



云南省职工业务技能大赛——

“高教社杯” 高等师范院校

物理学教师教学技能大赛决赛



§ 5-2 毕奥—萨伐尔定律



回顾旧问题:

如何求解任意带电体电场中的场强?

方法:

任选 dq

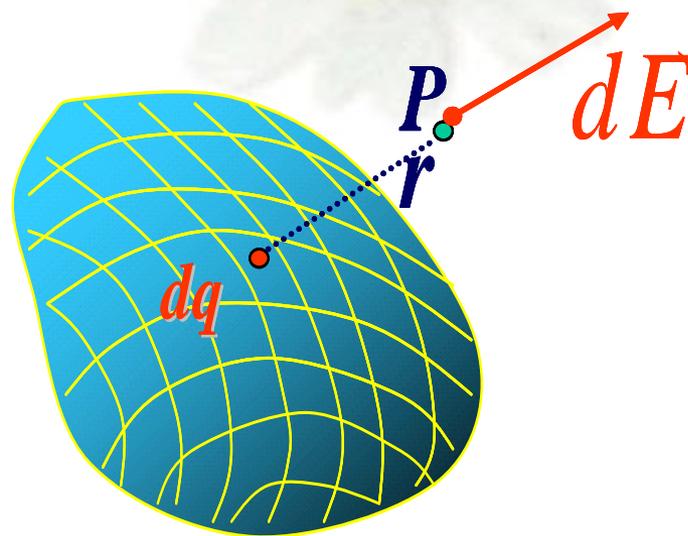


求出 $d\vec{E}$



$$\vec{E} = \int d\vec{E}$$

$$d\vec{E} = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$$

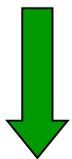


提出新问题:

如何求解任意载流导线磁场中的磁感应强度?

方法:

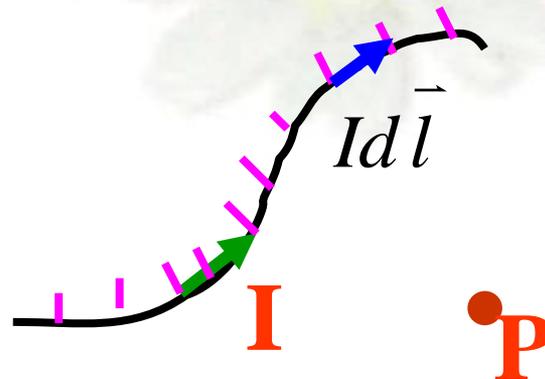
任选 $Id\vec{l}$



求出 $d\vec{B}$



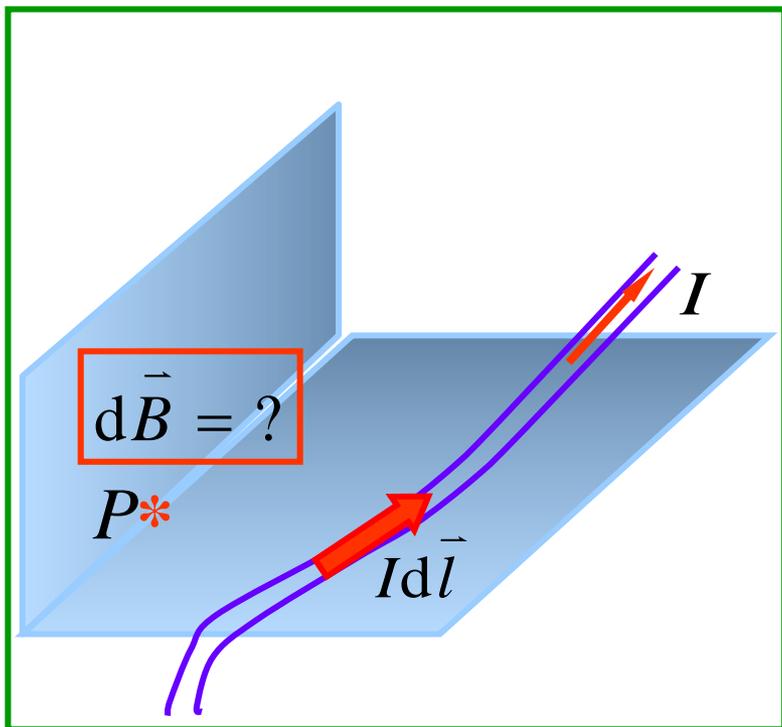
$$\vec{B} = \int d\vec{B}$$



电流元矢量 $Id\vec{l}$

大小: Idl

方向: 与该处电流流向一致



电流元在空间
产生的磁场的规律？



1820年法国科学家

毕奥、萨伐尔和拉普拉斯

实验基础上，分析总结出

$I d\vec{l}$ 产生的 $d\vec{B} = ?$



毕奥—萨伐尔定律

二、毕奥-萨伐尔定律的表达式

大小： $dB \propto Idl \sin \theta, \frac{1}{r^2}$

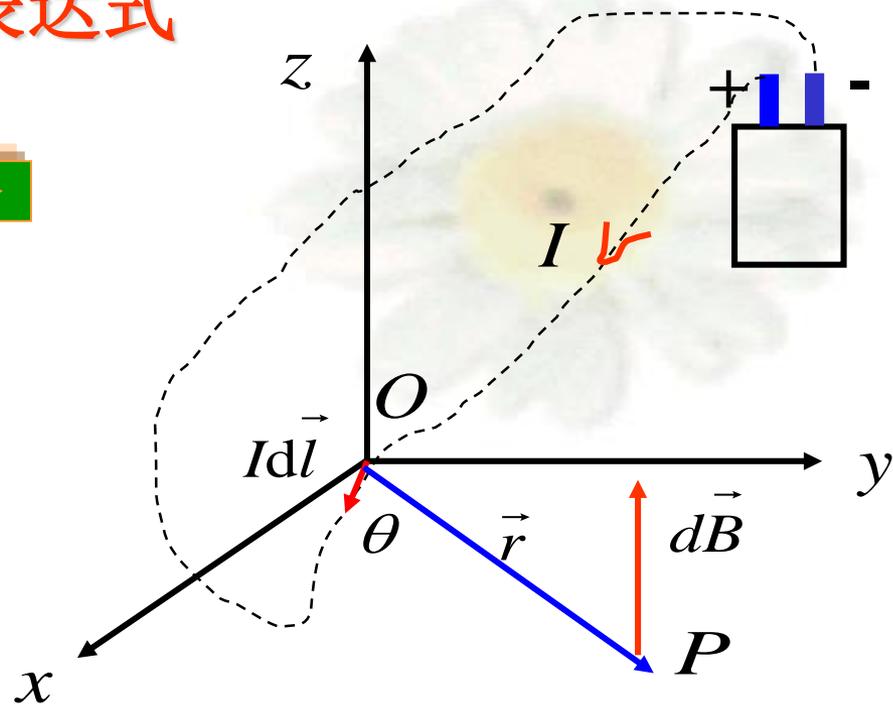


$$dB = k \frac{Idl \sin \theta}{r^2}$$

$$k = 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$

$$\text{令: } k = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

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



$$(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1})$$



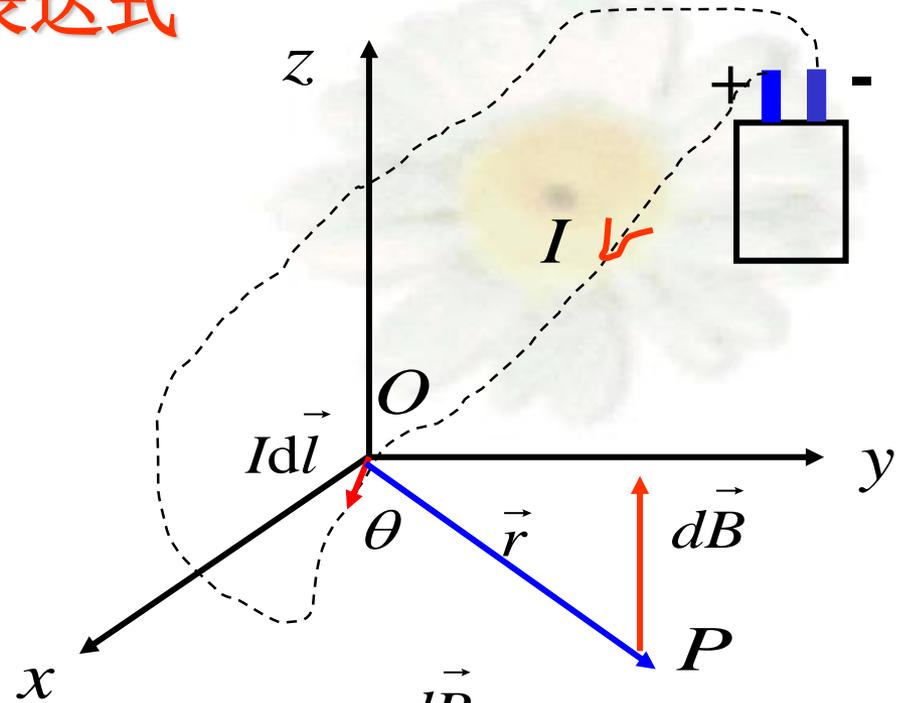
真空中的磁导率

二、毕奥-萨伐尔定律的表达式

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

方向：? 

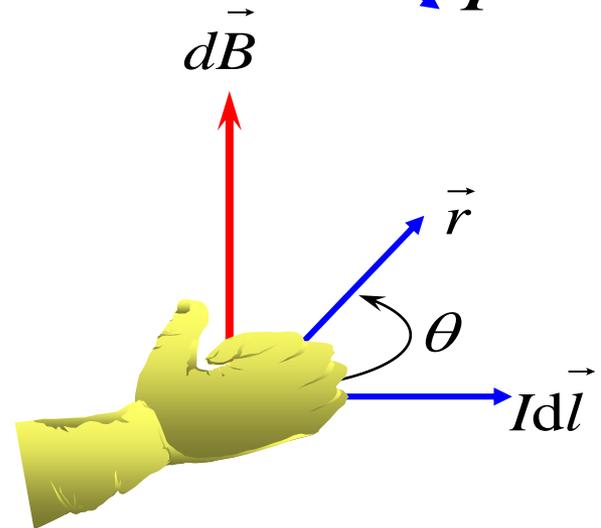
方向：与 $Id\vec{l} \times \vec{e}_r$ 方向一致



毕-萨定律的**矢量表达式**



$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{e}_r}{r^2}$$



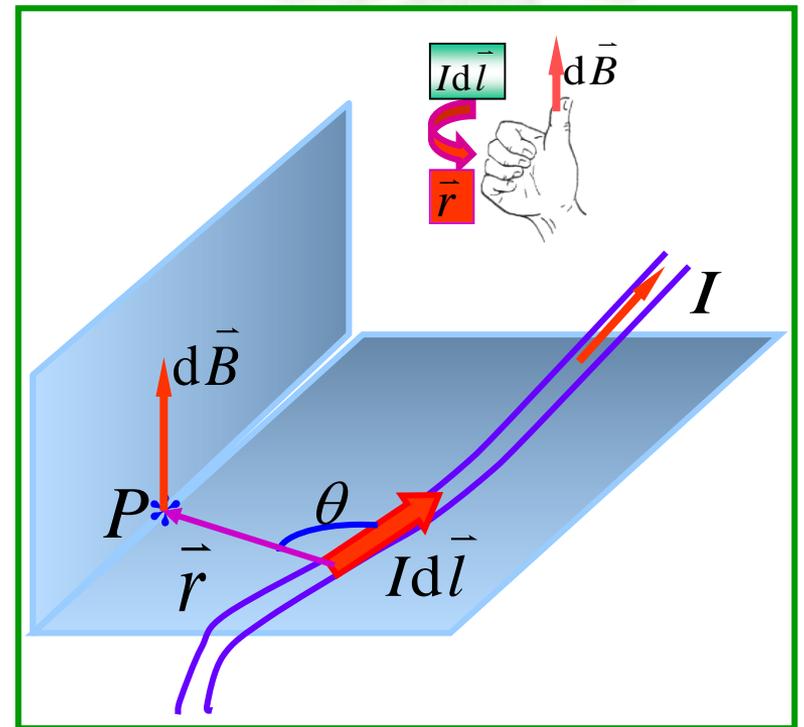
毕奥—萨伐尔定律

电流元在空间
产生的磁场的规律

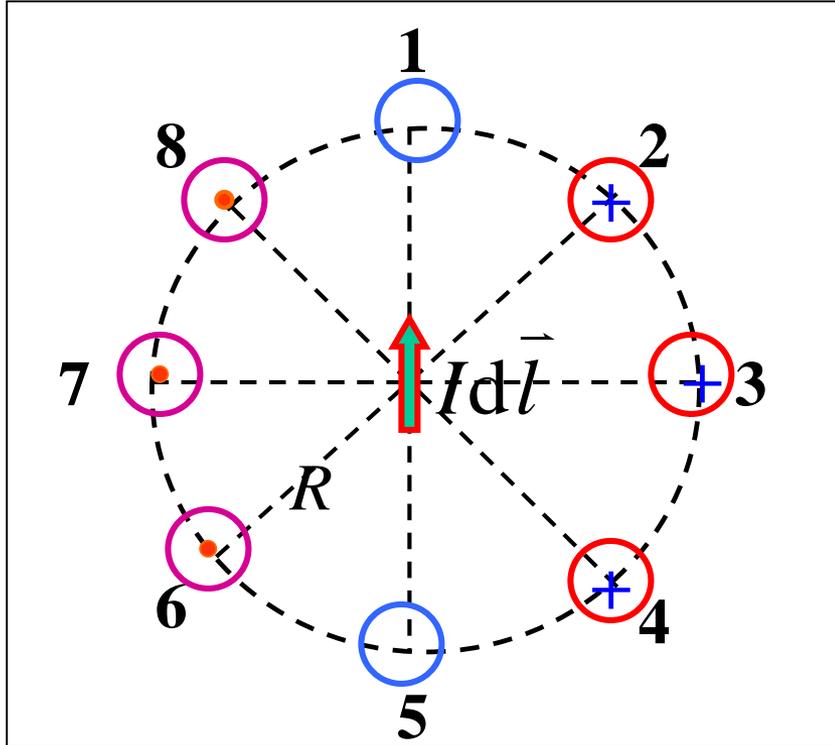
$Id\vec{l}$ 产生的 $d\vec{B} = ?$

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

方向：与 $Id\vec{l} \times \vec{e}_r$ 方向一致



练习1: 判断下列各点磁感强度的方向和大小.



1、5 点 : $dB = 0$

3、7 点 : $dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi R^2}$

2、4、6、8 点 :

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi R^2} \sin 45^\circ$$

三:任意恒定电流产生的磁感应强度的计算

方法:

任选 $I d\vec{l}$

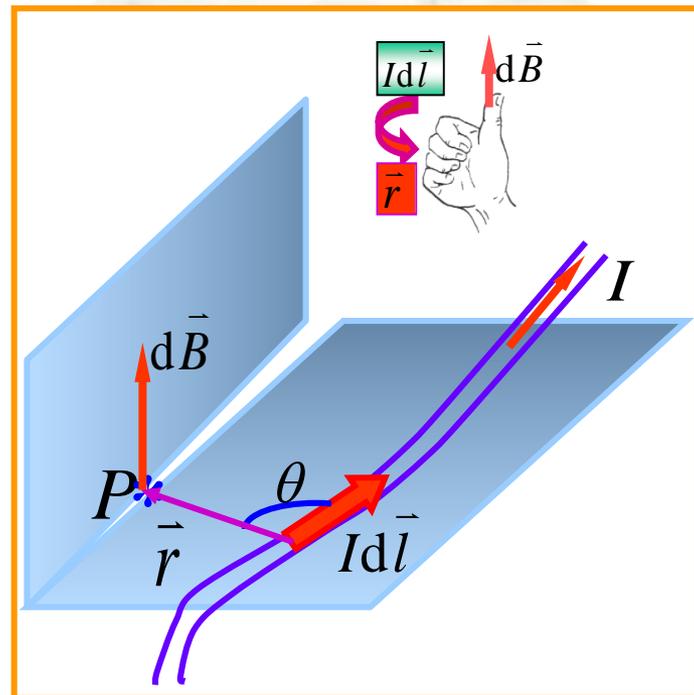
求出 $d\vec{B}$

$$\vec{B} = \int d\vec{B}$$

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

方向: 与 $I d\vec{l} \times \vec{e}_r$ 方向一致

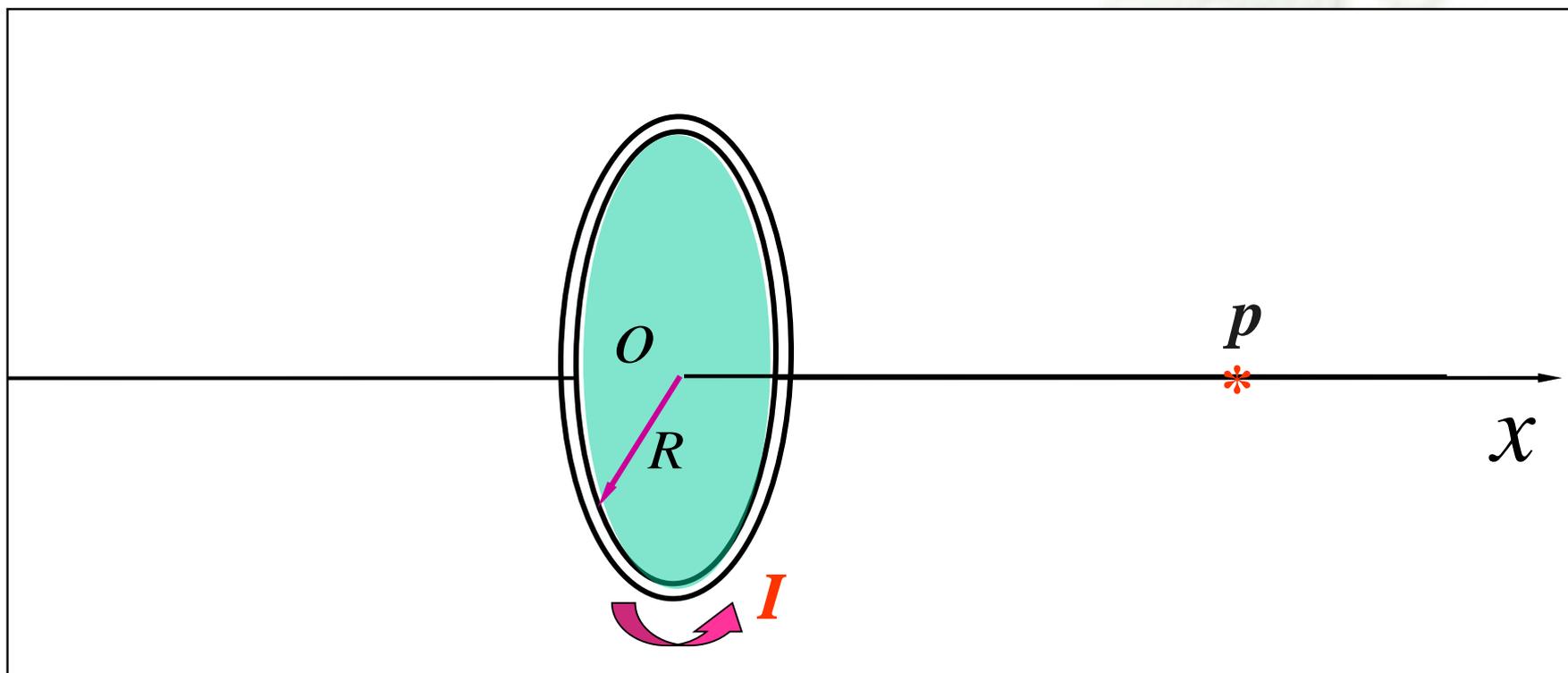
$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I d\vec{l} \times \vec{e}_r}{r^2}$$



$$B_x = \int dB_x$$

$$B_y = \int dB_y$$

例1 真空中，半径为 R 的载流导线，通有电流 I ，称圆电流。
求其轴线上一点 p 的磁感强度的方向和大小。



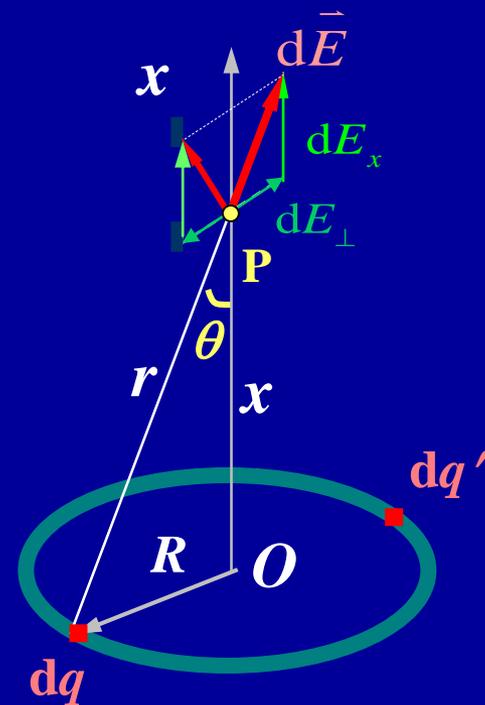
半径为 R 的均匀带电细圆环，带电量为 q
求 圆环轴线上任一点 P 的电场强度

由于圆环上电荷分布关于 x 轴对称

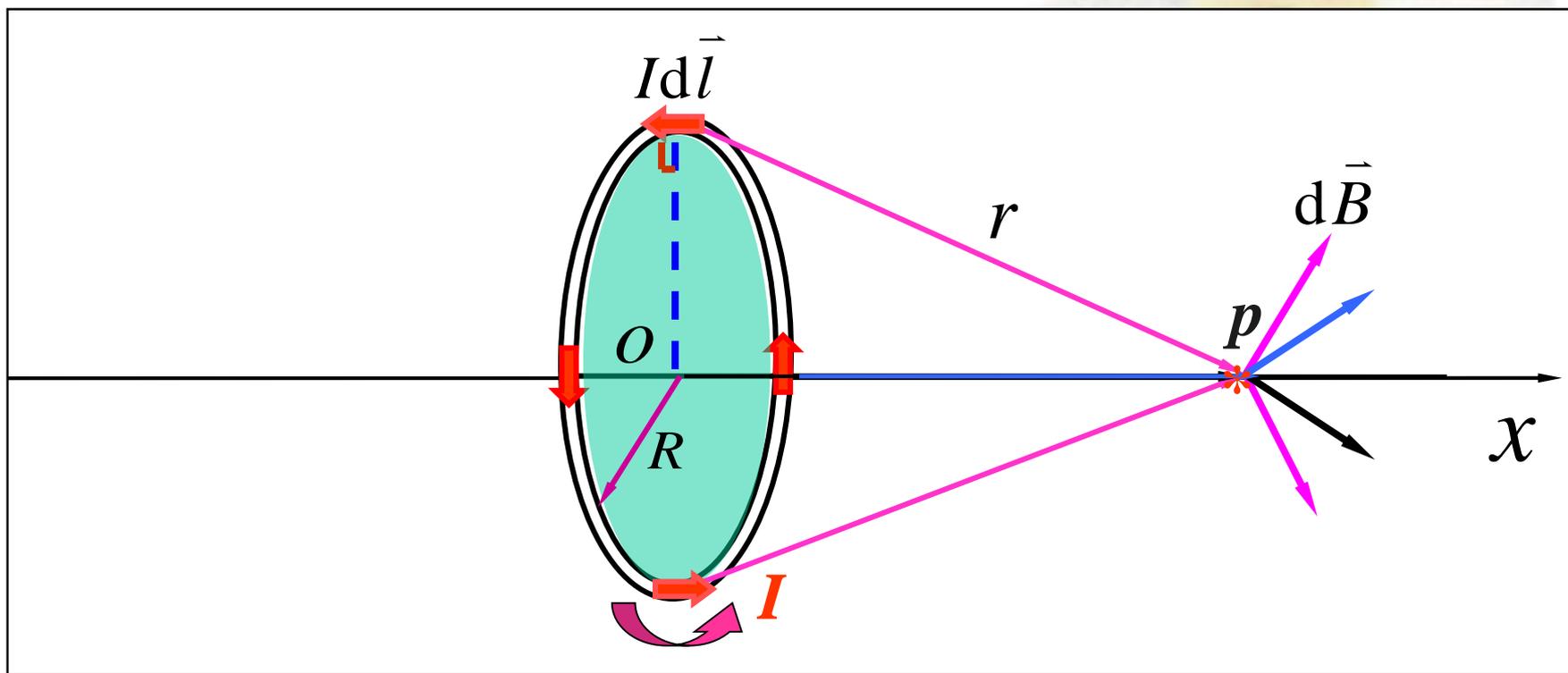
$$E_{\perp} = 0$$

故：圆环轴线上任一点 P 的电场强度

$$E = E_x = \int dE_x$$



例1 真空中，半径为 R 的载流导线，通有电流 I ，称圆电流。求其轴线上一点 p 的磁感强度的方向和大小。

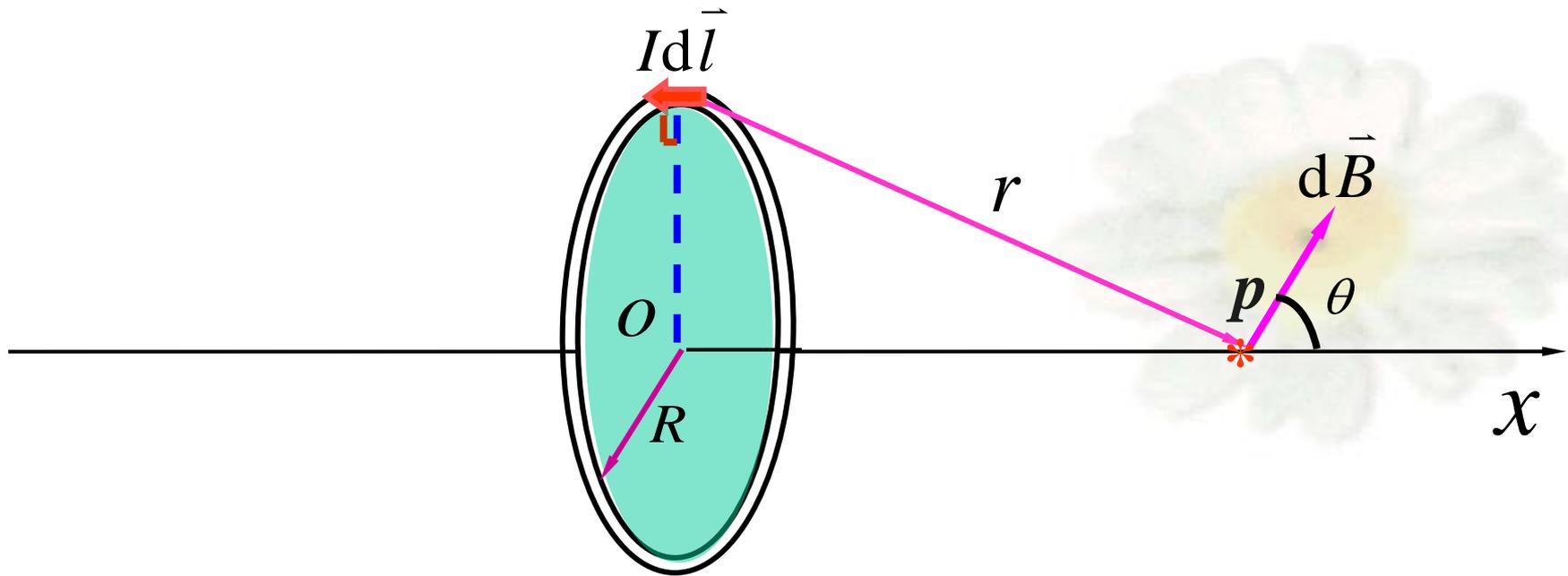


根据对称性

$$B_{\perp} = 0$$

$$\therefore B = \int dB_x$$



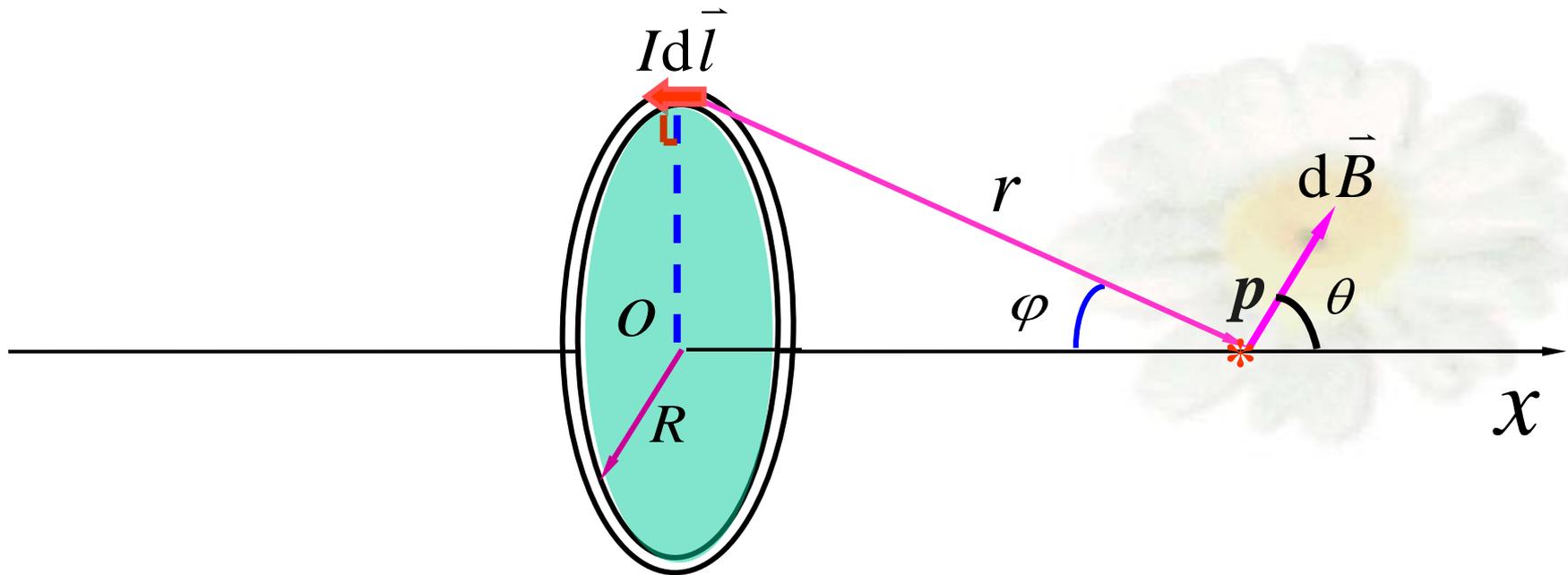


如图在载流圆环上选择一电流元

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{r^2} \sin 90^\circ = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{r^2}$$

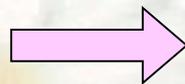
$$dB_x = dB \cos \theta \quad \cos \theta = \frac{R}{r}$$

$$\therefore B = \int dB \cos \theta = \int \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{IR dl}{r^3}$$



$$B = \int \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{IR dl}{r^3}$$

$$B = \frac{\mu_0 IR}{4\pi r^3} \oint dl$$

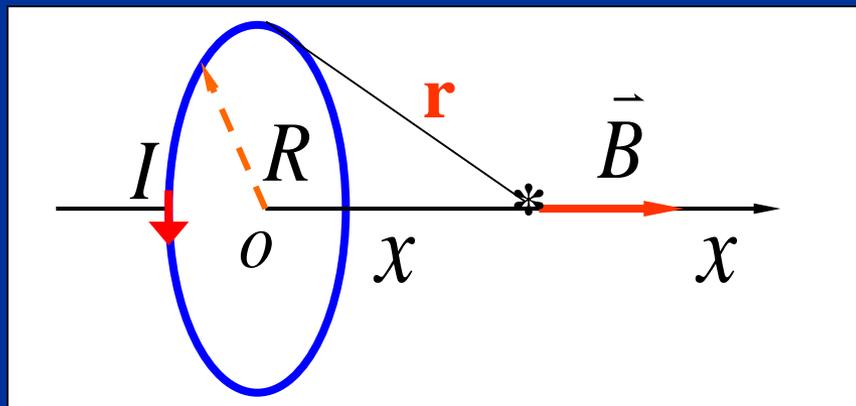


$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2r^3}$$

$$\text{或: } B = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

方向满足右手定则

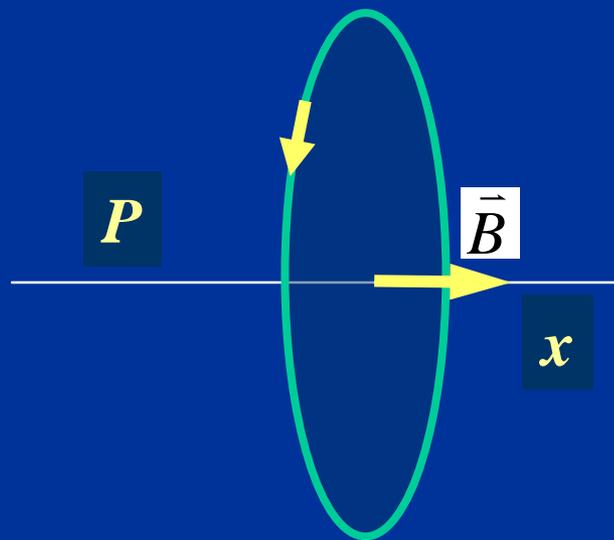
例1. 载流圆线圈的磁场

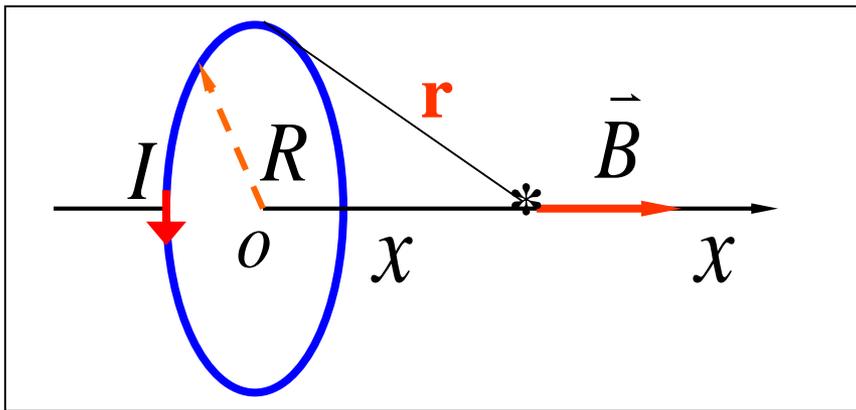


$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$



方向满足右手定则





$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2r^3} = \frac{\mu_0 IR^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

讨论

1) 若线圈有 N 匝 $B = \frac{N \mu_0 IR^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$

2) $x < 0$ \vec{B} 的方向不变 (I 和 \vec{B} 成右螺旋关系)

3) $x = 0$ $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

4) $x \gg R$ $B = \frac{\mu_0 IR^2}{2x^3}$