欢迎回到大学物理课堂！

内容回顾

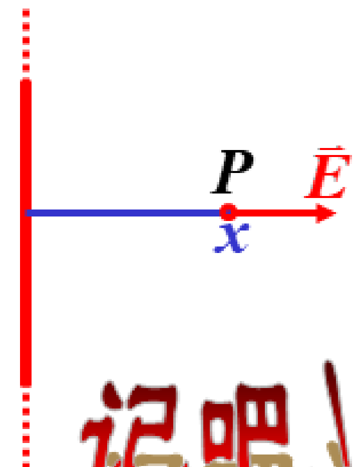
重点：利用电荷元场强公式和场强迭加原理，

通过矢量积分求场强： $\vec{E} = \int_{(Q)} \mathrm{d}\vec{E}$

你记住了吗？

1. 点电荷 $\boxed{\vec{E} = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{e}_r}$

2. 无限长均匀带电线 $\boxed{\vec{E} = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}\hat{i}}$



3. 无限大均匀带电面 $\boxed{\vec{E} = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{e}_n}$

记吧！

1.3 静电场的高斯定理

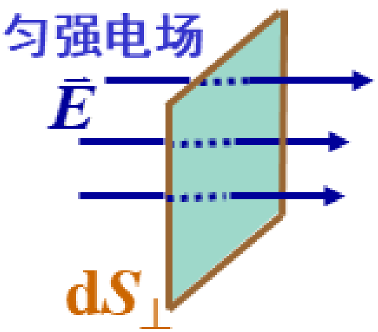
1.3.1 电场线

用一族空间曲线形象描述场强分布，
通常把这些曲线称为电场线或电力线。

1. 规定

方 向：切线方向为场强方向

数密度：$\boxed{\dfrac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}S_{\perp}}=E}$



2. 性质

1）电场线起自正电荷(或无穷远处)，止于负电荷，不会在没有电荷处中断；

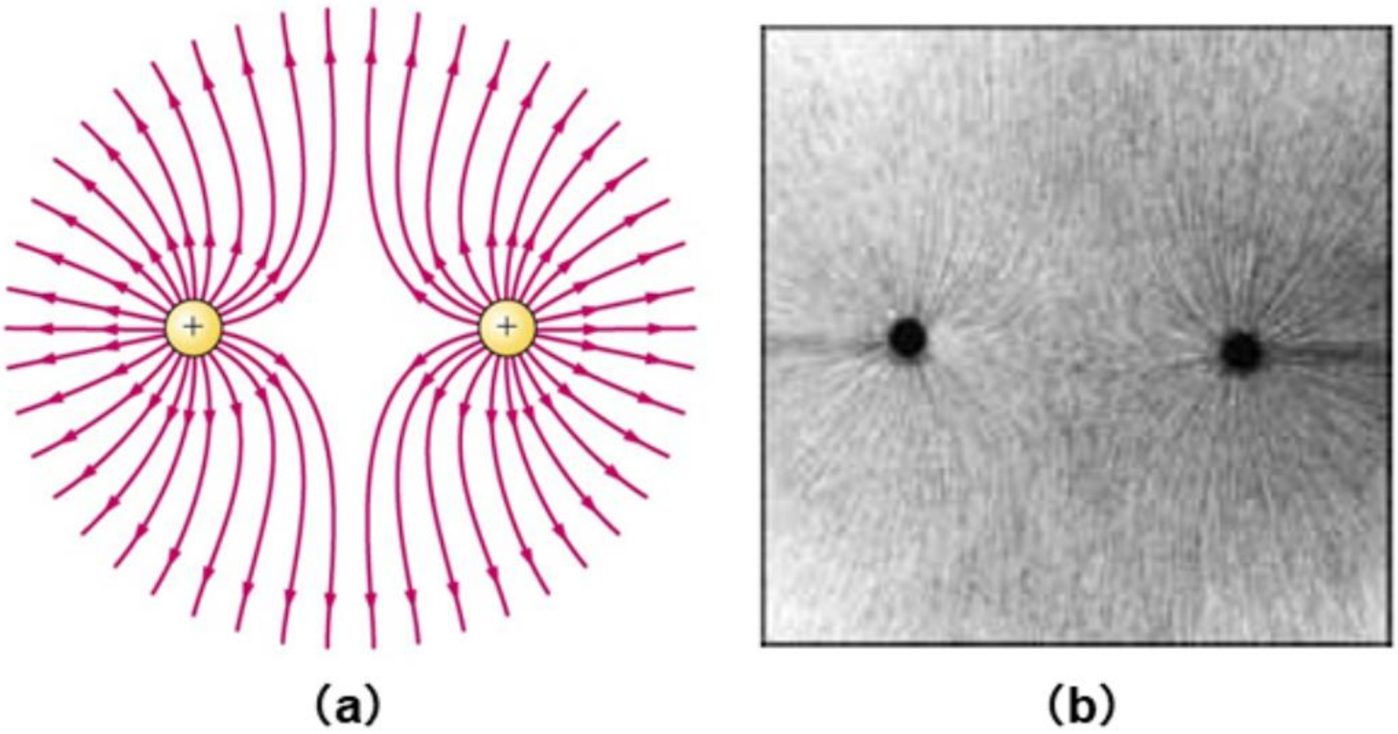
2）若体系正、负电荷一样多，则由正电荷发出的全部电场线都终止于负电荷；

3）静电场线不会形成闭合曲线；

4）没有电荷处，两条电场线不会相交。

1.3 静电场的高斯定理

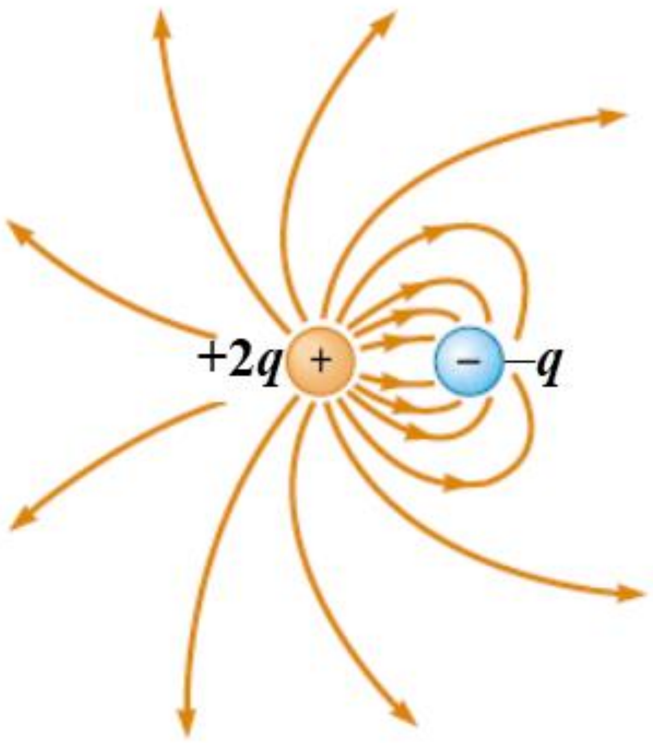
1.3.1 电场线



一对等量正点电荷

1.3 静电场的高斯定理

1.3.1 电场线

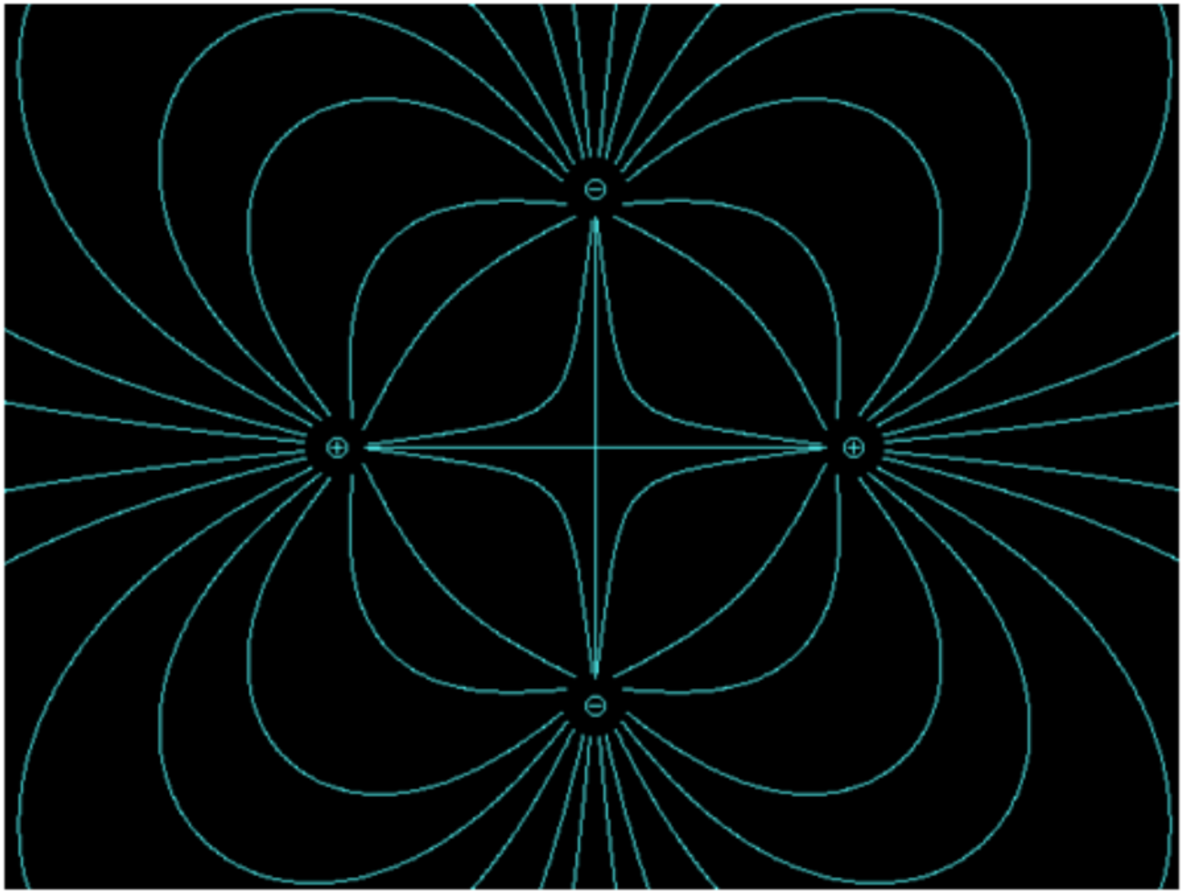


一对异号不等量点电荷

1.3 静电场的高斯定理

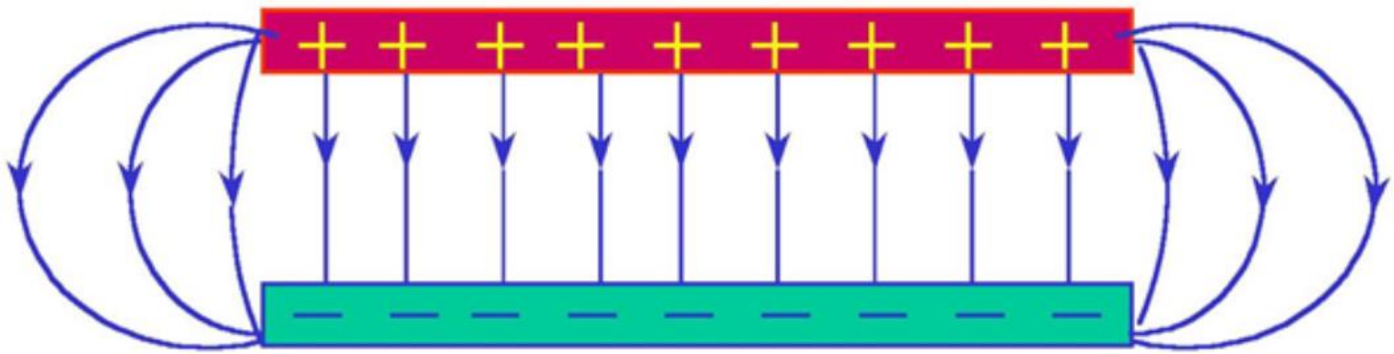
1.3.1 电场线

电四极子电场线



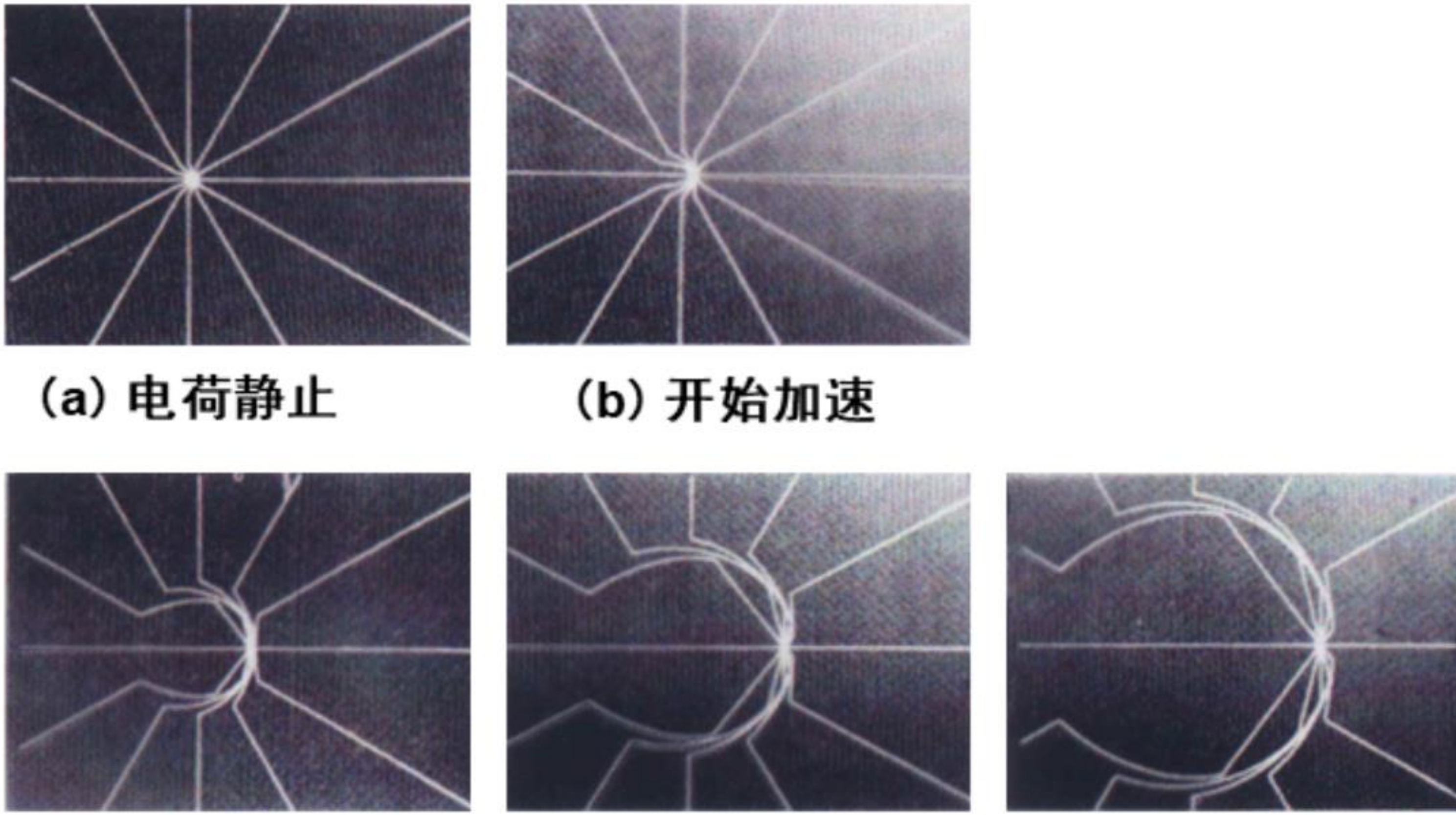
1.3 静电场的高斯定理

1.3.1 电场线



平板电容器

1.3 静电场的高斯定理



(a) 电荷静止

(b) 开始加速

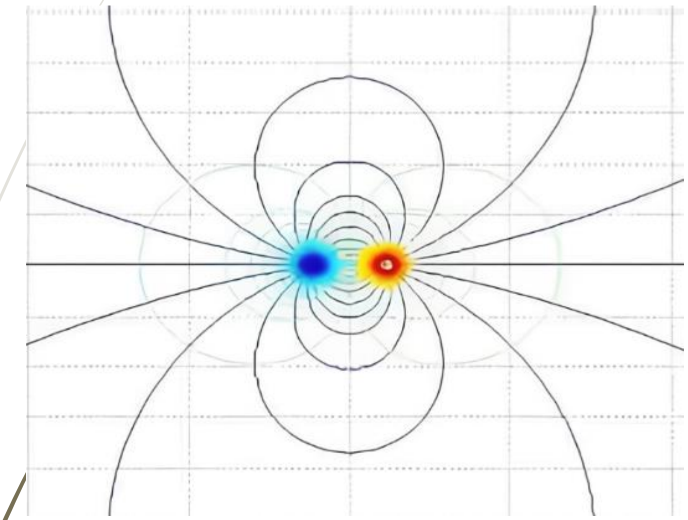
(c)

(d)

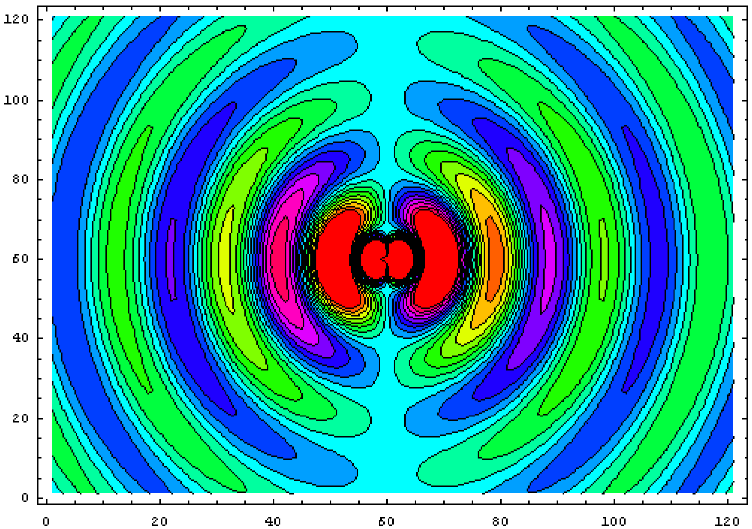
(e)

(c)－(e) 匀速运动

1.3 静电场的高斯定理



电偶极子

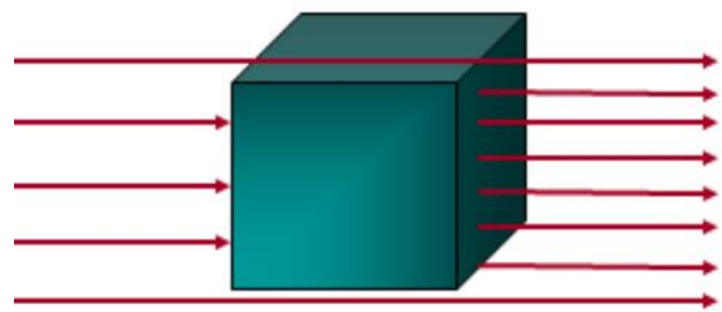


偶极天线的辐射电场线

单选题 1分

设置

如图所示，带箭头红线表示电场线，试问盒内净电荷的极性？



A 正电荷

B 负电荷

C 无电荷

D 无法确定

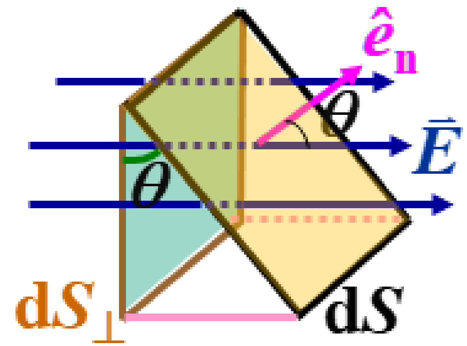
提交

1.3 静电场的高斯定理

1.3.2 电场强度通量（Electric flux）

定义：通过任一面的电场线条数。

若面积元不垂直电场强度，通过该面元的$\vec{E}$ 通量与电场强度、面积元的关系怎样？



图中通过 $\mathrm{d}S$ 和 $\mathrm{d}S_\perp$ 电场线条数相同

$$E = \frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}S_\perp}, \qquad \mathrm{d}N = E\mathrm{d}S_\perp$$

$$\mathrm{d}S_\perp = \mathrm{d}S\cos\theta, \quad \mathrm{d}\Phi_e = E\mathrm{d}S_\perp = E\mathrm{d}S\cos\theta$$

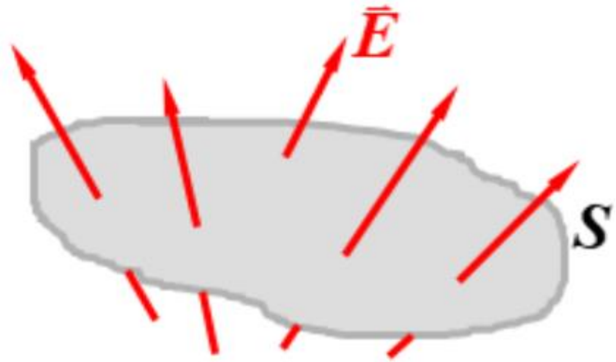
$$\mathrm{d}\vec{S} = \mathrm{d}S\hat{e}_n, \qquad \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S} = \vec{E}\cdot\hat{e}_n\mathrm{d}S = E\mathrm{d}S\cos\theta$$

$$\boxed{\mathrm{d}\Phi_e = \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S}}$$

1.3 静电场的高斯定理

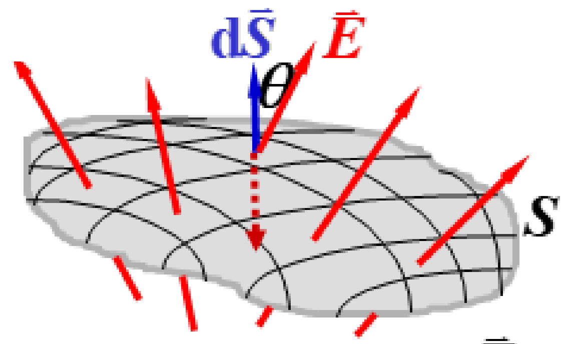
1.3.2 电场强度通量（Electric flux）

$$\boxed{\mathrm{d}\Phi_e = \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{S}}$$



问　题：通过任意曲面的$\vec{E}$通量怎么计算？

1.3 静电场的高斯定理



定义：通过任一面的电场线条数。

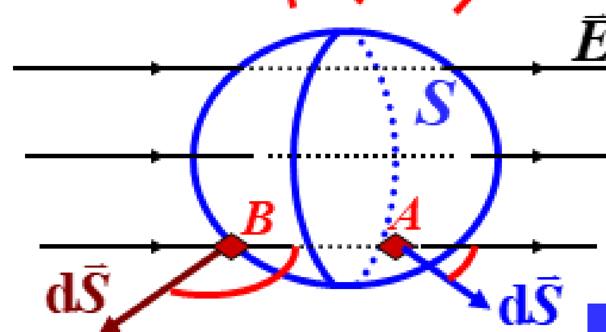
◆ 通过任意面积元的 $\vec{E}$ 通量

$$\boxed{d\Phi_e = \vec{E}\cdot d\vec{S}}$$

◆ 通过任意一曲面的 $\vec{E}$ 通量

把曲面分成许多个面积元，每一面元处视为匀强电场

$$\boxed{\Phi_e = \int_S d\Phi_e = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{S}}$$



讨论

- $d\Phi_e = \vec{E}\cdot d\vec{S}$
  $= E dS\cos\theta$

正与负取决于面元的法线方向的选取

如图知 $\vec{E}\cdot d\vec{S} > 0$

如红箭头所示 $\vec{E}\cdot d\vec{S} < 0$

- 通过闭合面的 $\vec{E}$ 通量

规定 —— 面元方向由闭合面内指向面外

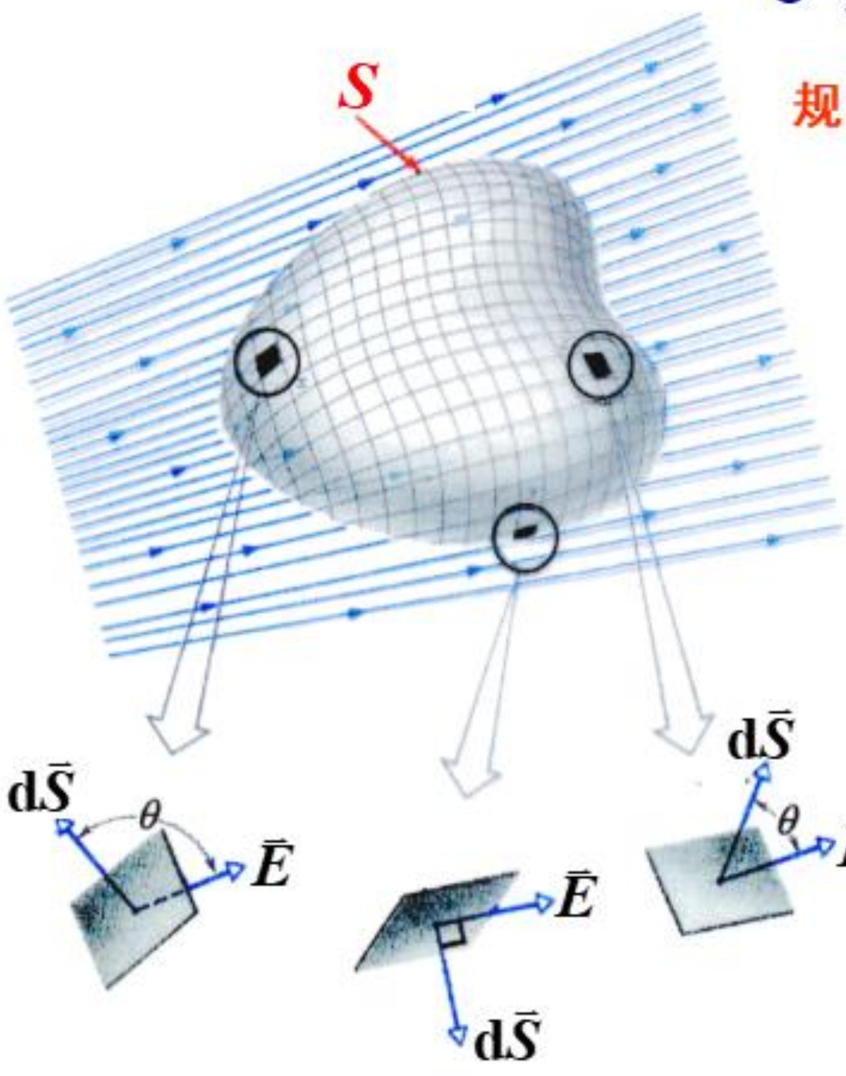
$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}$$

■ 电场线穿出

■ 电场线穿入

为穿出和穿入闭合曲面的电场线条数之差

1.3 静电场的高斯定理



- 通过一闭合面的 $\vec{E}$ 通量

规定 —— 闭合面的面元方向由闭合面内指向面外

$$\Phi_e = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

闭合曲面的 $\vec{E}$ 通量为穿出和穿入闭合曲面的电场线条数之差。

电场强度矢量与面元矢量夹角三种不同的情况

单选题 1分

设置

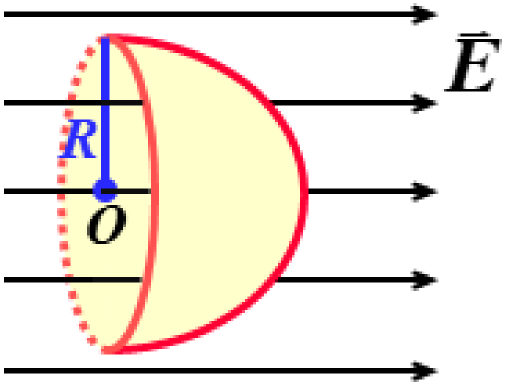
若匀强电场的场强为 $\vec{E}$，其方向平行于半径为 R 半球面的轴，如图所示。则通过此半球面的 $\vec{E}$ 通量 Φ_e 为

A $\pi R^2 E$

B $2\pi R^2 E$

C $\pi R^2 E$

D $\sqrt{2}\pi R^2 E$



提交

单选题 1分

设置

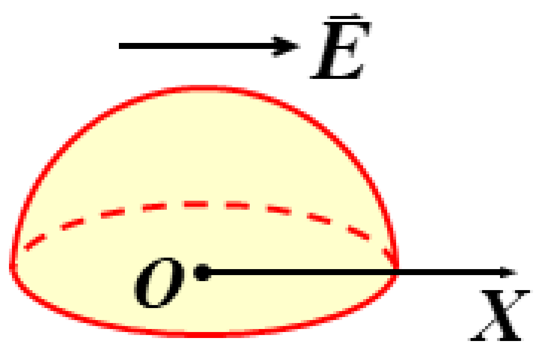
一电场强度为 $\vec{E}$ 的均匀电场，$\vec{E}$ 的方向与 X 轴正向平行，如图所示。则通过图中一半径为 R 的半球面的电场强度通量为

A $\pi R^2 E$

B $\pi R^2 E/2$

C $2\pi R^2 E$

D 0



提交

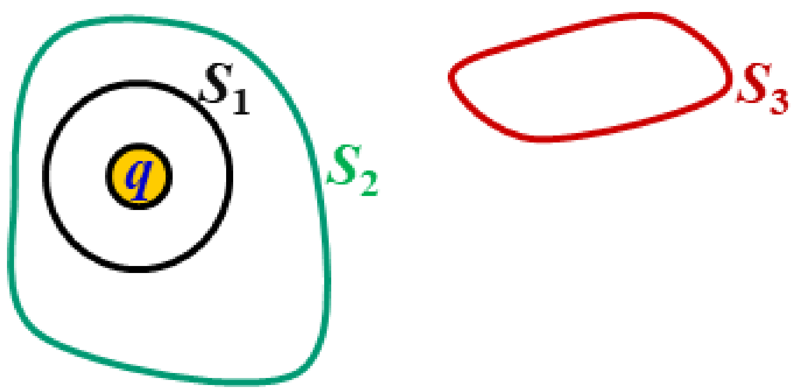
1.3 静电场的高斯定理

[例] 空间有点电荷 q，求下列情况下穿过曲面的通量

1）曲面为以点电荷为中心的球面 S_1；

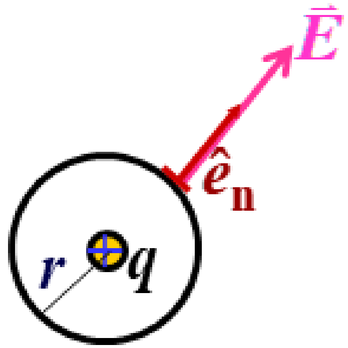
2）曲面为包围点电荷的任意封闭曲面 S_2；

3）曲面为不包围点电荷的任意封闭曲面 S_3。



1.3 静电场的高斯定理

[例] 求通过包围点电荷 q 的同心球面的 $\vec{E}$ 通量。

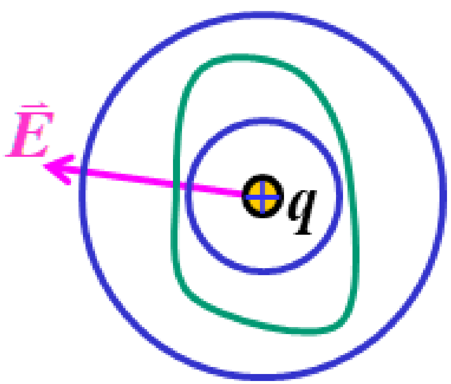


$$\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{e}} = \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S} = E\mathrm{d}S\cos\theta$$

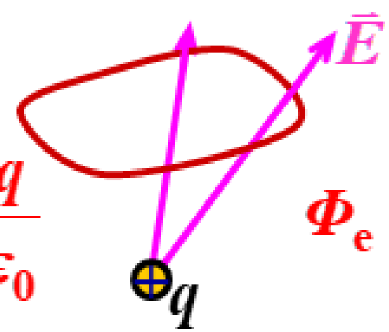
$$\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{e}} = E\mathrm{d}S = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}S$$

$$\Phi_{\mathrm{e}} = \oint_S \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}S = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\oint_S \mathrm{d}S = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

任意闭合曲面



$$\Phi_{\mathrm{e}} = \oint \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$



$$\Phi_{\mathrm{e}} = 0$$

点电荷场，通过任意闭合曲面的 $\vec{E}$ 通量为 $\boxed{\Phi_{\mathrm{e}} = \dfrac{q_{内}}{\varepsilon_0}}$

1.3　静电场的高斯定理

[例] 空间有点电荷q，求下列情况下穿过曲面的 $\vec{E}$通量

1）曲面为以点电荷为中心的球面　$\Phi_e = \dfrac{q}{\varepsilon_0}$

2）曲面为包围点电荷的任意封闭曲面　$\Phi_e = \dfrac{q}{\varepsilon_0}$

3）曲面为不包围点电荷的任意封闭曲面　$\Phi_e = 0$

点电荷场，通过任意闭合曲面的 $\vec{E}$通量为 $\boxed{\Phi_e = \dfrac{q_{内}}{\varepsilon_0}}$

1.3 静电场的高斯定理

1.3.3 高斯定理（Guass Theorem）

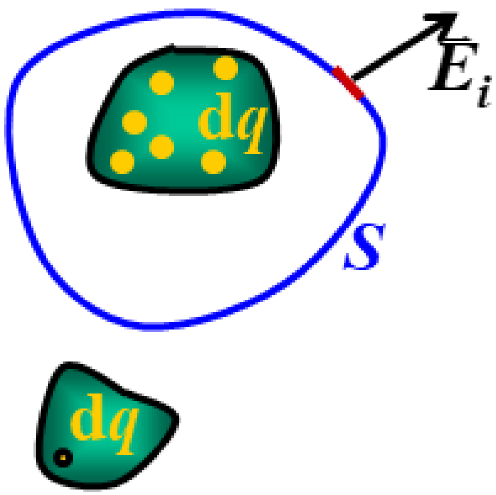
一、表述

在真空中的静电场内，任一闭合面的$\vec{E}$通量等于这闭合面所包围的电荷量的代数和除以ε_0。

$$\boxed{\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{\sum_i q_{i内}}{\varepsilon_0}}$$

二、证明

源任意 $d\Phi_e = \vec{E}\cdot d\vec{S} = \sum_i \vec{E}_i \cdot d\vec{S}$



$$\Phi_e = \oint_S d\Phi_e = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \oint_S \sum_i \vec{E}_i \cdot d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \sum_i \oint_S \vec{E}_i \cdot d\vec{S} = \frac{\sum_i q_{i内}}{\varepsilon_0}$$

1.3 静电场的高斯定理

1.3.3 高斯定理（Guass Theorem）

面内电荷量的代数和，
与面外电荷无关

Gauss面上的场强，
是所有电荷产生的场

$$\Phi_{\mathrm{e}} = \oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{\sum_i q_{i内}}{\varepsilon_0}$$

通过任意闭合
曲面的$\vec{E}$通量

Gauss面

1.3 静电场的高斯定理

高斯（Carl Friedrich Gauss 1777 ~ 1855）

德国数学家、天文学家和物理学家。高斯在数学上的建树颇丰，有“数学王子”美称。

高斯长期从事于数学并将数学应用于物理学、天文学和大地测量学等领域的研究，主要成就：

(1) 物理学和地磁学：关于静电学、温差电和摩擦电的研究、利用绝对单位（长度、质量和时间）法则量度非力学量以及地磁分布的理论研究。

(2) 光学：利用几何学知识研究光学系统近轴光线行为和成像，建立高斯光学。

(3) 天文学和大地测量学中：如小行星轨道的计算，地球大小和形状的理论研究等。

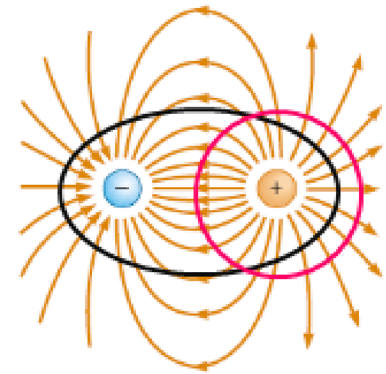
(4) 试验数据处理：结合试验数据的测算，发展了概率统计理论和误差理论，发明了最小二乘法，引入高斯误差曲线。

(5) 高斯还创立了电磁量的绝对单位制。

1.3 静电场的高斯定理

讨论

$$\boxed{\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{\sum_i q_{i\text{内}}}{\varepsilon_0}}$$



1. 闭合面内、外电荷的贡献：

   对$\vec{E}$都有贡献；

   对电场强度通量$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$的贡献有差别，即

   只有闭合面内的电荷量对电场强度通量有贡献。

2. 静电场性质的基本方程，有源场。

   $+q$，发出q/ε_0条电场线，是电场线的“头”；

   $-q$，吸收q/ε_0条电场线，是电场线的“尾”。

3. 源于库仑定律，高于库仑定律。

   例：运动电荷场。

单选题 1分

设置

电场中任意高斯面上各点的电场强度是由：

A 分布在高斯面内的电荷决定的。

B 分布在高斯面外的电荷决定的。

C 空间所有电荷决定的。

D 高斯面内电荷的代数和决定的。

提交

单选题 1分

设置

根据高斯定理的数学表达式，可知下述各种说法中，正确的是：

A 闭合面内的电荷代数和为零时，闭合面上各点场强一定为零。

B 闭合面内的电荷代数和不为零时，闭合面上各点场强一定处处不为零

C 闭合面内的电荷代数和为零时，闭合面上各点场强不一定处处为零。

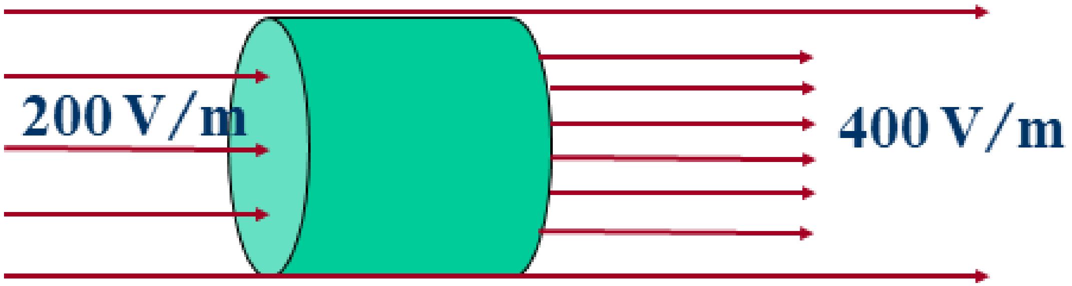
D 闭合面上各点场强均为零时，闭合面内一定处处无电荷。

提交

单选题 1分

设置

如图所示，红色箭头表示电场线，试问盒内电荷的极性？



A 净余电荷为正。

B 净余电荷为负。

C 无净余电荷。

D 无法确定。

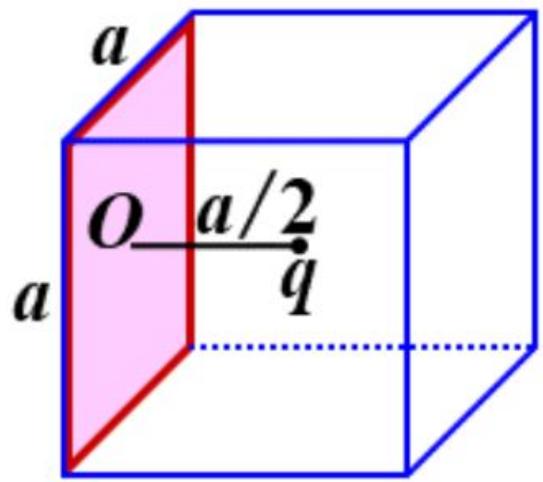
提交

1.3 静电场的高斯定理

有一边长为 a 的正方形平面，在其中垂线上距中心 O 点 $a/2$ 处，有一电荷量为 q 的正点电荷，如图所示，则通过该平面的电场强度通量为

$$\phi_{总} = \oint_S EdS = \frac{\sum q}{\varepsilon_0}$$

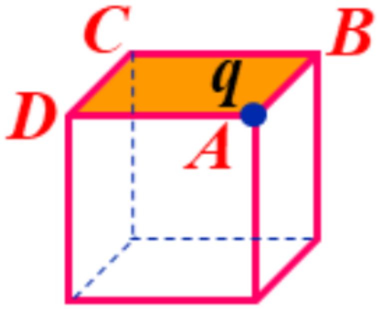
$$\phi_{平面} = \frac{\phi_{总}}{6} = \frac{q}{6\varepsilon_0}$$



单选题 1分

设置

如图所示，一个电荷量为 q 的点电荷位于立方体的 A 角上，则通过顶面 $ABCD$ 的电场强度通量等于：



A 0

B $\dfrac{q}{6\varepsilon_0}$

C $\dfrac{q}{12\varepsilon_0}$

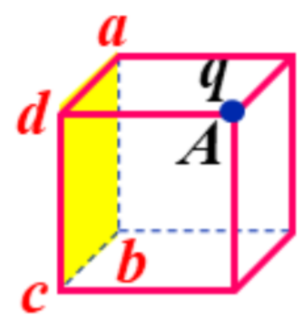
D $\dfrac{q}{24\varepsilon_0}$

提交

单选题 1分

设置

如图所示，一个电荷量为 q 的点电荷位于立方体的 A 角上，则通过侧面 $abcd$ 的电场强度通量等于：



A $\dfrac{q}{6\varepsilon_0}$

B $\dfrac{q}{12\varepsilon_0}$

C $\dfrac{q}{24\varepsilon_0}$

D $\dfrac{q}{48\varepsilon_0}$

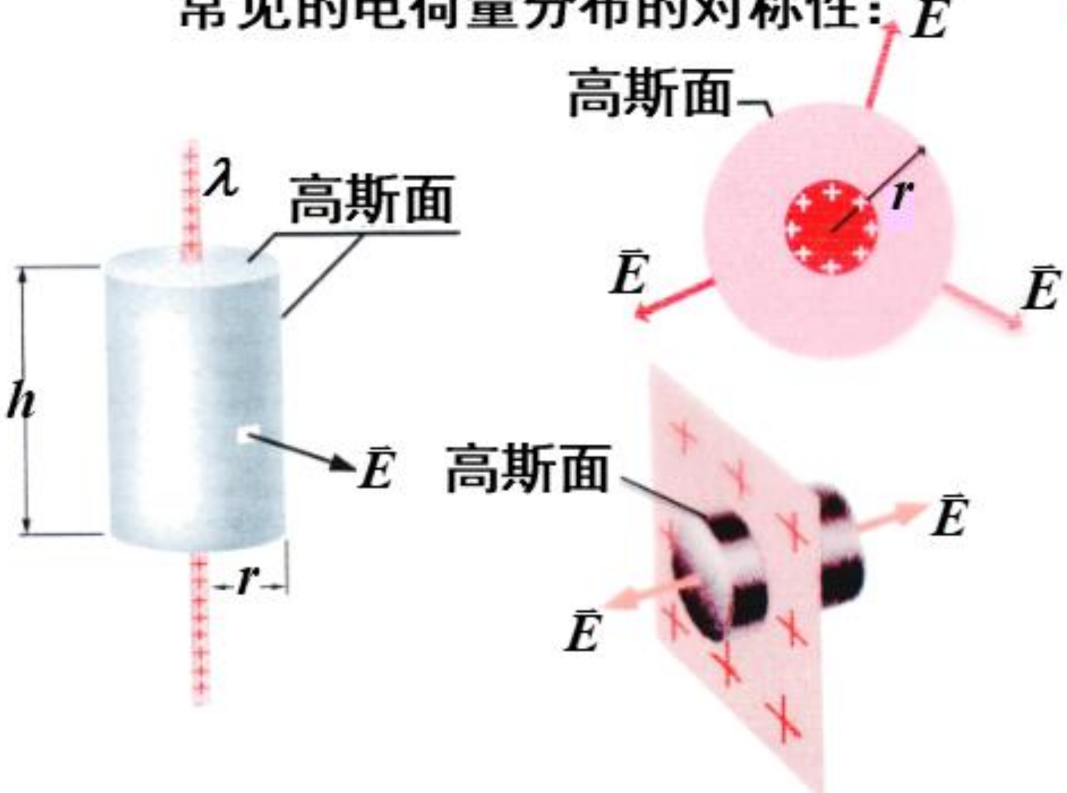
提交

§ 1.3.4 利用高斯定理求静电场的分布

对 Q 的分布具有某种对称性的情况，

利用高斯定理解场强较为方便。

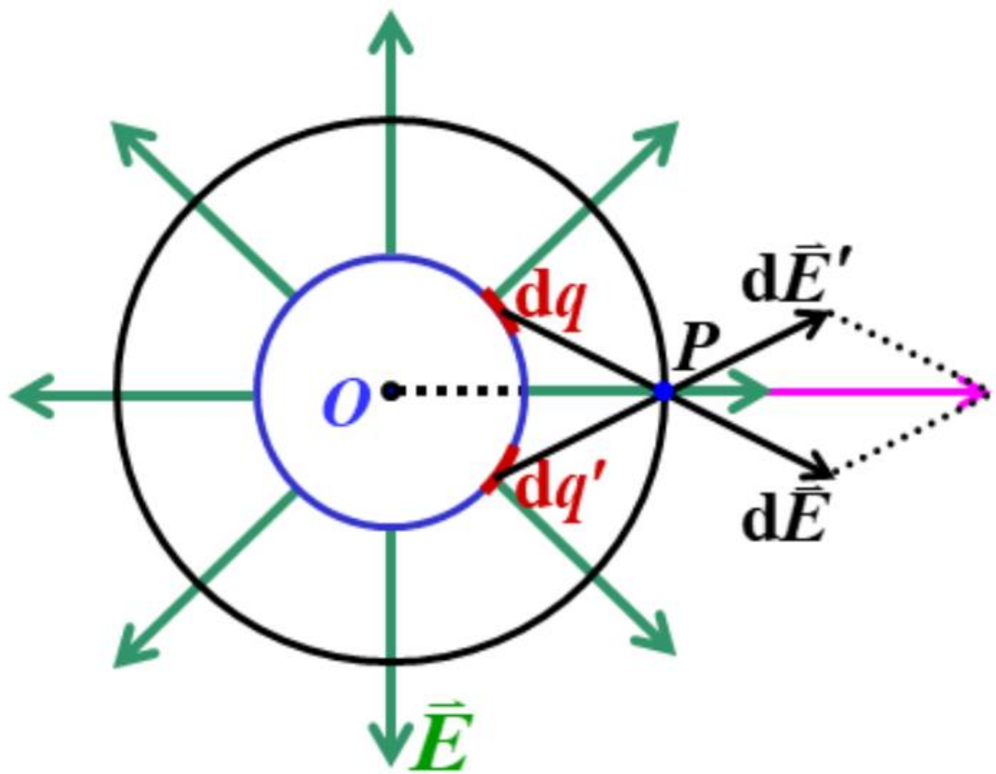
常见的电荷量分布的对称性：



	均匀带电的
球对称	球体 球面 （点电荷）
柱对称	无限长 柱体 柱面 直线
面对称	无限大 平板 平面

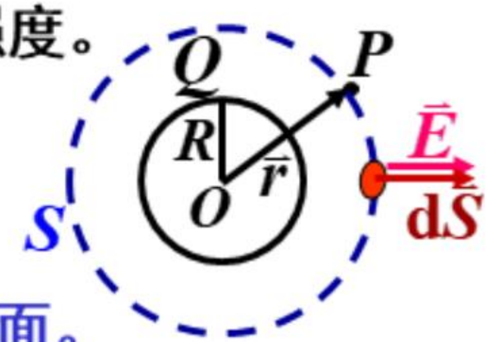
1.3 静电场的高斯定理

均匀带电球面场的对称性



1.3 静电场的高斯定理

[例] 求均匀带电球面(Q，R)的电场强度。



解：根据电荷分布的对称性，

选取合适的高斯面（闭合面）。

∴取过场点的以球心 O 为心的球面。

◆ 先从高斯定理等式的左方入手，

计算高斯面的电场强度通量：

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \oint_S E\,dS = E\oint_S dS = E4\pi r^2$$

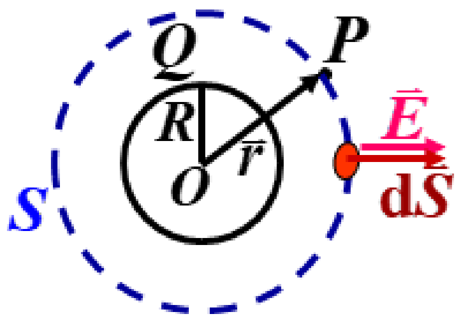
◆ 再根据高斯定理解方程：

$$E4\pi r^2 = \frac{\sum_i q_{i内}}{\varepsilon_0} \Longrightarrow E = \frac{\sum_i q_{i内}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

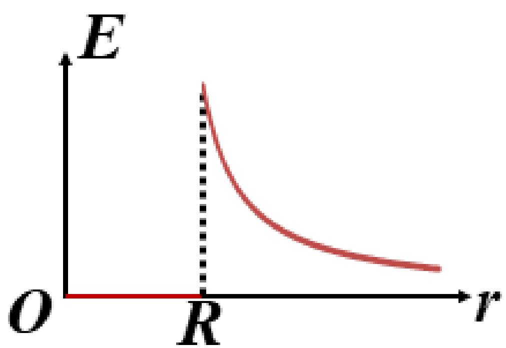
1.3 静电场的高斯定理

◆ 过场点的高斯面内电荷量代数和?

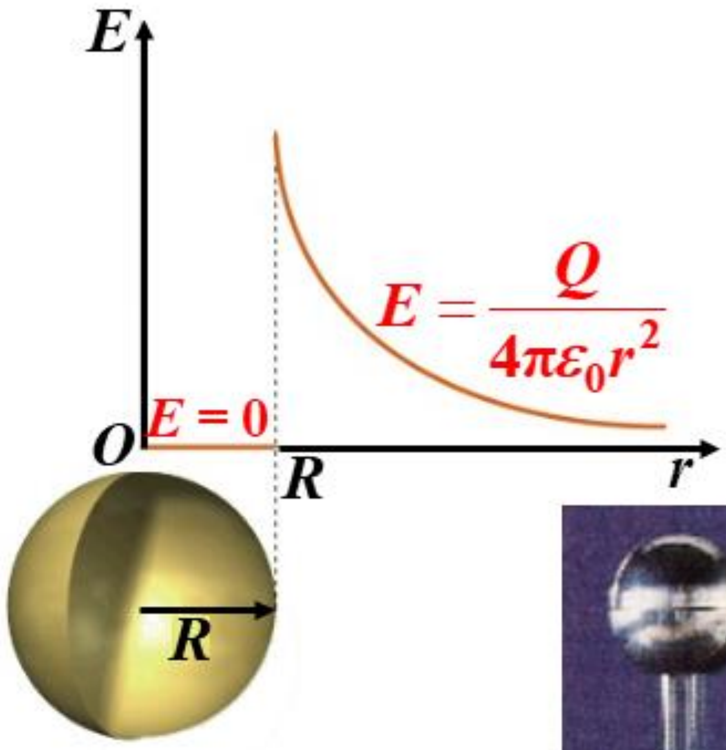
$$\left.\begin{aligned} r<R, &\quad \sum_i q_i = 0 \\ r>R, &\quad \sum_i q_i = Q \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} E = 0 & (r<R) \\ E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & (r>R) \end{cases}$$

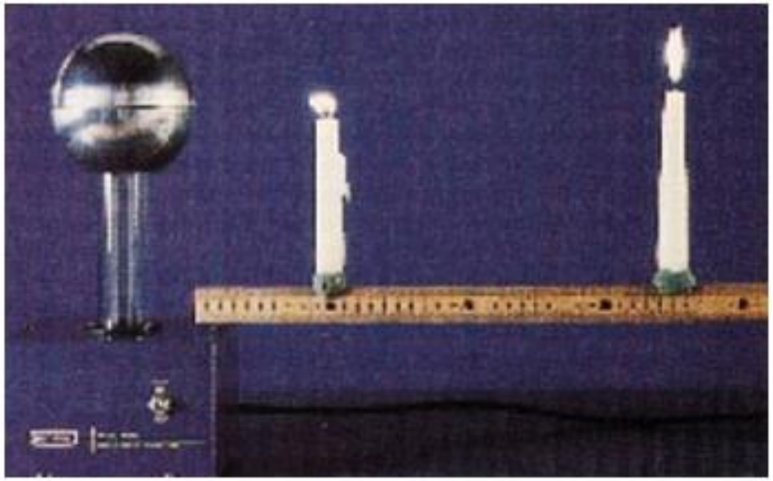


$$\boxed{\vec{E} = \begin{cases} 0 & (r<R) \\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{e}_r & (r>R) \end{cases}}$$



1.3 静电场的高斯定理





单选题 1分

设置

高斯定理

A 适用于任何静电场。

B 只适用于真空中的静电场。

C 只适用于具有球对称性、轴对称性和平面对称性的静电场。

D 只适用于虽然不具有（C）中所述的对称性、但可以找到合适的高斯面的静电场。

提交

1.3 静电场的高斯定理

➢用高斯定理求场强的一般步骤：$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内}$

1. 根据电荷分布的对称性分析电场分布的对称性；

2. 选择适当的闭合积分曲面作为高斯面；

3. 分析高斯面的各部分上$\vec{E}$的大小和方向以及$\cos\theta$的具体情况，将$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$ 积出来；

4. 利用高斯定理，建立$\vec{E}$和生场电荷的联系，并说明$\vec{E}$的方向；

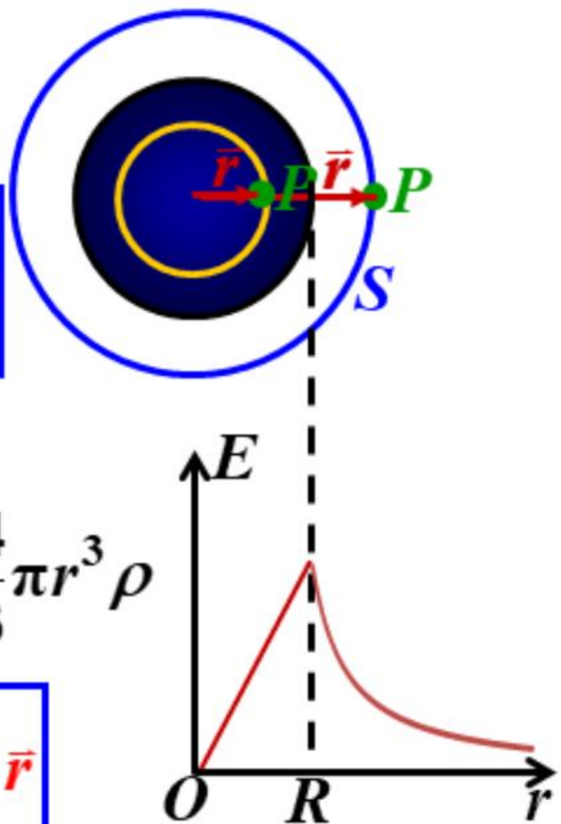
5. 在有些问题中，闭合高斯面内的净电荷也要用积分计算。

[例] 均匀带电球体 $[R,\ q(\rho)]$ 的场强。

解： 1. 球外场点，$r \geq R$

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = E4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{\vec{E}_{外} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{e}_r}$$



2. 球内场点，$r \leq R$

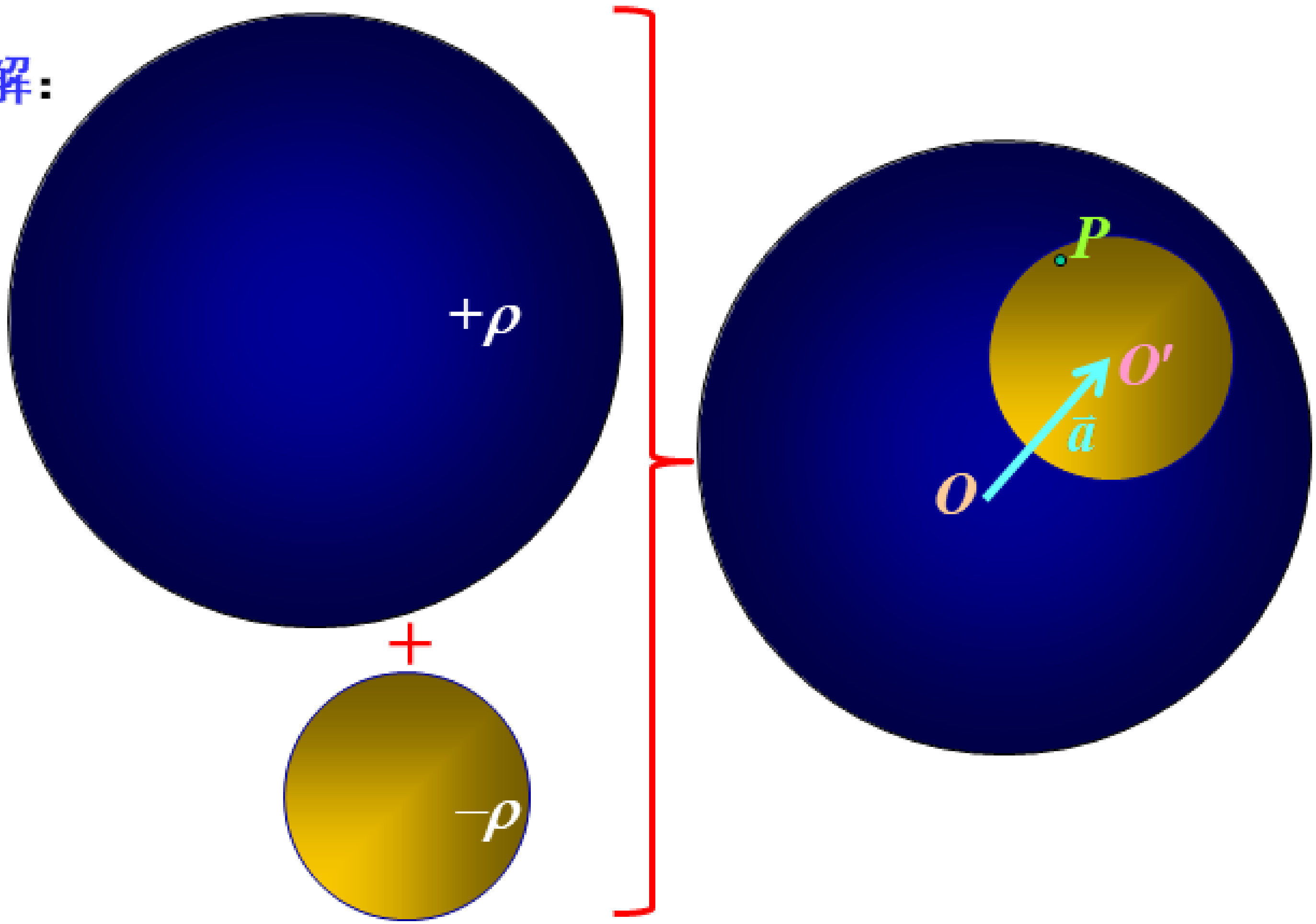
$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = E4\pi r^2 = \frac{q_{内}}{\varepsilon_0} = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{4}{3}\pi r^3 \rho$$

$$E_{内} = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} r \qquad \boxed{\vec{E}_{内} = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{r}}$$

1.3　静电场的高斯定理

[例] 均匀带电大球 (+ρ) 中挖一空腔，求空腔中的场强。

解:



1.3 静电场的高斯定理

[例] 均匀带电大球 $(+\rho)$ 中挖一空腔，求空腔中的场强。

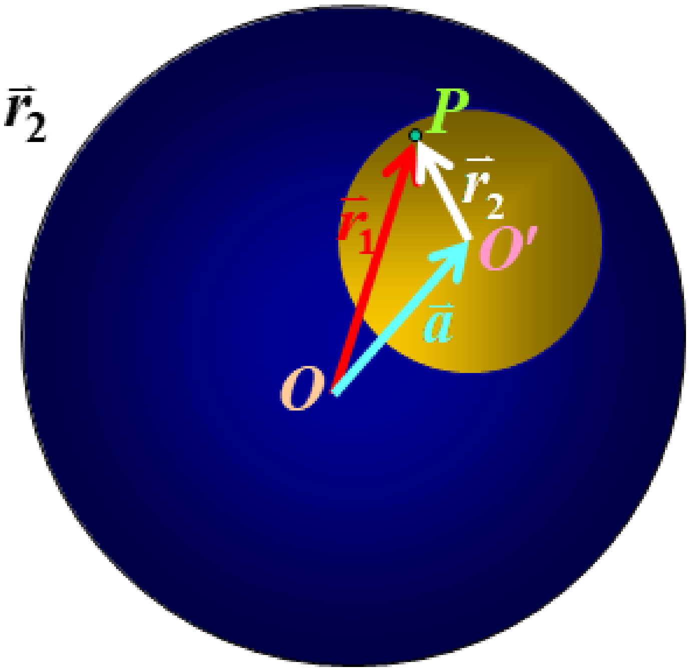
解：大球 $+\rho$ 场强 $\vec{E}_1 = \dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{r}_1$

小球 $-\rho$ 场强 $\vec{E}_2 = -\dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{r}_2$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$= \frac{\rho}{3\varepsilon_0}(\vec{r}_1 - \vec{r}_2)$$

$$\vec{E} = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{a}$$

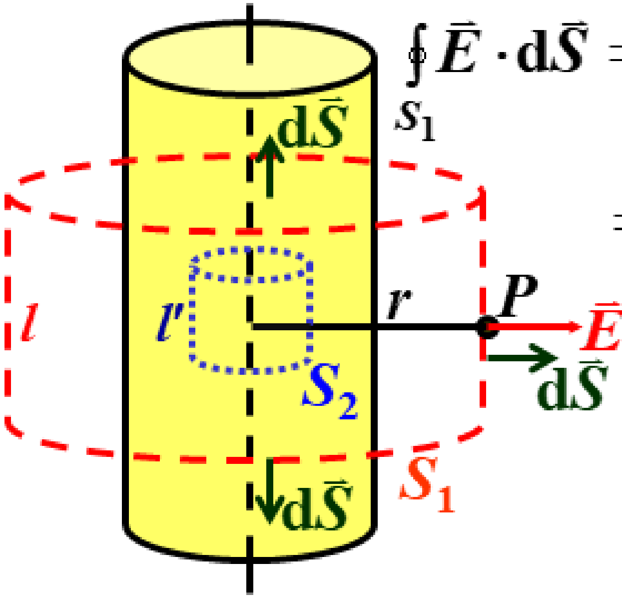


注意 矢量求解的方法。

1.3 静电场的高斯定理

[例] 求无限长均匀带电圆柱体 (R，ρ) 的场强。

解：



1. $r > R$，取高斯面 S_1

$$\oint_{S_1} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \int_{侧} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} + \underbrace{\int_{上底} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S}}_{0} + \underbrace{\int_{下底} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S}}_{0}$$

$$= \int_{侧} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \int E\mathrm{d}S = E2\pi rl$$

$$= q_{内}/\varepsilon_0 = \pi R^2 l\rho/\varepsilon_0$$

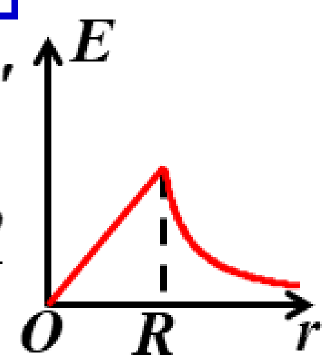
$$\boxed{\vec{E}_{外} = \frac{R^2\rho}{2\varepsilon_0 r}\hat{e}_r}$$

2. $r \le R$，取高斯面 S_2

$$\oint_{S_2} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = E2\pi rl'$$

$$= \frac{q_{内}}{\varepsilon_0} = \frac{\pi r^2 l'\rho}{\varepsilon_0}$$

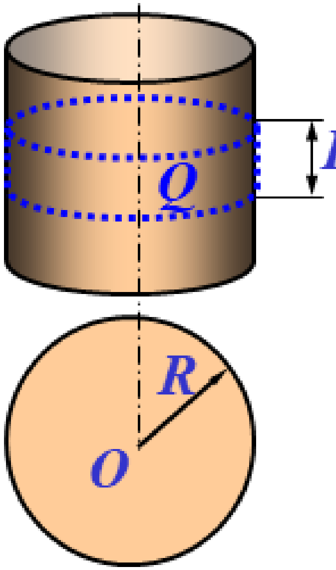
$$\boxed{\vec{E}_{内} = \frac{\rho}{2\varepsilon_0}\vec{r}}$$



1.3 静电场的高斯定理

[例] 求均匀带电无限长圆柱体（λ, R）的电场分布。

$$\rho = \frac{Q}{\pi R^2 L} = \frac{\lambda}{\pi R^2}$$



$$\vec{E}_{内} = \frac{\rho}{2\varepsilon_0}\vec{r}$$

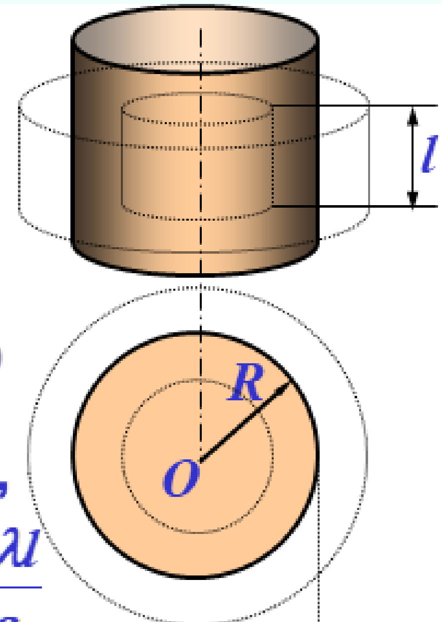
$$\vec{E}_{外} = \frac{R^2\rho}{2\varepsilon_0 r}\hat{e}_r$$

$$\boxed{\vec{E} = \begin{cases} \dfrac{\lambda\vec{r}}{2\pi\varepsilon_0 R^2}, & r \le R \\ \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\hat{e}_r, & r > R \end{cases}}$$

1.3 静电场的高斯定理

[例] 求均匀带电无限长圆柱体(λ, R)的电场分布。

解：在柱体内($r \le R$)，选长为 l 的同轴柱形高斯面，利用高斯定理



$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = E2\pi rl + 0 + 0$$

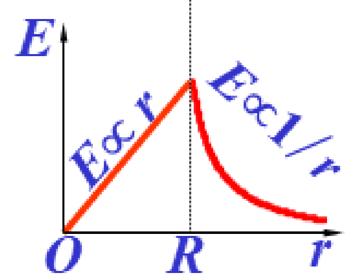
$$= \frac{\Sigma q_{内}}{\varepsilon_0} = \frac{1}{\varepsilon_0}\left(\lambda l\frac{\pi r^2 l}{\pi R^2 l}\right) = \frac{\lambda l r^2}{R^2}\bigg/\varepsilon_0$$

在柱体外($r > R$)，取同样高斯面，

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = E2\pi rl + 0 + 0 = \frac{\Sigma q_{内}}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda l}{\varepsilon_0}$$

所以得电场分布的矢量表达

$$\vec{E} = \begin{cases} \dfrac{\lambda \vec{r}}{2\pi\varepsilon_0 R^2}, & r \le R \\ \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\hat{e}_r, & r > R \end{cases}$$



例1-17

[例] 巧克力碎屑的秘密I

爆炸条件：电场大小 $E \geq 3.0\times10^{6}$ N/C。管道半径为 $R = 5.0$ cm；电荷体密度 $\rho = -1.1\times10^{-3}$ C/m^3。(1) 求管道中的电场大小；(2) 火花会出现吗？如果会，在哪里？

解：(1) $$E_{\text{int}} = \frac{|\rho|}{2\varepsilon_0} r$$

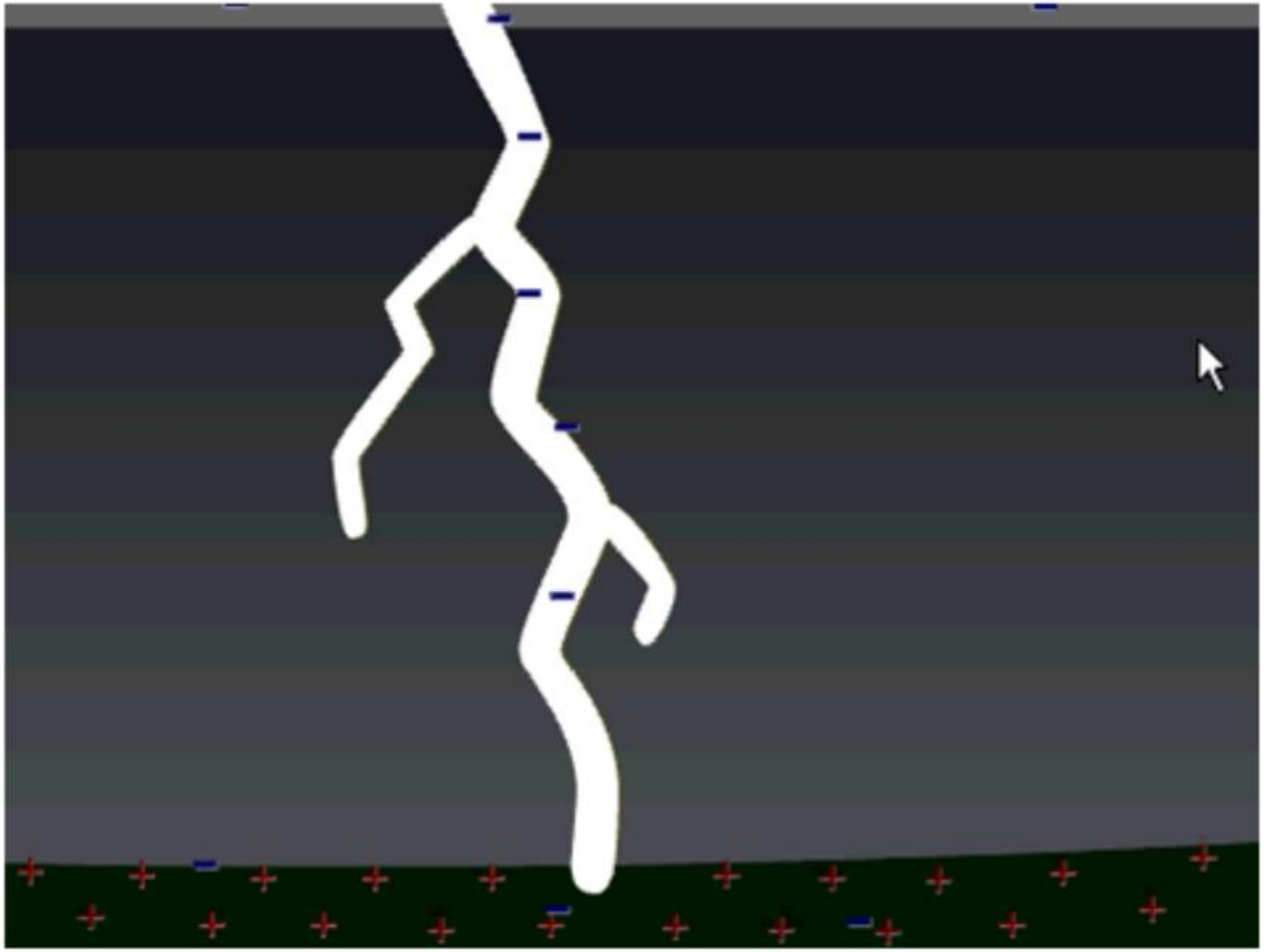
(2) $$E_{\max} = \frac{|\rho|}{2\varepsilon_0} R = 3.1\times10^{6}\ \text{N/C}$$

$$> 3.0\times10^{6}\ \text{N/C}$$

故火花可能会出现在 $r = R$ 处附近。

1.3　静电场的高斯定理

1.3 静电场的高斯定理



$$\lambda = -1\times10^{-3}\ \mathrm{C/m}$$

1.3　静电场的高斯定理

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

$$\lambda = -1\times10^{-3}\ \mathrm{C/m}$$

$$E_\mathrm{b} = 3\times10^{6}\ \mathrm{N/C}$$

1.3 静电场的高斯定理

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

$$\lambda = -1\times10^{-3}\ \mathrm{C/m}$$

$$E_b = 3\times10^{6}\ \mathrm{N/C}$$

$$r = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 E_b}$$

$$= \frac{1\times10^{-3}\ \mathrm{C/m}}{(2\pi)\ (8.85\times10^{-12}\ \mathrm{C^2/N\cdot m^2})\ (3\times10^{6}\ \mathrm{N/C})} = 6\ \mathrm{m}$$

1.3 静电场的高斯定理

[例] 求无限大均匀带电平面的场强(σ)。

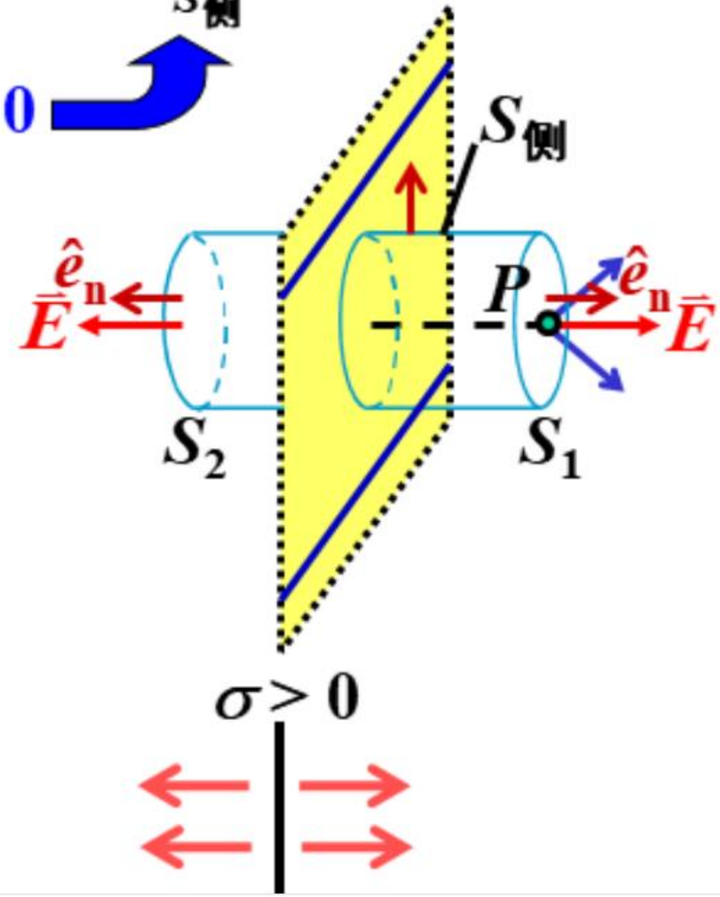
解: $\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \int_{S_1} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \int_{S_2} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \int_{S_{侧}} \vec{E}\cdot d\vec{S} = q_{内}/\varepsilon_0$

0

$2ES_1$

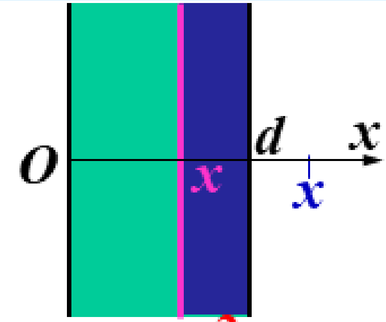
$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\boxed{\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{e}_n}$$



1.3 静电场的高斯定理

[例] 求无限大，厚度为 d，电荷体密度为 $\rho = kx$（k 为常数）的带正电厚壁的电场分布，已建立如图所示坐标系。



解：(1) 场强叠加法。

$x > d$，分割的任何薄板的电场都向右，且与 x 无关，因此厚壁在 x 处形成的电场也与 x 无关。

$$E = \int \mathrm{d}E = \int_0^d \frac{\rho(x')\mathrm{d}x'}{2\varepsilon_0} = \frac{k}{2\varepsilon_0}\int_0^d x'\mathrm{d}x' = \frac{kd^2}{4\varepsilon_0}$$

同理，$x < 0$，场强也为此值，方向向左。

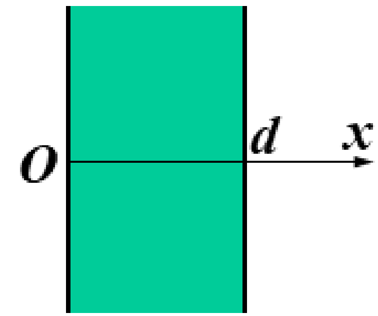
$0 < x < d$，其左侧的薄板在该点形成向右的场强，其右侧的薄板在该点的场强向左，

$$E(x) = \int_0^x \frac{\rho(x')\mathrm{d}x'}{2\varepsilon_0} - \int_x^d \frac{\rho(x')\mathrm{d}x'}{2\varepsilon_0} = \frac{k}{4\varepsilon_0}(2x^2 - d^2)$$

1.3 静电场的高斯定理

[例] 求无限大，厚度为 d，电荷体密度为 $\rho = kx$（k 为常数）的带正电厚壁的电场分布，已建立如图所示坐标系。

解：(2) 用高斯定理。



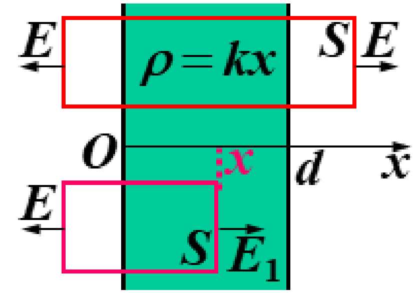
厚壁＝很多无限大均匀带电薄板，任一点场强只有 E_x。

$x > d$，分割的任何薄板的电场都向右，且与 x 无关，因此厚壁在 x 处形成的电场也与 x 无关。

同理，$x < 0$，场强也与 x 无关，方向向左。

1.3 静电场的高斯定理

（2）用高斯定理。 厚壁两侧的场强大小相等，方向相反，$x<0$，$x>d$，取柱形高斯面（上）。



$$2ES = \int_0^d S\rho(x)\mathrm{d}x \Big/ \varepsilon_0 = Skd^2 \Big/ (2\varepsilon_0)$$

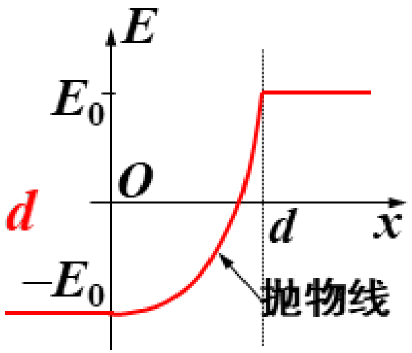
$$\therefore\ E = kd^2 \Big/ (4\varepsilon_0)$$

求 $0<x<d$ 范围内的场强 E_1 时，取一个底面在板内的柱形高斯面（下）。

$$ES + E_1 S = \int_0^x S\rho(x)\mathrm{d}x \Big/ \varepsilon_0 = \frac{Skx^2}{2\varepsilon_0}$$

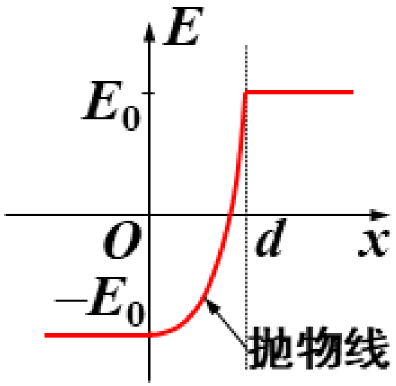
所以待求厚板的场强分布为

$$E(x) = \begin{cases} -kd^2 \Big/ (4\varepsilon_0), & x<0 \\ k(2x^2 - d^2) \Big/ (4\varepsilon_0), & 0<x<d \\ kd^2 \Big/ (4\varepsilon_0), & x>d \end{cases}$$



1.3 静电场的高斯定理

所以待求厚板的场强分布为



$$E(x)=\begin{cases}-kd^2/(4\varepsilon_0), & x<0\\ k(2x^2-d^2)/(4\varepsilon_0), & 0<x<d\\ kd^2/(4\varepsilon_0), & x>d\end{cases}$$

讨论：

(1) 板外仍为匀强电场，与至厚板的距离无关。

(2) 板内电场为非均匀电场，电场强度由 $-E_0$ 变至 $+E_0$，中间有一处场强为零，由场强分布知该处为 $x=d/\sqrt{2}$

课后作业

下课

第一次作业

p.95:1-4，1-5，1-6，1-12，1-14，1-19，1-20

请于下周四前通过乐学平台提交pdf格式作业