Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

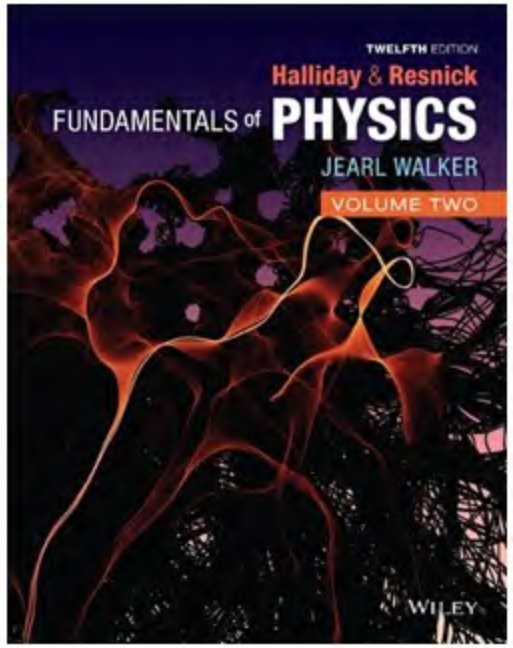
Spring 2025

دانشگاه خوارزمی

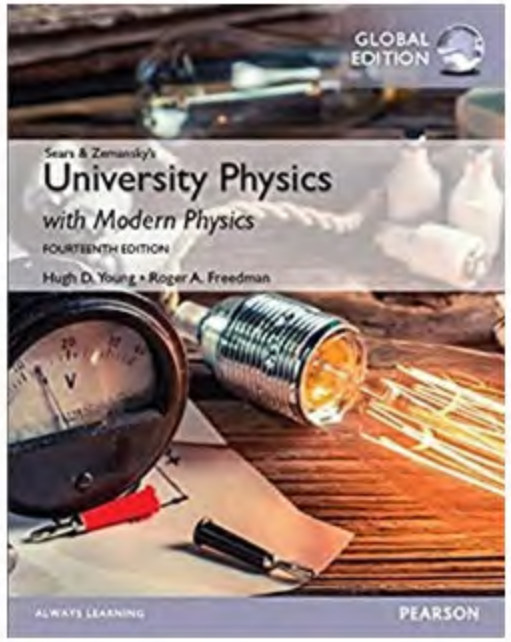
اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان
چیزهایی را به‌دست می‌آورید که تاکنون کسب کرده‌اید

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

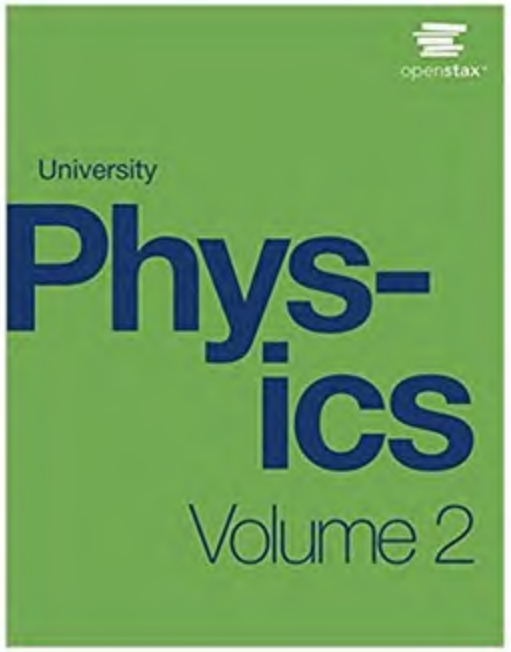
Fundamentals of Physics (12th Ed.)
Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl



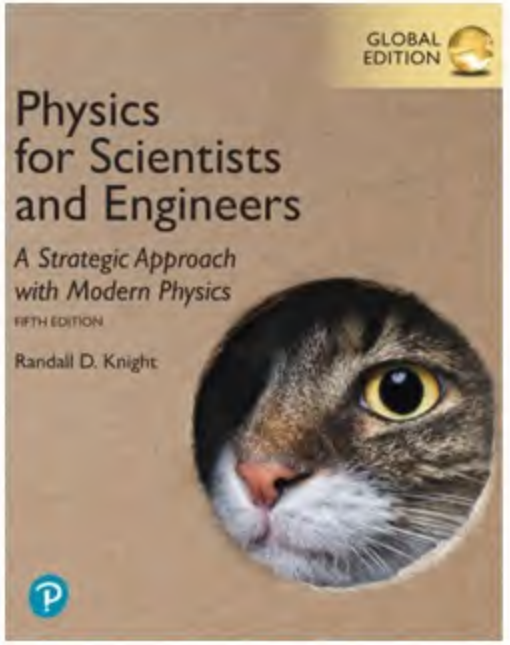
University Physics with Modern Physics (14th Global Ed.)
Hugh D. Young, Roger A. Freedman



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



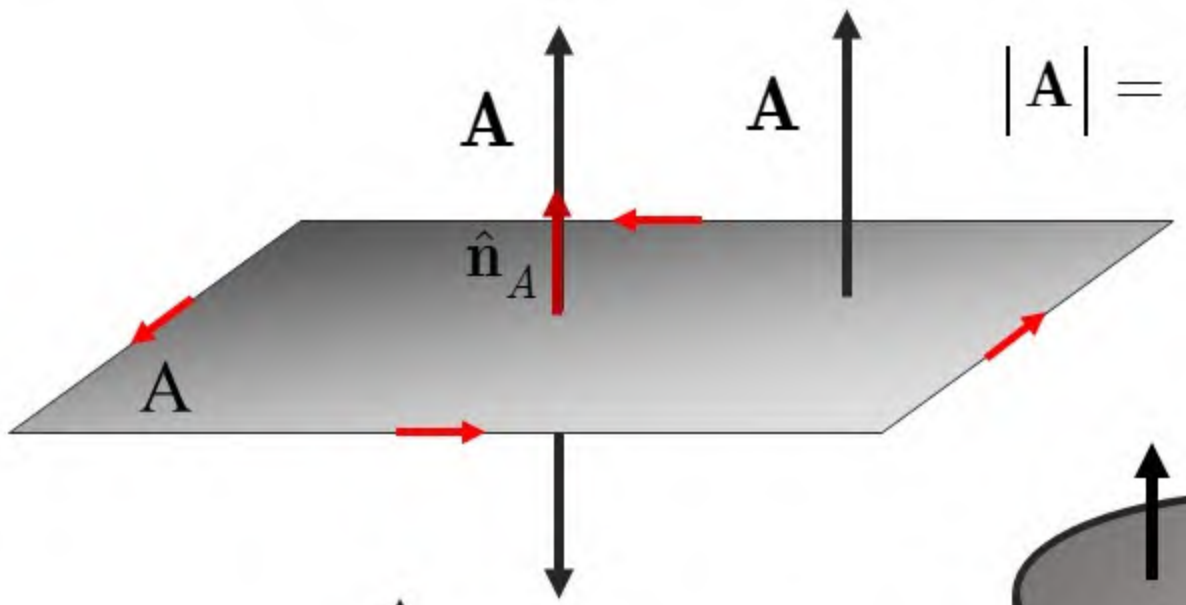
P H Y S I C S For Scientists and Engineers, 5e, (2023)
Randall D. Knight



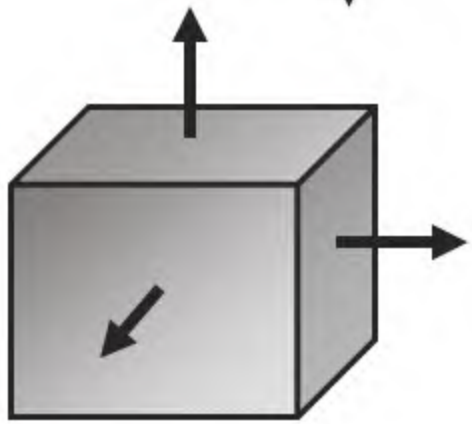
درس چهاردهم

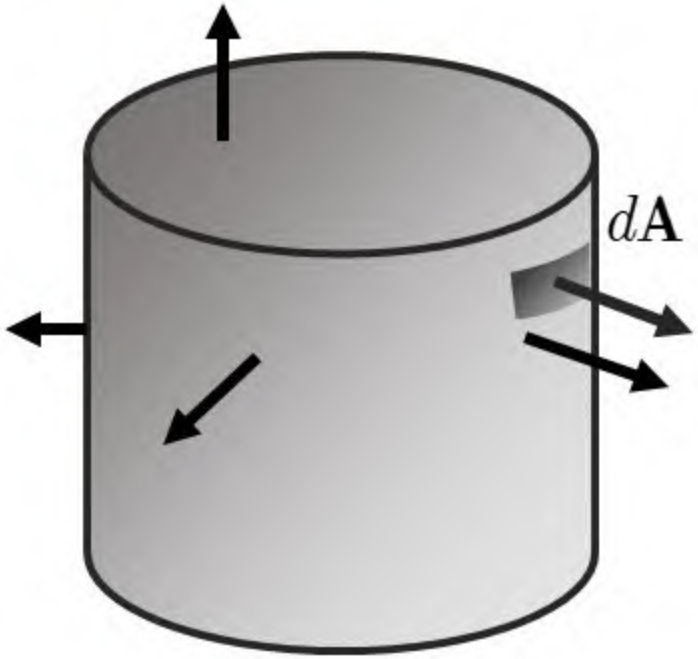
قانون گوس

Gauss' Law

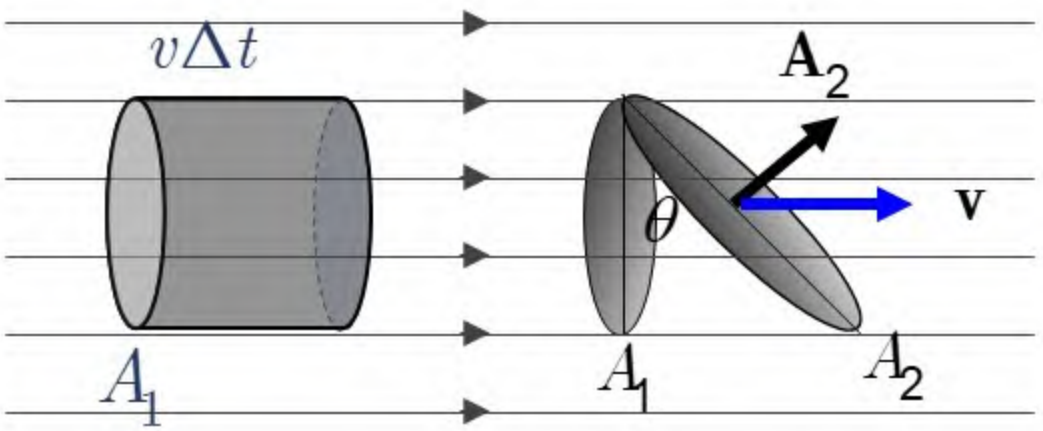


$$|\mathbf{A}| = A \qquad \hat{\mathbf{n}}_A = \frac{\mathbf{A}}{A}$$





$$d\mathbf{A} = \hat{\mathbf{n}}_A dA$$



$$\Delta V = \left(v \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\left(\Delta t \text{ s}\right)\left(A_1 \text{ m}^2\right)$$

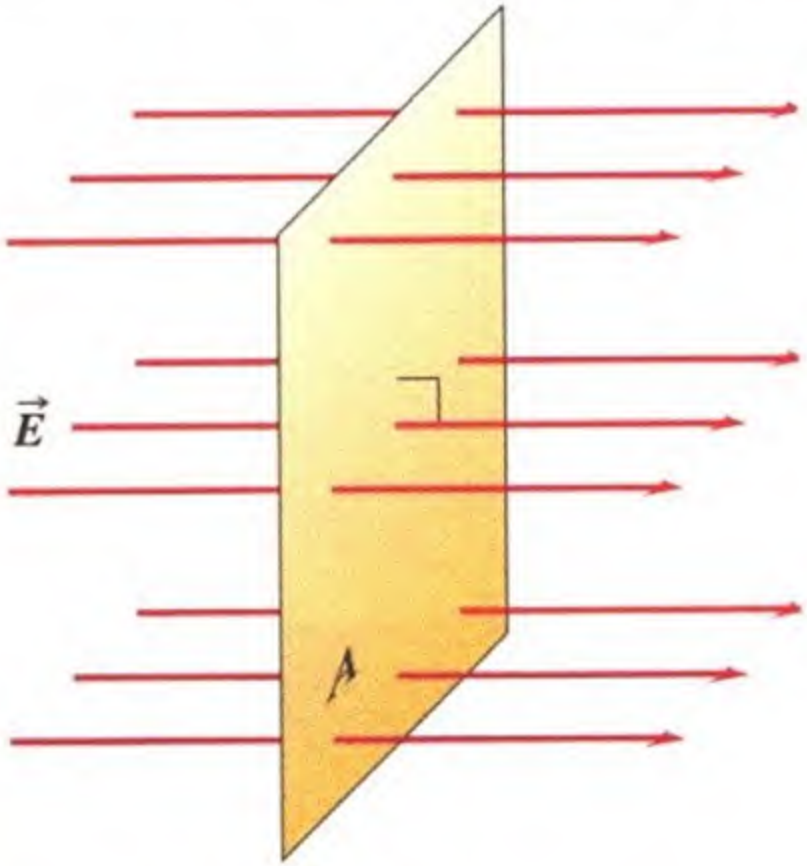
$$\Phi_{A_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \left(v \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\left(A_1 \text{ m}^2\right) = vA_1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\Phi_{A_1} = \Phi_{A_2}$$

$$A_2 \cos\theta = A_1$$

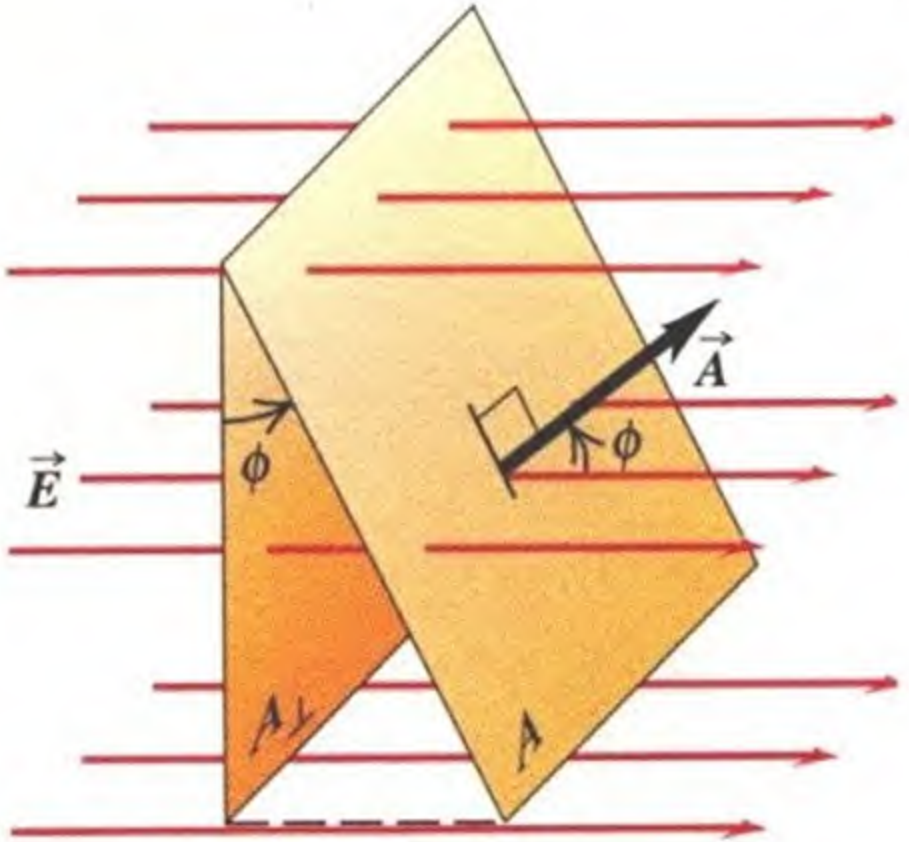
$$\Phi_{A_2} = vA_2 \cos\theta$$

$$\Phi_{A_2} = \mathbf{v} \cdot \mathbf{A}_2$$



$$\Phi_E = EA$$

$$\cos 0 = 1$$

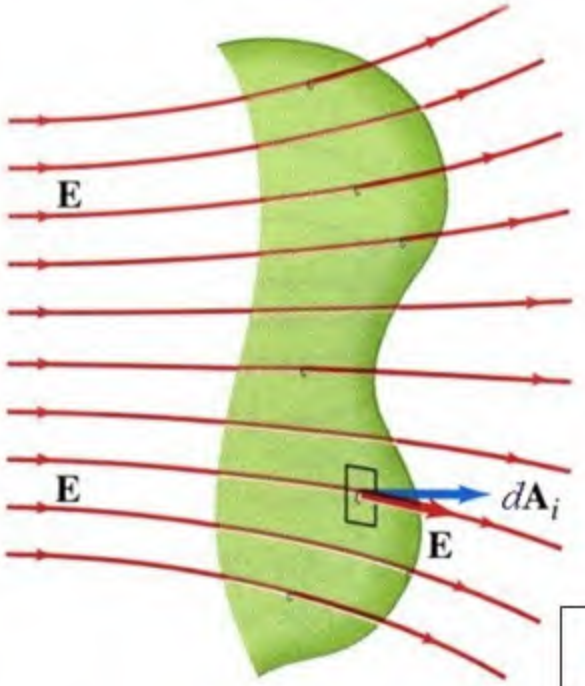


$$A_\perp = A\cos\phi,$$

$$\Phi_E = EA\cos\phi = \mathbf{E}\cdot\mathbf{A}$$

اگر میدان الکتریکی **یکنواخت نباشد** و یا سطح مورد نظر **تخت نباشد**، در این صورت سطح را به مساحت‌های کوچک تقسیم می‌کنیم (به طوری که این سطوح کوچک تخت به نظر می‌رسند) سپس شار هر یک از این سطوح کوچک را محاسبه و در نهایت با هم جمع می‌کنیم.

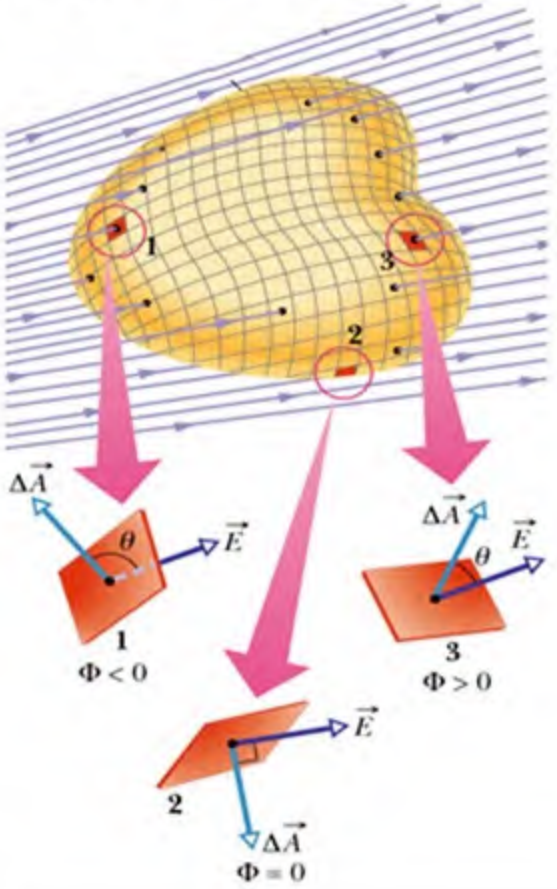
$$\Phi_E \approx \sum_i \mathbf{E}_i \cdot \Delta\mathbf{A}_i$$



$$\Phi_E = \lim_{\Delta\mathbf{A}_i \to 0} \sum_i \mathbf{E}_i \cdot \Delta\mathbf{A}_i = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$$

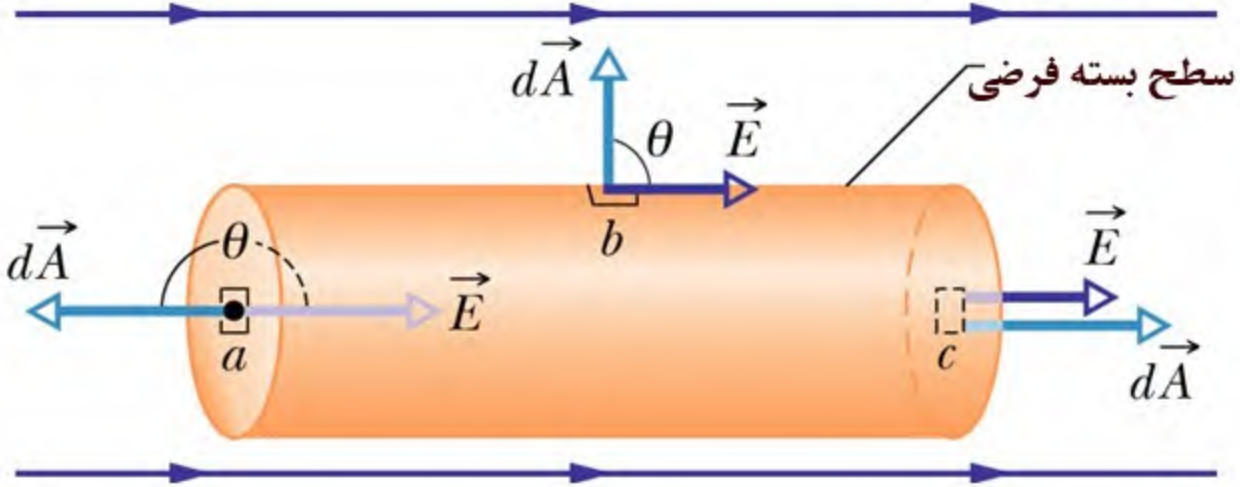
یکای شار الکتریکی $\mathrm{N.m^2/C}$ یا $\mathrm{V.m}$ است

اگر سطح مزبور بسته باشد، می‌نویسیم: $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$



دانشگاه خوارزمی

مثال: یک سطح استوانه‌ای در نظر بگیرید که در یک میدان الکتریکی **یکنواخت** قرار دارد. محور استوانه در راستای میدان است. چه شار الکتریکی از آن می گذرد؟



$$\Phi = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \oint E \cos\theta dA$$

شار عبوری از قاعده‌ی سمت چپ

$$\Phi_1 = \int E \cos\pi dA = -\int E dA = -E\pi R^2$$

شار عبوری از بدنه‌ی استوانه

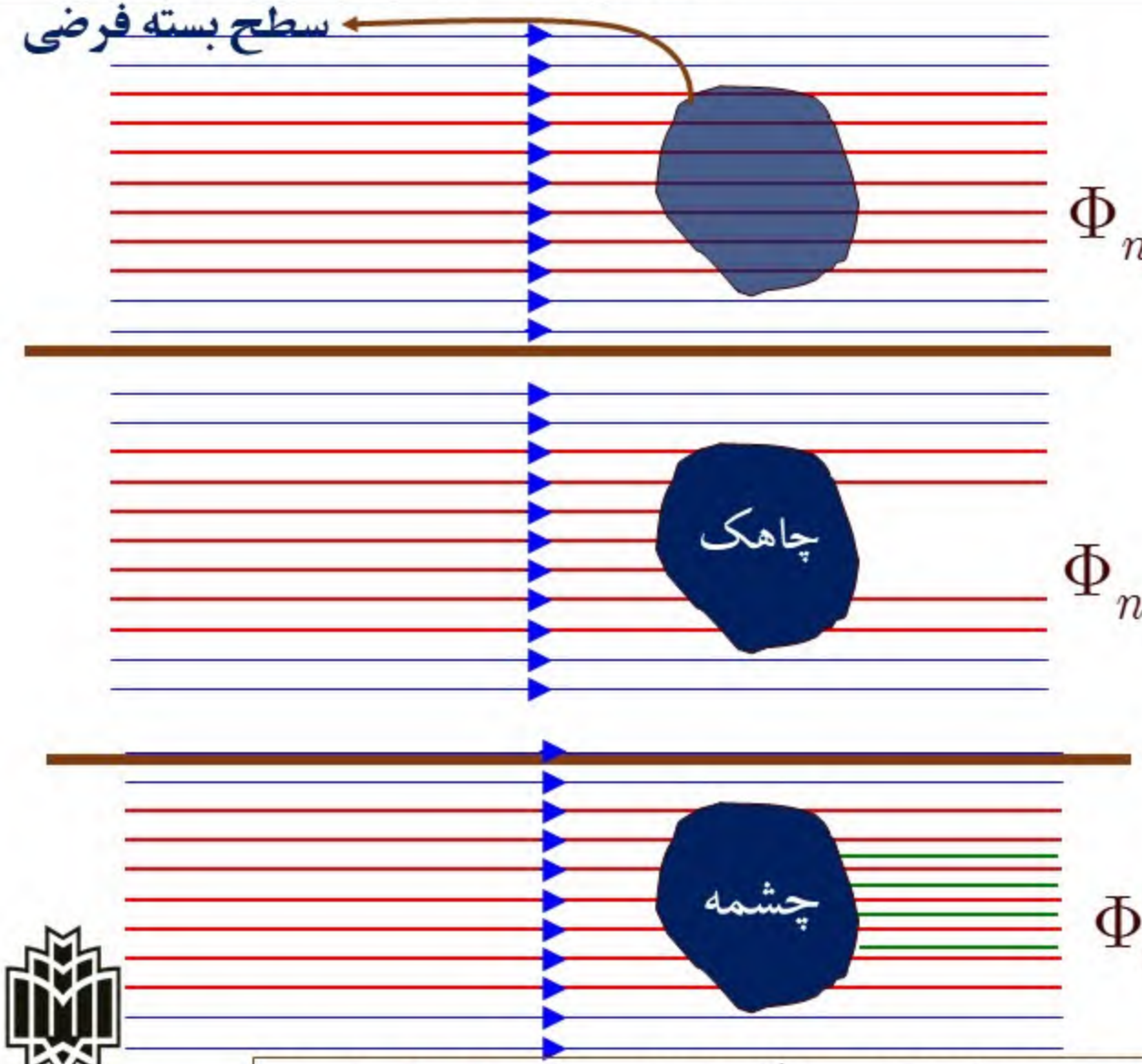
$$\Phi_2 = \int E \cos\frac{\pi}{2} dA = 0$$

شار عبوری از قاعده‌ی سمت راست

$$\Phi_3 = \int E \cos 0 dA = \int E dA = E\pi R^2$$

شار کل عبوری از استوانه

$$\Phi_{total} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$$



فرض کنید در لوله‌ای جریان آب برقرار است

اگر درون سطح بسته، چشمه یا چاهکی نباشد، شار خالص آب خروجی صفر است

$$\Phi_{net\ \ flux} = 0$$

اگر درون سطح بسته، چاهکی باشد، شار خالص آب خروجی منفی است

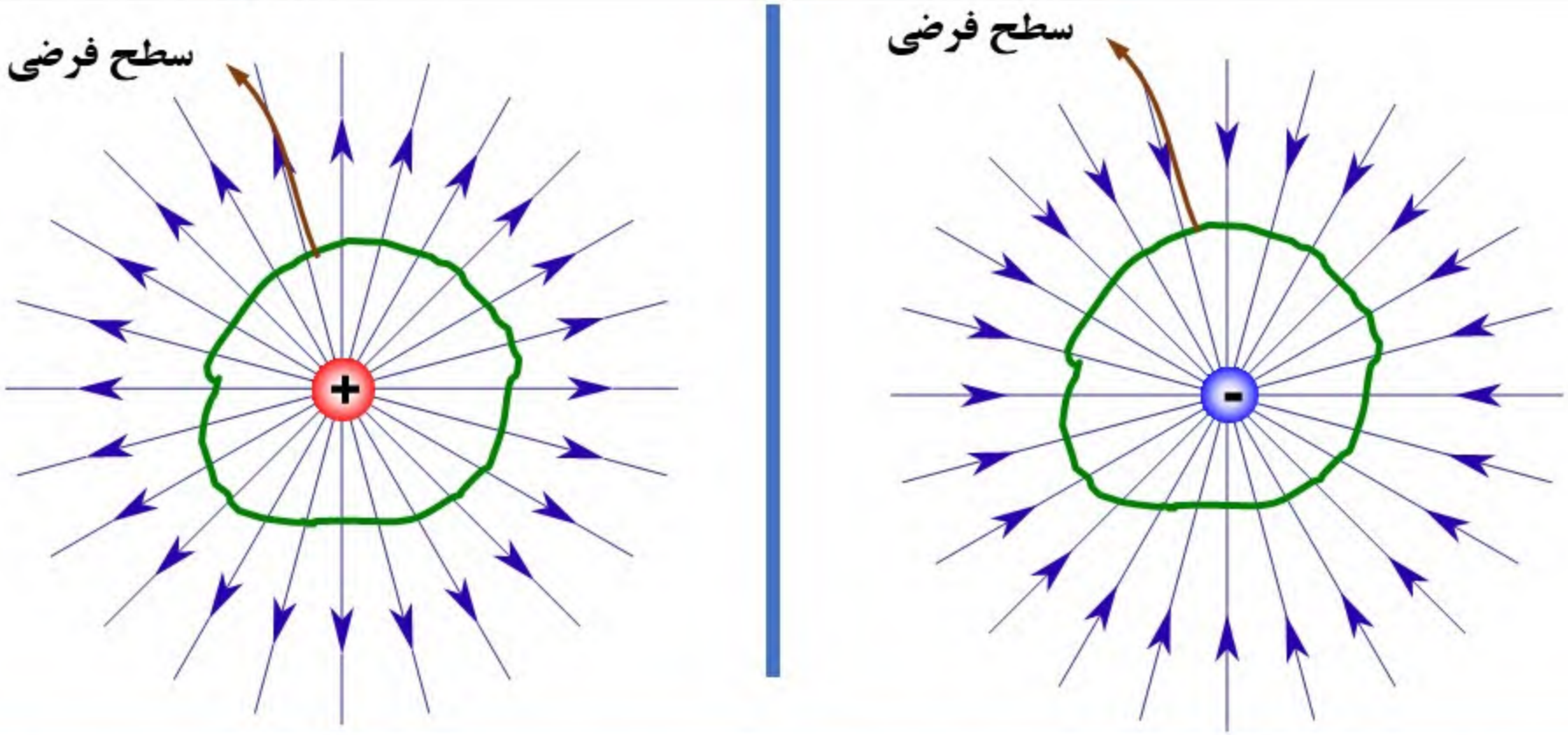
$$\Phi_{net\ \ flux} < 0$$

اگر درون سطح بسته، چشمه‌ای باشد، شار خالص آب خروجی مثبت است

$$\Phi_{net\ \ flux} > 0$$

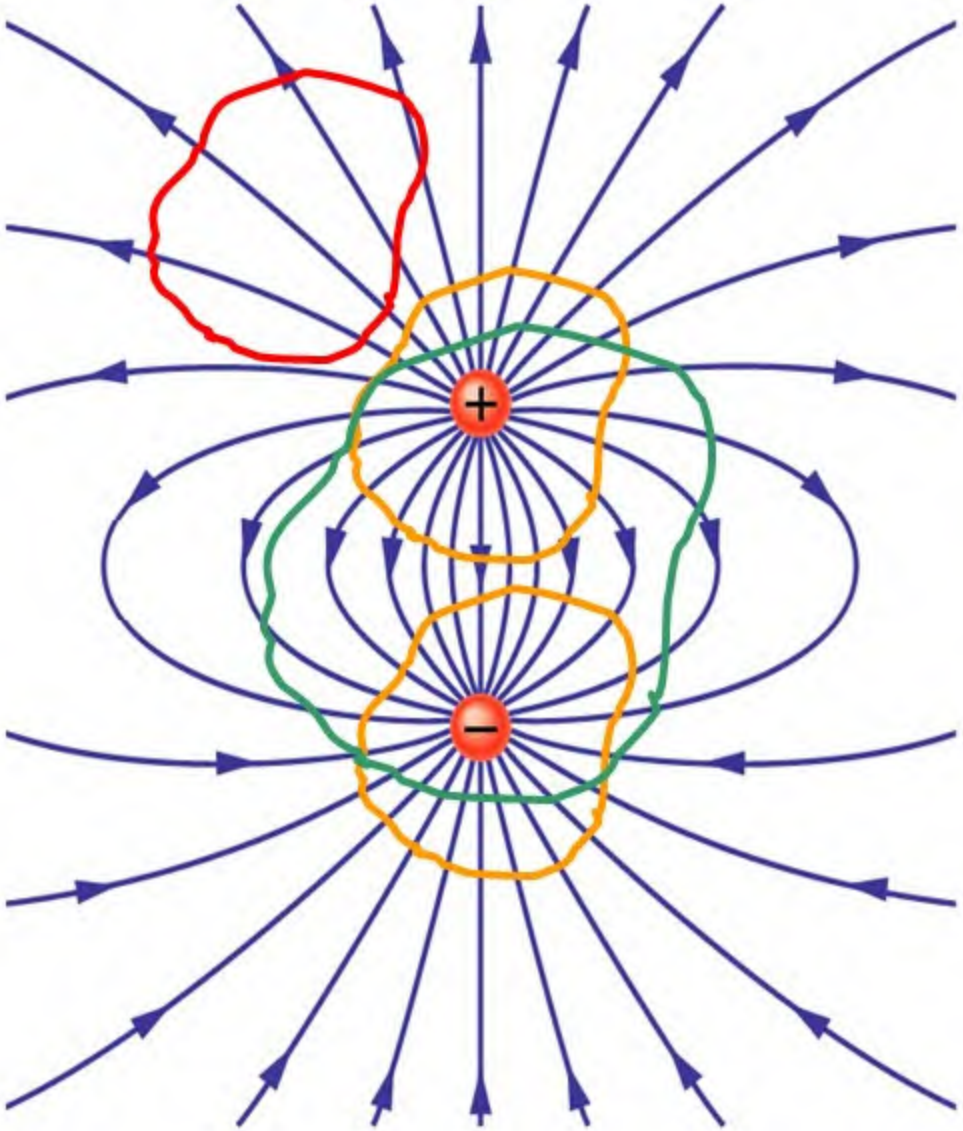
در مورد میدان الکتریکی چیزی که نقش چشمه را بازی می کند بار مثبت است و چیزی که نقش چاهک را بازی می کند بار منفی است

دانشگاه خوارزمی

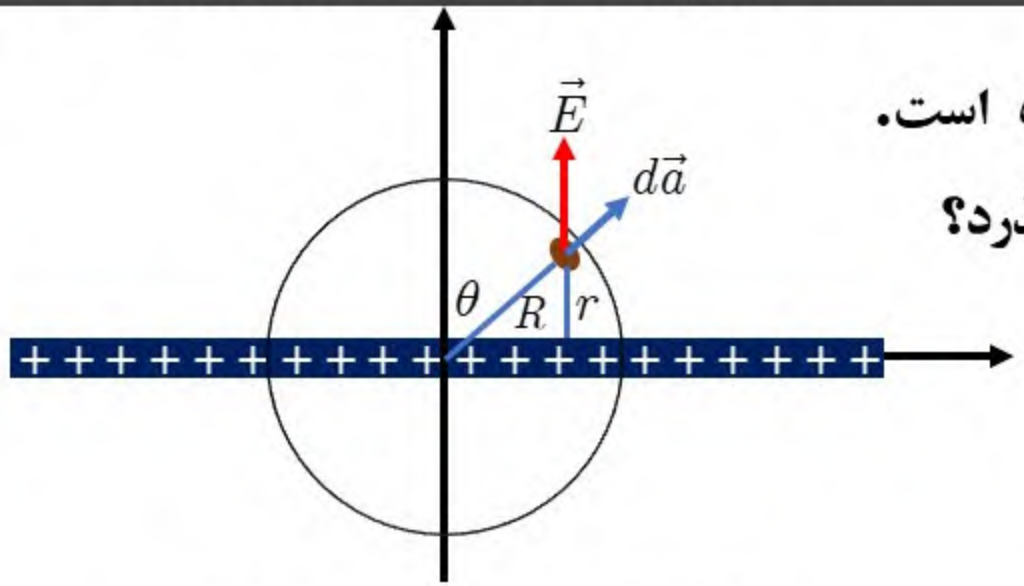


شار میدان الکتریکی عبوری از هر **سطح بسته**، متناسب است با مقدار **بار الکتریکی** درون آن سطح

$$\Phi_{\text{net}} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \qquad \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{a} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \qquad q_{in} = \int \rho dv$$



بار الکتریکی با چگالی یکنواخت λ بر روی محور x توزیع شده است.
از کره‌ای به مرکز مبدأ مختصات و شعاع R چه شار میدان الکتریکی می‌گذرد؟



الف) $\frac{4\pi R\lambda}{\epsilon_0}$

$$\Phi = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R}\,4\pi R^2 = \frac{2\lambda R}{\epsilon_0}$$

ب) $\frac{R\lambda}{\epsilon_0}$

ج) $\frac{2R\lambda}{\epsilon_0}$

د) صفر

روش اول: انتگرال گیری مستقیم

$$\Phi = \int \vec{E}\cdot d\vec{a} = \int E\cos\theta\, da$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R\cos\theta}$$

$$\Phi = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R}\int da$$

روش دوم: استفاده از قانون گوس

طبق قانون گوس $\longrightarrow$ $\Phi = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{\lambda(2R)}{\epsilon_0}$

دانشگاه خوارزمی

شاد و مهربان باشید