



# به نام خدا



## مبانی فیزیک ۲

**دانشگاه علمی – کاربردی شرکت تولیدی لاستیک دنا**

مدرس:

زهرا اسدی

[zahra.asadi6640@yahoo.com](mailto:zahra.asadi6640@yahoo.com)

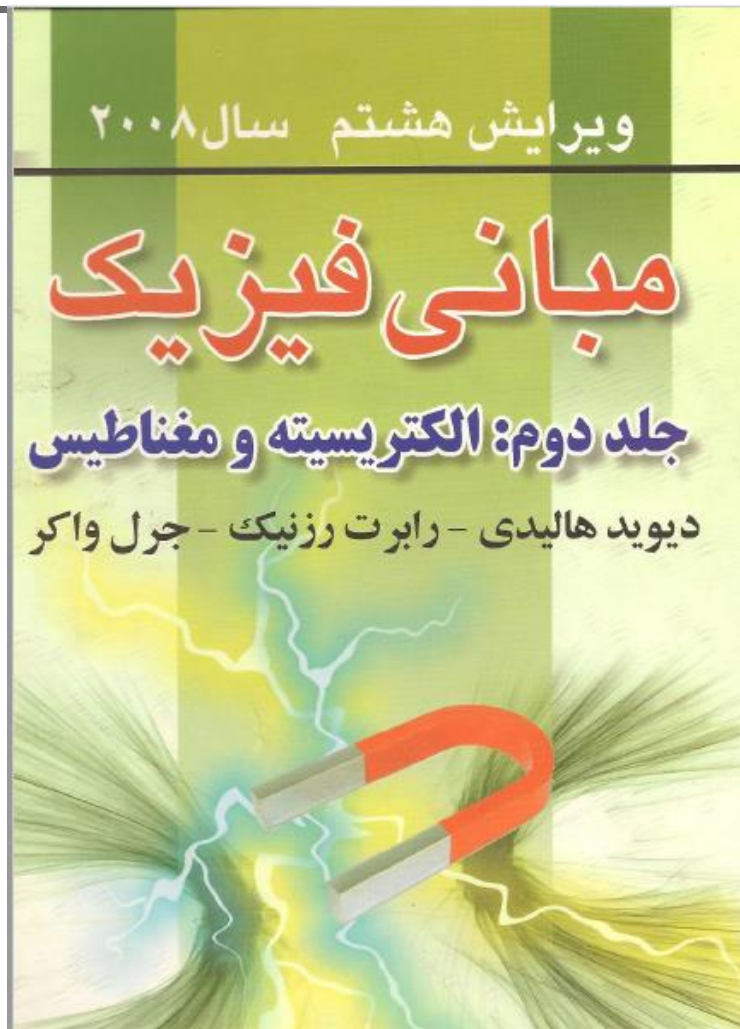
# معرفی کتاب

ویرایش هشتم سال ۲۰۰۸

## مبانی فیزیک

جلد دوم: الکتریسیته و مغناطیس

دیوید هالیدی - رابرت رزنیک - جرج واکر





# فصل چهارم: پتانسیل الکتریکی

---

- پتانسیل الکتریکی
- پتانسیل و میدان الکتریکی
- پتانسیل حاصل از یک بار نقطه ای
- گروه بارهای نقطه ای
- پتانسیل حاصل از یک دوقطبی
- انرژی پتانسیل الکتریکی
- محاسبه میدان الکتریکی با استفاده از پتانسیل الکتریکی
- رسانای عایق بندی شده

# پتانسیل الکتریکی

□ یک روش دیگر برای بدست آوردن میدان الکتریکی ، استفاده از کمیت **نرده ای پتانسیل** الکتریکی است.

□ اختلاف پتانسیل میان دو نقطه  $B, A$  در میدان الکتریکی ، برابر است **کار** لازم برای انتقال آرام ( در حال تعادل ) **واحد بار مثبت** از نقطه  $A$  به نقطه  $B$  یعنی :

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0}$$

□  $q_0$ : بار آزمون که **مثبت** است

□  $W_{AB}$ : **کار** لازم برای انتقال بار  $q_0$  از نقطه  $A$  به نقطه  $B$

□  $V_B - V_A$  **مستقل از مسیر انتقال بار** است.

# پتانسیل الکتریکی

□ اگر  $W_{AB}$  مثبت، منفی و یا صفر باشد در این صورت پتانسیل نقطه B بالاتر، پایینتر یا مساوی پتانسیل در نقطه A است.

□ یکای SI پتانسیل ژول بر کولن است (J/C) که ولت نامیده می شود.

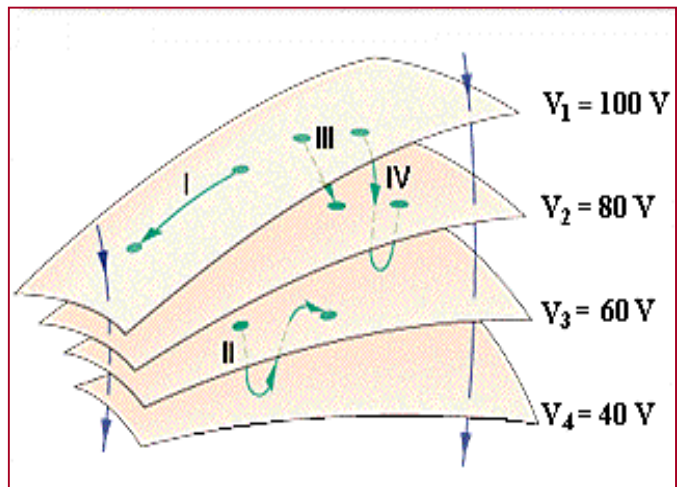
□ اگر نقطه A در بی نهایت دور از بارها دارای پتانسیل صفر تعریف شود ( $V_A=0$ ) در این صورت پتانسیل در هر نقطه :

$$V = \frac{W}{q_0}$$

□  $W$  کار لازم برای انتقال بار  $q_0$  از بی نهایت به نقطه مورد نظر است.

# پتانسیل الکتریکی

□ مکان هندسی تمام نقاط دارای پتانسیل الکتریکی یکسان، را سطح هم پتانسیل می نامند.



شکل زیر یک گروه سطوح هم پتانسیل را نشان می دهد.

□ کار لازم برای حرکت دادن بار در طول مسیرهای

□ I و II صفر است چون انتهای آنها در یک سطح هم

پتانسیل قرار دارد.

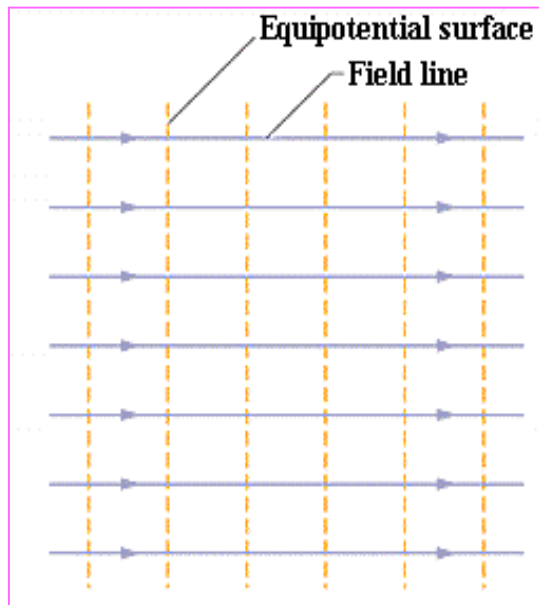
□ کار لازم برای حرکت دادن بار در طول مسیرهای III و VI صفر نیست ولی مقدار آن برای

هر دو مسیر یکسان است.

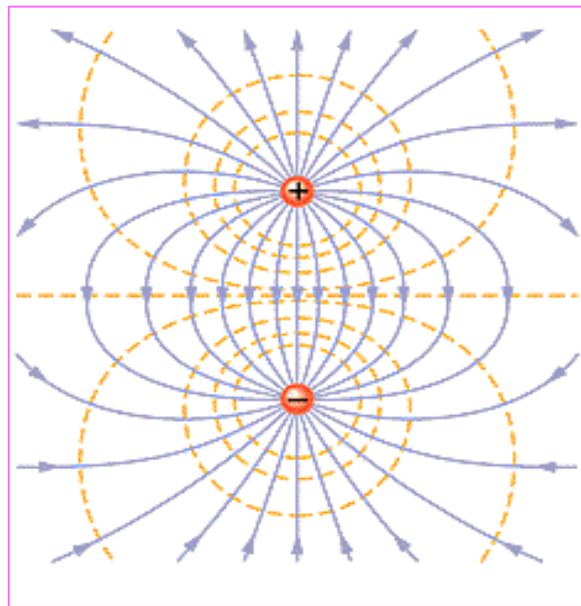
□  $V_B - V_A$  مستقل از مسیر انتقال بار است.

# پتانسیل الکتریکی

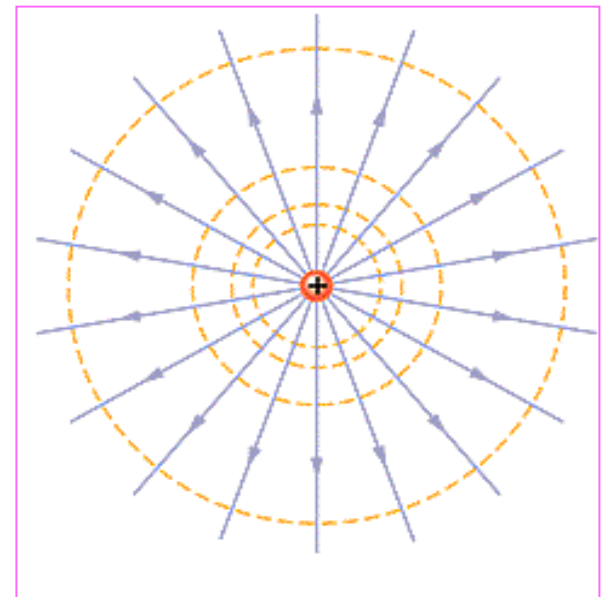
■ سطوح هم پتانسیل بر خطوط میدان عمود است. این مطلب در شکل‌های زیر نشان داده شده است.



سطوح هم پتانسیل  
در میدان یکنواخت



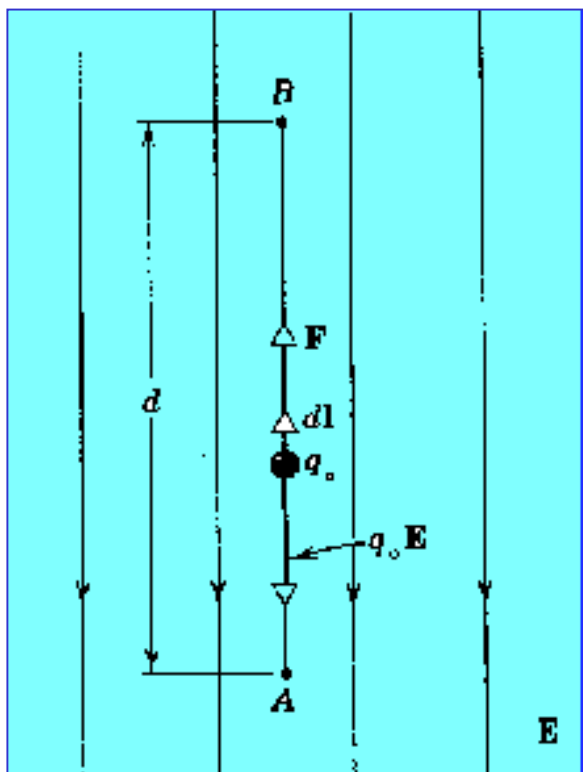
سطوح هم پتانسیل اطراف یک  
دو قطبی الکتریکی



سطوح هم پتانسیل اطراف  
یک بار نقطه ای

# پتانسیل و میدان الکتریکی

■ محاسبه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در میدان الکتریکی یکنواخت:



کار انجام شده توسط نیروی خارجی  $F$

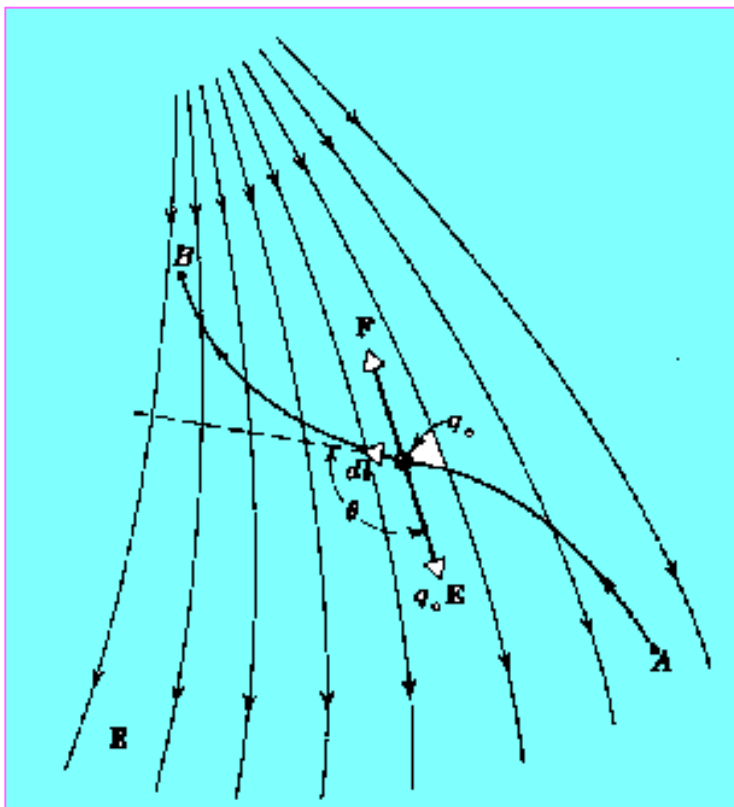
$$W_{AB} = Fd = q_0 Ed$$

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} = Ed$$



# پتانسیل و میدان الکتریکی

■ محاسبه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در یک میدان غیر یکنواخت:



$$W_{AB} = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = -q_0 \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

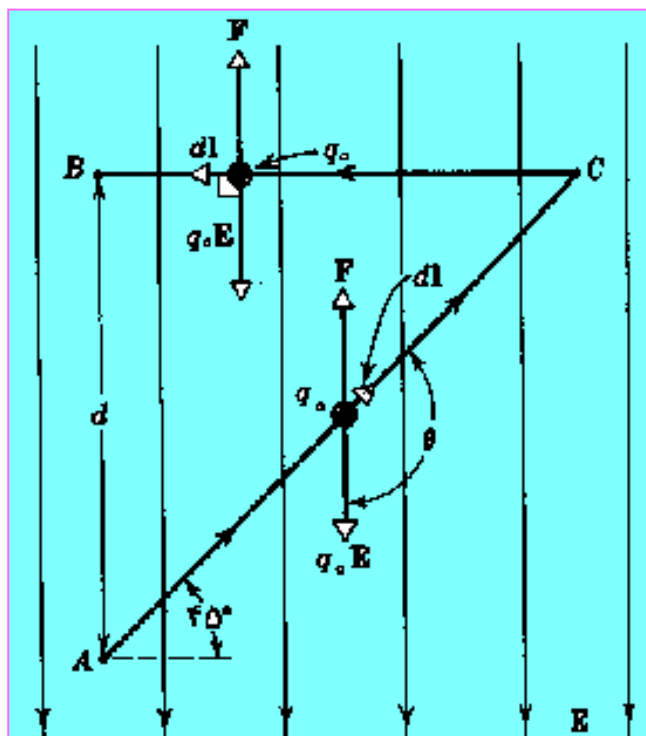
$$\mathbf{F} = -q_0 \mathbf{E}$$

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

# مثال

فرض می کنیم که بار آزمون  $q_0$  فاصله  $A$  تا  $B$  را روی مسیر نشان داده شده (بدون شتاب)

طی کند. اختلاف پتانسیل میان  $A$  و  $B$  را محاسبه کنید.



# پاسخ

برای مسیر AC،  $\theta = 135^\circ$  است.

$$V_C - V_A = - \int_A^C E \cdot dl = - \int_A^C E \cos 135 \, dl = \frac{E}{\sqrt{2}} \int_A^C dl$$

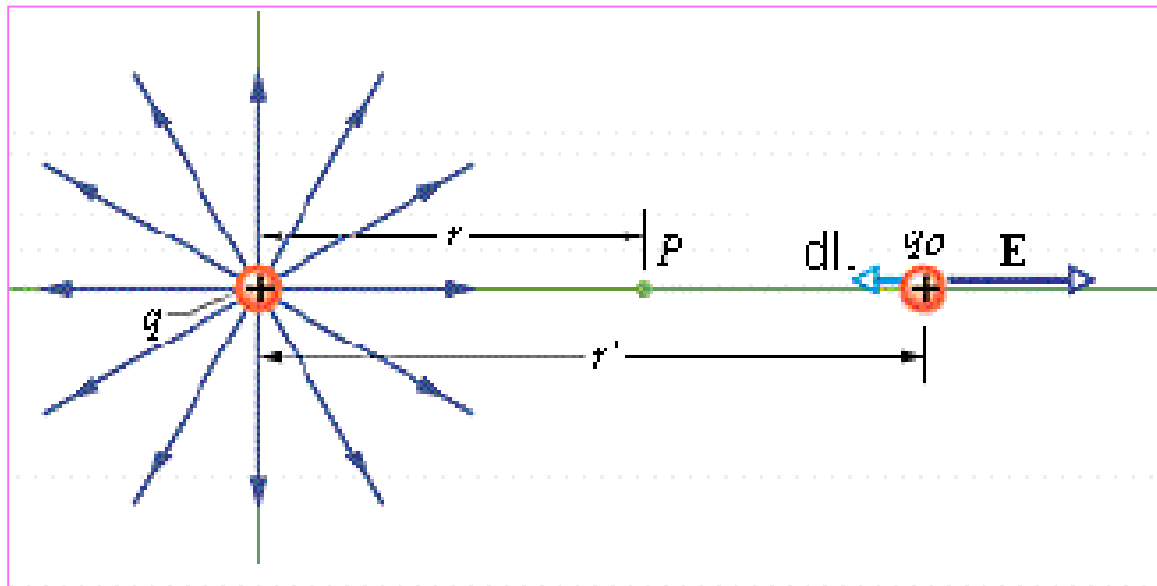
$$V_C - V_A = \frac{E}{\sqrt{2}} (\sqrt{2}d) = Ed$$

پتانسیل نقاط B و C یکسان است زیرا  $E$  و  $dl$  در تمام نقاط خط  $CD$  بر هم عمودند پس

$$V_B - V_A = V_C - V_A = Ed$$

# پتانسیل حاصل از یک بار نقطه ای

■ محاسبه پتانسیل در فاصله  $r$  از یک نقطه بار نقطه ای  $q$



# پتانسیل حاصل از یک بار نقطه ای

$$E \cdot dl = E \cos 180 \, dl = -E \, dl$$

$$dl = -dr \longrightarrow E \cdot dl = E \, dr$$

$$V_B - V_A = - \int_{r_A}^{r_B} E \cdot dl = - \int_{r_A}^{r_B} E \, dr$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

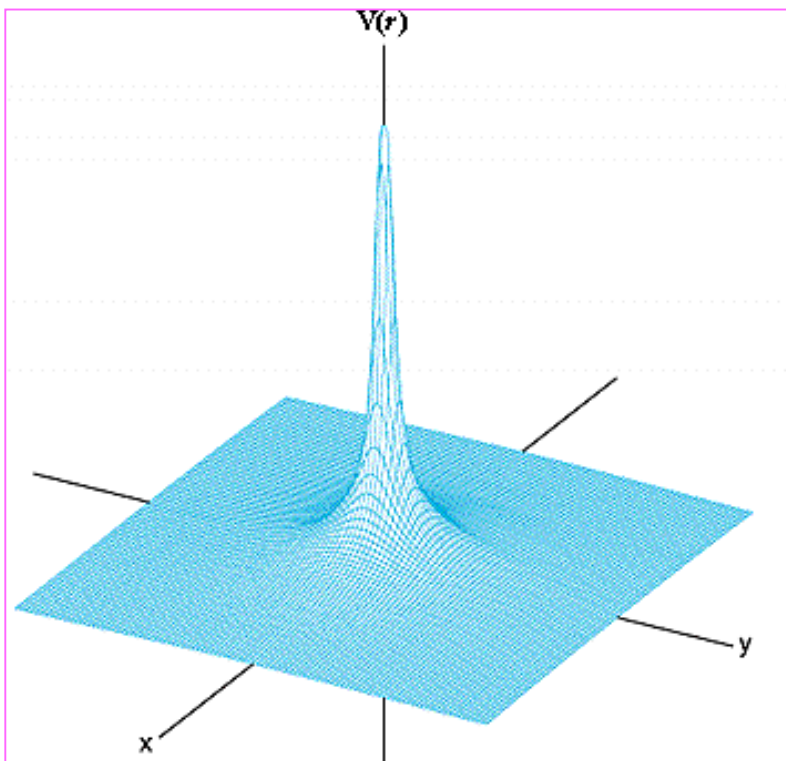
$$V_B - V_A = - \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_A}^{r_B} \frac{dr}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{q}{r_B} - \frac{q}{r_A} \right)$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

با انتخاب نقطه مرجع A در بینهایت و  $V_A = 0$

# پتانسیل حاصل از یک بار نقطه ای

□ اگر بار  $q$  منفی باشد پتانسیل منفی است و بالعکس.



□ پتانسیل سه بعدی اطراف بار نقطه ای:

## مثال

پتانسیل الکتریکی در سطح هسته طلا چقدر است؟ شعاع هسته طلا  $6.6 \text{ fm}$  و عدد اتمی آن ۷۹ است.

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

$$V = 9 \times 10^9 \frac{79 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.6 \times 10^{-15}} = 1.7 \times 10^7 \text{ V}$$



# گروه بارهای نقطه ای

- پتانسیل حاصل از یک مجموعه بارهای نقطه ای در هر نقطه از فضا برابر است با جمع جبری پتانسیل های تک تک بارها در آن نقطه :

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$$





# گروه بارهای نقطه ای

□ اگر توزیع بار به جای نقطه ای پیوسته باشد عمل جمع به انتگرالگیری تبدیل میشود :

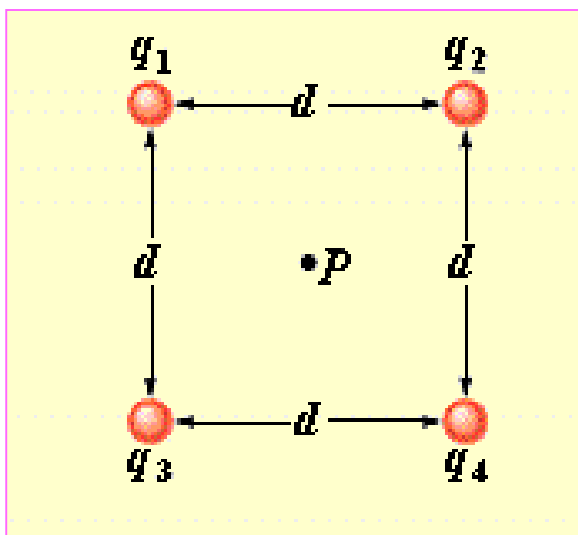
$$V = \int dV = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r}$$

□ که در آن  $dq$  یک جزء دیفرانسیلی از توزیع بار و  $r$  فاصله آن جزء بار تا نقطه ای است که پتانسیل باید محاسبه شود.

# مثال

چهار بار  $q_1 = 1 \times 10^{-8} \text{ C}$  و  $q_2 = -2 \times 10^{-8} \text{ C}$  و  $q_3 = 3 \times 10^{-8} \text{ C}$  و  $q_4 = 2 \times 10^{-8} \text{ C}$  در

گوشه های یک مربع به ضلع  $1 \text{ m}$  قرار دارند پتانسیل در مرکز مربع چقدر است ؟



فاصله  $r$  هر بار از  $p$ ، مساوی با  $a/\sqrt{2}$  با  $0.71$  متر است.

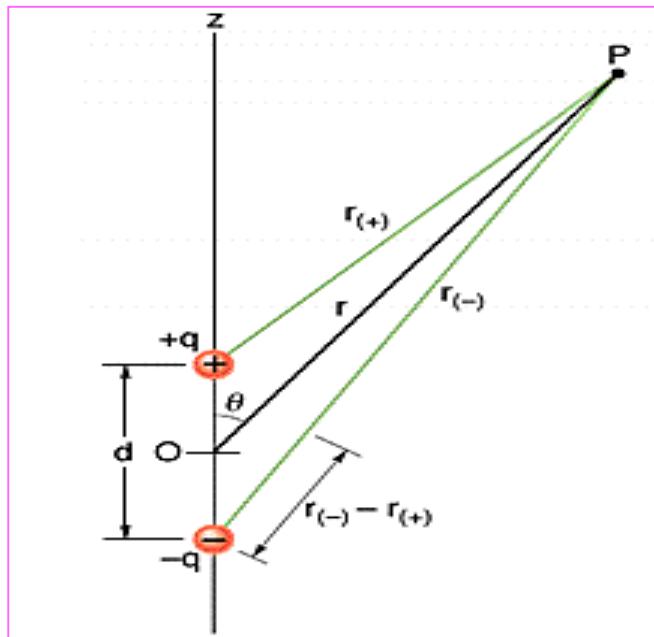
$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{r} = 9 \times 10^9 \frac{(1 - 2 + 3 + 2) \times 10^{-8}}{0.71} = 500 \text{ V}$$

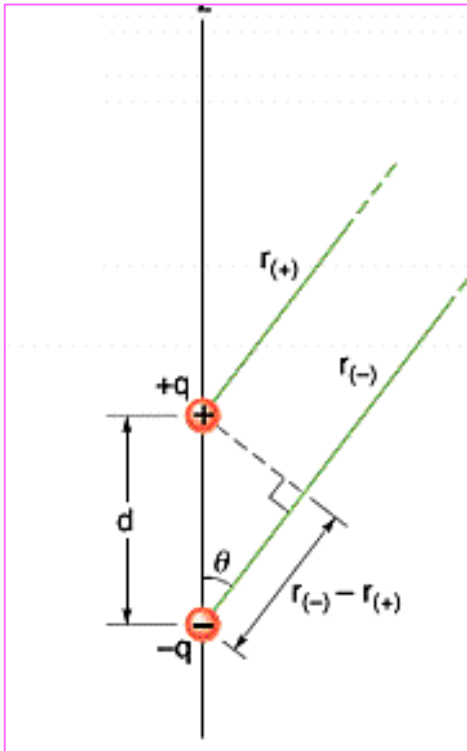
# پتانسیل حاصل از یک دو قطبی

■ پتانسیل حاصل از یک دو قطبی در نقطه ای بسار دور از دو قطبی را

محاسبه کنید:



# پتانسیل حاصل از یک دوقطبی



$$V = \sum_{i=1}^2 V_i = V_{(+)} + V_{(-)} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{q}{r_{(+)}} + \frac{-q}{r_{(-)}} \right)$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{r_{(-)} - r_{(+)}}{r_{(-)}r_{(+)}}$$

$$r_{(-)} - r_{(+)} \approx d \cos \theta$$

$$r_{(-)}r_{(+)} \approx r^2$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{d \cos \theta}{r^2}$$

$$p = qd$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos \theta}{r^2}$$



# انرژی پتانسیل الکتریکی

---

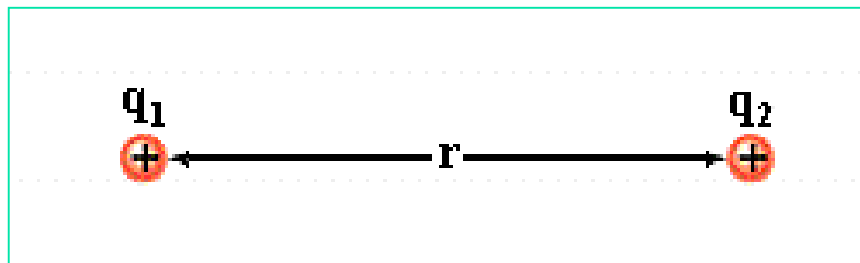
□ انرژی پتانسیل الکتریکی دستگاهی از بارهای نقطه ای برابر است با: کار لازم

برای گرد آوری این بارها با آوردن آنها از بی نهایت به نقاط مورد نظر

□ انرژی پتانسیل کمیتی اسکالر است و بر حسب ژول اندازه گیری می شود

# انرژی پتانسیل الکتریکی

■ انرژی پتانسیل دو بار الکتریکی  $q_1, q_2$  در فاصله  $r$  از یکدیگر:



$$U = W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$



# انرژی پتانسیل الکتریکی

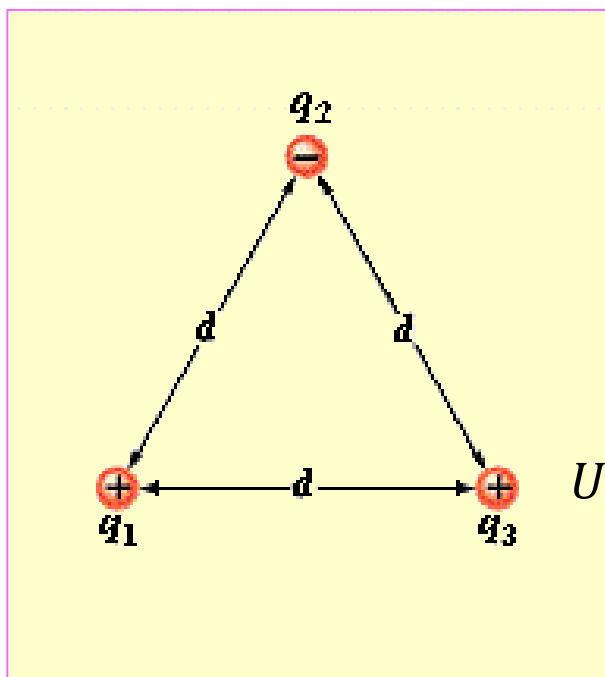
---

- برای محاسبه انرژی پتانسیل دستگاههایی که شامل بیشتر از دو بارند:
- انرژی پتانسیل هر زوج بار را بطور جداگانه محاسبه کرده و آنها را با هم جمع می کنیم.
- در محاسبه انرژی پتانسیل و پتانسیل الکتریکی علامت بار باید به حساب آید.

# مثال

سه بار الکتریکی  $q_1 = q$  ,  $q_2 = -4q$  ,  $q_3 = 2q$  در گوشه های یک مثلث به ضلع  $12\text{cm}$  قرار

دارند . انرژی پتانسیل متقابل آنها چقدر است ؟



$$U = U_{12} + U_{13} + U_{23}$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_3}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_3}{r}$$

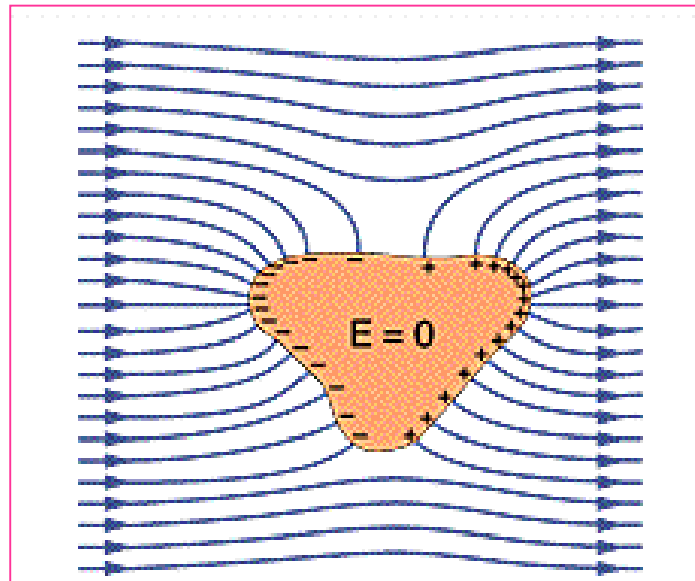
$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{(+q)(-4q)}{d} + \frac{(+q)(+2q)}{d} + \frac{(-4q)(+2q)}{d} \right)$$

$$U = -1.7 \times 10^{-2} \text{ J} = -17 \text{ mJ}$$



# رسانای عایق بندی شده

- اگر یک جسم رسانا در میدان الکتریکی قرار گیرد الکترونها طوری توزیع می گردند که **میدان در داخل آن صفر** گردد.



# رسانای عایق بندی شده

■ در زیر نشان می‌دهیم که چون **میدان الکتریکی** در شرایط الکتروستاتیک در

نقاط داخل یک جسم رسانا **صفر** است **پتانسیل الکتریکی** در تمام نقاط آن **ثابت** است.

**اثبات:** اگر  **$\mathbf{i}$**  و  **$\mathbf{f}$**  دو نقطه اختیاری داخل جسم رسانا باشد و مسیر انتگرالگیری نیز

داخل جسم رسانا باشد.

$$V_B - V_A = - \int_i^f E \cdot dl$$

$$E = 0$$

$$V_B - V_A = 0$$

$$V_B = V_A$$



---

اگر میخواهید خوشبخت باشید زندگی را به یک هدف  
گره بزنید نه به آدم ها و اشیاء

**البرت انیشتین**