Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

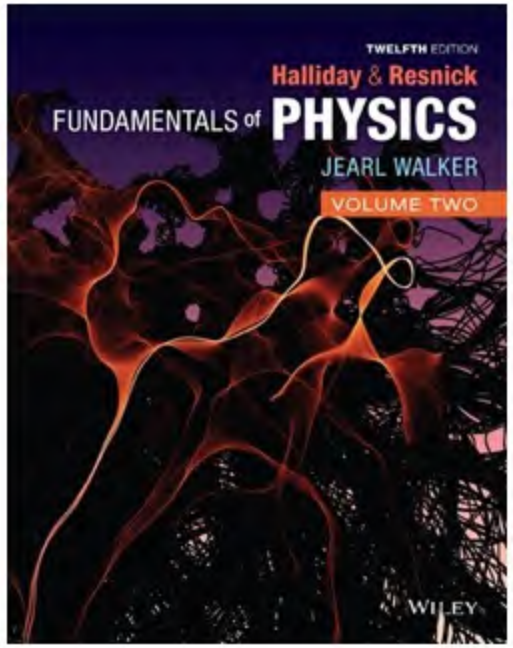
Spring 2025

دانشگاه خوارزمی

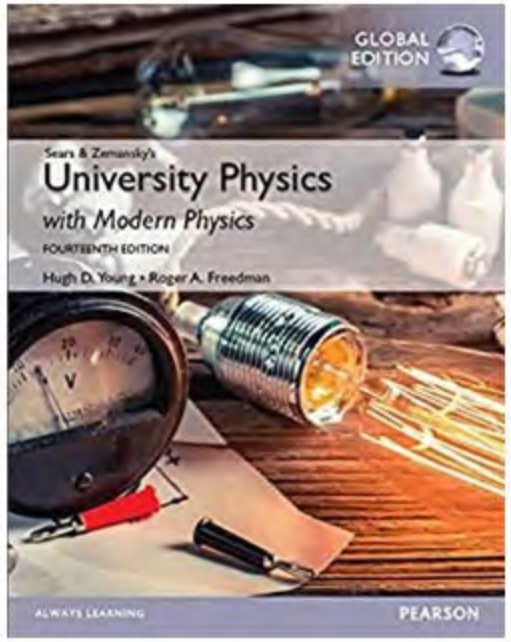
اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان
چیزهایی را به‌دست می‌آورید که تاکنون کسب کرده‌اید

If you always think the way you've always thought, you'll always get what you've always got.

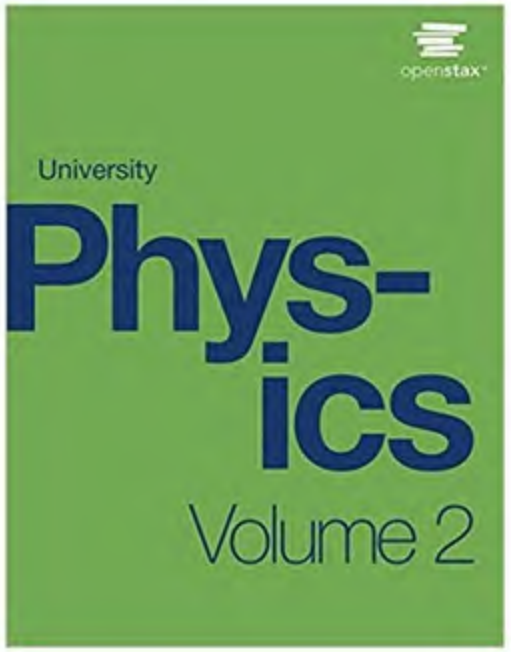
Fundamentals of Physics (12th Ed.)
Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl



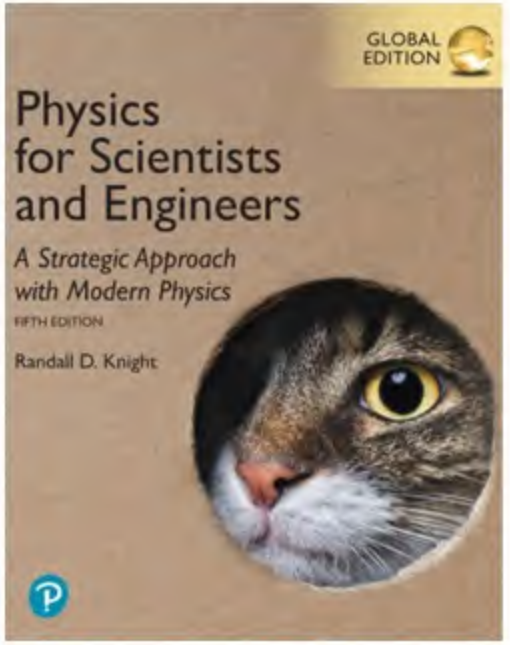
University Physics with Modern Physics (14th Global Ed.)
Hugh D. Young, Roger A. Freedman



University Physics Volume 2
Samuel J. Ling, Jeff Sanny, William Moebs



PHYSICS For Scientists and Engineers, 5e, (2023)
Randall D. Knight

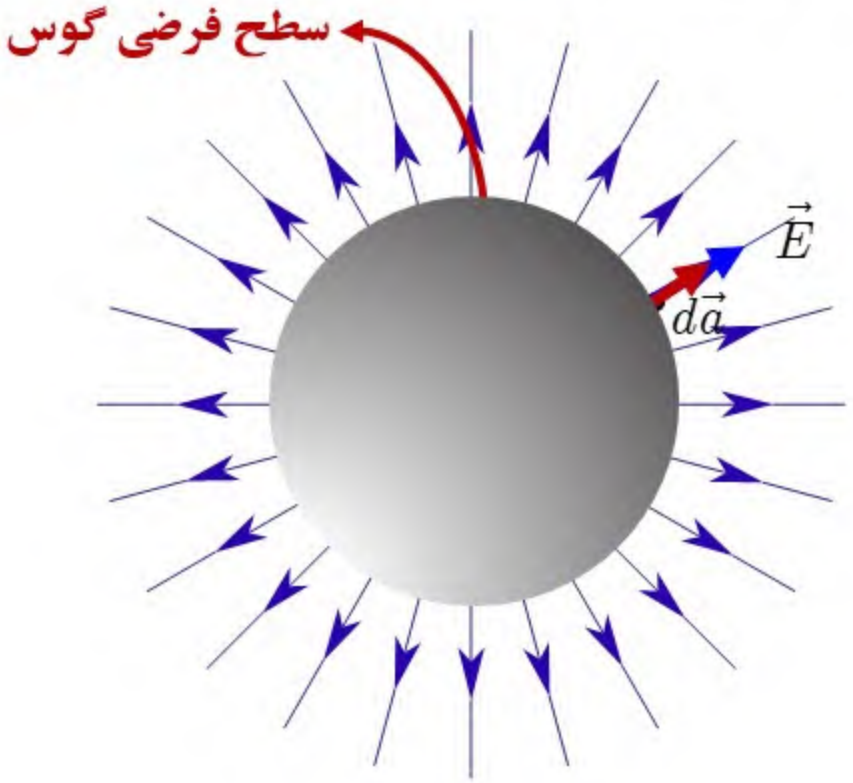


درس پانزدهم

قانون گوس- حل مسئله

Gauss' Law-Solved Problems

- محاسبه‌ی میدان الکتریکی ناشی از یک **بار نقطه‌ای**
- محاسبه‌ی میدان الکتریکی ناشی از یک **توزیع بار کروی**
- محاسبه‌ی میدان الکتریکی ناشی از یک **میله‌ی باردار یکنواخت به طول بی‌نهایت**
- محاسبه‌ی میدان الکتریکی ناشی از یک **توزیع بار استوانه‌ای**
- محاسبه‌ی میدان الکتریکی ناشی از یک **ورقه‌ی باردار یکنواخت با ابعاد بی‌نهایت**
- محاسبه‌ی میدان الکتریکی روی **سطح رساناها**

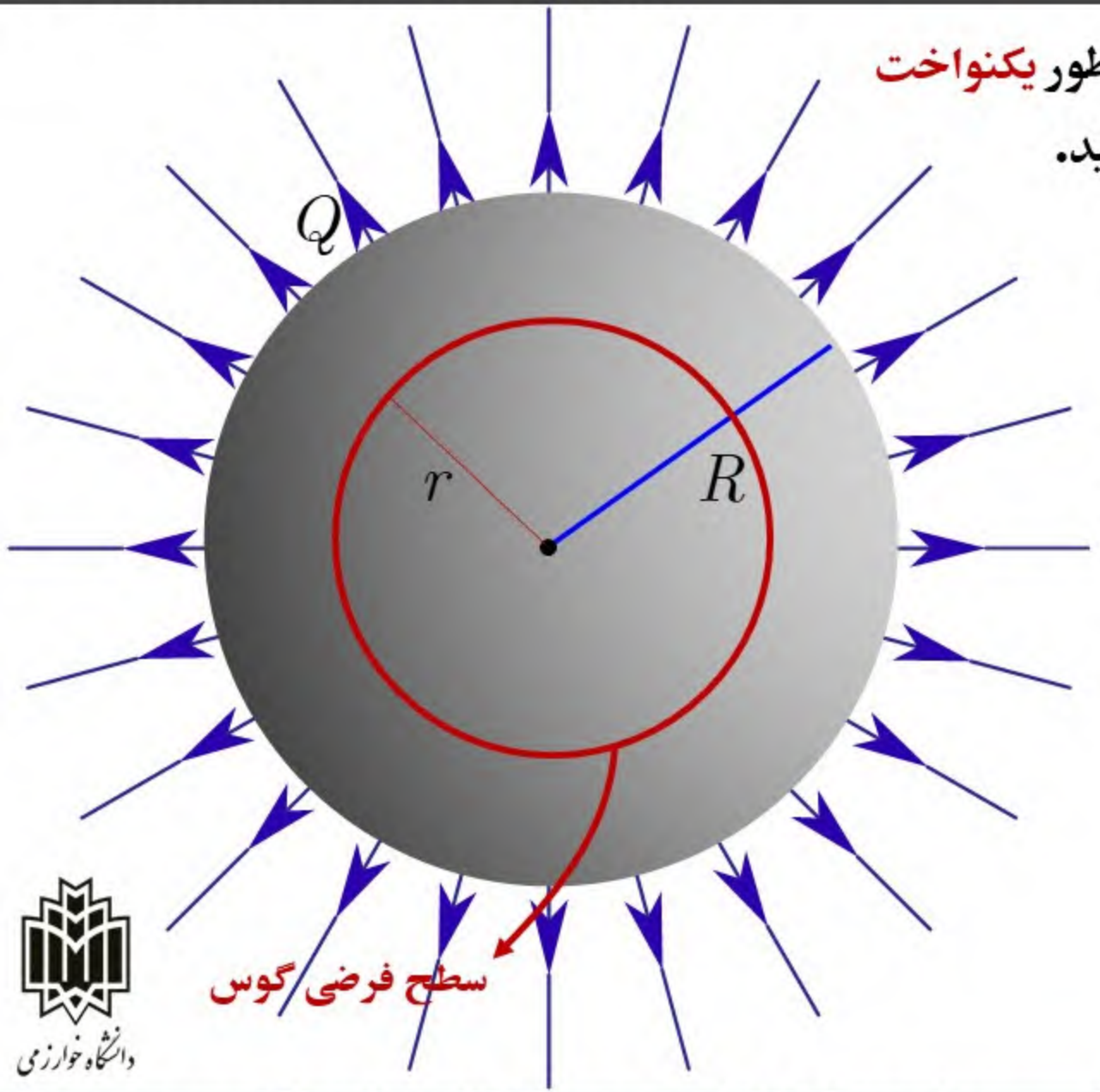


$$\oint \vec{E}.d\vec{a} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$\oint E da \cos 0 = \frac{q}{\epsilon_0} \qquad E \oint da = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}} \qquad \boxed{\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}\hat{r}}$$



بار الکتریکی Q بر روی یک پوسته ی کروی نازک به شعاع R به طور **یکنواخت** توزیع شده است. میدان الکتریکی را در همه‌ی نقاط فضا پیدا کنید.

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

الف) نقاط درون کره

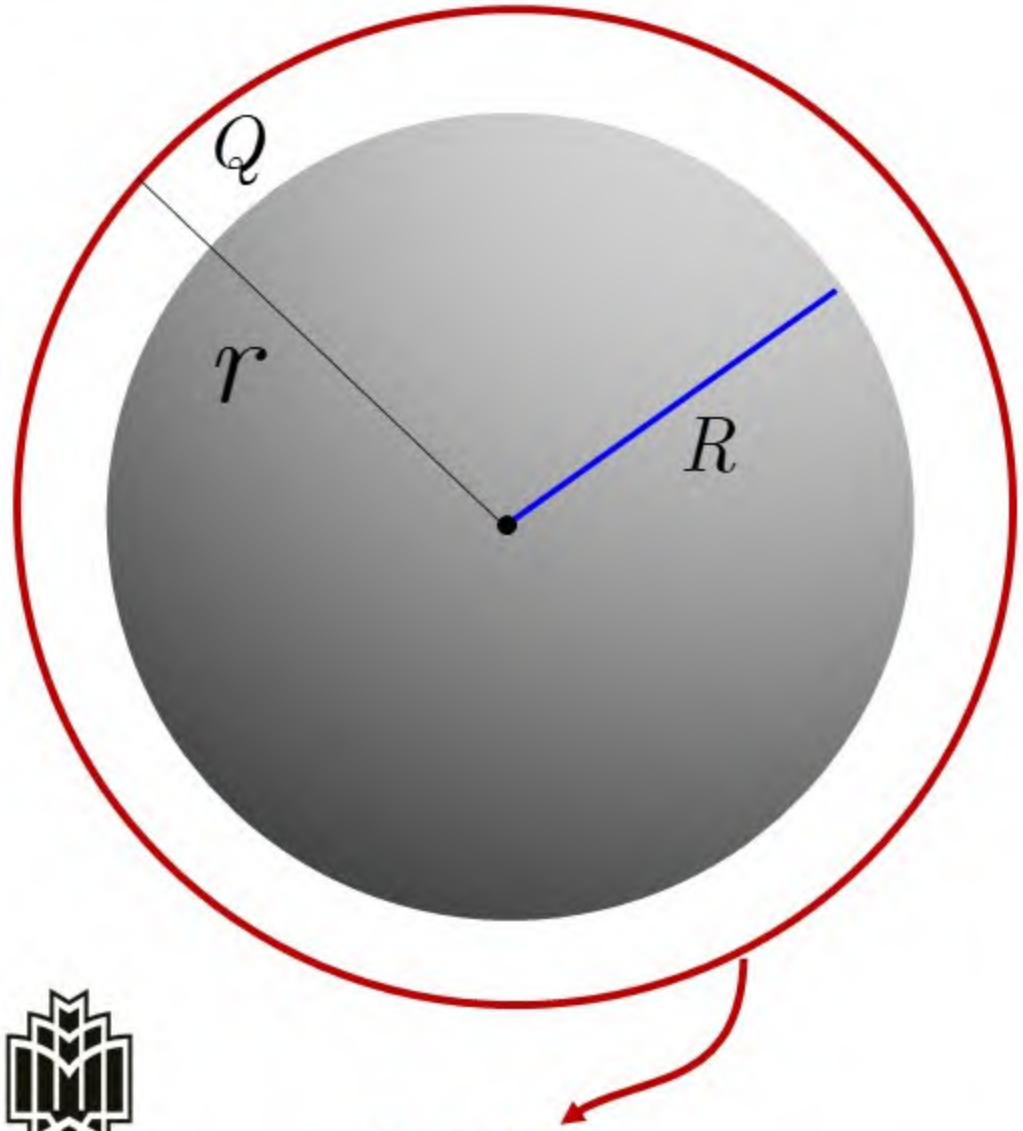
$$r < R$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{0}{\epsilon_0}$$

$$\oint E da \cos 0 = 0$$

$$E \oint da = 0$$

$$\boxed{E = 0 \quad \text{for} \quad r < R}$$



ب) نقاط خارج کره

$$r > R$$

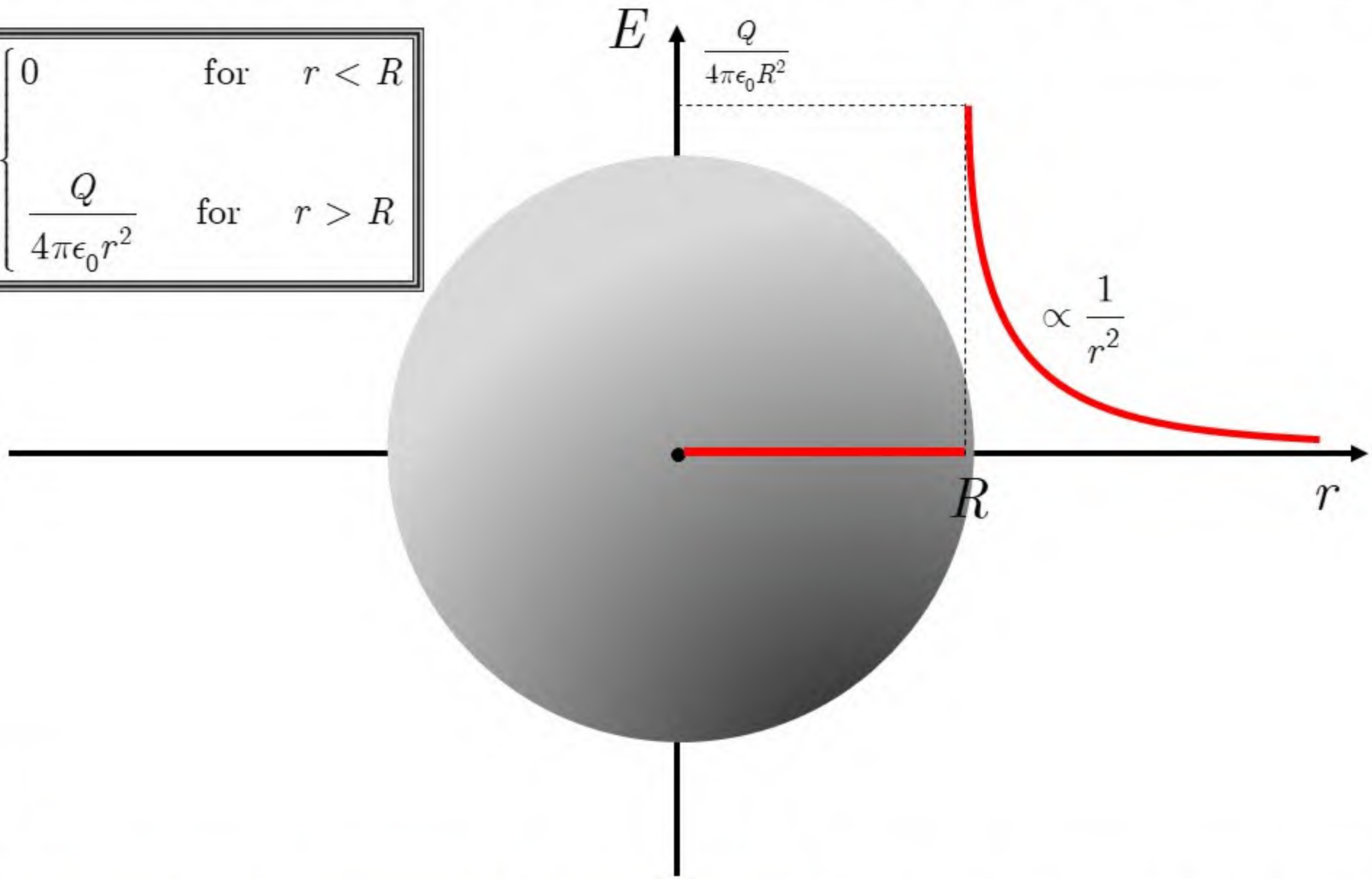
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\oint E da \cos 0 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

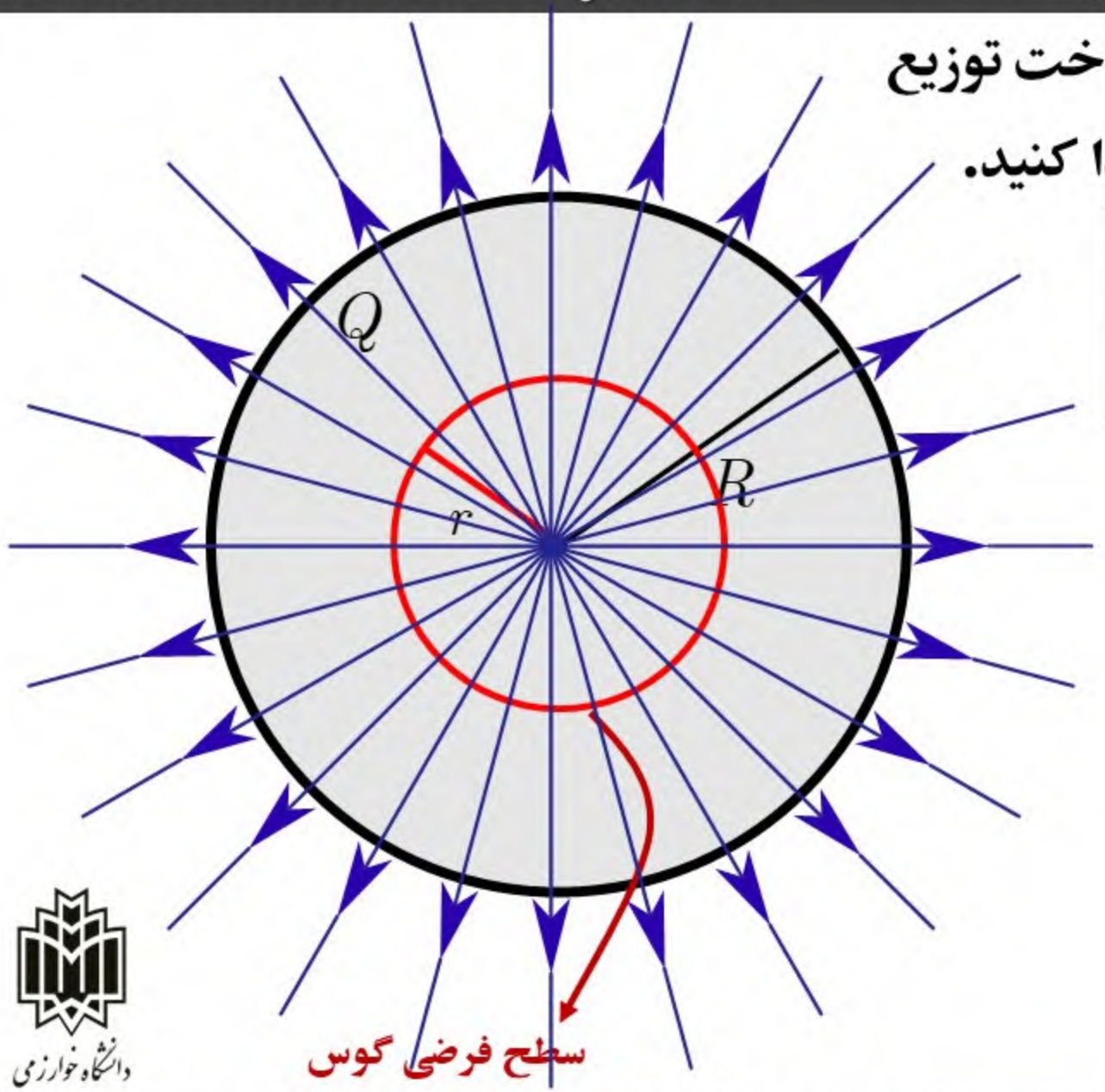
$$E \oint da = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{for} \quad r > R$$

$$E = \begin{cases} 0 & \text{for} \quad r < R \\ \dfrac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} & \text{for} \quad r > R \end{cases}$$



بار الکتریکی Q درون کره‌ای به شعاع R به طور یکنواخت توزیع شده است. میدان الکتریکی را در همه‌ی نقاط فضا پیدا کنید.



$$\rho = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

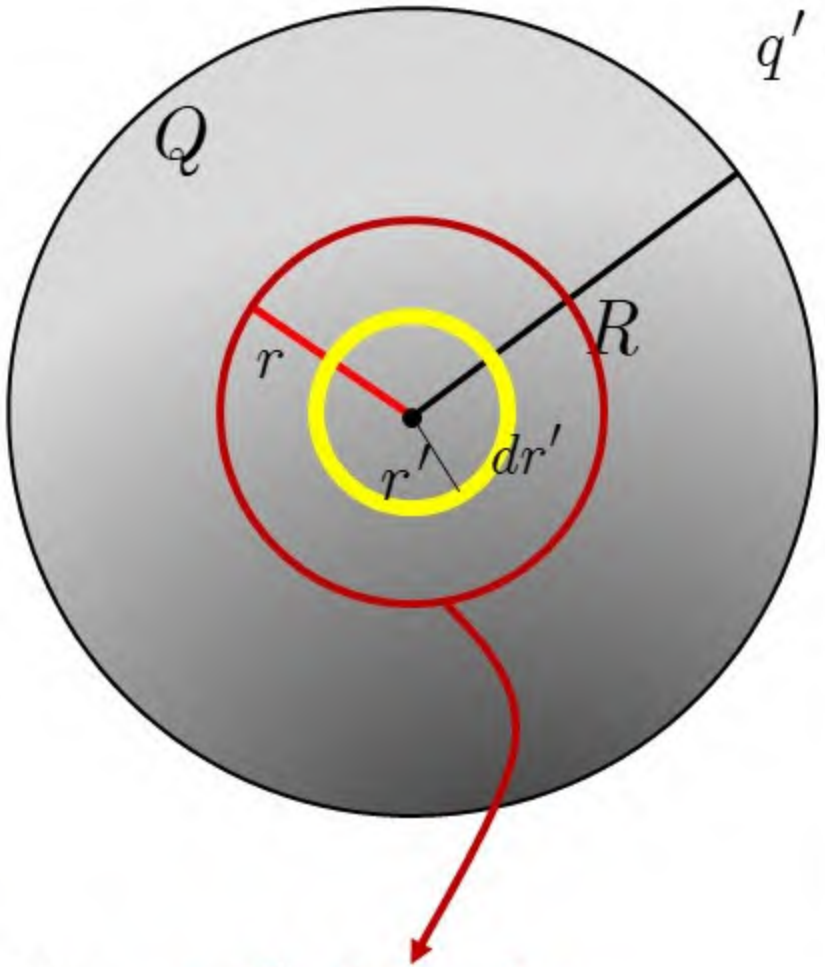
الف) نقاط درون کره $r < R$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q'}{\epsilon_0}$$

$$\oint E da \cos 0 = \frac{q'}{\epsilon_0}$$

$$E \oint da = \frac{q'}{\epsilon_0}$$

محاسبه‌ی بار درون سطح گوس



$$q' = ?$$

$$dq' = \rho dv' = \rho 4\pi r'^2 dr'$$

$$q' = \int dq' = \int \rho 4\pi r'^2 dr' = \rho 4\pi \int r'^2 dr'$$

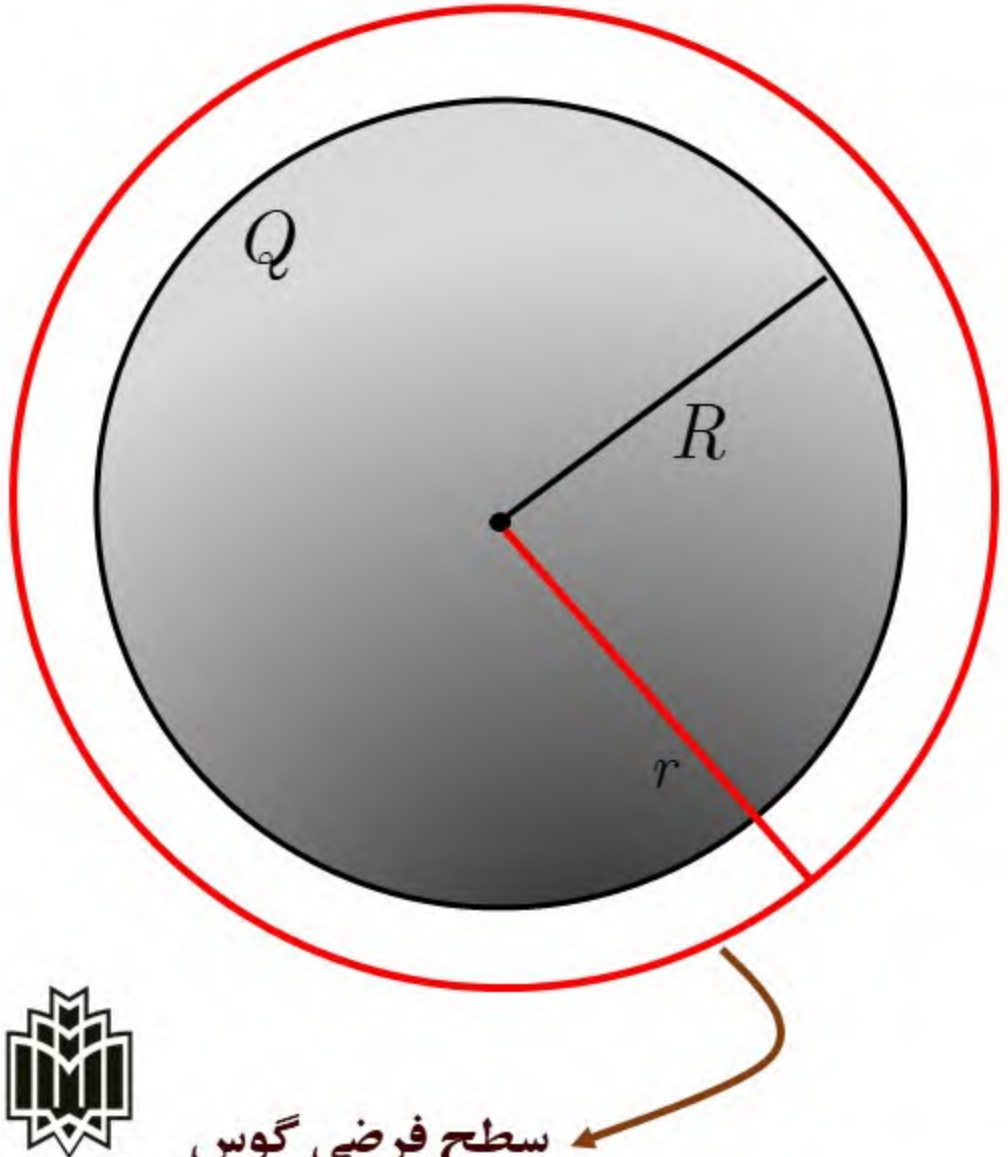
$$q' = \rho 4\pi \frac{r^3}{3} = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}\frac{4\pi r^3}{3} = \frac{Qr^3}{R^3}$$

$$E \oint da = \frac{q'}{\epsilon_0}$$

$$E 4\pi r^2 = \frac{\rho \frac{4\pi}{3} r^3}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$$

$$\vec{E} = \frac{\rho \vec{r}}{3\epsilon_0} \quad \text{for} \quad r < R$$



ب) نقاط خارج کره

$$r > R$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\oint E da \cos 0 = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{\rho 4\pi R^3}{\epsilon_0}$$

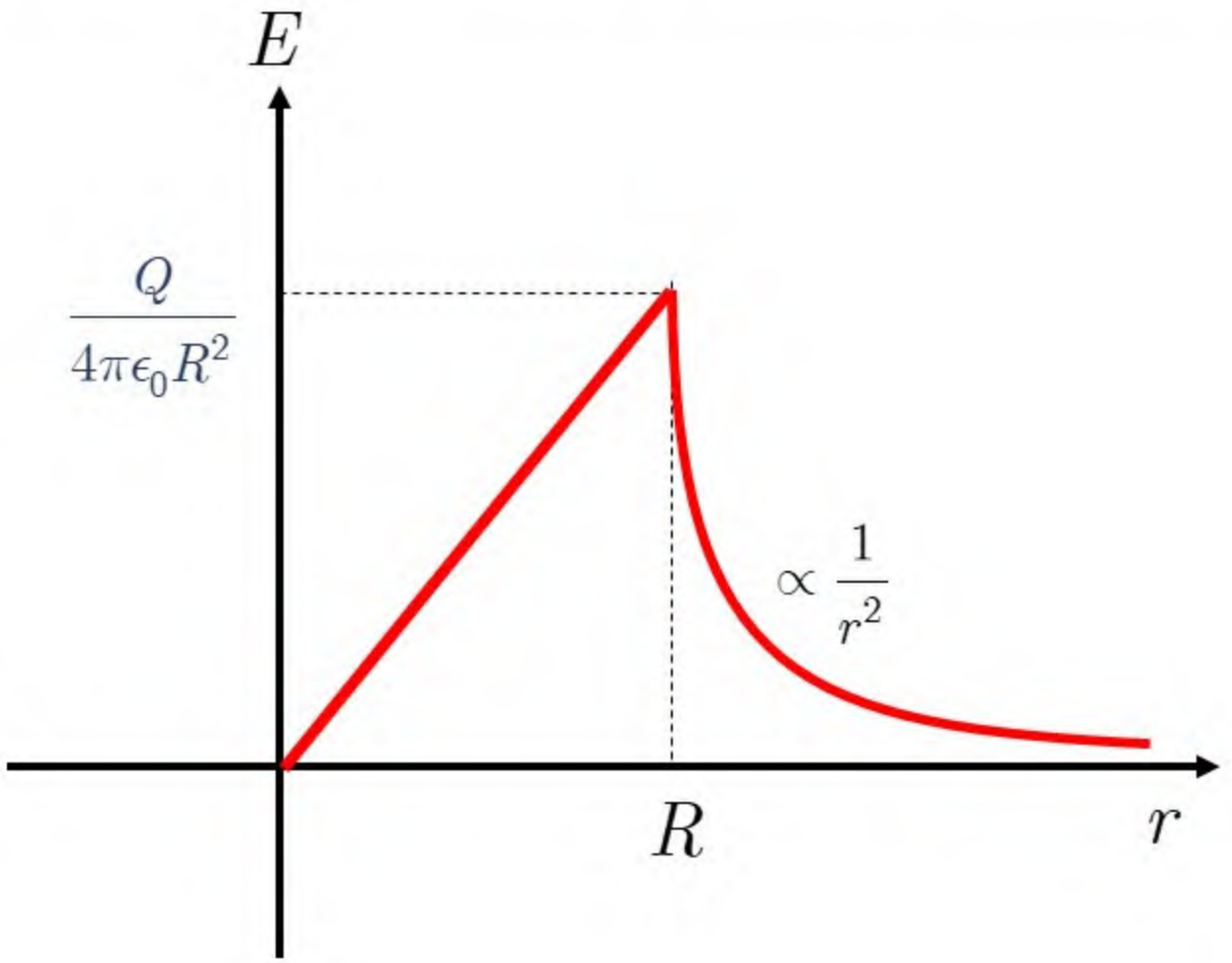
$$E 4\pi r^2 = \frac{\rho 4\pi R^3}{3\epsilon_0}$$

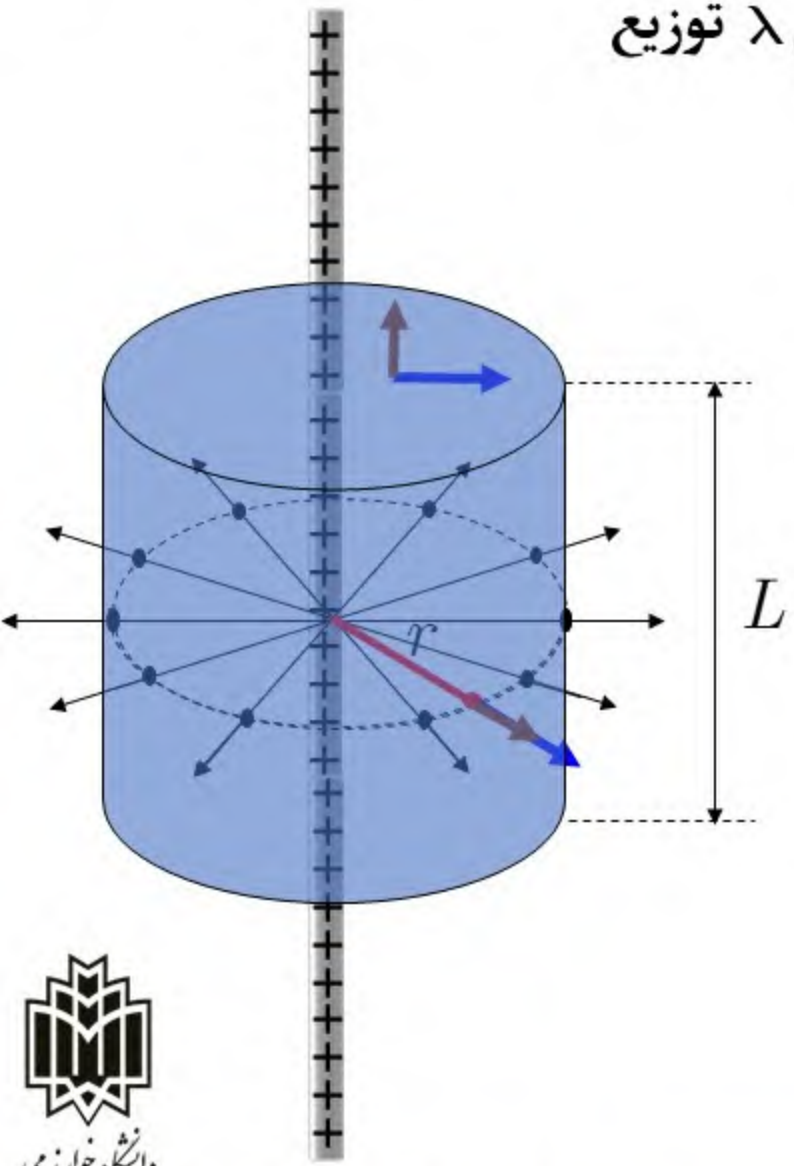
برجسب چگالی بار

$$E = \begin{cases} \dfrac{\rho r}{3\epsilon_0} & r \le R \\ \dfrac{\rho R^3}{3\epsilon_0 r^2} & r \ge R \end{cases}$$

برجسب بار کل

$$E = \begin{cases} \dfrac{Qr}{4\pi\epsilon_0 R^3} & r \le R \\ \dfrac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} & r \ge R \end{cases}$$





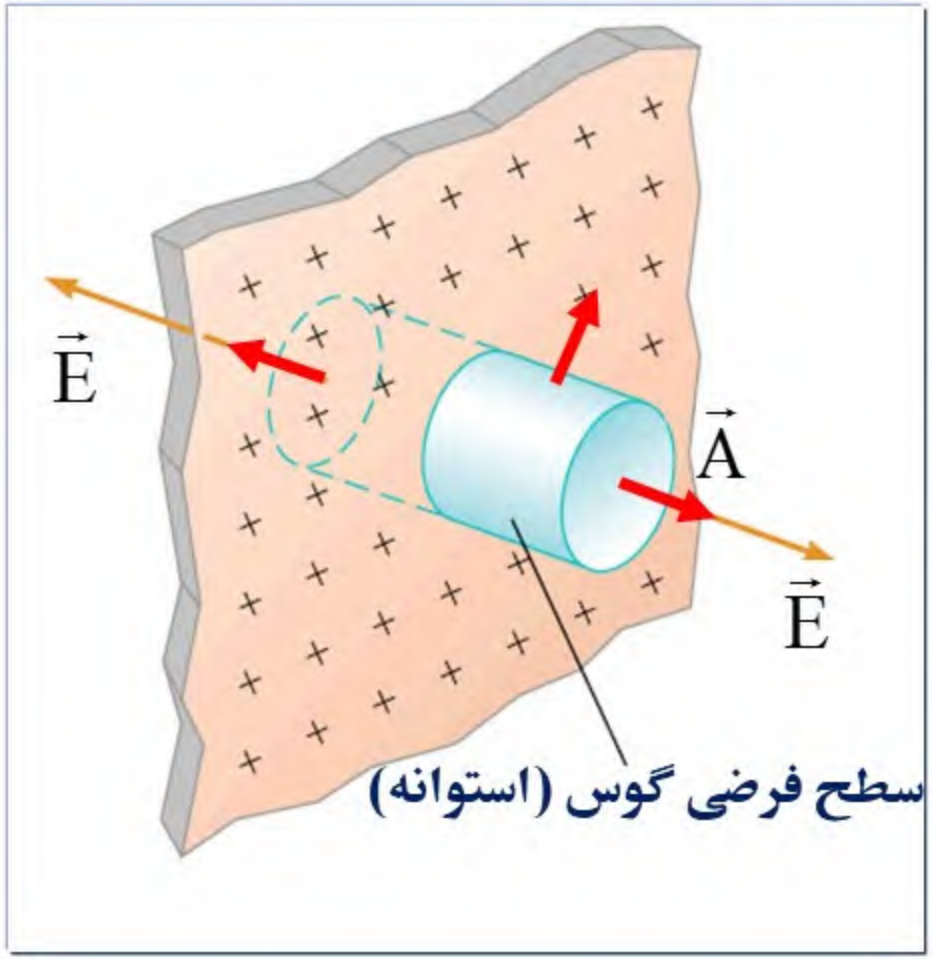
بار الکتریکی بر روی یک میله‌ی نازک به طول بی نهایت به طور یکنواخت با چگالی λ توزیع شده است. میدان الکتریکی را در فاصله‌ی r از میله پیدا کنید.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{\lambda L}{\epsilon_0}$$

$$\int E da \cos(90^0) + \int E da \cos(90^0) + \int E da \cos(0^0) = \frac{\lambda L}{\epsilon_0}$$

$$E \int da = \frac{\lambda L}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow E\left(2\pi r L\right) = \frac{\lambda L}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\, r}$$



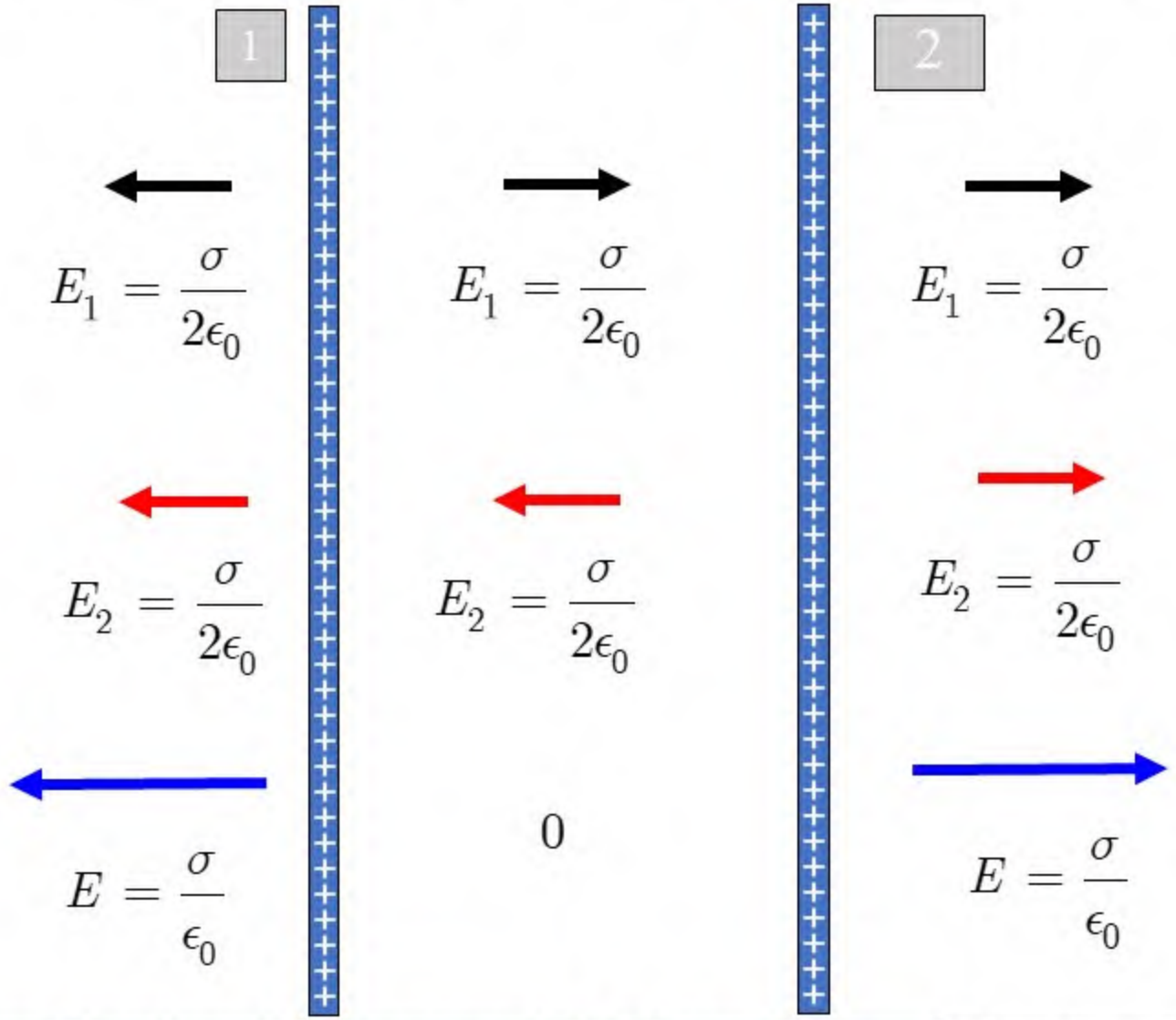
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{\sigma \mathrm{A}}{\epsilon_0}$$

$$\int Eda\cos(0^0) + \int Eda\cos(0^0) + \int Eda\cos(90^0) = \frac{\sigma \mathrm{A}}{\epsilon_0}$$

$$EA + EA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

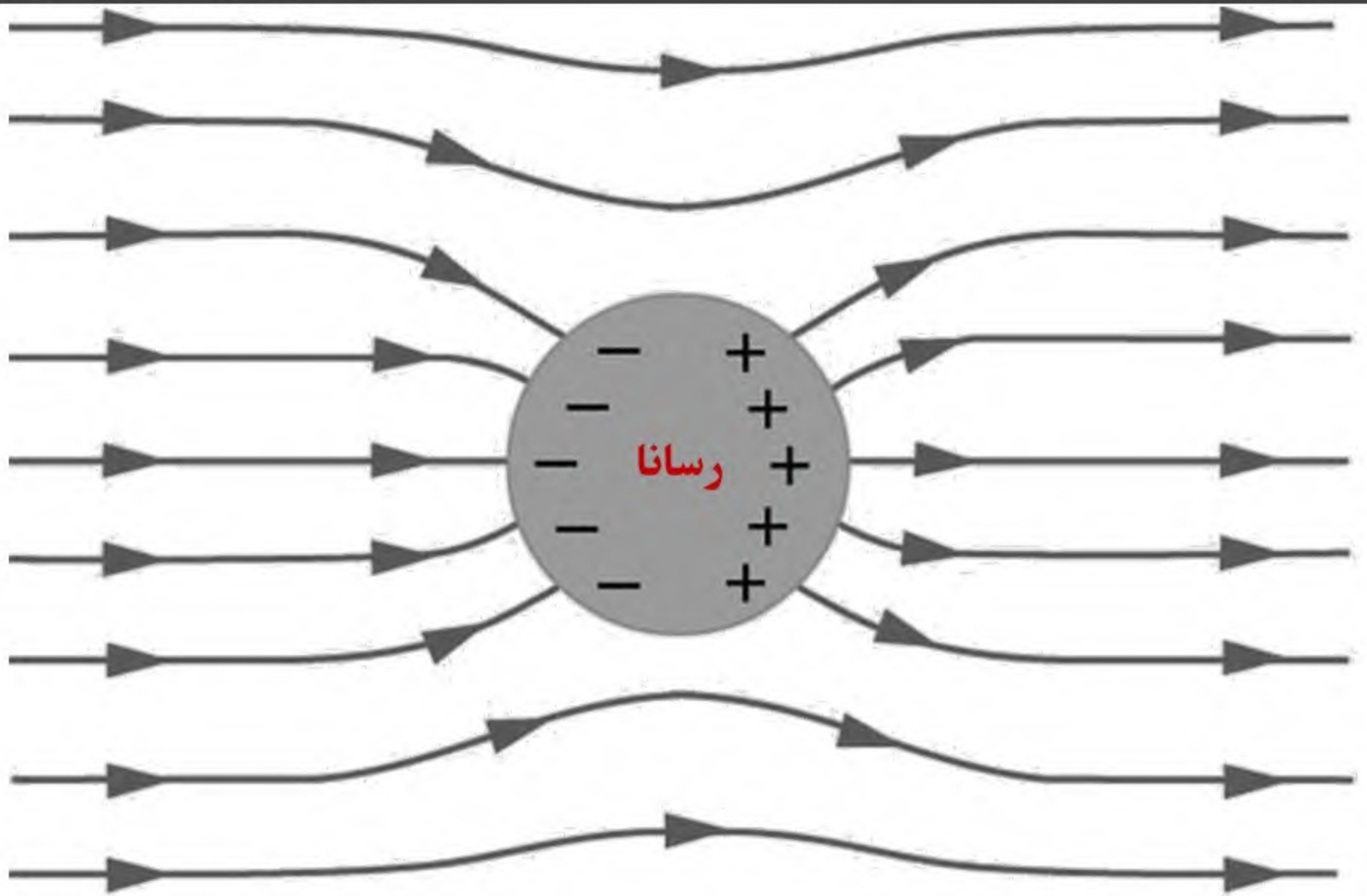
$$\boxed{E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}}$$

دو صفحه‌ی نارسانای بار دار با بار الکتریکی یکنواخت σ به طور موازی قرار گرفته‌اند. میدان الکتریکی را در همه‌ی نقاط فضا به دست آورید.

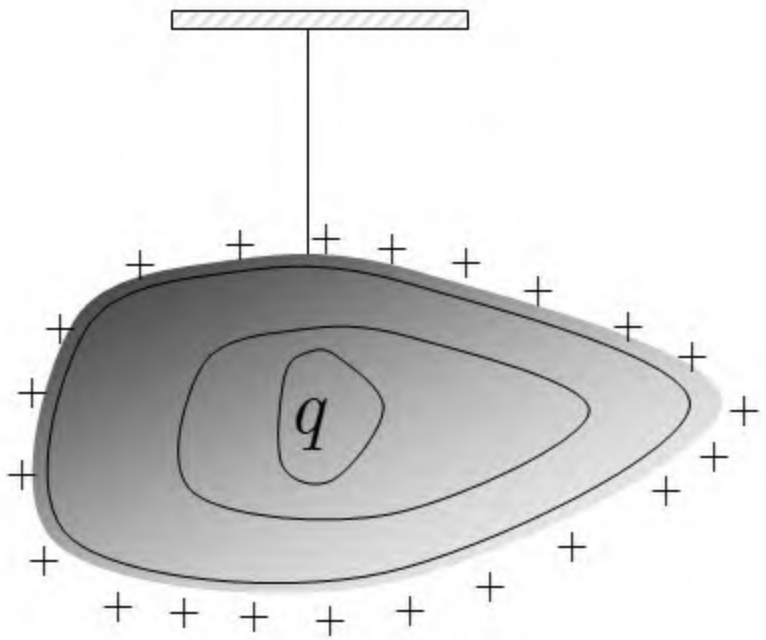


رساناها دارای تعداد زیادی بار الکتریکی هستند که می‌توانند آزادانه درون رسانا حرکت کنند. فلزات (در حالت مایع و یا جامد)، محلول‌های آبی نمکی و اسیدی و بسیاری مواد دیگر از جمله‌ی رساناها هستند. در این جا منظور ما از رسانا، فلزات جامدند.

رسانایی را درون میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. تحت اثر میدان الکتریکی بارهای آزاد رسانا شروع به حرکت می کنند و در نتیجه‌ی آن بر روی سطوح متقابل رسانا بارهای الکتریکی با علامت مخالف ظاهر می‌شوند. میدان الکتریکی ناشی از این بارها درون رسانا بر خلاف میدان خارجی است. بنابر این میدان الکتریکی درون رسانا تضعیف می‌شود. بعد از مدت زمان بسیار کوتاهی (در حالت تعادل) توزیع بار الکتریکی بر روی سطح رسانا چنان خواهد شد که میدان درون رسانا صفر شود. (اگر صفر نمی‌شد، بارهای الکتریکی به حرکت خود ادامه می‌دادند). در خارج از رسانا نیز میدان الکتریکی در نزدیکی سطح رسانا عمود بر رساناست. (در غیر این صورت یک مؤلفه‌ی مماس وجود داشت که منجر به حرکت بارهای الکتریکی بر روی سطح رسانا می‌شد. که در حالت استاتیک چنین چیزی مشاهده نمی‌شود.)

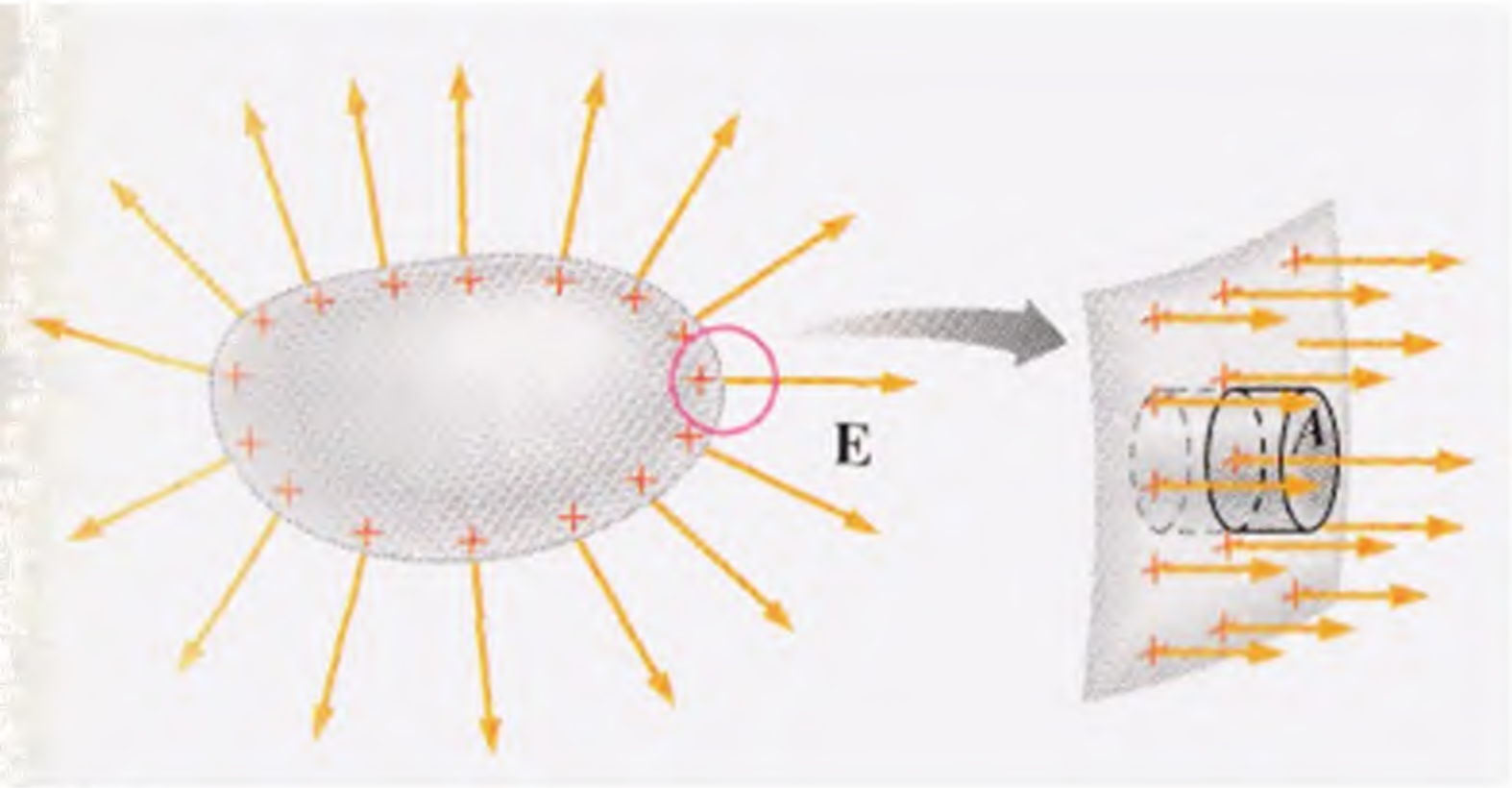

رسانا

نشان دهید قرار دادن هر بار اضافی در رسانا، بر روی سطح خارجی آن پخش می‌شود.



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$0 = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad Q_{in} = 0$$

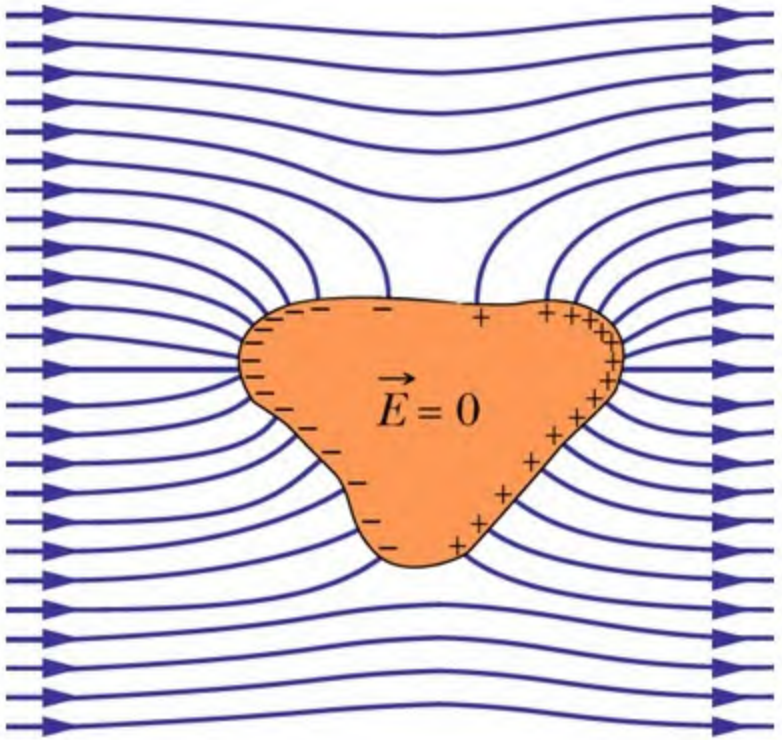


$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

$$\int E da \cos 0 + 0 + 0 = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

$$EA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}}$$



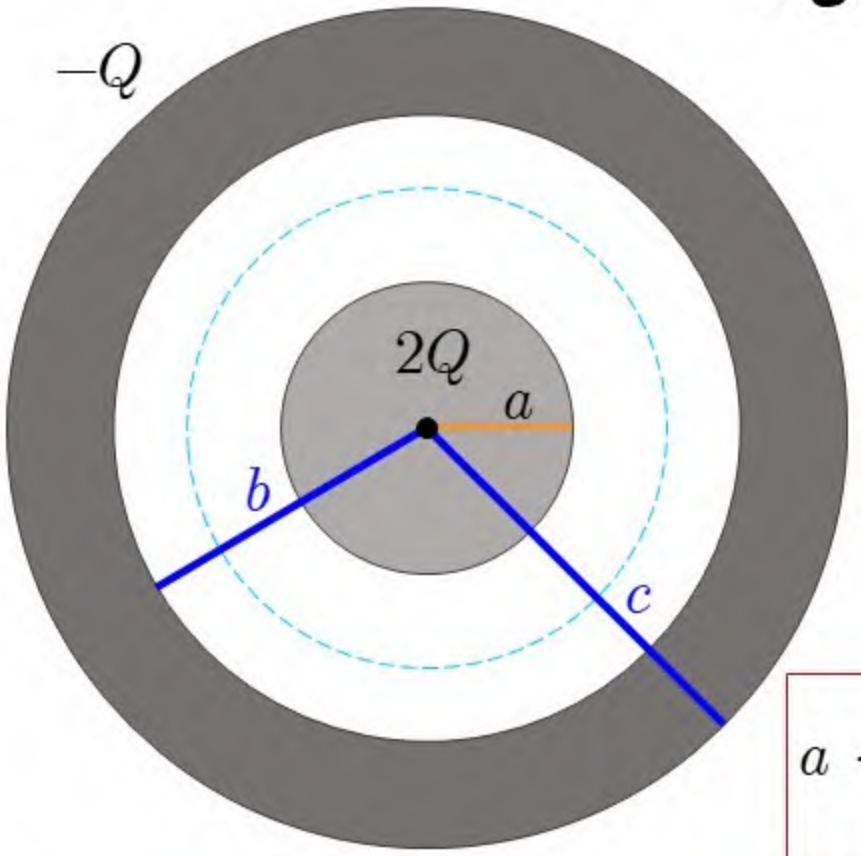
۱ - میدان درون رسانا در حالت الکتروستاتیک صفر است

۲ - هر گونه بار اضافی بر روی سطح خارجی رسانا پخش می‌شود

۳ - خطوط میدان الکتریکی بر سطح رسانا عمودند.

۴ - میدان الکتریکی در روی سطح رسانا برابر است با $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

مطابق شکل یک کره‌ی رسانای باردار به شعاع a درون پوسته‌ی رسانای بارداری به شعاع داخلی b و شعاع خارجی c قرار دارد. میدان الکتریکی را در نقاط مختلف به دست آورید.

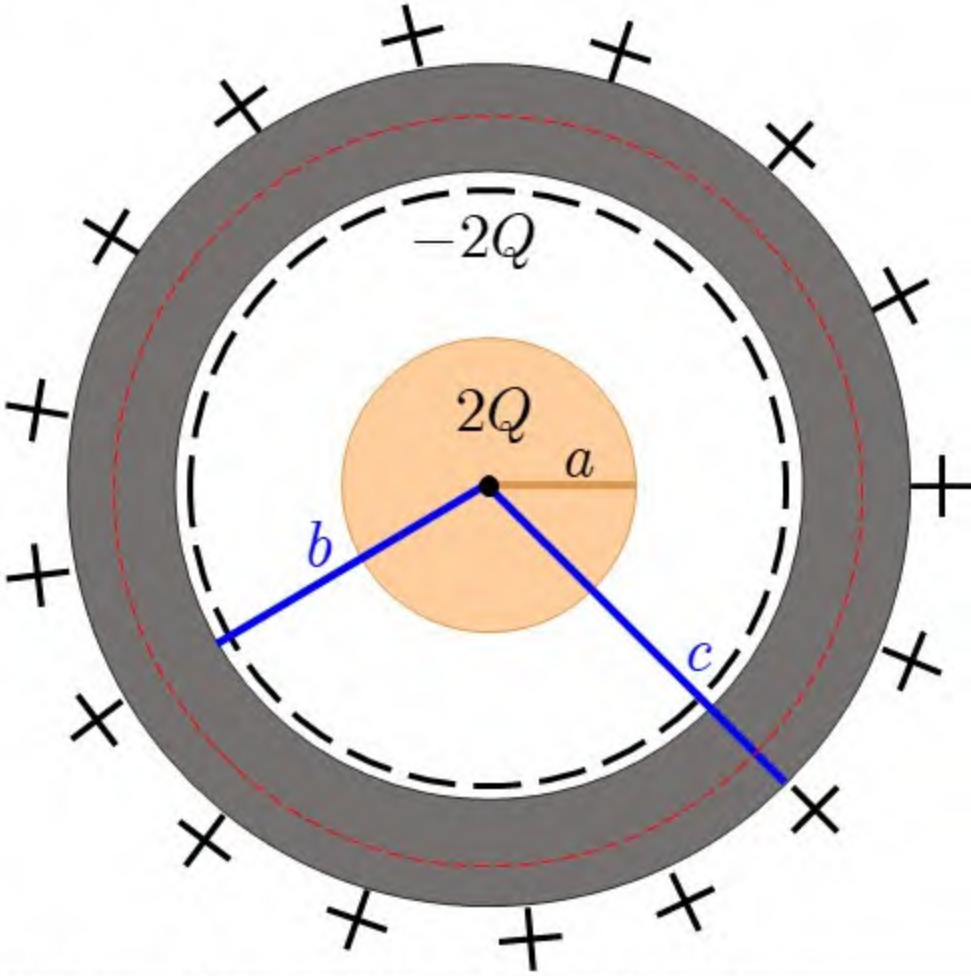


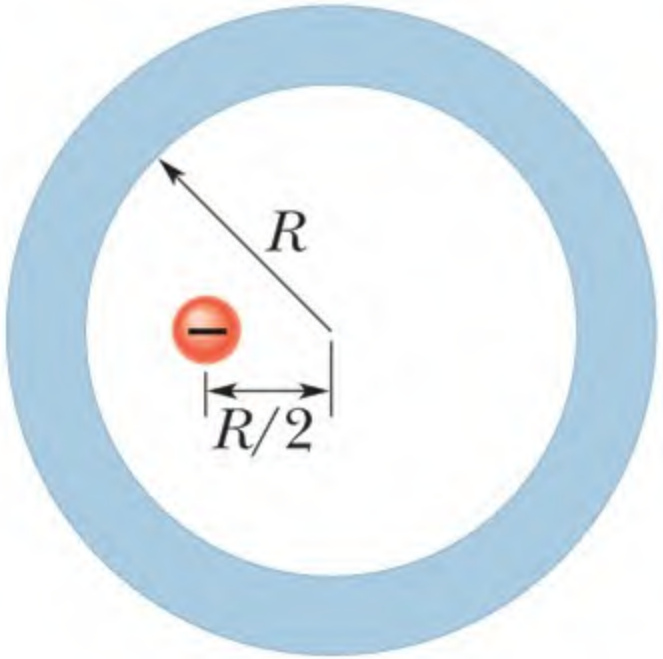
$$r < a, \quad E = 0$$

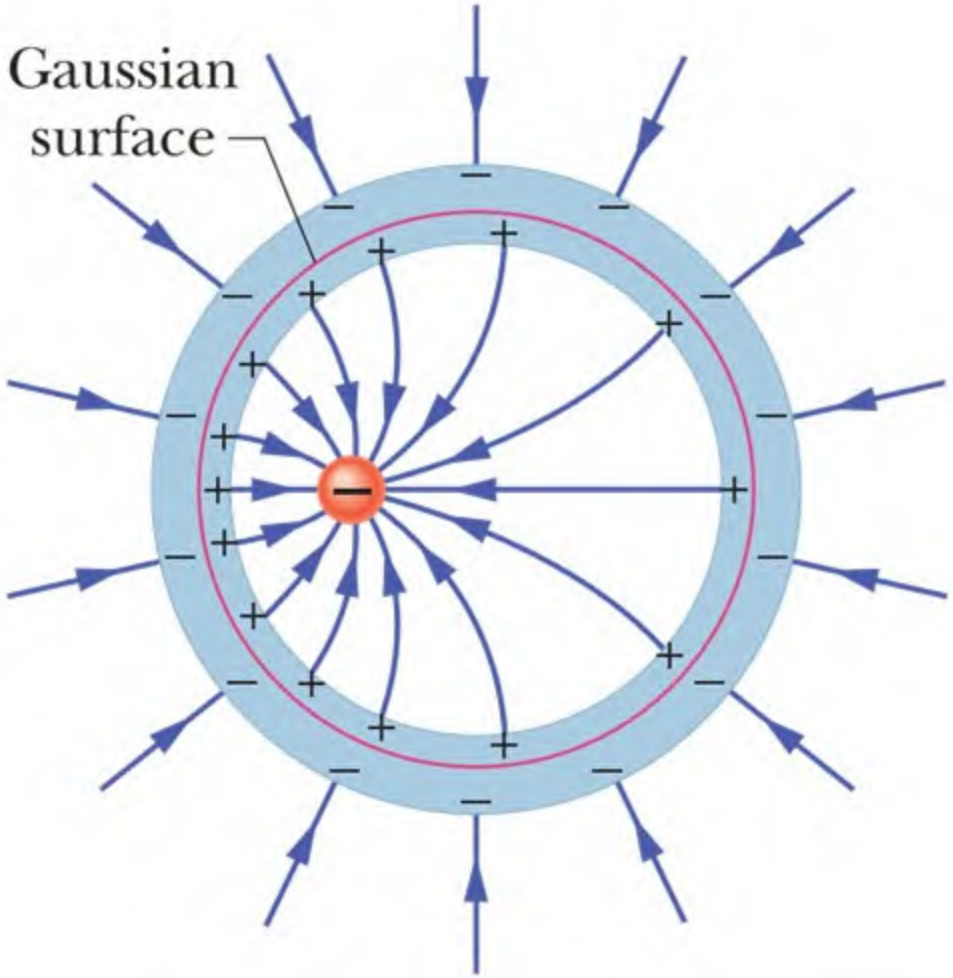
$$b < r < c, \quad E = 0$$

$$a < r < b, \quad E = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$r > c, \quad E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$




R
R/2


Gaussian
surface

شاد و مهربان باشید