arphi_{\partial un} \sim rac{1}{r^2}; \; arphi_{m.s.} \sim rac{1}{r}$

Напряженность электрического поля диполя:

$$ec{E} = -gradarphi = -
abla arphi = -
abla \left(ec{p}ec{r} \cdot r^{-3}
ight) = -k
abla \left(ec{p}ec{r} \cdot r^{-3}
ight) = egin{array}{c}
abla (a,b) = \ a
abla b + b
abla a \end{aligned} = -k(ec{p}ec{r}
abla (r^{-3}) + r^{-3}
abla (ec{p}ec{r}))$$

$$1. \ \vec{p}\vec{r} = p_x x + p_y y + p_z z$$

$$2. \ \nabla \vec{p}\vec{r} = \vec{i} \frac{\delta}{\delta x} (p_x x + p_y y + p_z z) + \vec{j} \frac{\delta}{\delta y} (p_x x + p_y y + p_z z) + \vec{k} \frac{\delta}{\delta z} (p_x x + p_y y + p_z z)$$

Рассмотрим
$$ec{i}rac{\delta}{\delta x}(p_x x + p_y y + p_z z)$$

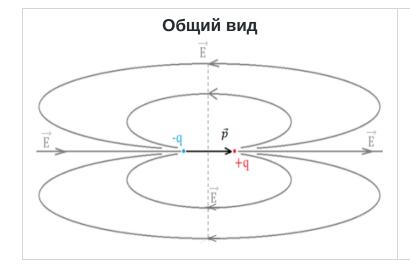
$$rac{ec{i}\delta}{\delta x}(p_xx)+rac{ec{i}\delta}{\delta x}(p_yy)+rac{ec{i}\delta}{\delta x}(p_zz)=ec{i}p_xrac{\delta x}{\delta x}+0+0=ec{i}p_x$$
; аналогично с другими \Rightarrow $ec{i}p_x+ec{j}p_y+ec{k}p_z=ec{p}$

$$\nabla 3. \;
abla rac{1}{r^3} =
abla (r^{-3}) = -3r^{-4}
abla (r) == 3r^{-4} \left(rac{ec{i}\delta}{\delta x} + rac{ec{i}\delta}{\delta y} + rac{ec{i}\delta}{\delta z}
ight) \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \left(ec{i}rac{x}{r} + ec{j}rac{y}{r} + ec{k}rac{z}{r}
ight) = rac{ec{r}}{r} - 3r^2 + rac{ec{i}\delta}{r} + ra$$

Рассмотрим 1 слагаемое:

$$ec{i}rac{\delta}{\delta x}\sqrt{x^2+y^2+z^2}=rac{ec{i}}{2}(x^2+y^2+z^2)^{rac{-1}{2}}rac{\delta}{\delta x}(x^2+y^2+z^2)=ec{i}rac{1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}rac{1}{2}2x=ec{i}rac{x}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}=ec{i}$$
 Получаем: $-k\left(ec{p}ec{r}rac{-3}{r^5}ec{r}+r^{-3}ec{p}
ight)=krac{3(ec{p}ec{r})ec{r}-ec{p}r^2}{r^5}=ec{E}(ec{r})$

Силовые линии диполя



1) если
$$\vec{r} \parallel \vec{p}; \ \vec{r} \uparrow \uparrow \vec{p}$$
 то $k \frac{3r^2 \vec{p} - r^2 \vec{p}}{r^5} = \frac{2k}{r^3} \vec{p} \Rightarrow \vec{r} \uparrow \uparrow \vec{p}; \ \vec{E} \uparrow \uparrow \vec{p}$ 2) если $\vec{r} \downarrow \uparrow \vec{p}:$ $k \frac{3pr(-\vec{r}) - r^2 \vec{p}}{r^5} = \frac{3\vec{p}r^2 - r^3\vec{p}}{r^5} = \frac{2k}{r^3} \vec{p}$ 3) если $\vec{r} \perp \vec{p}:$ $E = k \frac{0 - r^2 \vec{p}}{r^5} = \frac{-k\vec{p}}{r^5}$

Так и видно на рисунке. $ec{E}\downarrow\uparrowec{p}$