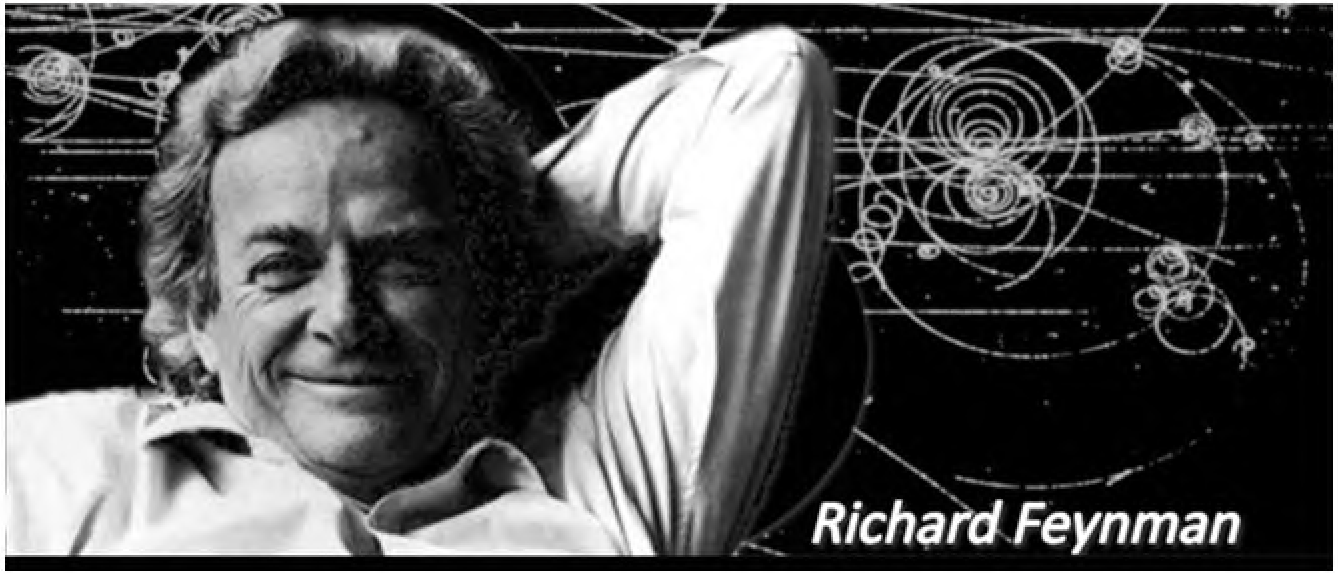
Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

Spring 2023



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

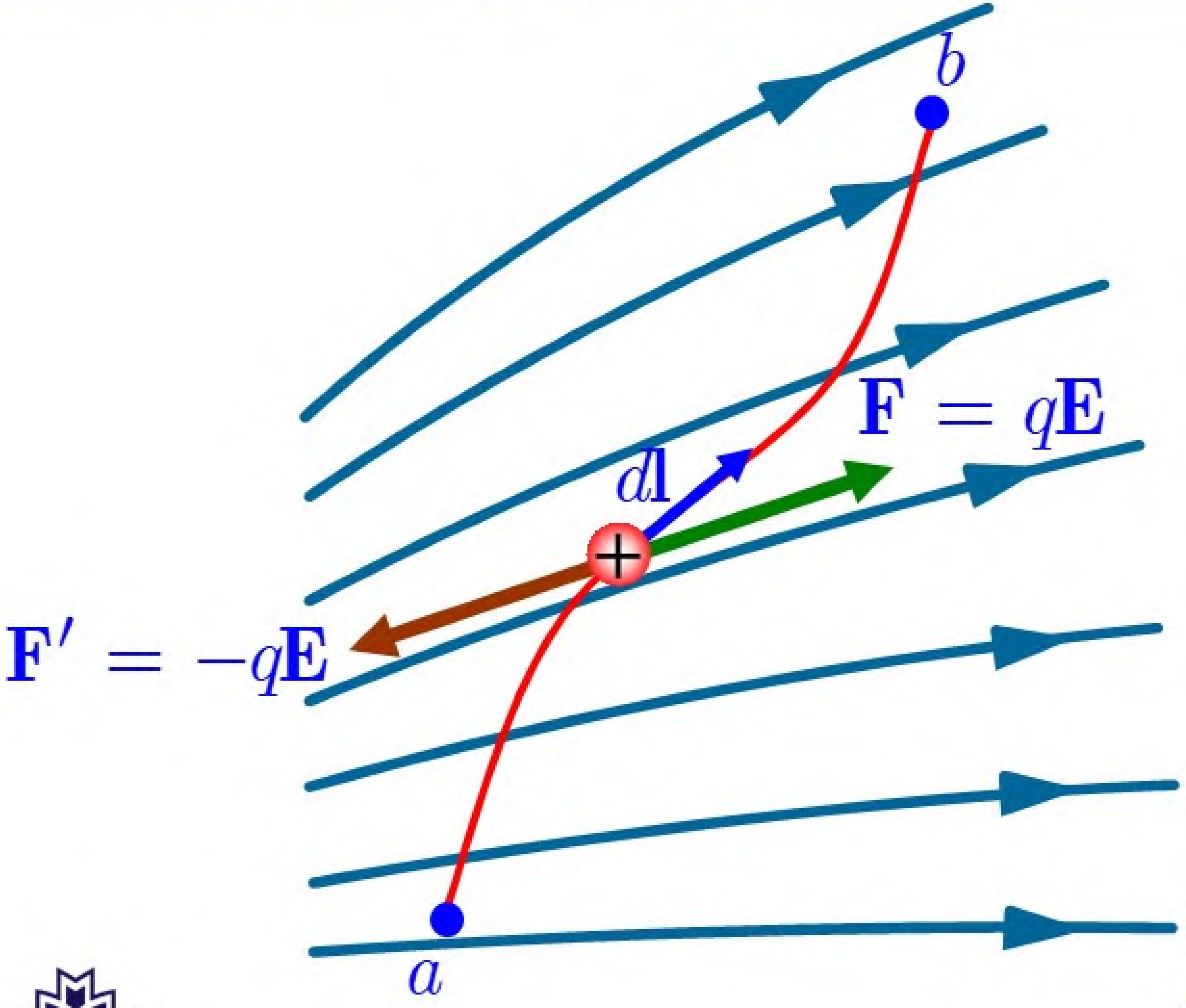
فاینمن

درس شانزدهم

پتانسیل الکتریکی- بخش۱

Electric Potential-part1

دانشگاه خوارزمی



کار میدان :

$$W_E = \int_a^b \mathbf{F}\cdot d\mathbf{l} = q\int_a^b \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l}$$

کار عامل خارجی :

$$W_{ext} = \int_a^b \mathbf{F}'\cdot d\mathbf{l} = -q\int_a^b \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} = -W_E$$

$$\Delta U_{ab} = U(b) - U(a) = W_{ext} = -W_E$$

Alessandro Volta
1745-1826

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه عبارت است از کار لازم برای انتقال واحد بار الکتریکی بین آن دو نقطه

$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = \frac{\Delta U_{ab}}{q} = \frac{W_{ext}}{q} = \frac{-W_E}{q}$$

ولت = $\frac{\text{ژول}}{\text{کولن}}$

$$\Delta U_{ab} = -\int_a^b q\mathbf{E}\cdot d\mathbf{l}$$

$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = -\int_a^b \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l}$$

انتخاب مرجع پتانسیل **اختیاری** است.

$$V(\mathbf{r}) - \cancel{V(\mathbf{r}_{ref})}^{\,0} = -\int_{\mathbf{r}_{ref}}^{\mathbf{r}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

$$\boxed{V(\mathbf{r}) = -\int_{\mathbf{r}_{ref}}^{\mathbf{r}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}}$$

اگر بی‌نهایت را به عنوان نقطه‌ی مرجع پتانسیل انتخاب کنیم:

$$\boxed{V(\mathbf{r}) = -\int_{\infty}^{\mathbf{r}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}}$$

کار لازم برای انتقال یک الکترون (یا پروتون) بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل یک ولت چقدر است؟

$$\left|W\right| = e\Delta V = (1.6\times 10^{-19}\ \mathrm{C})(1\ \mathrm{V}) = 1.6\times 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

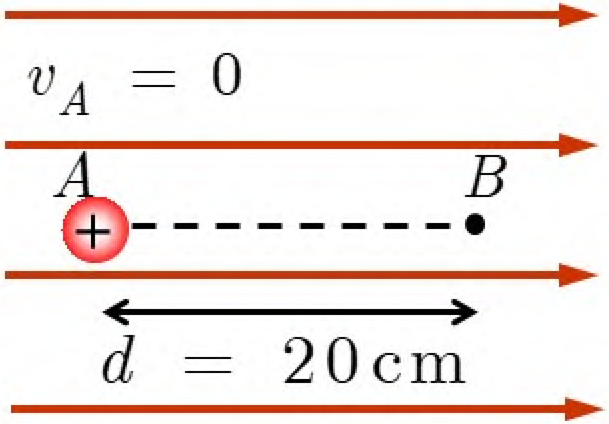
واضح است کاری که بر روی الکترون انجام می‌شود منفی کاری است که بر روی پروتون انجام می‌شود

به این مقدار انرژی (کار) یک الکترون- ولت گوییم.

$$\boxed{1\ \mathrm{eV} = 1.6\times 10^{-19}\ \mathrm{J}}$$

یک الکترون – ولت مقدار کار لازم برای انتقال یک الکترون (پروتون) در اختلاف پتانسیل یک ولت است.

در مباحث مربوط به اتم‌ها و مولکول‌ها برای انرژی از یکای الکترون – ولت استفاده می‌شود.



مثال: در ناحیه ای از فضا میدان الکتریکی یکنواختی در راستای محور x با شدت $2.0 \times 10^3\ \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$ برقرار شده است. پروتونی از حال سکون رها می‌شود. وقتی که پروتون مسافت $20\ \mathrm{cm}$ را طی می‌کند، مطلوب است:

الف) تغییر پتانسیل الکتریکی **ب)** تغییر انرژی الکتریکی **ج)** سرعت پروتون

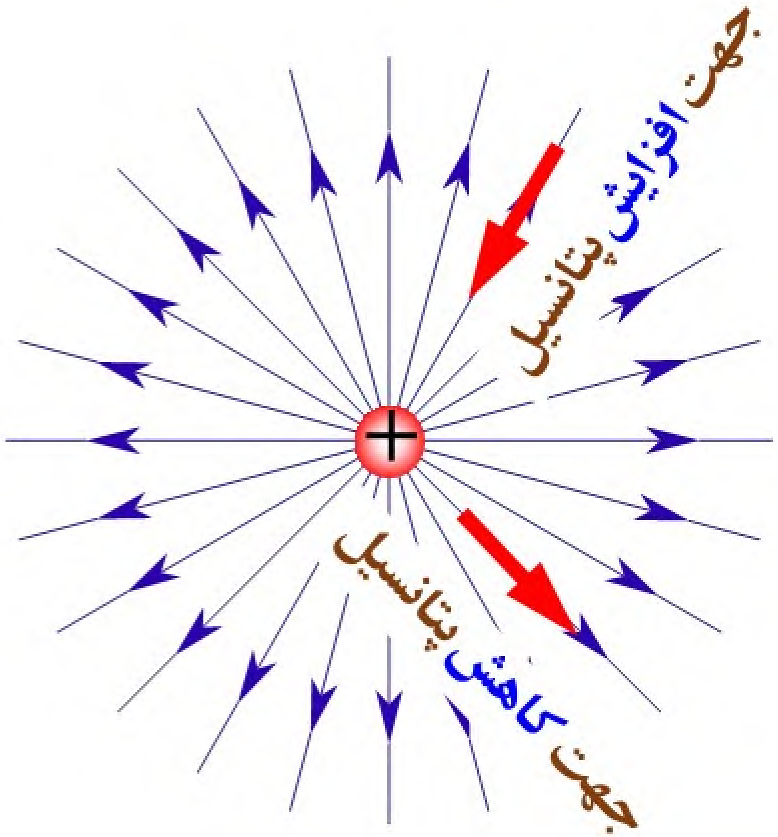
$$a)\quad \Delta V = V_B - V_A = -\int_A^B \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} = -Ed = -(2.0\times10^3\ \tfrac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}})(0.20\mathrm{m}) = -4.0\times10^2\,\mathrm{V}$$

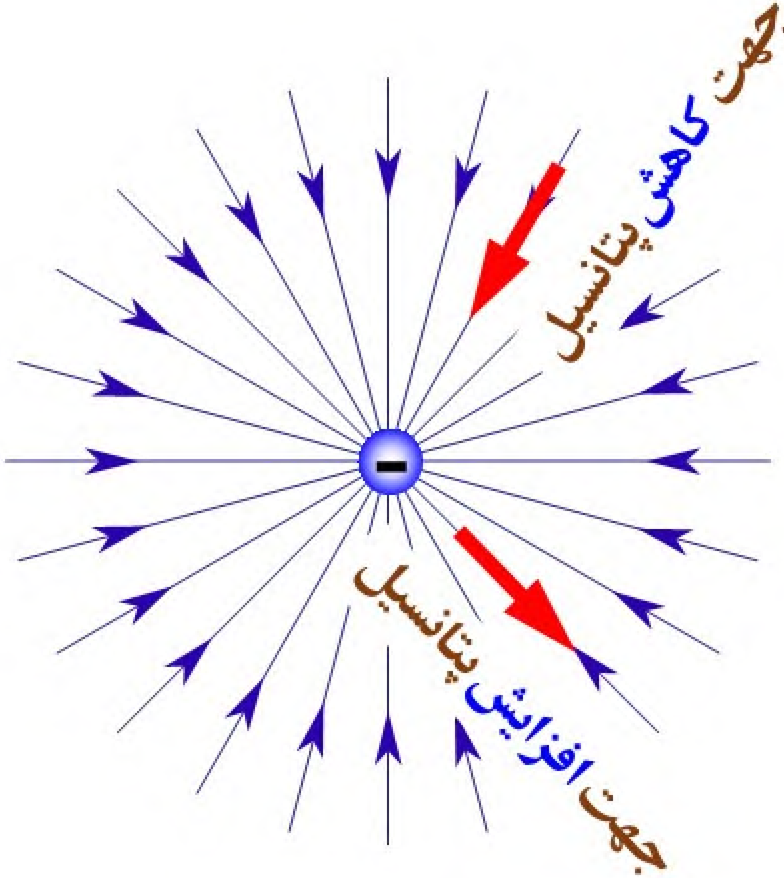
$$b)\quad \Delta U = U_B - U_A = q\Delta V = (1.6\times10^{-19}\mathrm{C})(-4.0\times10^2\,\mathrm{V}) = -6.4\times10^{-17}\,\mathrm{J}$$

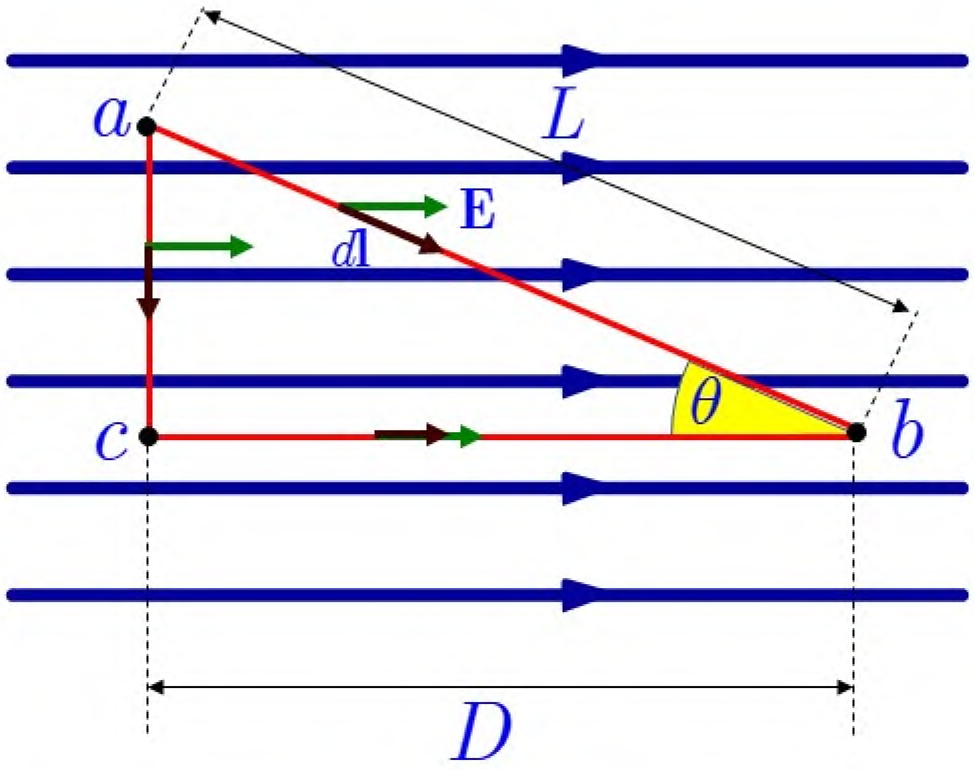
$$c)\quad \Delta U = -W_E \qquad W_E = \Delta K = \frac{1}{2}m_p v_B^2 - \frac{1}{2}m_p v_A^2 = \frac{1}{2}m_p v_B^2 - 0$$

$$\boxed{v_B = \sqrt{\frac{2W_E}{m_p}} = \sqrt{\frac{-2\Delta U}{m_p}} = \sqrt{\frac{-2(-6.4\times10^{-17})}{1.67\times10^{-27}\mathrm{kg}}} = 2.8\times10^5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}$$

افزایش پتانسیل در خلاف جهت میدان است







$$D = L\cos\theta$$

$$\boxed{\begin{aligned}\Delta V_{ab} &= -\int_a^b \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} \\ &= -\int_a^b E dl\cos\theta \\ &= -EL\cos\theta = -ED\end{aligned}}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{ab} &= -\int_a^b \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} \\ &= -\int_a^c \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} - \int_c^b \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} \\ &= 0 - E\int_c^b dl \\ &= -ED\end{aligned}$$

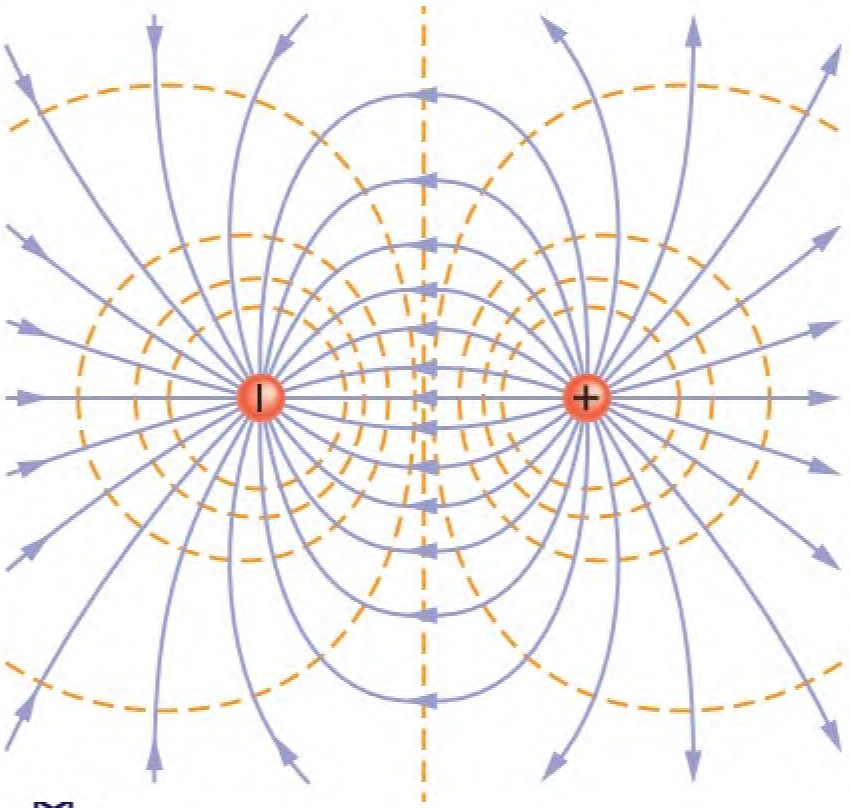
اختلاف پتانسیل بین دو نقطه به مسیری که دو نقطه را به هم وصل می‌کند، بستگی ندارد و فقط تابعی از نقاط ابتدا و انتهای مسیر است. این به خاطر ویژگی میدان الکتریکی است. میدان‌هایی که انتگرال خطی آن‌ها $\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$ به مسیر بستگی ندارد، میدان‌های پایستار نامیده می‌شوند.

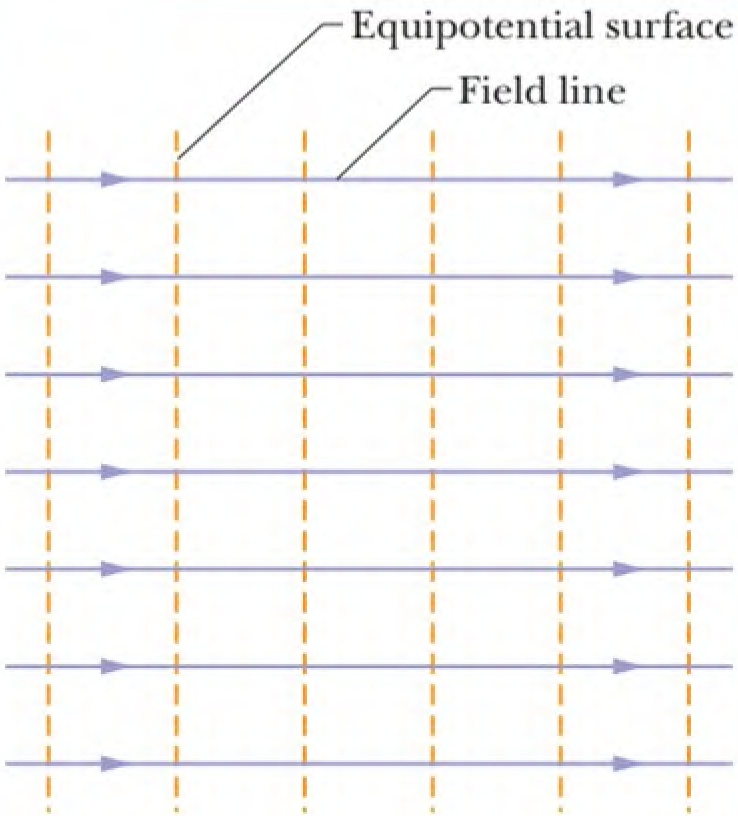
$$\boxed{\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0}$$

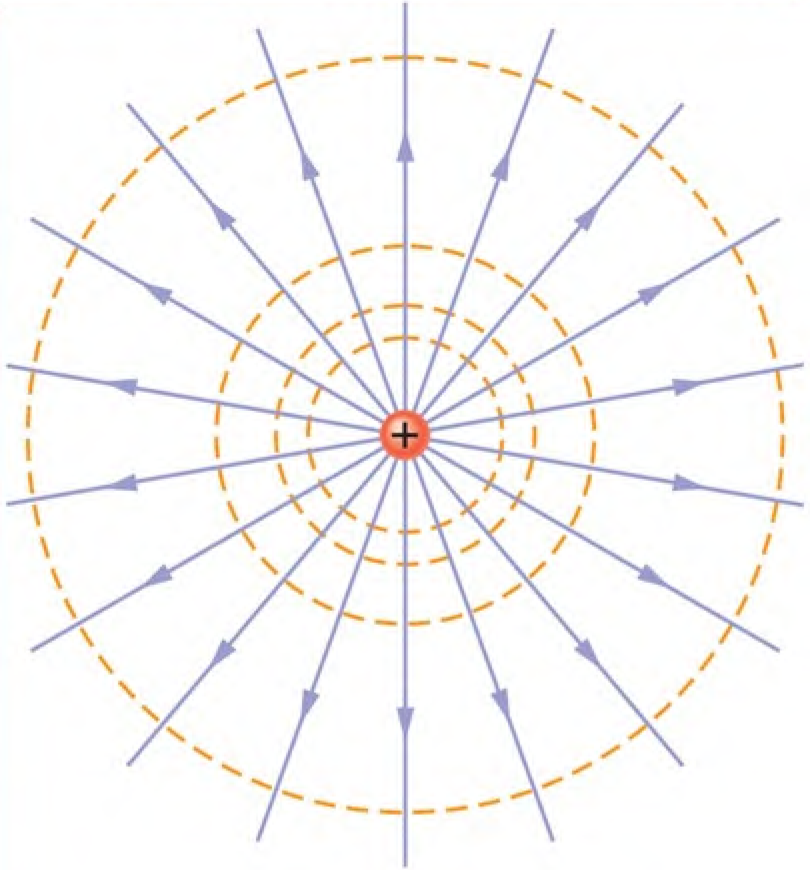
دانشگاه خوارزمی

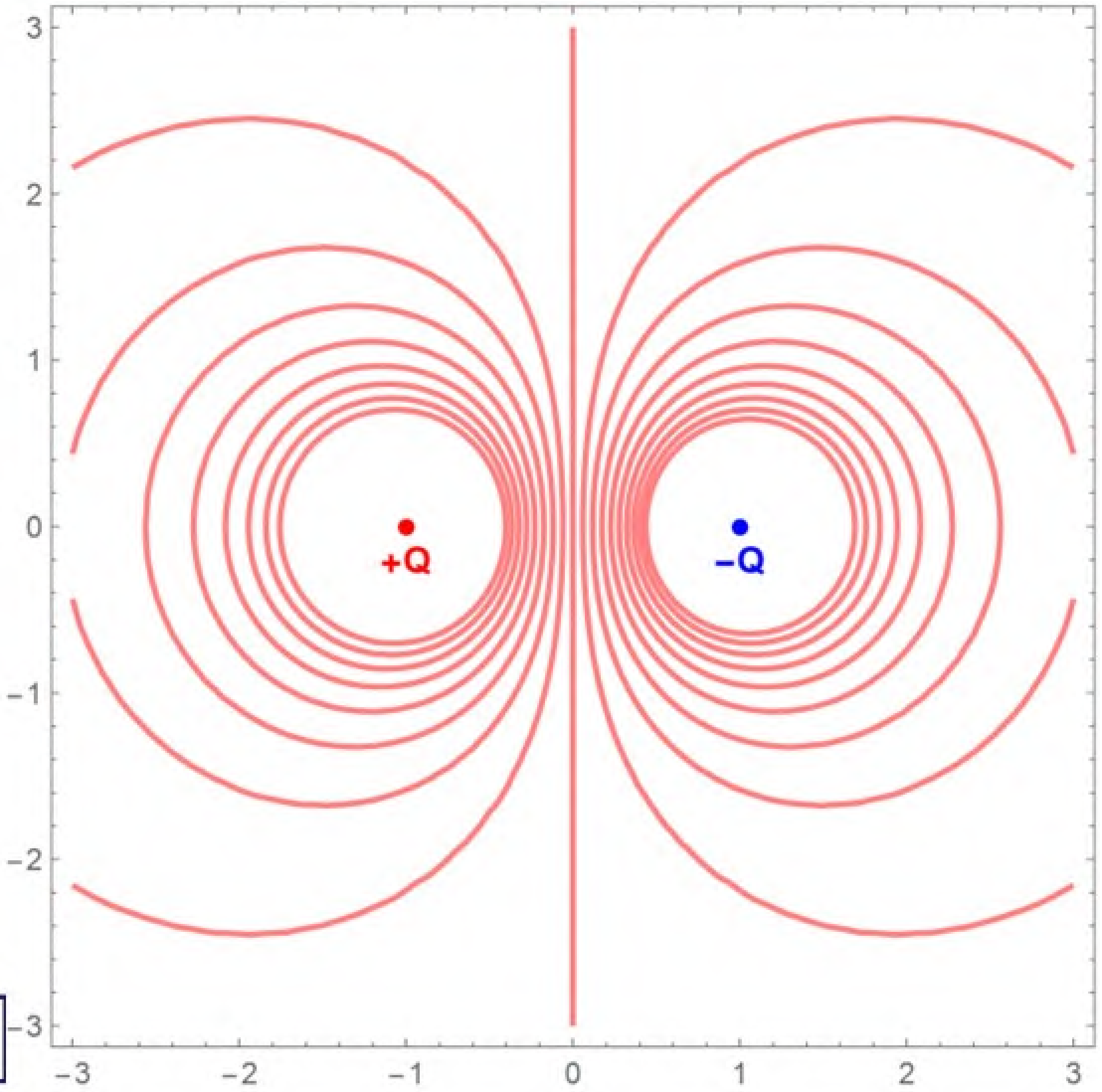
مجموعه‌ی نقاطی که همگی یک پتانسیل دارند، سطحی را تشکیل می‌دهند که سطح هم پتانسیل نامیده می‌شود.

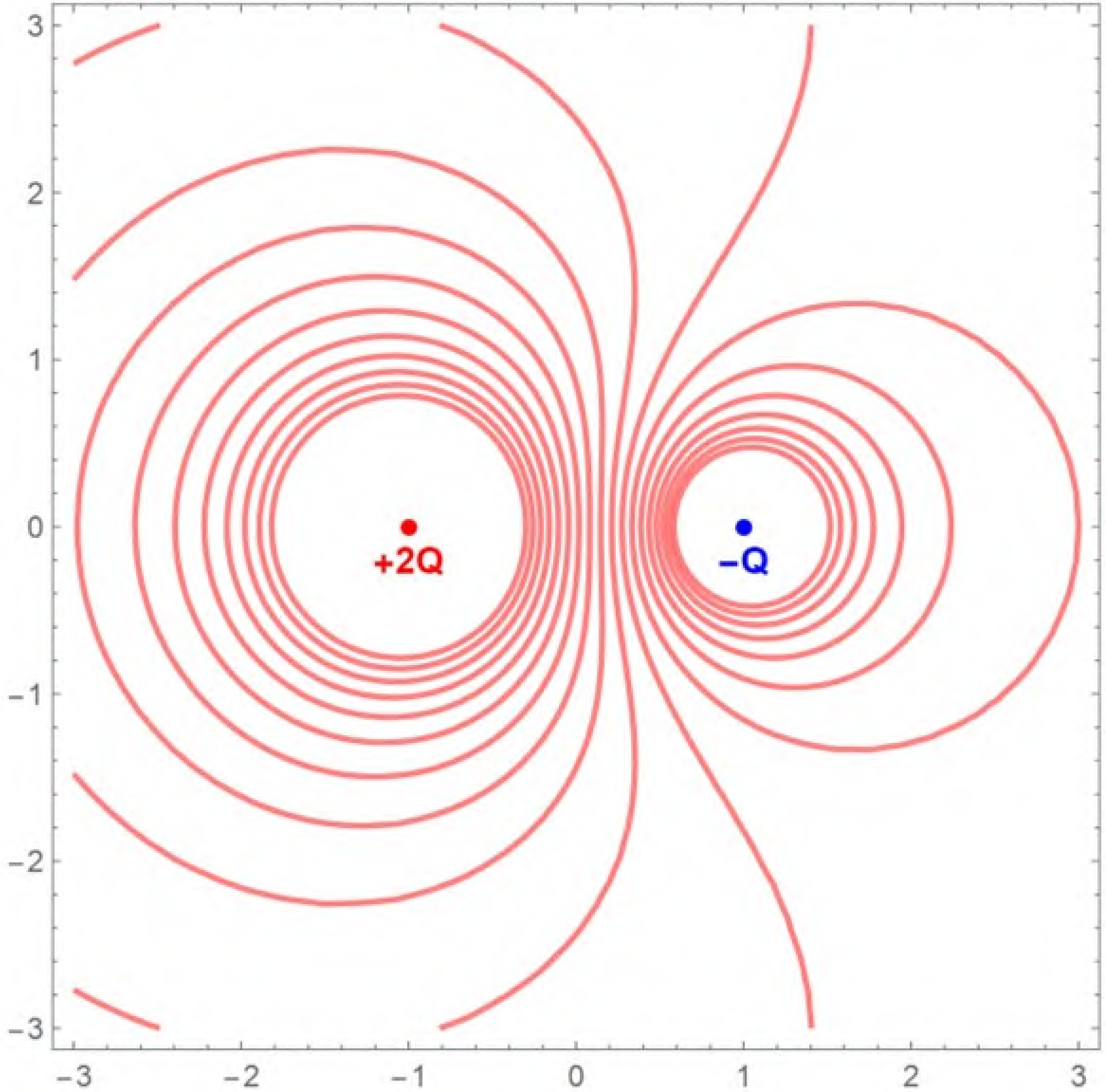
سطوح هم پتانسیل بر خطوط میدان عمودند








+Q
−Q


+2Q
−Q

```mathematica
Q1 = +2;
Q2 = -1;
x1 = -1;
y1 = 0;
x2 = 1;
y2 = 0;
Potential[Q1_, Q2_, x1_, y1_, x2_, y2_, x_, y_] := Q1/Sqrt[(x - x1)^2 + (y - y1)^2] + Q2/Sqrt[(x - x2)^2 + (y - y2)^2];
aa = ContourPlot[Potential[Q1, Q2, x1, y1, x2, y2, x, y], {x, -3, 3}, {y, -3, 3}, Contours → 18,
    ContourStyle → {{Red, Thick}, {Red, Thick}}, ContourShading → False];
ElectricField[Q1_, Q2_, x1_, y1_, x2_, y2_, x_, y_] :=
    (Q1 Sqrt[(x - x2)^2 + (y - y2)^2] (-(x - x1) (x1 - x2) - (y - y1) (y1 - y2)) -
        Q2 Sqrt[(x - x1)^2 + (y - y1)^2] ((x - x2) (x1 - x2) + (y - y2) (y1 - y2))) /
    (Sqrt[(x - x1)^2 + (y - y1)^2] Sqrt[(x - x2)^2 + (y - y2)^2] Sqrt[(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2]);
bb = ContourPlot[ElectricField[Q1, Q2, x1, y1, x2, y2, x, y], {x, -3, 3}, {y, -3, 3}, Contours → 18,
    ContourStyle → {{Black, Thick}, {Black, Thick}}, ContourShading → False];
cc = Graphics[{Text[Style[Q1 "Q", 12, Bold, Red], {x1, -0.2}], {Thick, Red, Disk[{x1, 0}, 0.05]},
     Text[Style[Q2 "Q", 12, Bold, Blue], {x2, -0.2}], {Thick, Blue, Disk[{x2, 0}, 0.05]}}, AspectRatio → 1.5];
Show[aa, cc, AspectRatio → 1]
Show[aa, bb, cc, AspectRatio → 1]
```

شاد و مهربان باشید