



به نام خدا



مبانی فیزیک ۲

دانشگاه علمی – کاربردی شرکت تولیدی لاستیک دنا

مدرس:

زهرا اسدی

zahra.asadi6640@yahoo.com

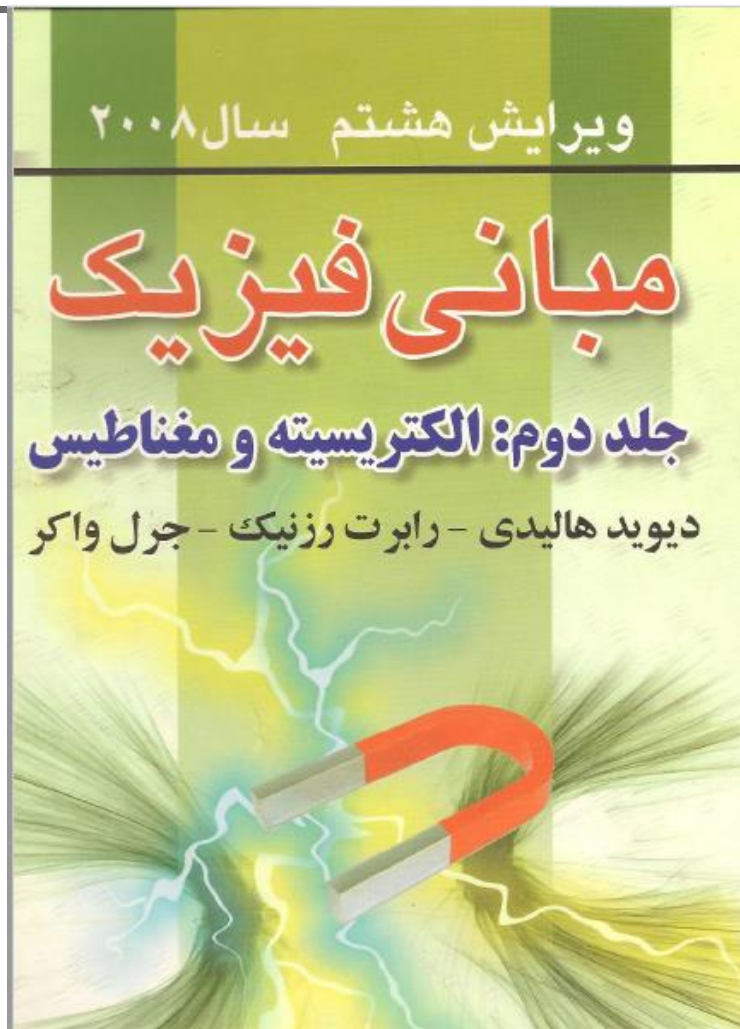
معرفی کتاب

ویرایش هشتم سال ۲۰۰۸

مبانی فیزیک

جلد دوم: الکتریسیته و مغناطیس

دیوید هالیدی - رابرت رزنیک - جرج واکر





فصل اول: بار الکتریکی

- بار الکتریکی
- رساناها و نارساناها
- قانون کولن
- بار الکتریکی کوانتیده است
- بار پایسته است

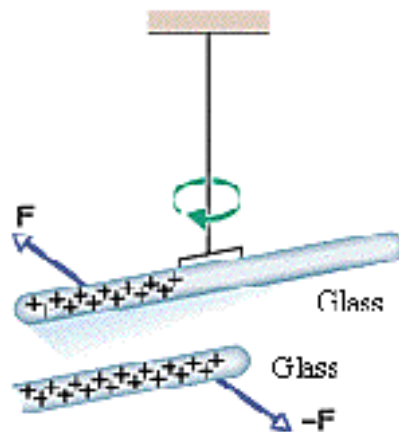


فیزیک چیست؟

- شما در احاطه وسایلی هستید که به فیزیک الکترومغناطیس وابسته اند.
- این فیزیک بنیان رایانه ها، تلویزیون، رادیو، ارتباطات مخابراتی و روشنایی خانه ها است.
- مبدا علم **الکتریسیته** به مشاهده معروف **تالس** در ده ها سال قبل از میلاد برمی گردد که متوجه شد تکه کهربای مالش داده شده خرده های کاه را می رباید.
- مبدا علم **مغناطیس** به مشاهده این واقعیت بر می گردد که بعضی سنگها به طور طبیعی **آهن را جذب** می کنند.
- **تلفیق** دو علم **الکتریسیته و مغناطیس** به **اورستد** بر می گردد که مشاهده کرد عقربه قطب نما در مجارت جریان الکتریکی منحرف میگردد.

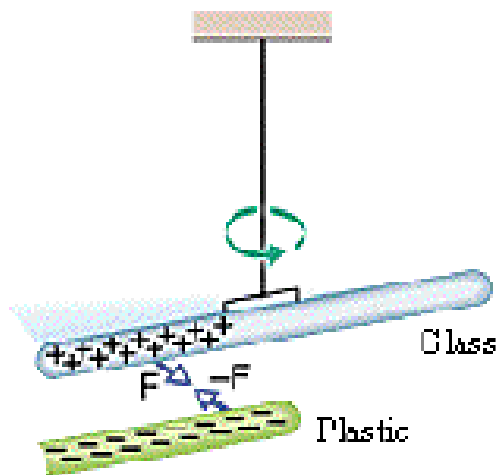
بار الکتریکی

- با آزمایشهای زیر می توان نشان داد که دو نوع بار الکتریکی مثبت و منفی وجود دارد:
- الف) دو میله شیشه ای مالش داده شده با ابریشم یکدیگر را می رانند



بار الکتریکی

- (ب) اگر میله پلاستیکی مالش داده شده با پوست خز را به میله شیشه ای مالش داده شده به ابریشم نزدیک کنیم یکدیگر را جذب می کنند.



پس: بارهای هم نام یکدیگر را میرانند و بارهای غیر همنام یکدیگر را جذب می کنند.



بار الکتریکی

- بنجامین فرانکلین نوع الکتریسیته ظاهر شده بر روی **شیشه** را **مثبت** و بر روی **پلاستیک** را **منفی** نامید.
- هر ماده در حالت **خنثی**، دارای تعداد **مساوی بار مثبت و منفی** است
- ماده دارای بار **منفی**، **افزایش** الکترون
- ماده دارای بار **مثبت**، **کاهش** الکترون



رساناها و نارساناها

- در **رساناها** بارهای الکتریکی **آزادانه** حرکت می کنند در صورتی که در نارساناها بار الکتریکی آزاد بسیار کم است.
- **حاملهای بار** در فلزات **الکترون های** آزاد هستند.
- آن دسته از مواد که از نظر هدایت الکتریکی **بین رساناها و نارساناها** قرار می گیرند **نیمرسانا** نامیده می شوند.

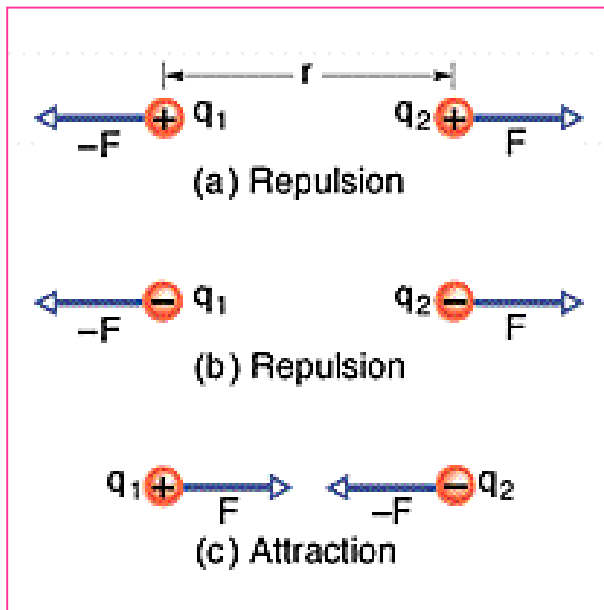


رساناها و نارساناها

- رسانا: فلزات مثل نقره، مس و طلا
- نارسانا: کائوچو، پلاستیک (دسته وسایل رسانا) ، چوب
- نیم رسانا: ژرمانیوم، سیلیسیوم در تراشه های رایانه ای
- ابر رساناها: رساناهای کاملی هستند که بار را بدون هیچ مقاومتی انتقال می دهند.

قانون کولن

- **کولن** نشان داد که اگر دو بار الکتریکی نقطه ای q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار داشته باشند بر **یک دیگر نیرو** وارد می کنند که اندازه آن:



$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

قانون نیوتن

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

قانون کولن

■ ϵ_0 نفوذ پذیری الیگتریکی خلا است و مقدار آن و مقدار آن :

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2.$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2.$$

■ نیرویی که دو ذره بار دار بر یکدیگر وارد می کنند مساوی و در خلاف جهت یکدیگر و در امتداد خط واصل دو بار است.

مثال:

■ بزرگی نیروی الکترواستاتیک میان دو یون همسان که به فاصله 1×10^{-10} متر هم قرار دارند، برابر 3.7×10^{-9} نیوتن است. بار هر یون چقدر است؟

■
$$F = \frac{kqq}{r^2}$$

$$q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 10^{-10} \sqrt{\frac{3.7 \times 10^{-9}}{9 \times 10^9}} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

قانون کولن

■ اگر بیش از دو بار داشته باشیم و به خواهیم مثلاً نیروی وارد بر بار q_1 به دست آوریم ، نیروی وارد از هریک از بارها را بر بار q_1 رسم کرده و آنها را با یکدیگر جمع برداری میکنیم :

■
$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \dots$$

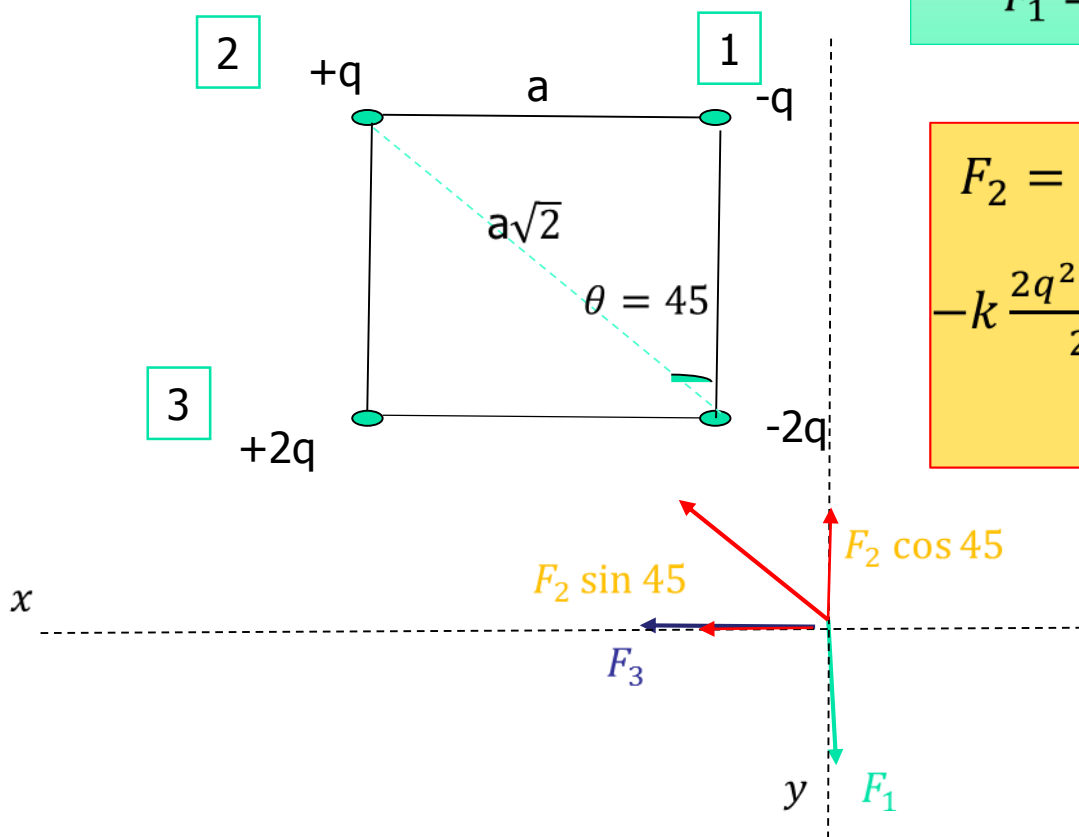
مثال

در شکل زیر نیروی وارد بار $-2q$ از طرف بارهای دیگر چقدر است؟

$$F_1 = -k \frac{2q^2}{a^2} \hat{j}$$

$$F_3 = -k \frac{4q^2}{a^2} \hat{i}$$

$$F_2 = -F_2 \sin 45 \hat{i} + F_2 \cos 45 \hat{j} = -k \frac{2q^2 \sin 45}{2a^2} \hat{i} + k \frac{2q^2 \cos 45}{2a^2} \hat{j}$$



$$F_1 = -k \frac{2q^2}{a^2} \hat{j}$$

$$F_3 = -k \frac{4q^2}{a^2} \hat{i}$$

$$F_2 = -F_2 \sin 45^\circ \hat{i} + F_2 \cos 45^\circ \hat{j} =$$

$$-k \frac{2q^2}{2a^2} \frac{\sqrt{2}}{2} \hat{i} + k \frac{2q^2}{2a^2} \frac{\sqrt{2}}{2} \hat{j}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = k \frac{q^2}{a^2} \left[\left(-4 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \hat{i} + \left(-2 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \hat{j} \right]$$



بار الکتریکی کوانتیده است

- آزمایش نشان می دهد که هر بار الکتریکی **کوانتیده** است یعنی مضرب درستی از بار یک الکترون است:

$$q = ne, \quad n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

بار و ماده

- ماده ترکیبی از سه نوع ذره، پروتون، نوترون، و الکترون است که خواص و جرم این ذرات در جدول آمده است:

ذره	نماد	بار	جرم
پروتون	p	$+e$	$1.6726285 \times 10^{-27} \text{kg}$
نوترون	n	0	$1.6749273 \times 10^{-27} \text{kg}$
الکترون	e^{-}	$-e$	$9.109534 \times 10^{-31} \text{kg}$

مثال

■ فاصله بین الکترون و پروتون در اتم هیدروژن در حدود 5.3×10^{-11} متر است. بزرگی نیروی (الف) الکتریکی (ب) گرانشی بین این دو ذره را به دست آورید؟

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 8.1 \times 10^{-8} N$$

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \frac{(9.1 \times 10^{-31})(1.7 \times 10^{-27})}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 3.7 \times 10^{-47} N$$

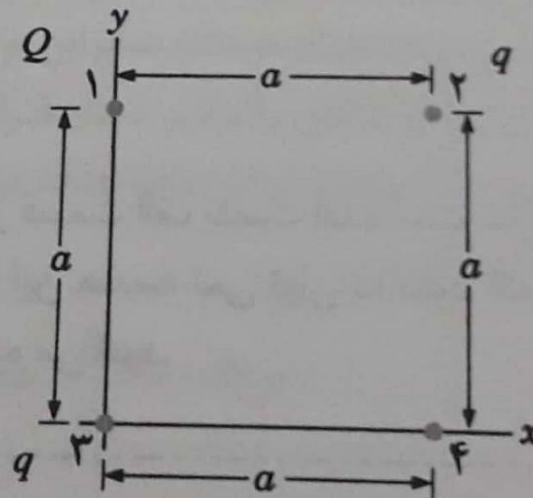


بار پایسته است

- بار الکتریکی موجود در جهان پایسته است.
- با مالش دادن دو جسم بار الکتریکی از بین نمی رود تنها از یک جسم به جسم دیگر منتقل می شود.
- از قانون پایستگی بار در فرایندهای هسته ای زیاد استفاده میشود.

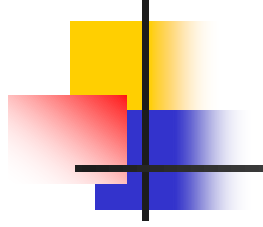
تمرین ۱

★★★ در شکل زیر، چهار ذره را در چهار رأس یک مربع نشان داده‌ایم. بارهای این چهار ذره عبارت‌اند از $q_1 = q_4 = Q$ و $q_2 = q_3 = q$ (الف) اگر نیروی الکتروستاتیکی برآید وارد بر ذره‌های ۱ و ۴ برابر صفر باشد، نسبت q/Q چقدر است؟ (ب) آیا برای q می‌توان مقداری یافت که به ازای آن نیروی الکتروستاتیکی وارد بر هر چهار ذره برابر صفر شود؟ (به مثال ??? مراجعه شود)



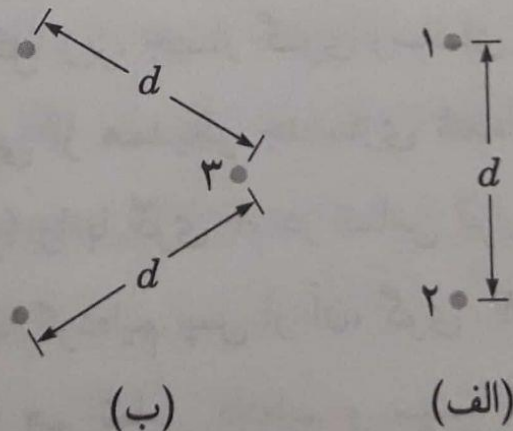
شکل مسأله ۸ الف

حل



تمرین ۲

★★۱۳ در شکل زیر الف، ذره های ۱ و ۲ را در حالی در فاصله $d = ۱,۵۰\text{ m}$ جدای از هم نگه داشته ایم که بار الکتریکی هریک برابر $۲۰,۰\text{ }\mu\text{C}$ است. (الف) اندازه نیروی الکتروستاتیکی وارد بر ذره ۱ بر اثر ذره ۲ چقدر است؟ در شکل زیر ب، ذره ۳ را با بار الکتریکی $۲۰,۰\text{ }\mu\text{C}$ چنان قرار داده ایم که مثلث متساوی الاضلاعی ساخته شده است. (ب) اندازه نیروی الکتروستاتیکی برآیند وارد بر ذره ۱ بر اثر ذره های ۲ و ۳ چقدر است؟

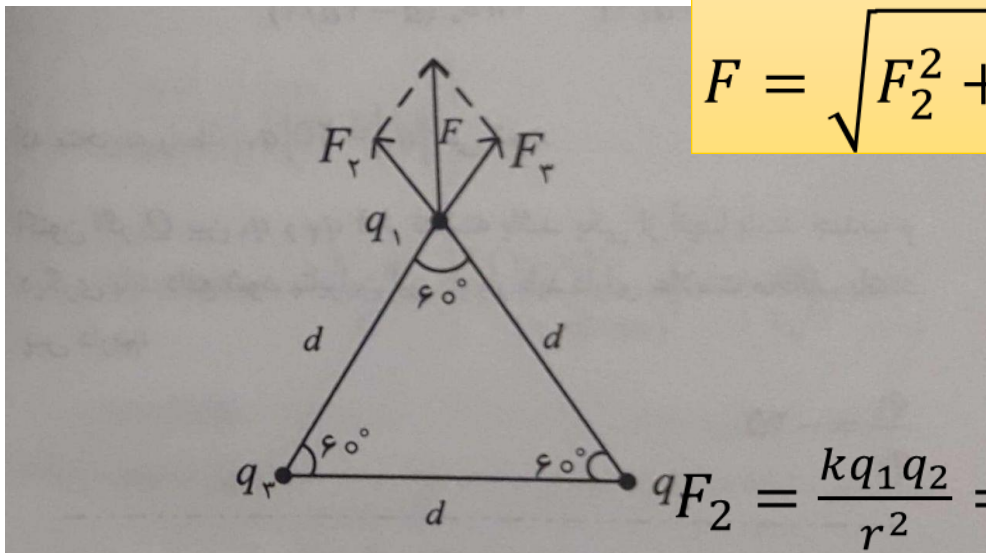


شکل مسأله ۱۳ الف و ب

حل

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(20 \times 10^{-6})^2}{1.5^2} = 1.6 \text{ N}$$

الف ■



$$F = \sqrt{F_2^2 + F_3^2 + 2F_2F_3\cos\theta}$$

ب ■

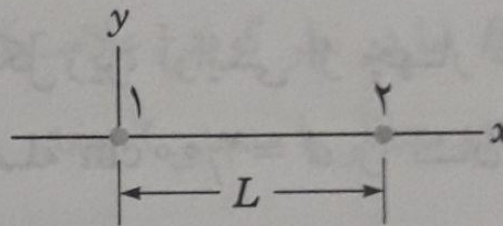
$$F_2 = F_3$$

$$F = 2F_2\cos\frac{\theta}{2}$$

$$F_2 = \frac{kq_1q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(20 \times 10^{-6})^2}{1.5^2} = 1.6 \text{ N}$$

تمرین ۳

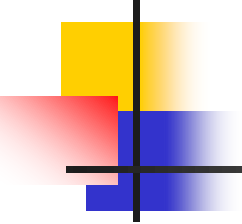
۱۹★★ در شکل زیر، ذره ۱ به بار $+q$ و ذره ۲ به بار $+4,00q$ به فاصله $L = 9,00 \text{ cm}$ از یکدیگر در روی محور x نگه داشته شده‌اند. اگر بنا باشد ذره ۳ با بار q_3 را در جایی قرار بدهیم که هر سه ذره پس از رها شدن در جای خود باقی بمانند، مختصه‌های (الف) x و (ب) y ذره ۳، و (ج) نسبت q_3/q چقدر باید باشد؟



شکل مسأله ۱۹

تمرین ۴

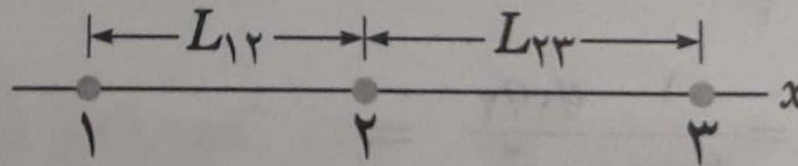
■ برای آنکه سکه ای را به اندازه 1×10^7 کولن باردار کنیم، چه تعداد از الکترونهای سکه باید از آن خارج شود؟



$$\blacksquare \quad n = \frac{|q|}{e} = \frac{1 \times 10^{-7} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6.25 \times 10^{11} \quad \blacksquare$$

تمرین ۵

★★۱۱ در شکل زیر، سه ذره باردار روی محور x قرار دارند. ذره‌های ۱ و ۲ در سر جای خودشان ثابت شده‌اند. ذره ۳ آزادی حرکت دارد، ولی نیروی الکتروستاتیکی برآیند وارد بر آن از طرف ذره‌های ۱ و ۲ برابر صفر شده است. در صورتی که $L_{۲۳} = L_{۱۲}$ باشد، نسبت $q_۱/q_۲$ چقدر است؟



جریان الکتریکی

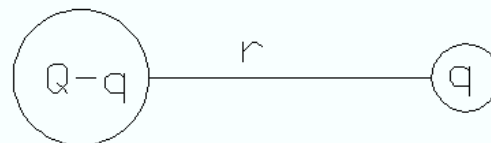
- $i = \frac{dq}{dt}$

- $A = \frac{C}{s}, \text{ آمپر} = \frac{\text{کولن}}{\text{ثانیہ}}$

مثال

- بار Q را چنان به دو بار q و $(Q-q)$ تقسیم کرده ایم که نیروی وارد بین آنها به ازای فاصله معلوم به بیشینه می رسد . مقدار q را به دست آورید .

$$F = \frac{K(Q - q)(q)}{r^2}$$



$$\frac{dF}{dq} = 0$$

شرط بیشینه بودن نیرو به ازای r ثابت :

$$-1 \times \left(\frac{kq}{r^2} \right) + 1 \left(\frac{k(Q - q)}{r^2} \right) = 0$$

$$\frac{k}{r^2} (-q + Q - q) = 0$$

$$2q = Q$$

$$q = Q/2$$



**قدر زمان حال را بدانید که گذشته بر نمی‌گردد و
آینده شاید نیاید.**

گاليله