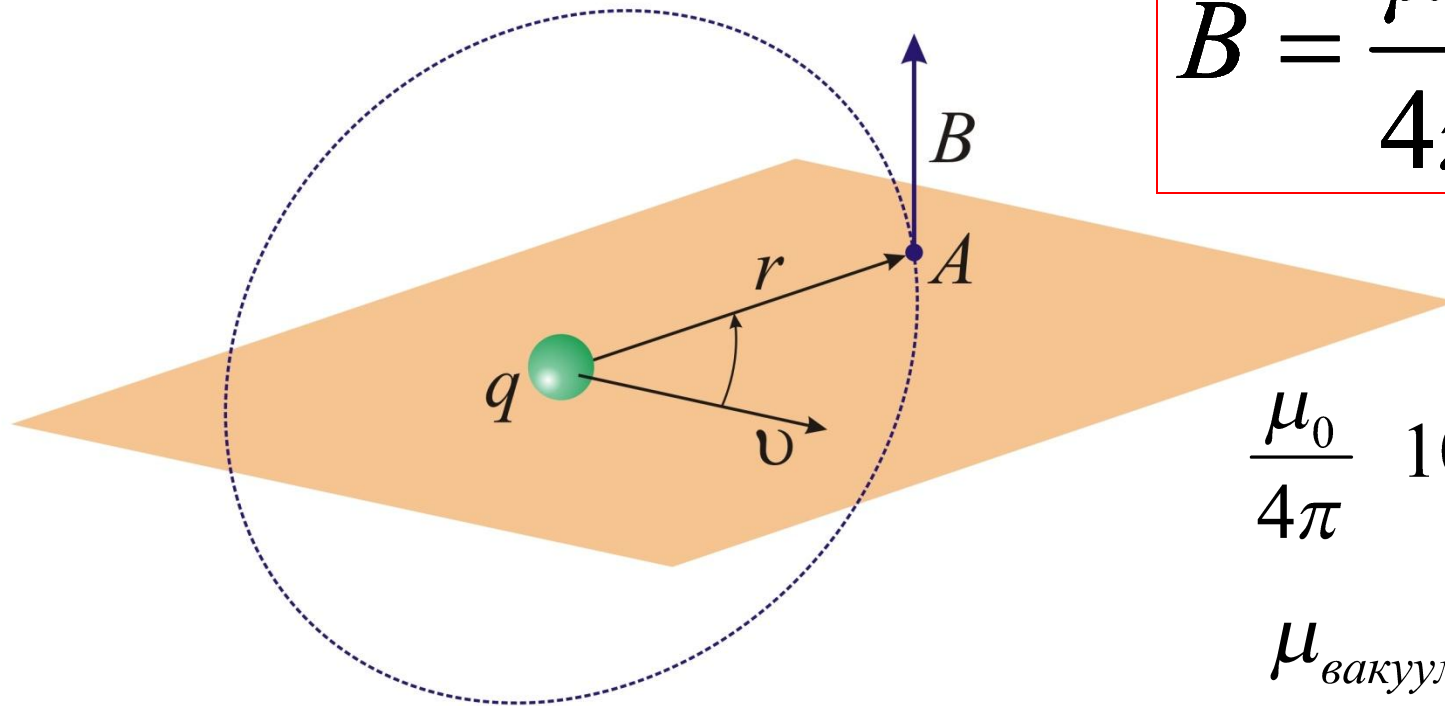


$$\mu_{\text{вакуум}} = 1$$

## Вакуумда біркелкі қозғалып бара жатырған зарядтың магнит өрісі



$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q[vr]}{r^3}$$

$$\frac{\mu_0}{4\pi} 10^{-7} \text{ Гн / м}$$

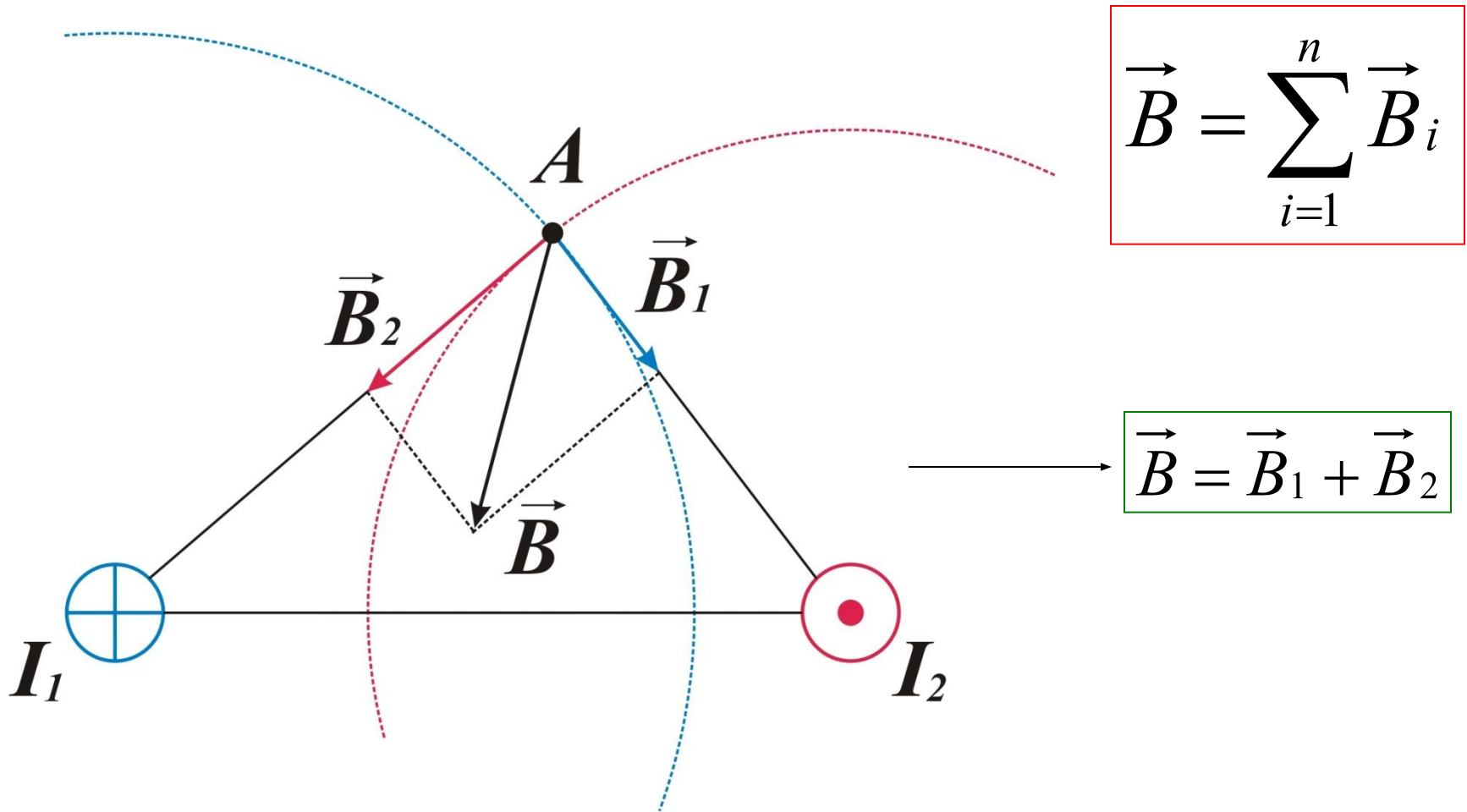
$$\mu_{\text{вакуум}} = 1$$

$r$  -  $q$  зарядтан бақылап отырған нүктеге  $A$  жүргізілген радиус векторы

Радиус векторының соңы қозғалмайды басы  $\mathbf{u}$  жылдамдықпен қозғалып бара жатыр, осы себепті  $\mathbf{B}$  векторы бақылау нүктесінің орнымен қатар уақытқа да тәуелді.

# Магниттік өрістердің суперпозиция принципі

Бірнеше токтар немесе қозғалыстағы зарядтар тудыратын қортқы өрістің магнит индукциясы осы әрбір ток немесе қозғалыстағы заряд тудырған өрістердің магнит индукцияларының векторлық қосындысына тең



# Био-Савар-Лаплас



# Био-Савар-Лаплас заңы

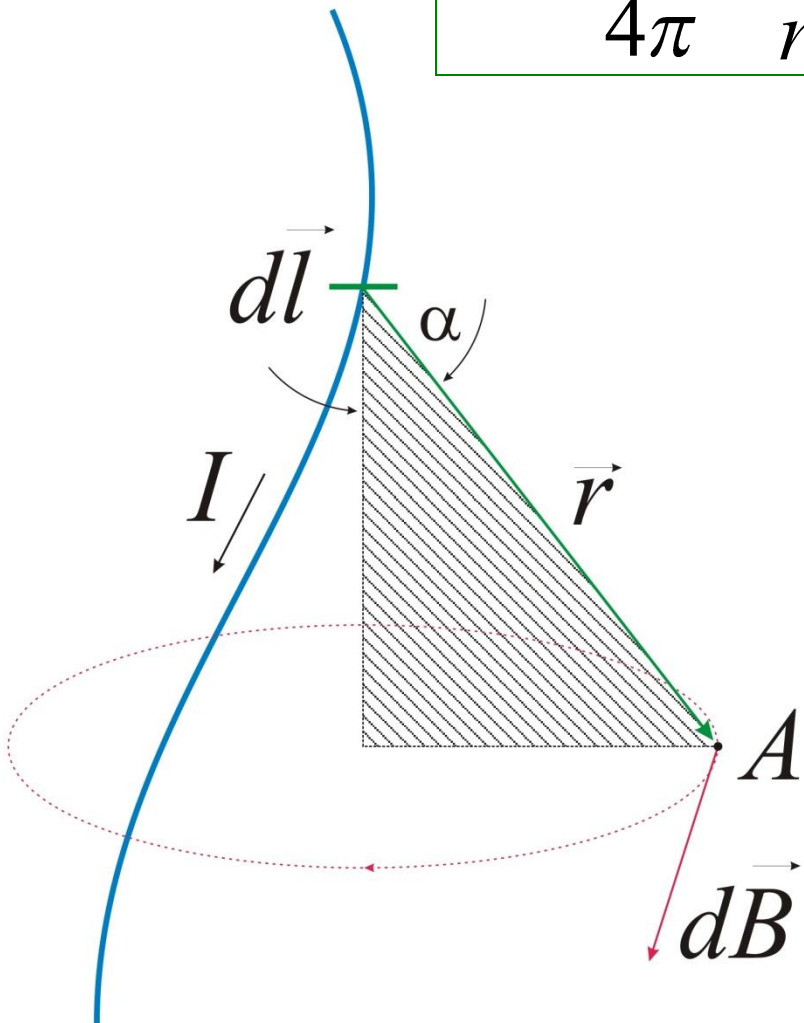
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q[vr]}{r^3} \quad \left| \begin{array}{l} q \rightarrow \rho dV \\ \rho v \rightarrow j \end{array} \right.$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{[jr]dV}{r^3}$$

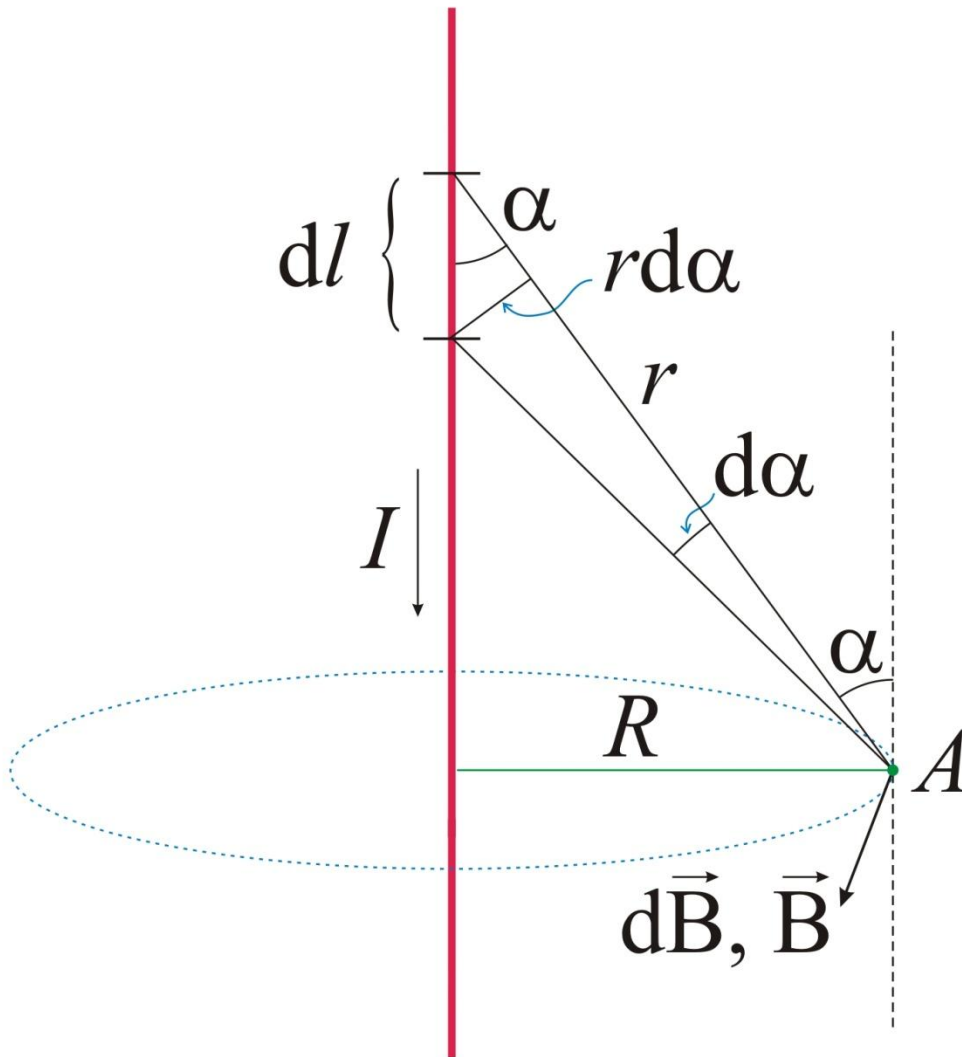
$$jdV = j\Delta S dl = Idl$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I[dl, r]}{r^3}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$



# Түзу токтың магнит өрісі



$$r = \frac{R}{\sin \alpha} \quad dl = \frac{r d\alpha}{\sin \alpha}$$

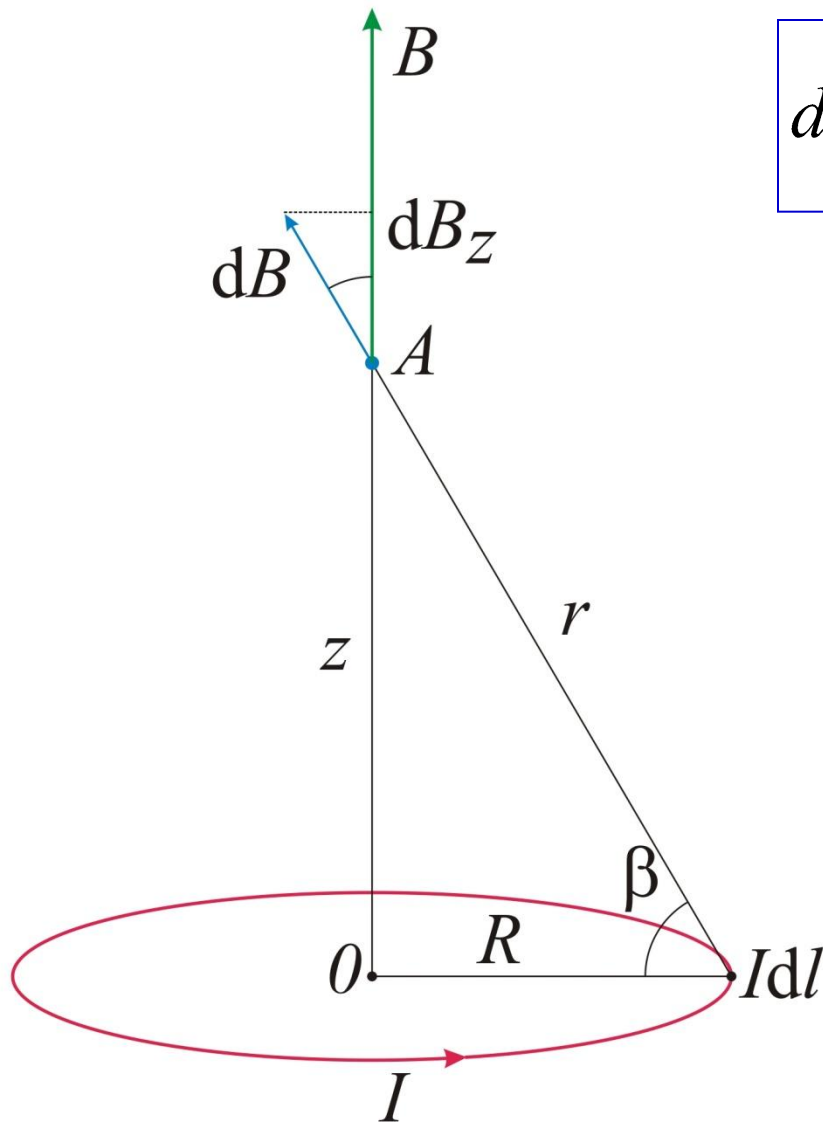
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin \alpha}{r^2}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \sin \alpha d\alpha$$

$\alpha$  бұрышы түзу токтың барлық элементі үшін 0 ден  $\pi$ -ге дейін өзгереді

$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R^2} \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{R}$$

# Дөңгелек токтың өсіндегі магнит өрісі



$$dB_z = dB \cos \beta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \cos \beta}{r^2}$$

$$\cos \beta = R / r \quad r^2 = z^2 + R^2$$

Бүкіл  $dl$  элементтері бойынша интегралдаймыз ( $0 - 2\pi R$ ).

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R^2 I}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$B_{z=0} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I}{R}$$

$$B_{z \gg R} \approx \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R^2 I}{z^3}$$

# В өрісі үшін Гаусс теоремасы

$$\Phi_B = \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Кез-келген тұйық бет арқылы өтетін  $B$  векторының ағыны нөлге тең (интегралдық түрі)

$$\oint B dl = \mu_0 I$$

$B$  векторының контур арқылы циркуляциясы осы контур қамтитын токтардың алгебралық қосындысын  $\mu_0$ -ге көбейткенге тең

$$\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$$

(дифференциалдық түрі)

$$\operatorname{rot} \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j}$$

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = 0$$

(электростатикалық өріс)

# Үйге тапсырма

Шектелген соленоидтың кез-келген нүктесіндегі магнит өрісін есептеу

$\mathbf{B}$  векторының циркуляциясы туралы теореманың қолданылуы

Холл құбылысы және оның қолданылуы