

Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

Spring 2025



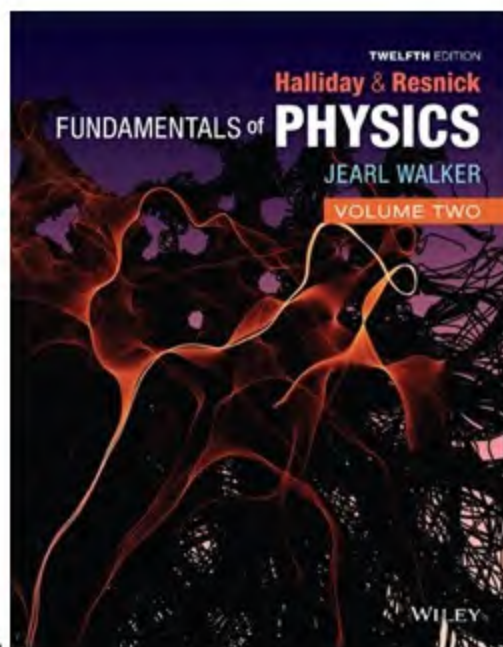
اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان چیزهایی را به دست می آورید که تاکنون کسب کرده اید

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

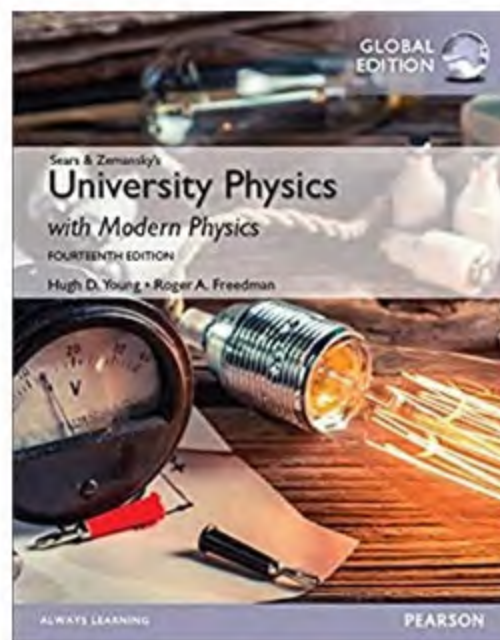


Fundamentals of Physics II

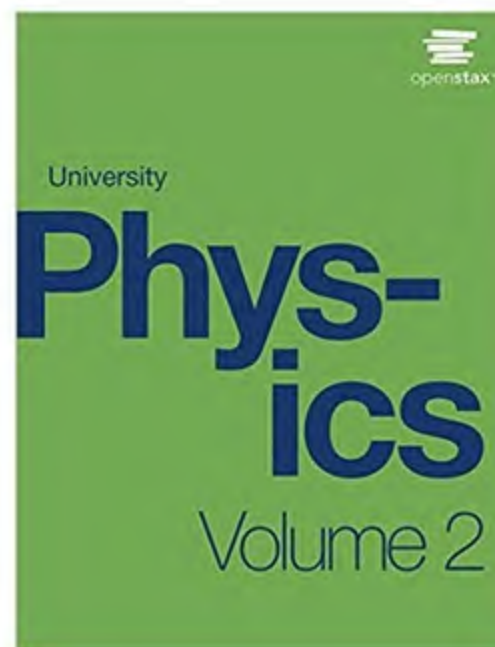
Fundamentals of Physics (12th Ed.)
Halliday, David;
Resnick, Robert;
Walker, Jearl



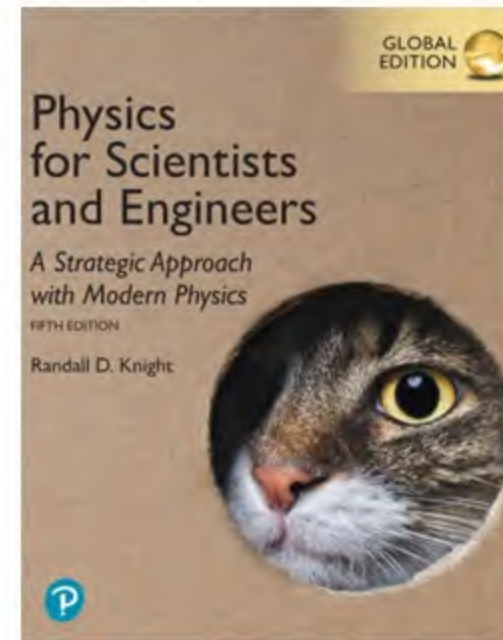
University Physics with Modern Physics (14th Global Ed.)
Hugh D. Young,
Roger A. Freedman



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



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



درس شانزدهم

پتانسیل الکتریکی - بخش ۱

Electric Potential-part1

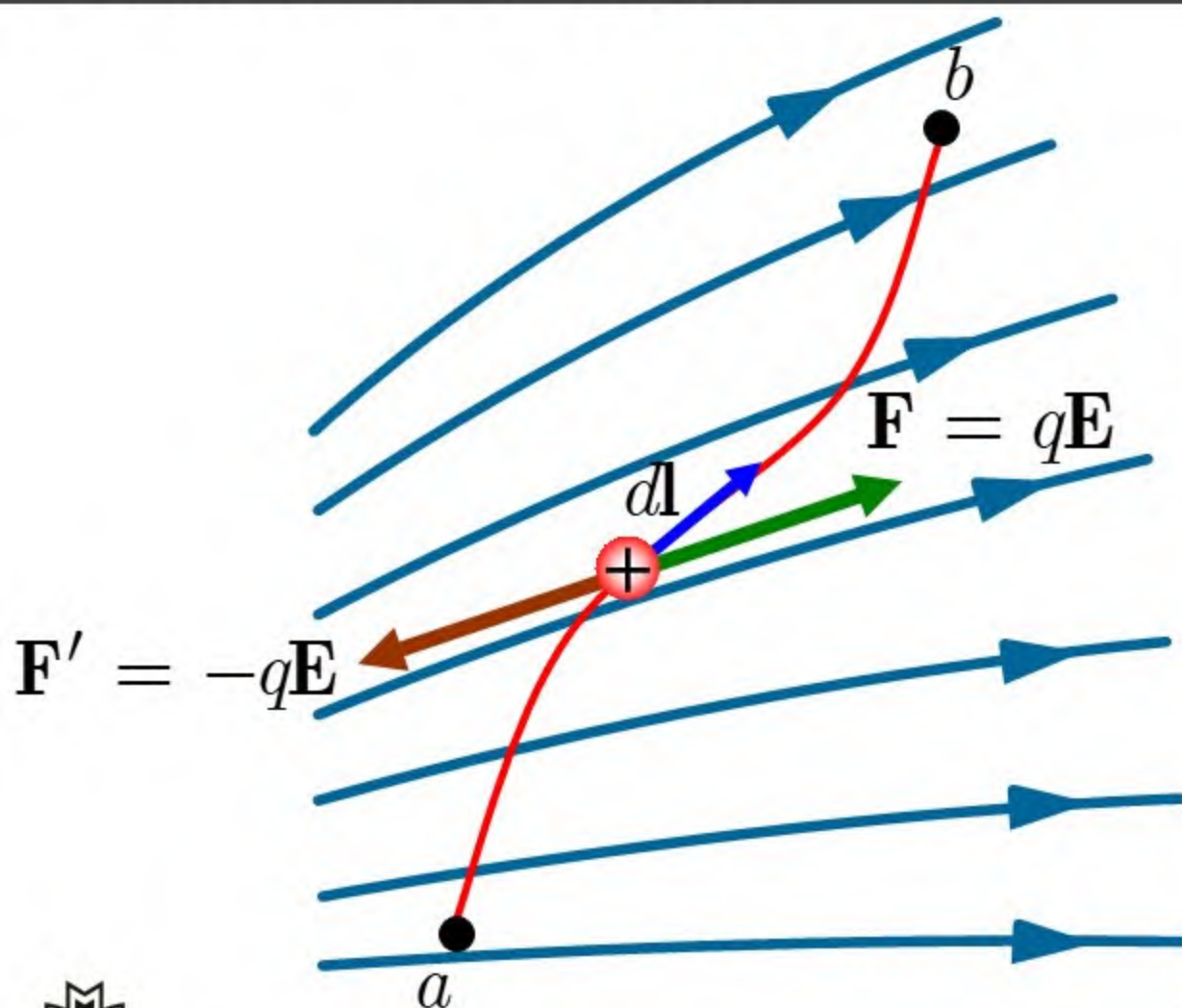


کار میدان :

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

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.

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

0

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

اگر بی نهایت را به عنوان نقطه‌ی مرجع پتانسیل انتخاب کنیم:

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



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

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

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

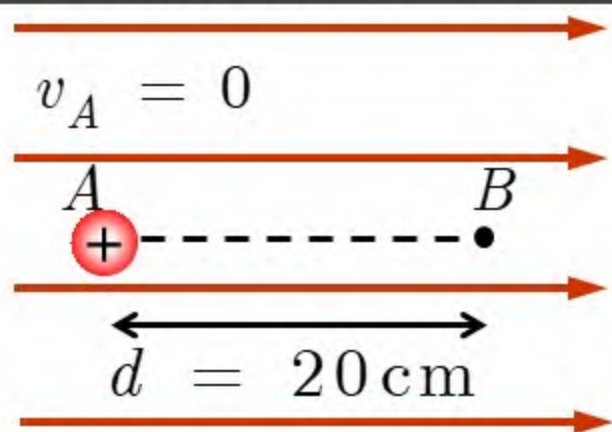
به این مقدار انرژی (کار) یک الکترون-ولت گوییم.

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

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 $2.0 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ برقرار شده است. پروتونی از حال سکون رها می شود. وقتی که پروتون مسافت 20 cm را طی می کند، مطلوب است:

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

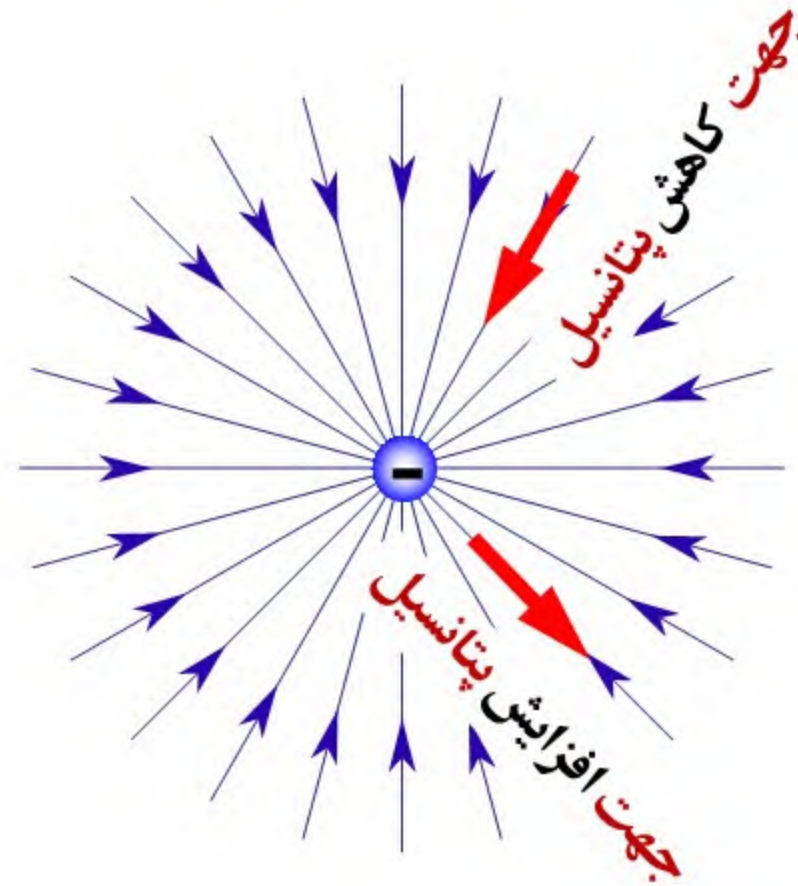
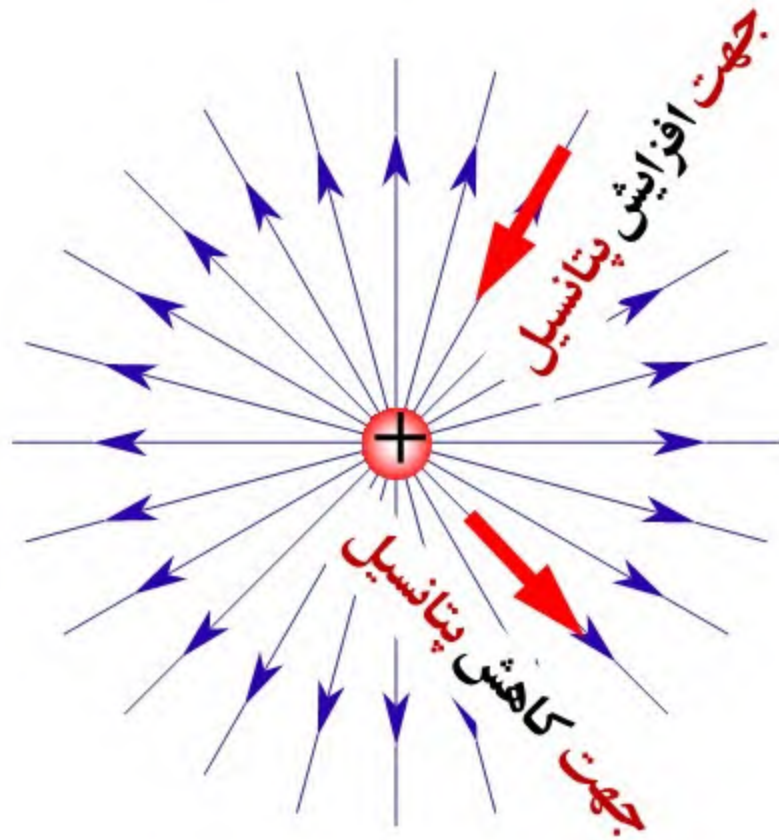
$$a) \quad \Delta V = V_B - V_A = -\int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -Ed = -(2.0 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}})(0.20\text{m}) = -4.0 \times 10^2 \text{ V}$$

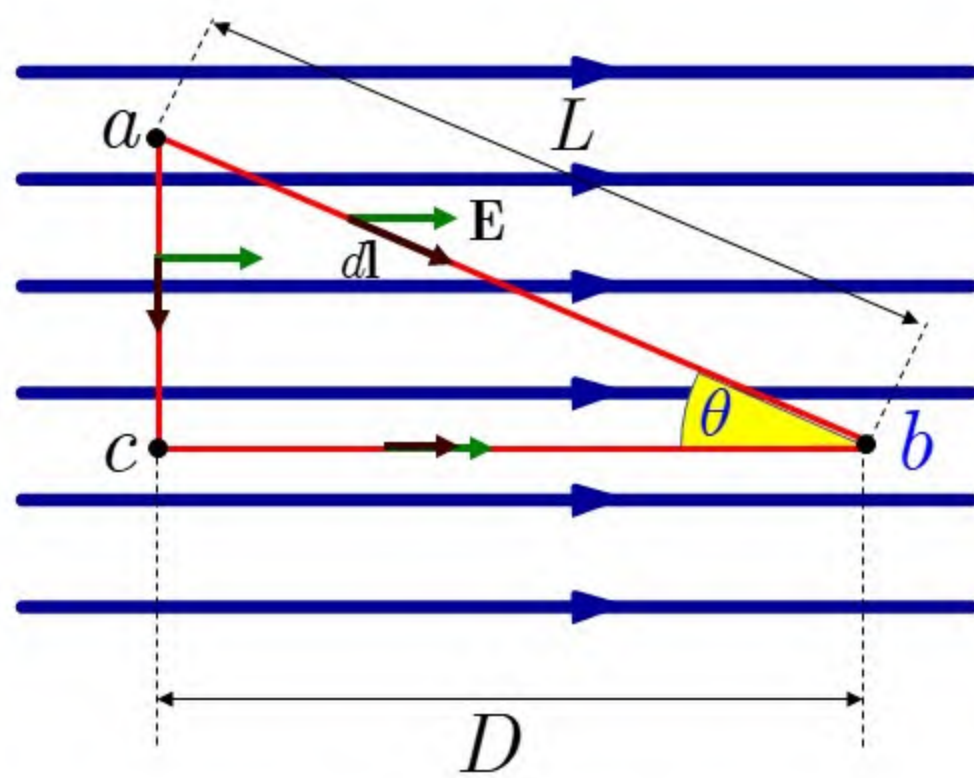
$$b) \quad \Delta U = U_B - U_A = q\Delta V = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(-4.0 \times 10^2 \text{ V}) = -6.4 \times 10^{-17} \text{ J}$$

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

$$v_B = \sqrt{\frac{2W_E}{m_p}} = \sqrt{\frac{-2\Delta U}{m_p}} = \sqrt{\frac{-2(-6.4 \times 10^{-17})}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}} = 2.8 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$







$$D = L \cos \theta$$

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

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

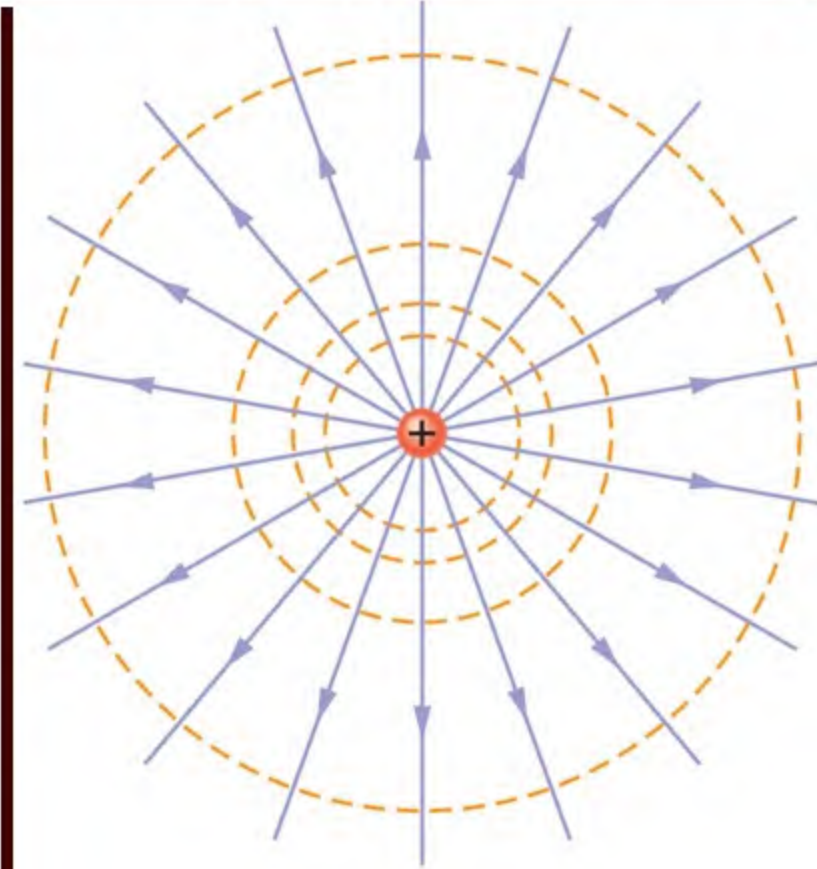
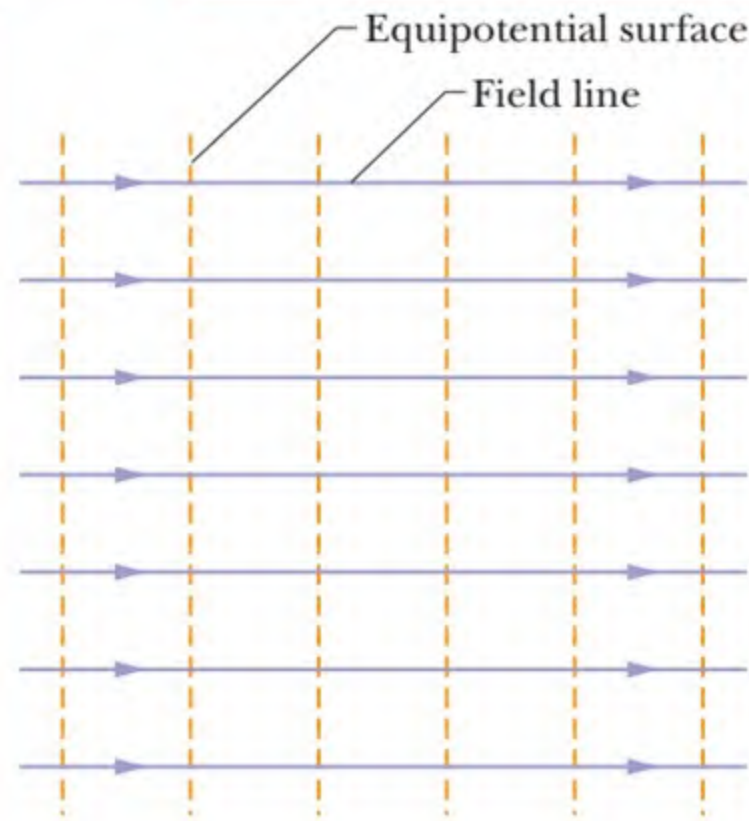
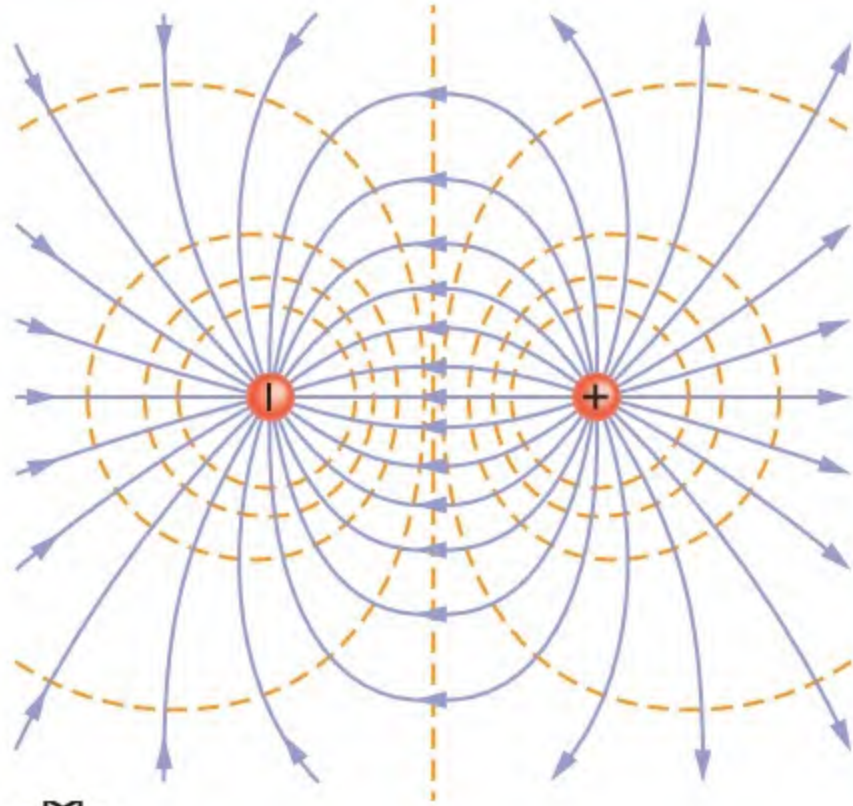
اختلاف پتانسیل بین دو نقطه به مسیری که دو نقطه را به هم وصل می کند، بستگی ندارد و فقط تابعی از نقاط ابتدا و انتهای مسیر است. این به خاطر ویژگی میدان الکتریکی است. میدان هایی که انتگرال خطی آنها $\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$ به مسیر بستگی ندارد، میدان های پایستار نامیده می شوند.

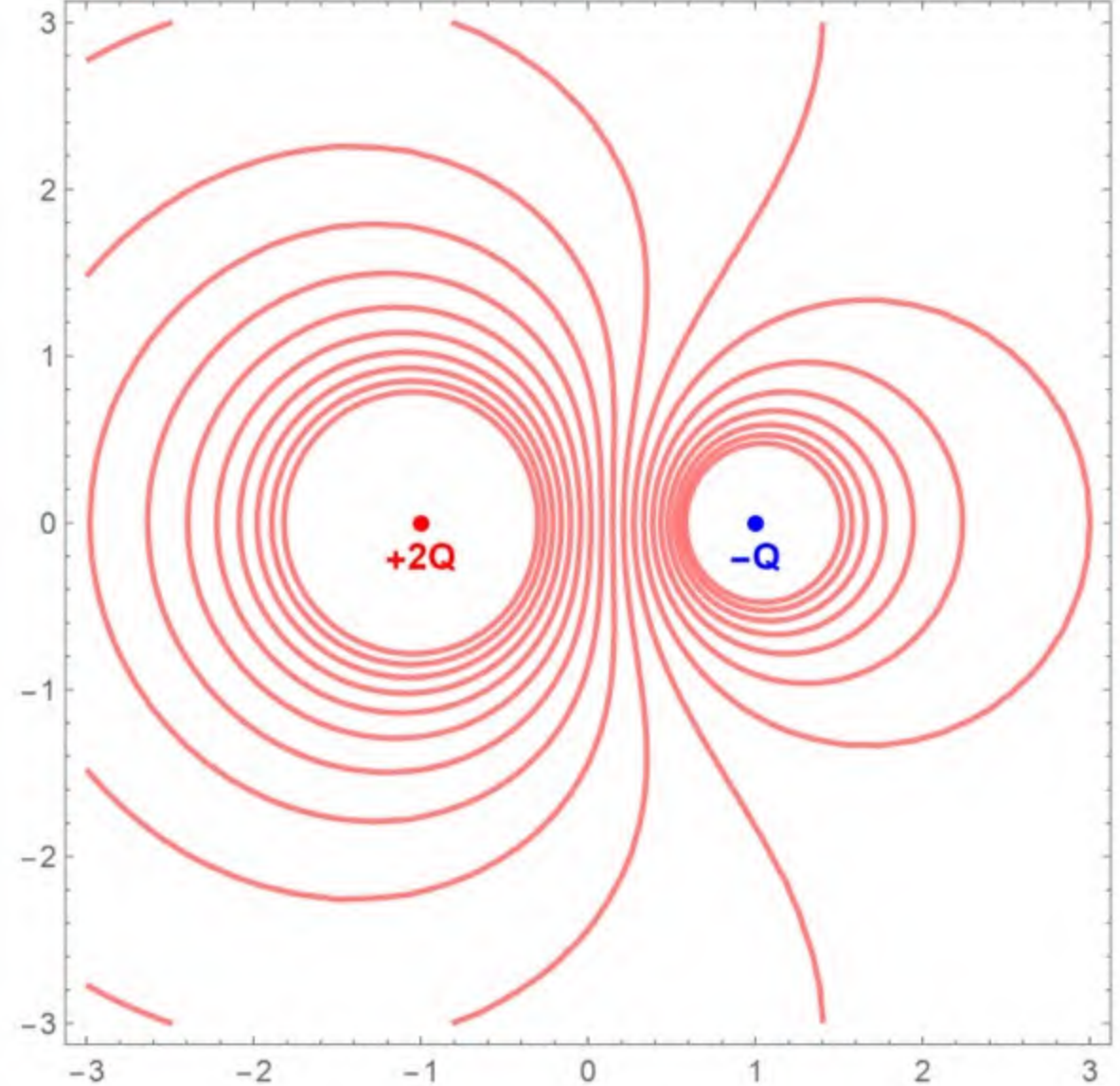
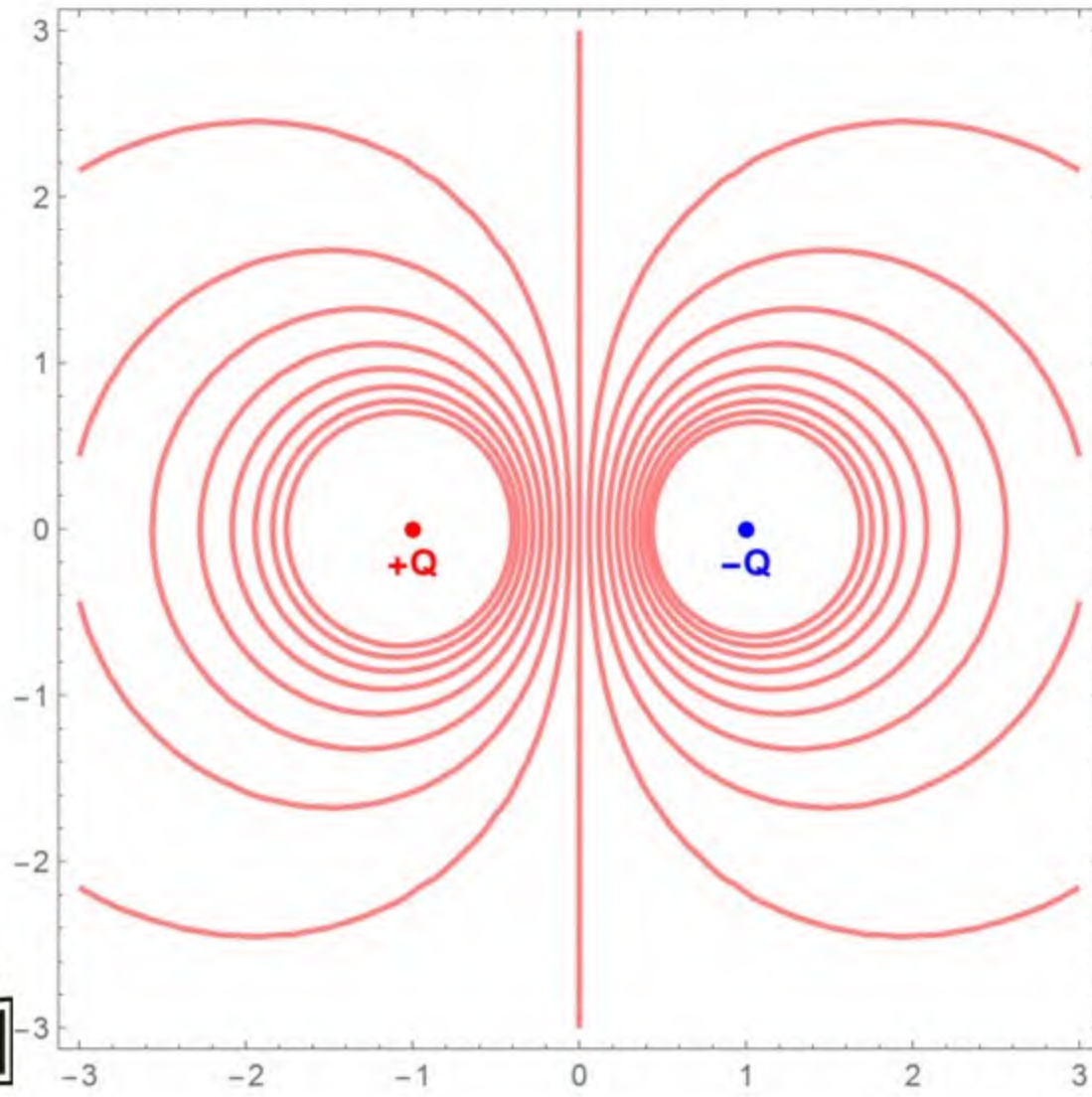
$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$$



سطوح هم پتانسیل بر خطوط میدان عمودند

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





برنامه متمتیکا برای رسم سطوح همپتانسیل دو بار نقطه‌ای

```
Q1 = +2;
Q2 = -1;
x1 = -1;
y1 = 0;
x2 = 1;
y2 = 0;
```

```
Potential[Q1_, Q2_, x1_, y1_, x2_, y2_, x_, y_] := 
$$\frac{Q1}{\sqrt{(x-x1)^2 + (y-y1)^2}} + \frac{Q2}{\sqrt{(x-x2)^2 + (y-y2)^2}};$$

```

```
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_] :=
```

$$\left(\frac{Q1 \sqrt{(x-x2)^2 + (y-y2)^2} \left(-(x-x1)(x1-x2) - (y-y1)(y1-y2) \right) - Q2 \sqrt{(x-x1)^2 + (y-y1)^2} \left((x-x2)(x1-x2) + (y-y2)(y1-y2) \right)}{\left(\sqrt{(x-x1)^2 + (y-y1)^2} \sqrt{(x-x2)^2 + (y-y2)^2} \sqrt{(x1-x2)^2 + (y1-y2)^2} \right)} \right);$$

```
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]
```

شاد و مهربان باشید

