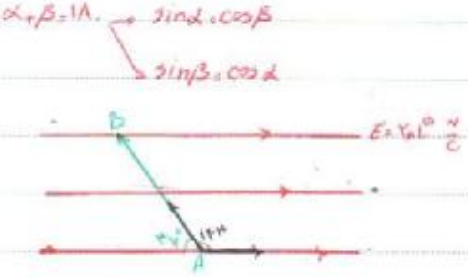
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

نکته: هر وقتی بار الکتریکی در جهت F_E حرکت کند مولد سلفی بوده و انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد و $\Delta U < 0$ است

ولی اگر بار الکتریکی خلاف F_E حرکت کند مولد ذخیره‌کننده یا اصطلاحی بوده و انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد و $\Delta U > 0$ است

مثال: در شکل زیر $V_A - V_B$ چند ولت است؟ $d = 20\,cm$



$\alpha + \beta = 180 \rightarrow \sin\alpha = \cos\beta$

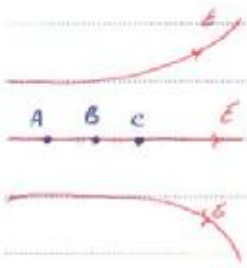
$\sin\beta = \cos\alpha$

$\Delta V = -E \cdot d \cdot \cos\alpha = -200 \times 0.2 \times 0.8 = -32 = -3.2 \times 10^{1}$

$V_B - V_A = 3.2 \times 10^{1} \rightarrow V_A - V_B = -3.2 \times 10^{1}$

تذکر: یادمان باشد اختلاف پتانسیل بین دو نقطه به نوع بار جابه‌جا شده بستگی ندارد

مثال: در شکل زیر $AB = CB$ در این صورت $V_A - V_B$ را با $V_B - V_C$ مقایسه کنید



$V_A - V_B = -E_{AB} \cdot d \cdot \cos 180^\circ$

$V_B - V_C = -E_{BC} \cdot d \cdot \cos 180^\circ$

$\rightarrow V_A - V_B > V_B - V_C$

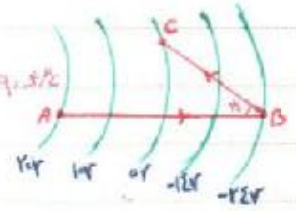
چون $E_{AB} > E_{BC}$ به خاطر تراکم میدان

تذکر: اگر در سؤال بگوید اختلاف پتانسیل (ΔV) چقدر است منظور قدر مطلق است ولی اگر نوشت $\Delta V = V_2 - V_1$ دیگر قدر مطلق نیست. یعنی ممکن است مثبت یا منفی است ولی جواب از پیش از نظر علامت تا پیش بینی است. همگام هم جهت خطوط میدان یعنی پتانسیل کاهش می‌یابد

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: در شکل زیر مقادیر خواسته شده را محاسبه کنید. $A \to B = 6cm$ $B \to C = 12cm$



الف) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی

$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = -E.d.\cos\alpha_E$

$+۸۰\mu J$

ب) کار میدان الکتریکی از A تا C

$\Delta V_{C-A} = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow 0-۲۵ = \frac{\Delta U}{-۲}$

$-۸۰\mu J$

$\Delta U = +۸۰\mu J \Rightarrow W_E = -\Delta U \Rightarrow W_E = -۸۰\mu J$

تذکر: توجه داریم که اختلاف پتانسیل و اختلاف انرژی پتانسیل به مسیر حرکت بستگی ندارد و اختلاف پتانسیل به نوع بار هم بستگی ندارد

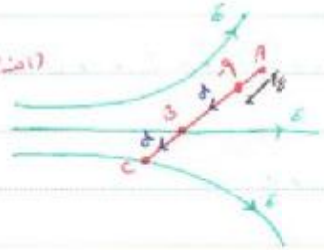
ولی اختلاف انرژی پتانسیل به نوع بار بستگی دارد بطوری که اگر $q>0$ باشد نقطه A از نظر عددی مثبت V است و اگر $q<0$ باشد

نقطه A از نظر عددی منفی V است.

تذکر: جهت میدان همیشه از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر است

مثال: در شکل زیر میدان نقاط A و B و C و پتانسیل این نقاط و انرژی پتانسیل این نقاط را با ذکر دلیل مقایسه کنید

(الف)

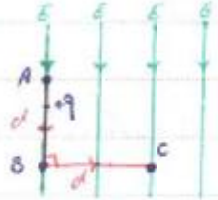


$E_C > E_B > E_A$ ← تمام خطوط میدان

$V_C > V_B > V_A$ ← خطوط میدان همواره از پتانسیل بیشتر به کمتر میروند ← از A به C حرکت میکنیم

$U_C < U_B < U_A$ ← هرگاه حرکت در جهت خطوط میدان باشد انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد

(ب)



$E_B = E_A = E_C$

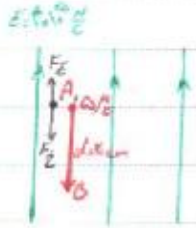
$V_A > V_B = V_C$ ← چرا؟ چون روی یک خط هم پتانسیل است

$U_A > U_B = U_C$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

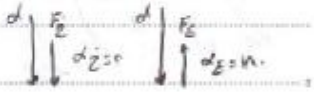
Subject
Date

مثال: ذره‌ای به بار الکتریکی q را از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B می‌آوریم و سرعت ثابت است. در این صورت کار میدان هم‌چنین کار عامل خارجی و هم‌چنین اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ی A و B را حساب کنید.



$\Delta K = W_E + W_E = W_E$

$W_{خارجی} = -W_E = \Delta U = q\Delta V$



$W_E = F_E \cdot d \cdot \cos\alpha = E \cdot q \cdot d \cdot \cos 180 = -E \cdot d \cdot q \Rightarrow W_E = -24\,j \quad W_E = 24\,j \quad \Delta U = 24\,j$

$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{24}{0.01} \quad \Delta V = 8000\,V$

مثال: بار الکتریکی $q = +mC$ از پایانه‌ی مثبت باطری به پایانه‌ی منفی باطری برده می‌شود. اگر اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های باطری $1.5\,V$ باشد تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی چند mj و چگونه است؟ انرژی آزاد شده یا انرژی ذخیره شده؟

$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow -1.5 = \frac{\Delta U}{10^{-3}} \Rightarrow \Delta U = -1.5\,mj$

نکته: رابطه‌ی دوم اختلاف پتانسیل دو سر باطری $1.5\,V$ است یعنی $-V_2 + V_1 = 1.5$ ولی وقتی می‌نویسیم $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ در اینجا منظور از ΔV همان $V_2 - V_1$ است. مثلاً اگر بار از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی برود در رابطه‌ی بالا می‌نویسیم $\Delta V = -1.5$

تعریف پتانسیل: اگر یک کولن بار از بینهایت (∞) به نقطه‌ی A منتقل شود تغییر انرژی پتانسیل آن همان پتانسیل نقطه‌ی A است.

مثال: اگر یک کولن بار از پایانه‌ی منفی باطری به پایانه‌ی مثبت باطری برده شود و $1.5\,J$ کار انجام شود می‌توان گفت اختلاف پتانسیل دو سر باطری $1.5\,V$ است و اگر بعداً از پایانه‌ی منفی بگذریم می‌توان گفت پتانسیل پایانه‌ی مثبت $1.5\,V$ است.

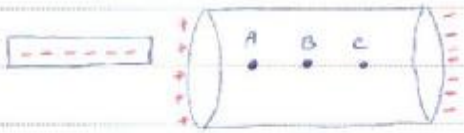
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

نکته: حاصل ضرب بار الکتریکی اختلاف پتانسیل است و اگر بار q در میدان الکتریکی حرکت کند از پتانسیل بیشتر به کمتر حرکت می‌کند.

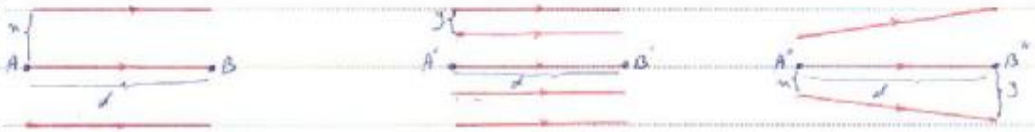
و اگر بار q در میدان الکتریکی حرکت کند از پتانسیل کمتر به بیشتر حرکت می‌کند.

مثال: در شکل زیر پتانسیل الکتریکی سیمی رسانا در نقاط A و B و C را با یکدیگر مقایسه کنید.



چون بار رسانا ساکن است بار ضمنا در بین نقاط سیم اختلاف پتانسیل وجود ندارد پس ← $V_A = V_B = V_C$

مثال: شکل زیر سه آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش یک پروتون از حالت سکون از کدام نقطه‌ی A، A' یا A'' و در کدام نقطه‌ی B، B' یا B'' رها می‌شود. اگر $E_{A'} = E_{A''} > E_A = E_B$ باشد چه ارتباطی بین سرعت پروتون در نقطه‌ی B، B' و B'' برقرار است؟



$\Delta K = -\Delta U = W_E = |E.q.d| \cos\alpha$

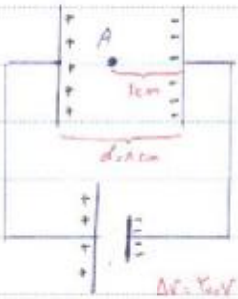
$\alpha = 0$

$V_{B'} > V_{B''} > V_B$

نکته: برای این مثال هر مسیری که میان نقطه‌ی A داشته باشد تغییر سرعت یکسان و به یک اندازه

سرعت یکسانی خواهد داشت

مثال: در شکل زیر میدان الکتریکی در نقطه‌ی A چند $\frac{V}{m}$ است؟



$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{200}{0.01}$

$E = 20000 \frac{N}{C}$ ← E_A

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

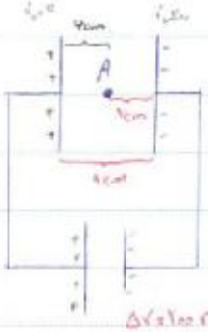
مثال ۳: در شکل زیر اگر سیم ... شده باشد و این صورت پتانسیل نقطه A را حساب کنید.

$\Delta V = 2\times10^{2}$

2×10^{4}	8 cm
x	1 cm

$\Rightarrow x = 0.2$

مثال ۴: در شکل زیر اگر سیم ... باشد پتانسیل نقطه A چند ولت است؟

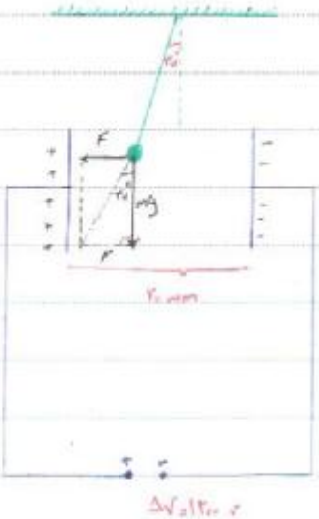


$\Delta V = 1\times10^{2}$

8 cm	-2×10^{4}
4 cm	x

$\Rightarrow x = -1.6\times10^{4}$

مثال ۵: در شکل زیر اندازه و نوع بار گلوله را تعیین کنید. [m=0.1g]



$\tan 37^\circ = \frac{F}{mg} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{F}{10^{-4}\times10} \Rightarrow F = \frac{10}{4}\times10^{-3}\ N$

$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{1.2\times10^{2}}{3\times10^{-2}} \Rightarrow E = 4\times10^{3}$

با توجه به جهت میدان جهت بار مثبت است

$F = E\cdot q \Rightarrow \frac{10}{4}\times10^{-3} = 4\times10^{3}\cdot q \Rightarrow q = \frac{25}{4}\times10^{-7}$

$\Delta V = 1.2\times10^{2}$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

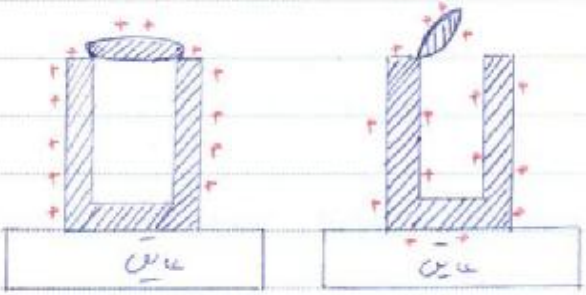
۲۰ توزیع بار الکتریکی در رسانا ها

آزمایش نشان می‌دهد بار الکتریکی در سطح خارجی جسم رسانا تجمع می‌کند. یعنی بار داخل جسم رسانا چه بصورت پر شده باشد و چه

به صورت توپر، صفر است و میدان الکتریکی هم در داخل جسم رسانا صفر است

مثال ۲۰ در شکل زیر یک استوانه‌ی فلزی مشاهده می‌کنید که در فلزی دارد. در حالت الف) به استوانه بسته است و بار الکتریکی به آن

داده شده است. توزیع بار را در استوانه نشان دهید



نکته ۱ علت آنکه بار روی سطح خارجی جمع می‌شود این است که بارهای همنام یکدیگر را دفع می‌کنند تا در دورترین سطح خارجی قرار بگیرند

نکته ۲ میدان داخل رسانا صفر است. به همین دلیل پتانسیل الکتریکی همه‌ی نقاط یک جسم رسانا یکسان است و در نتیجه اجسام رسانا

سطوح هم پتانسیل می‌باشند و اختلاف پتانسیل نقاط جسم رسانا همواره صفر است

مثال ۳ آزمایشی طرح کنید که نشان دهد بار الکتریکی در سطح خارجی اجسام رسانا توزیع می‌شود (آزمایش نداده)

می‌توانیم کره‌ی رسانای باردار شده با بار منفی که متصل به تخم مایع است را داخل استوانه‌ی رسانای توخالی قرار داده و به سطح

داخلی آن تماس دهیم سپس در استوانه که رسانا است را ببندیم و در این حالت اتصال کره‌ی رسانا را با سیم قطع کنیم. در استوانه را

باز کرده و کره را خارج کنیم. در این صورت کره را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم مشاهده می‌کنیم عقربه‌ی منحرف می‌شود پس بار الکتریکی به

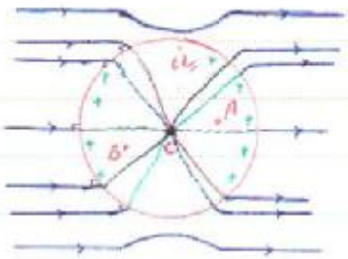
سطح خارجی استوانه‌ی رسانا منتقل شده است (شکل های صفحه بعد)

PAPCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

نکته: میدان الکتریکی در سطح رسانا همواره در شکل زیر به صورت عمود بر سطح رسانا داخل میدان الکتریکی متوازن نشده است و خطوط میدان الکتریکی جهت را منحرف کرده است.



$V_C = V_A = V_B$

$E = 0$

مثال: در رسانایی ۷ میکروکولن اضافه بار مثبت داده شده است. در مورد آن بحث کنید.

تمامی داخل قفس هادی الکتریکی خنثی است و اندازه‌ی میدان الکتریکی در آن صفر است. زیرا بار الکتریکی روی سطح خارجی قفس رسانا قرار می‌گیرد و به داخل قفس هدایت نمی‌شود و چون در داخل قفس باری وجود ندارد قفس دچار بدون قدرت نمی‌شود. مانند قفس پرنده‌ها که هادی است و از قفس آویزان است زیرا بار الکتریکی به سطح داخلی هادی که رسانا است منتقل نمی‌شود.

ظرفیت خازنی

مثال: چگالی سطحی بار الکتریکی اجسام رسانا را تعریف کنید. رابطه‌ی آن را بنویسید.

مقدار بار موجود در واحد سطح جسم رسانا چگالی سطحی بار نام دارد. رابطه‌ی آن به صورت زیر است:

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

σ: چگالی سطحی بار، q: بار، A: مساحت

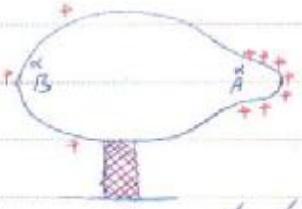
آزمایش نشان می‌دهد که چگالی سطحی بار در نقاط نوک‌تیز یا به جهت نقاطی که شعاع انحنای کمتری دارد، بیشتر است. به همین دلیل است که از نقاط نوک‌تیز جهت انجام رسانا تخلیه‌ی بار سریع‌تر انجام می‌شود. مثلاً در اتومبیل‌های تخلیه‌ی الکتریکی، تخلیه قدرت الکتریکی می‌کند و با تولید قدرت

نظر به این که با استفاده از ساختمان کره‌ی رسانا است در حکم سطحی بسته عمل کرده و جهت حرکت بار الکتریکی

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

شکل زیر یک جسم رسانای دوگوی شکل را نشان می‌دهد که تمام بار در سطح خود ذخیره شده است.



$\begin{cases} \sigma_A > \sigma_B \\ V_A = V_B \end{cases}$

مثال: اگر چگالی سطحی بار کره‌ای که شعاع آن 2mm است برابر $10\frac{\mu C}{m^2}$ باشد، تعیین کنید که چند عدد الکترون از این کره گرفته شده است. ($e = 1.6\times10^{-19}$)

$$\sigma = \frac{q}{A} \Rightarrow 10\times10^{-6} = \frac{n\times1.6\times10^{-19}}{12\times1} \Rightarrow n = 7.5\times10^{12}$$

مثال: بار کره‌ی (1) 2 برابر بار کره‌ی (2) و مساحت کره‌ی (2) 4 برابر مساحت کره‌ی (1) است. در این صورت چگالی سطحی بار کره‌ی (2) چند برابر چگالی سطحی بار کره‌ی (1) است؟

$$\sigma = \frac{q}{A} \rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{A_1}{A_2} \times \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \rightarrow \frac{q_2}{q_1} \times \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \Rightarrow \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \boxed{\frac{1}{8}}$$

مثال: دو بار مشابه و دو کره‌ی A و B می‌دهیم که شعاع کره‌ی A دو برابر شعاع کره‌ی B است. در این صورت چگالی سطحی بار کره‌ی B چند برابر کره‌ی A است؟

$$\frac{\sigma_B}{\sigma_A} = \frac{q_B}{q_A}\left(\frac{2R_A}{2R_B}\right)^2 = 1\times4 = \boxed{4}$$

مثال: دو کره‌ی مشابه با بار هم‌نام را با یکدیگر تماس می‌دهیم. اندازه‌ی چگالی سطحی بار الکتریکی کدام از آن‌ها 4 برابر می‌شود؟

بار کره‌ی دست چند برابر می‌شود؟

$$\sigma_1' = 4\sigma_1 \Rightarrow q_1' = 4q_1 = q_2' \qquad \frac{q_1+q_2}{2} = 4q_1$$

$$q_1' + q_2' = 8q_1 = q_1 + q_2 \Rightarrow q_2 = 7q_1$$

$$\frac{\sigma_2'}{\sigma_2} = \frac{q_2'}{q_2} = \frac{4q_1}{7q_1} = \frac{4}{7}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: دو کره‌ی رسانای A و B به شعاع‌های r_A و $r_B = 2r_A$ و چگالی سطحی بار σ_A و $\sigma_B = 2\sigma_A$ دارای بار الکتریکی مثبت اند.

چند درصد از بار کره‌ی B را باید به کره‌ی A منتقل کرد تا بار سطحی آن‌ها برابر شود؟

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{q_A}{q_B} \times \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{q_A}{q_B} \times \frac{4}{1} \Rightarrow \frac{q_A}{q_B} = \frac{1}{8} \longrightarrow q_B = 8q_A$$

$$\frac{q_A}{q_B} = \frac{1}{2} = \frac{10m}{80-m} \Rightarrow \boxed{m = 16}$$

مثال: چگالی سطحی بار یک حفره‌ی کروی به شعاع 6 cm برابر σ می‌باشد. چند درصد از این حفره باید بار داشته باشد تا چگالی سطحی بار کره‌ی جامد به شعاع 8 cm نیز برابر σ شود؟

$$\sigma = \frac{q}{A} \quad \sigma' = \frac{q'}{A'} = \frac{432}{A'} = \frac{29}{A} \times 2\sigma \quad \frac{\sigma'}{\sigma} = \frac{2\sigma}{\sigma} = \boxed{2}$$

$$q' = 432 \Rightarrow \frac{4}{3}\pi r'^3 = \frac{4}{3}\pi \times 6^3 \times 72 \longrightarrow r'^3 = 6^3 \longrightarrow A' = 144\pi$$

$\sigma = \sqrt[3]{n} \times \sigma$ (تعداد حفره‌ها)

مثال: دو شکل زیر مقداری بار روی جسم رسانای دوتکه‌ی شکل قرار می‌دهیم. در این صورت میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی

و چگالی سطحی بار در نقاط A، B، C را با هم مقایسه کنید.

$E_B > E_A$, $E_C = 0$

$V_A = V_B = V_C$

$\sigma_B > \sigma_A$, $\sigma_C = 0$

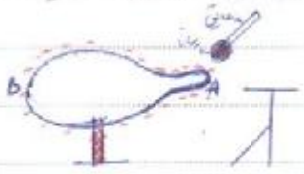
مثال: آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد چگالی سطحی بار الکتریکی در نقاط مرزی جسم رسانا بیشتر از نقاط درونی آن است.

مطابق شکل یک جسم رسانای دوتکه‌ی شکل به روی پایه‌ی عایق قرار دارد. انتهای کره‌ی کوچک رسانای متصل به دستگیره‌ی عایق

انتخاب می‌کنیم. در آزمایش اول کره‌ی رسانا با نقطه‌ی A روی شکل برخورد است دوم با نقطه‌ی B

عایق می‌کنیم و هر دو بار به طور جداگانه این کره را به الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. انحراف اولی که در

تماس با A بوده بیشتر است که نشان می‌دهد چگالی سطحی بار در نقطه‌ی A که نوک تیز بوده بیشتر است



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

خازن

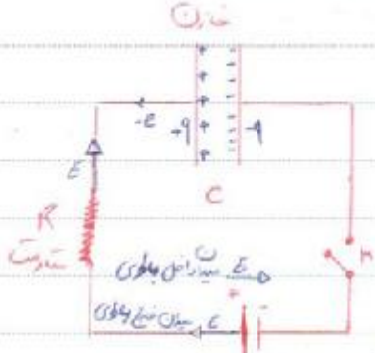
+ وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را در خود ذخیره می‌کند تا در صورت نیاز از آن استفاده شود

- باطری نمی‌تواند آهنگ شارش بار زیادی بدهد به طوری که باطری‌ها معمولاً نمی‌توانند انرژی را فقط با آهنگ نسبتاً کمی بدهند

+ در مواردی مانند عکاسی دوربین یا وسایل اعتادن موتور نیاز به انرژی با آهنگ بسیار زیاد داریم که خازن می‌تواند این انرژی را تأمین کند

خازن شکل ساختمانی کوتاهی دارد. در اینجا خازن تخت را بررسی می‌کنیم که خازن تخت از دو صفحه‌ی موازی رسانا تشکیل شده و آنها با ⊣⊢ نشان می‌دهند که بین دو صفحه‌ی رسانا هر نوع عایقی می‌تواند قرار گیرد مثلاً خلأ باشد یا هوا یا هر ماده‌ی عایق دیگر مانند کاغذ، شیشه و روغن و ...

شارش خازن



مدار زیر نمایش مدار ساده‌ای از شارش خازن است

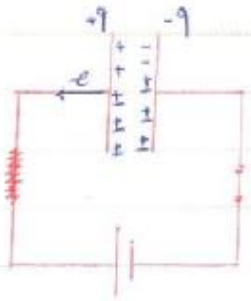
با بستن کلید K دو سر خازن اختلاف پتانسیل ایجاد می‌شود

لذا شارش بار آغاز می‌شود و الکترون‌ها از داخل صفحه‌ی رسانا از پتانسیل کمتر به بیشتر شارش می‌یابند

سیم‌های باطری با سیم‌های خارج باطری همیشه رسانا هستند

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date



- شکل تجسمی القای الکترون صفحه ی شمال :
- در واقع با طی بار ایجاد اختلاف پتانسیل بار روی الکترون ها در یک صفحه جدا کرده
- و به صفحه ی دیگر منتقل می کند و این کار تا زمانی ادامه می یابد که اختلاف پتانسیل بوجود
- اختلاف پتانسیل دو صفحه ی خازن برابر با شد . نتیجه : یک صفحه ی شمال ، قطب مثبت و دارای بار مثبت و صفحه ی متصل به
قطب منفی و دارای بار منفی می باشد و یکی از صفحات بار $+q$ و صفحه ی دیگر دارای بار $-q$ شده و بین دو صفحه ی خازن میدان الکتریکی
- یکنواخت ایجاد می شود که جهت آن از صفحه مثبت به منفی است

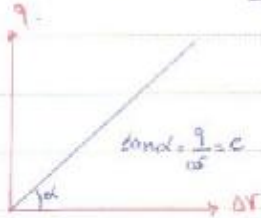
ظرفیت خازن

- مقدار C خازن را ظرفیت می دهند و بنابه تعریف $C = \frac{|q|}{\Delta V}$ می باشد (اندازه بار روی صفحه / اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن = ظرفیت خازن)
- یکای ظرفیت خازن در SI ، $\frac{C}{V}$ است که به آن فاراد می گویند یعنی $1F = \frac{1C}{1V}$
- فاراد : یک فاراد ظرفیت خازنی است که اگر یک کولن بار روی هر صفحه ی آن ایجاد کنیم اختلاف پتانسیل بین دو صفحه ی آن
- یک ولت شود
- نکته : یک فاراد یکای بسیار بزرگی است بطوری که خازن یک فارادی کمتر کاربرد دارد و اکثر وسایل مانند تلویزیون و ... از
- خازن هایی با ظرفیت mF ، μF ، nF و یا pF استفاده می شود

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

نکته: ظرفیت یک خازن مقدار ثابتی است که به ویژگی های ساختمانی آن بستگی دارد. بنابراین ظرفیت خازن ≠ مقدار بار



روی صفحات و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه بستگی ندارد. مقداری که $C = \frac{q}{V_{ab}}$ مقدار ثابتی است

مثال: ظرفیت خازنی ۸μF است چند الکترون از یک صفحه ی آن برمیدارد و به صفحه ی دیگر آن میدهد تا اختلاف پتانسیل بین دو صفحه ی آن ۱۰ شود؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19}$)

$C = \frac{q}{\Delta V} \rightarrow 8 \times 10^{-6} = \frac{q}{10} \rightarrow q = 8 \times 10^{-5}$

$q = ne \rightarrow 8 \times 10^{-5} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \rightarrow n = \frac{8 \times 10^{-5}}{1.6 \times 10^{-19}}$

مثال: ابعاد صفحات خازن تخت ۴cm×۳cm است. وقتی اختلاف پتانسیل ۲۰V به دو صفحه ی آن میدهیم چگالی سطحی بار آن $12 \frac{\mu C}{m^2}$ می شود. ظرفیت خازن چند μF است؟

$q = 6A \Rightarrow C = \frac{q}{\Delta V} \rightarrow C = \frac{24 \times 10^{-1} \times 12 \times 10^{-4}}{20} = 12.4\mu F$

رابطه ساختمانی ظرفیت خازن تخت:

$C = \frac{K \varepsilon_0 A}{d}$ که در آن K ثابت دی الکتریک خازن خلاء است و همواره ۱ است و برای هوا تقریبا ۱ و برای خلاء ۱

A برای مواد عایق دیگر K از یک بیشتر است (K هر ماده نشان دهنده ی این است که چند برابر ظرفیت خازن با همان ابعاد وقتی که بین صفحه های آن خلاء است، ظرفیت خازن با همان ابعاد وقتی که بین صفحه های آن ماده ی عایق دیگر است، می شود.)

مثال: یک خازن داریم که ثابت دی الکتریک آن ۵ و ابعاد هندسی آن ۲cm×۲cm است. فاصله ی بین دو صفحه ی آن ۲۵mm است. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل ۱۰V وصل کنیم انرژی ذخیره شده روی هر صفحه ی آن چند C می باشد؟ ($\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$)

$C = \frac{K \varepsilon_0 A}{d} = \frac{5 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 4 \times 10^{-4}}{2.5 \times 10^{-3}} = 1.28 \times 10^{-12}$

$1.28 \times 10^{-12} = \frac{q}{10} \Rightarrow q = 1.28 \times 10^{-10} C$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

تذکر: اگر خازن را وصل باطری نباشد هر تغییری که ایجاد کنیم ولتاژ آن ثابتی مانده و برابر ولتاژ مولد (باطری) است

مثال: خازنی را وصل باطری است. در حالتی که وصل باطری است صفحه‌ی آنرا نصف می‌کنیم. ولتاژ خازن، ظرفیت خازن،

اندازه‌ی بار روی هر صفحه‌ی خازن چند برابر می‌شود؟

الف) ولتاژ ثابت می‌ماند چرا؟ چون ثابت است ب) ظرفیت خازن ۲ برابر می‌شود $C = \frac{K\varepsilon_0 A}{d} \rightarrow C \propto \frac{1}{d}$ چون d نصف شده

ج) بار روی صفحه‌ات ۲ برابر می‌شود $q = CV \rightarrow q \propto C$ چون C دو برابر شده

تذکر: اگر خازن را از وصل باطری کنیم تا پر شود سپس از باطری جدا کنیم هر تغییری که روی صفحات انجام دهیم بار روی صفحات

ثابت می‌ماند

مثال: خازنی با ظرفیت ۳μF را وصل باطری ۱۵ ولتی کرده‌ایم و می‌دانیم انرژی آن ۰٫۵ است. این خازن را

از باطری جدا می‌کنیم و آنقدر یک عایق با ثابت دی الکتریک ۲ بین صفحات آن وارد می‌کنیم تا بار خازن، ظرفیت خازن و اختلاف

پتانسیل بین دو صفحه چند می‌شود؟ $C = \frac{\varepsilon A}{d} \rightarrow C \propto K$ $C' = 2C = 2 \times 3 = 6\mu F$

$q = CV = 15 \times 3 = q'$ $V = \frac{q}{C} \rightarrow V \propto \frac{1}{C}$ $V' = \frac{1}{2}V = 7.5V$

نکته: مقدار انرژی ذخیره‌ی باطری بیشینه‌ی اختلاف پتانسیل دو سر باطری است. یعنی آن را از باطری بگیریم

مثال: یک خازن تخت داریم که اندازه‌ی یکی از صفحات آنرا دو برابر می‌کنیم در این صورت حساب کنید که ظرفیت خازن چند برابر می‌شود؟

ثابت می‌ماند. چرا؟ با افزایش مساحت یکی از صفحه‌ها سطح مشترک دو صفحه تغییری نمی‌کند

PdPCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: یک خازن تخت دایره‌ای داریم که ظرفیت آن ۸۱ pF است. مقاومت یکی از صفحه‌ها را نصف می‌کنیم. ظرفیت خازن چند pF می‌شود؟ چون مقاومت نصف شده، شعاع هم نصف می‌شود و چون رابطه‌ی $A=\pi R^2$ مساحت یکی $\frac{1}{4}$ می‌شود پس ظرفیت $\frac{1}{4}$ شده است بنابراین $C' = \frac{C}{4} = \frac{81}{4} = 20.25\ pF$

نتیجه: اگر مساحت یکی از صفحات خازن را نیم برابر کنیم ظرفیت خازن نیم برابر می‌شود و همچنین اگر مساحت یکی از صفحه‌ها را کاهش دهیم ظرفیت خازن کاهش می‌یابد. (اگر مساحت یکی از صفحات را زیاد کنیم ظرفیت خازن تغییری نمی‌کند ولی اگر مساحت یکی از آن‌ها را کم کنیم ظرفیت کم می‌شود)

نکته: در کتاب درسی دیدی الکتریک خلأ یا هوا با نماد ε_0 نشان می‌دهیم پس ظرفیت $C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$ نشان می‌دهد.

می‌توان نوشت $C = \frac{K\varepsilon_0 A}{d} = KC_0$

مثال: اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن را از ۴۸ V به ۳۲ V کاهش دهیم $12\ \mu C$ بار ذخیره شده روی هر صفحه کاهش می‌یابد. در این صورت ظرفیت خازن چند μF است؟

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{12}{16} = \frac{3}{4}\ \mu F$$

انرژی خازن

خازن می‌تواند در میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خود انرژی الکتریکی ذخیره کند.

محاسبه‌ی انرژی ذخیره شده در خازن:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \bar{q}\,\Delta V = \bar{q}V$$

$$\begin{cases} U = \bar{q}V \Rightarrow U = \frac{qV}{2} \\ \bar{q} = \frac{0+q}{2} \end{cases} \Rightarrow U = \frac{1}{2}qV$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

نکته: می‌توانیم فرمول بدست آمده را بصورت زیر بنویسیم:

$U = \frac{qV}{2}$

$q = CV \quad U = \frac{CV^2}{2}$

$V = \frac{q}{C} \quad U = \frac{q^2}{2C}$

$U = \frac{qV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$

نکته: می‌توانیم بگوییم که $E = \frac{\Delta V}{d}$ ← میدان الکتریکی بین دو صفحه رسانا

$E = \frac{q}{k\varepsilon_0 A} \leftarrow qd = k\varepsilon_0 AEd \leftarrow V = Ed, \quad qd = k\varepsilon_0 AV \quad C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{q}{V}$

$E = \frac{V}{d} = \frac{q}{k\varepsilon_0 A} = \frac{\sigma}{k\varepsilon_0}$

مثال: خازنی با ظرفیت $12\,\mu F$ را به اختلاف پتانسیل $200\,V$ می‌رسانیم. انرژی ذخیره شده در آن چند ژول است؟

$U = \frac{CV^2}{2} = \frac{12 \times 10^{-6} \times (200)^2}{2} = 0.24\,J$

مثال: خازنی داریم که ظرفیت آن $4\,\mu F$ و انرژی آن $8\,J$ است. بار این خازن و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی آن را حساب کنید.

$U = \frac{CV^2}{2} \rightarrow 8 = \frac{4 \times V^2}{2} \rightarrow V^2 = 4 \times 10^6 \Rightarrow V = 2000\,V \quad q = CV \rightarrow q = 4 \times 10^{-6} \times 2000 = 8 \times 10^{-3}\,C$

مثال: یک سلول خورشیدی را با اختلاف پتانسیل $220\,V$ و ظرفیت $100\,\mu F$ پر می‌کنیم. اگر بخواهیم که انرژی آن در مدت $1\,ms$ آزاد شود، توان متوسط خروجی آن چند وات و چند کیلووات است؟

$P = \frac{U}{t} = \frac{W}{t} = \frac{E}{t} = \frac{\text{کار}}{t}$

$P = \frac{U}{t} = \frac{\frac{CV^2}{2}}{t} = \frac{\frac{1}{2} \times 100 \times 10^{-6} \times (220)^2}{2 \times 10^{-3}}$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال ⇐ خازنی را وصل باتری می‌کنیم تا پر شود. آن‌گاه درحالت وصل کلید الکتریکی با ثابت $K=3$ بین صفحات آن جا می‌دهیم. در این صورت تعیین کنید که: (استثنائی)

الف) انرژی خازن چند برابر شده است؟ ۳ برابر

$$\frac{U_2}{U_1}=\frac{C_2}{C_1}=\frac{\frac{3\varepsilon_0 A}{d}}{\frac{\varepsilon_0 A}{d}}=3 \rightarrow U_2=3U_1$$

ب) کاری که عامل خارجی انجام داده است تا دی الکتریک وارد شود چند درصد انرژی پتانسیل اولیه است؟

$$\Delta K=0 \rightarrow W_{ext}=\Delta U \qquad \Delta U=U_2-U_1=2U_1$$

$$\frac{W_{ext}}{U_1}=\frac{2U_1}{U_1} \rightarrow \%200$$

مثال ⇐ خازنی را وصل باطری می‌کنیم تا پر شود. آن‌گاه این خازن را از باطری جدا می‌کنیم سپس یک قطعه‌ی رسانا به ضخامت $e=\frac{d}{3}$ بین دو صفحه‌ی خازن می‌گذاریم. انرژی ذخیره شده در این خازن چند برابر می‌شود؟

$$U_1=\frac{q^2}{2C_1} \qquad \frac{U_2}{U_1}=\frac{\frac{q^2}{2C_2}}{\frac{q^2}{2C_1}}=\frac{C_1}{C_2}=\frac{\frac{\varepsilon_0 A}{d_1}}{\frac{\varepsilon_0 A}{d_2}}=\frac{d_2}{d_1}=\frac{\frac{2}{3}d}{\frac{1}{3}d}=2$$

نکته: اگر خازن وصل باطری باشد V ثابت است و رابطه‌ی $U=\frac{CV^2}{2}$ U متناسب با C است ($\frac{U_2}{U_1}=\frac{C_2}{C_1}$)

و اگر خازن از باطری جدا شود q ثابت است و رابطه‌ی $U=\frac{q^2}{2C}$ U متناسب با $\frac{1}{C}$ است ($\frac{U_2}{U_1}=\frac{C_1}{C_2}$)

مثال ⇐ آهن‌ربای سمت چپ خازن $2/4$ و اندازه‌ی بار روی هر صفحه‌ی خازن $8\mu C$ است. این خازن چه V_A-V_B دارد؟

ولت است

$$C=\frac{q}{V} \rightarrow 2=\frac{8}{V} \rightarrow V=4$$

$$V_A-V_B<0$$

$$\frac{2}{d}=E \rightarrow V=Ed$$

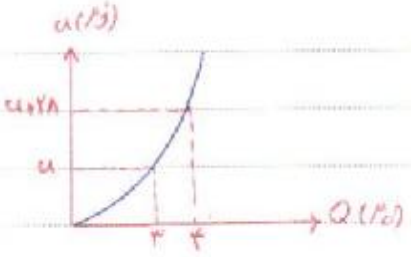
d	12
$\frac{2d}{15}$	$n \rightarrow n=10$

$$V_A-V_B=-10$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: در شکل زیر U_1 چند ژول است؟



$U = \frac{q^2}{2C} \rightarrow U = \frac{9}{2C}$

$U+28 = \frac{16}{2C}$

$\frac{U}{U+28} = \frac{\frac{9}{2C}}{\frac{16}{2C}} = \frac{9}{16} \Rightarrow U = 36$

مثال: خازنی را وصل باطری می‌کنیم تا پر شود. سپس آنرا از باطری جدا می‌کنیم. سپس فاصله‌ی بین صفحات را نصف می‌کنیم. چگالی سطحی بار و میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازن چه تغییراتی می‌کند؟

چگالی سطحی بار و میدان الکتریکی ثابت می‌ماند

ثابت $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{Q}{\varepsilon A} = \frac{q}{\varepsilon_0 A}$

مثال: اگر ولتاژ خازنی را ۱۰٪ کاهش دهیم انرژی ذخیره‌شده در خازن چند درصد تغییر می‌کند؟

$U = \frac{CV^2}{2} \xrightarrow{C\text{ ثابت}} U_1 = V_1^2 \rightarrow U_1 = 1$

$U_2 = V_2^2 \rightarrow U_2 = 0.9^2 \rightarrow U_2 = 0.81$

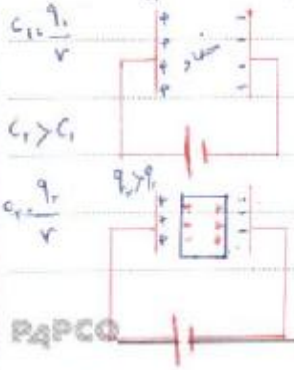
$\Delta U = 0.81 - 1 = -0.19$ ⟵ ۱۹٪ کاهش

مثال: خازن باتوجه به دارای انرژی U_1 است. اگر ۲۰٪ بار خازن را تخلیه کنیم انرژی خازن ۹۰ ژول کاهش می‌یابد. U_1 چند ژول بوده است؟

$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{U_1 - 90}{U_1} = \left(\frac{18}{20}\right)^2 = \frac{324}{400} = \frac{81}{100}$

$81U_1 = 100U_1 - 8100 \rightarrow U_1 = 2500$ ژول

مثال: چرا قرار دادن دی الکتریک بین دو صفحه‌ی خازن باعث می‌شود که ظرفیت خازن تغییر کند؟

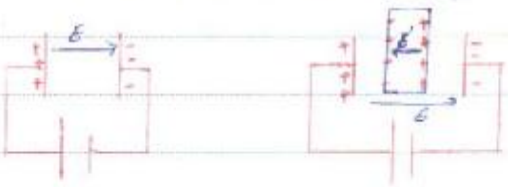


زیرا ضمن شکل می‌توانیم بگوییم با قرار دادن دی الکتریک به ازای اختلاف پتانسیل ثابت بار بیشتری روی صفحات ذخیره می‌شود و ظرفیت از رابطه‌ی $C = \frac{q}{V}$ با افزایش q ظرفیت خازن افزایش می‌یابد

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

سوال: با قرار دادن دی الکتریک بین صفحات خازن میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازن چه تغییری می‌کند؟



میدان به‌آنها ایجاد شده در اثر وجود دی الکتریک از میدان اولی

کوچکتر است زیرا بار القایی در خلاف جهت بار اصلی است

● فرو برندگی الکتریکی

وقتی به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی خازن افزوده می‌شود، اندازه میدان الکتریکی بین دو صفحه زیاد می‌شود و این میدان

می‌تواند اتم‌های دی الکتریک صفحه را کشیده و در طول شیء بدرستی که سبب تخلیه خازن می‌شود. به این پدیده فرو برندگی الکتریکی گویند که

با ایجاد جریان همراه است و در نتیجه اوقات خازن را می‌کاهد.

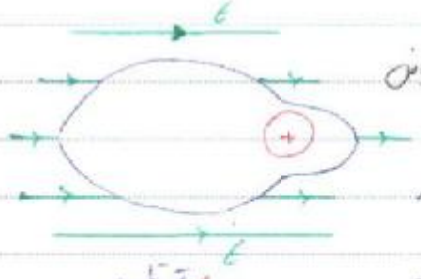
سوال: تخلیه شدن اتم را توضیح دهید

در حالت عادی مانند شکل (الف) مرکز باری مثبت و منفی در بیشتر میدان الکتریکی برهم منطبق است

اما در شکل (ب) که اتم الکتریکی در خلاف جهت میدان منحرف شده و قرار گرفته است که یک طرف اتم دارای

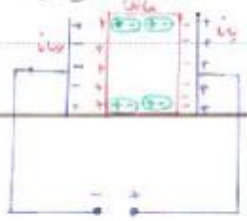
بار منفی و طرف دیگر آن دارای بار مثبت شده اتم تخلیه می‌شود. در این حالت اتم در حضور میدان است

الف) اتم غیر تخلیه



و مرکز باری مثبت و منفی بر هم انطباق ندارد. به همین دلیل می‌توانیم بگوییم اتم دی دایل

که دی الکتریک در میدان خازن تخلیه می‌شود در نتیجه در بدنه‌ی دی الکتریک ایجاد بار القایی می‌کند



ب) اتم تخلیه

PqPCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

نکته: یادآوری می‌کنیم که حائل در مدارهای الکترونیکی وضعیتی است که تقاضای مدارهای الکترونیکی عاشق سیگنال یا صحیح کنید

می‌تواند با تغییر وضعیت خازن کنت (یا تغییر ناحیه‌ی دوصفحه) سیگنال کی صحت الکتریکی ایجاد کند که هر سیگنال می‌تواند حائل پیدا

خاصی باشد.

نکته: در بحث نرم‌افزار گفته شد که وقتی ولتاژ نزدیک میدان الکتریکی هم نزدیک می‌شود آن میدانی که بالاتر نرم‌افزار می‌شود

حداکثر میدان ایجاد شده بین دو صفحه است که قاعدتاً باید از $\frac{kV}{mm}$ میدان می‌کند و میدانی این میدان بالاتر نرم‌افزار

$E_{max} = \frac{V_{max}}{d}$

اتفاقی می‌افتد و می‌توانیم بنویسیم:

مثال: اگر حداکثر میدان تابش تحمل کیاد الکتریکی $\frac{kV}{mm}$ ۲۵ باشد و ضخامت این دی الکتریک بین دو صفحه‌ی خازن ۵mm فرض شود

مطلوب: حداکثر بالاترین نرم‌افزار یعنی حداکثر بالاترین تابش تحمل خازن چند V است؟

$E_{max} = \frac{V_{max}}{d} \rightarrow ۲۵ = \frac{V}{۵} \rightarrow V = ۲۵۰۰ kV \rightarrow V = ۲۵ \times ۱۰^{۵} V$

PAPCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject فصل اول
Date

الکتریسیته ساکن

می دانیم اجسام با دریافت کردن یا از دست دادن الکترون باردار می شوند که در دریافت یا از دست دادن الکترون تراکم بار جسم تغییر می کند اما در دریافت الکترون یا از دست دادن الکترون بار منفی ایجاد می شود. مثلاً در مالش پارچه پشمی با شیشه، شیشه دارای بار مثبت و پارچه پشمی دارای بار منفی می شود که اندازه ی این دو بار با یکدیگر یکسان است.

یادآوری می کنیم در بحث تماس و مالش و القا پروتون جابجا نمی شود و فقط الکترون که هسته ی اتم جسم دهنده به عنوان مثال پارچه پشمی در مقابل پلاستیکی قبل از تماس هر دو خنثی هستند یعنی تعداد پروتون و الکترون یکی است اما با یکدیگر تماس پیدا کنند اما وقتی پارچه پشمی را به میله ی پلاستیکی مالش می دهیم الکترون از پارچه پشمی به میله پلاستیکی منتقل می شود و در نتیجه پلاستیک بار منفی و پارچه پشمی بار مثبت پیدا می کند.

پس اندازه ی بار خنثی است الکترون از دست بدهد بار آن مثبت و الکترون بگیرد بار آن منفی می شود.

تذکر: الکترون یک واژه یونانی است که به معنای کهربا می باشد.

یادآوری می کنیم که الکتروسکوپ یا همان برق نما از کاغذ طلا، میله فلزی و کلاهک رسانا تشکیل شده است و یک برق نما می تواند نشان دهد که یک جسم بار دارد یا ندارد اگر بار دارد نوع بار آن چیست. می تواند نشان دهد یک جسم رسانا است یا نارسانا ولی نمی تواند مقدار بار یک جسم را اندازه بگیرد که در حالی که با آن می توان فهمید بار کدام جسم بیشتر است.

PdPCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

اگر جسم باردار را به الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم و ورقه‌ها زیاد شود نتیجه می‌گیریم بار الکتروسکوپ و جسم هم‌نام است. اما اگر جسم باردار را به برق‌نمای باردار نزدیک کنیم و انحراف ورقه‌ها کم شود یا ابتدا کم و سپس زیاد شود نتیجه می‌گیریم که بار این دو ناهم‌نام بوده است.

جسم باردار می‌تواند جسم خنثی را جذب کند. نتیجه می‌گیریم که اگر دو جسم یکدیگر را جذب کنند الزاماً هر دو بار ناهم‌نام ندارند زیرا ممکن است یکی خنثی باشد. در حالی که اگر دو بار را دفع کنند حتماً هر دو بار هم‌نام دارند.

بار دو جسم هم‌نام است

یادآوری می‌کنیم دو بار هم‌نام یکدیگر را دفع می‌کنند و دو بار ناهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند. هم‌چنان می‌دانیم در یک

یکای بار کولن (C) است

مثال: اگر جسم خنثی را به الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم انحراف ورقه‌ها چه تغییری می‌کند؟

انحراف ورقه‌ها کم می‌شود

نکته: یادمان باشد یک کولن بار بسیار زیاد است. مثلاً در یک اتم خنثی ممکن است 10^{5} بار به بیرون منتقل شود

پایستگی بار: این پایستگی بیان می‌دارد مجموع جبری همه‌ی بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است. یعنی

بار می‌تواند از یک جسم به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز نمی‌تواند با بوجود آمدن یک بار خالص از بین برود

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

سؤال ← چگونه می‌توان فهمید در اتم خنثی کدام جسم بار مثبت و کدام جسم بار منفی پیدا می‌کند؟ جدول صفحه سری الکتریسیته مالشی یا ترتیبی الکتریک آمده است هر چه در این جدول پایین‌تر برویم الکترون خواهی جسم بیشتر می‌شود و اگر جسمی الکترون خواه‌تر باشد در اثر مالش بار منفی پیدا می‌کند

سؤال ← اصل کوانتیده بودن بار را توضیح دهید. بیان می‌کند که بار الکتریکی مشاهده شده در اجسام همواره مضرب درستی از بار بنیادی

بنیاد e است بطوری که $q = \pm ne$ ⇐ $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ و n عدد صحیح $= n = \ldots, 2, 1, 0$

مثال ← اگر بدنی به اندازه‌ی $6/4 \mu C$ بار منفی پیدا کند تعداد الکترون‌هایی که آن جسم دریافت کرده است چند عدد است؟

$q = \pm ne \Rightarrow q = -6/4 \mu C \Rightarrow -6/4 \mu C = -1/6 \times 10^{-19} \times n$

$-6/4 \times 10^{-6} C = -1/6 \times 10^{-19} \times n \Rightarrow n = 4 \times 10^{13}$

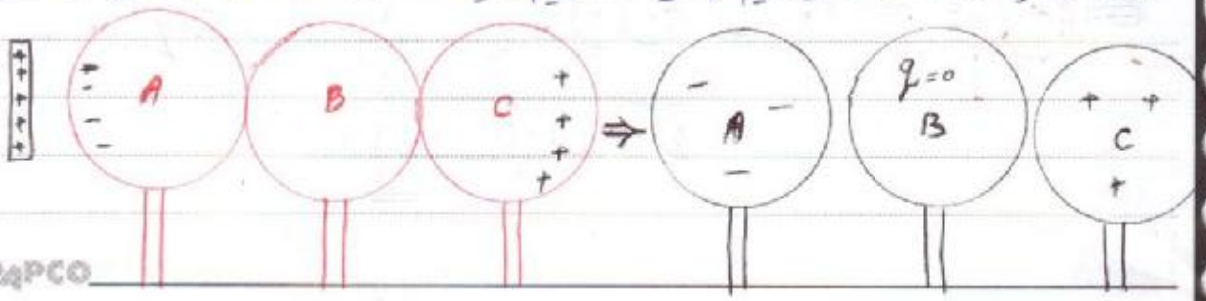
مثال ← اگر هسته‌ی اتمی در نظر بگیریم که عددا‌تی آن 32 باشد. بار هسته‌ی آن چند کولن است؟ هم‌چنین در حالت عادی بار کل اتم آن چند است؟

$q = \pm ne \Rightarrow n = +32 \Rightarrow q = 1/6 \times 10^{-19} \times 32 \rightarrow$ هسته

$q_{\text{اتم}} \Rightarrow$ صفر

مثال ← در شکل زیر ۳ کره‌ی فلزی با پایه‌ی عایق در تماس با یکدیگر قرار دارند. میله‌ی شیشه‌ای با بار A نزدیک کره‌ی آن‌ها

کره B را از بین دو کره‌ی A و C خارج می‌کنیم سپس میله را دور می‌کنیم در این حالت بار کره‌ی A و B و C از چه نوعی خواهد بود؟

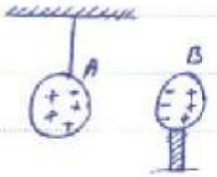


PqPCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال ⇐ در شکل زیر کره‌ی فلزی باردار از نخ آویزان است. کره‌ی فلزی خنثی را که دارای دسته‌ی نارسانا است به



کره‌ی A نزدیک می‌کنیم. چه چیزی مشاهده می‌کنیم؟

مطابق شکل کره‌ی آویزان A می‌تواند در کره‌ی B که خنثی بود بار القا کند

در نتیجه البته از کره همگنی را جذب کرده و قدری عایق پیدا کردند بار آنها هنام می‌شوند و کره‌ها را دفع می‌کنند

مثال ⇐ دو کره‌ی فلزی مشابه A و B به ترتیب با بارهای الکتریکی $-3\mu C$ و $-5\mu C$ روی پایه‌های عایقی قرار دارند

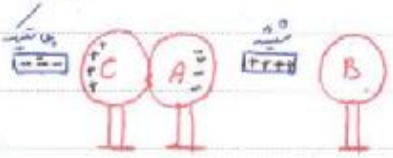
اگر این دو کره را با سیمی رسانا به یکدیگر متصل کنیم چه تعداد الکترون از کدام کره به کره‌ی دیگر منتقل می‌شود؟ ($e=1.6\times10^{-19}$)

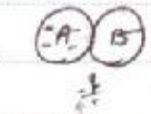
$\frac{-3-5}{2}=-4\mu C \Rightarrow$ هر دو A و B از $-1\mu C$ به $-4\mu C$ می‌رسد $\Rightarrow q=\pm ne \Rightarrow -1\times10^{-6}=-n\times1.6\times10^{-19}$

$n=\frac{1\times10^{-6}}{1.6\times10^{-25}}=\frac{1}{1.6}\times10^{14}$

مثال ⇐ دو میله‌ی پلاستیکی و شیشه‌ای را که به ترتیب با پارچه‌ی پشمی و پارچه ابریشمی مالش داده شده‌اند به اندازه‌ی کافی باردار کرده‌ایم. مطابق شکل زیر به دو کره‌ی A و C خنثی هستند نزدیک کرده و در همین حالت کره‌ی C را از کره‌ی A جدا کرده

و سپس میله‌ی باردار را از کره‌ها دور می‌کنیم. اگر کره‌ی B را که در ابتدا خنثی است با کره‌ی A و سپس با کره‌ی C تماس دهیم بار کره‌ی B



$\Rightarrow$  $\Rightarrow q'_A=q'_B=\frac{-q}{2}$

$\Rightarrow \frac{q-\frac{q}{2}}{2}=+\frac{q}{4}$

در نهایت چند q است؟

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

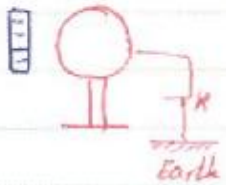
مثال ← سه جسم A و B و C را دو به دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم دقتی A و B به یکدیگر نزدیک می‌شوند همدیگر را با نیروی الکتریکی

جذب می‌کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. در مورد نوع بار A و B و C چه می‌توان

گفت؟ C و B اما آیا بارهایشان فرق دارند. اما A می‌تواند خنثی باشد یا اینکه بار آن ناهنجار با C و B باشد

مثال ← در شکل یک سیمی دارای بار منفی را به یک کره‌ی فلزی خنثی نزدیک کرده‌ایم. اگر در همین حالت کلید K را وصل کنیم چه نوع باری

شارش یافته و جهت شارش آن چگونه است؟ الکترون‌ها از کره به زمین منتقل می‌شوند



مثال ← اگر در شکل بالا کلید K را قطع کنیم و سپس سیمی بار منفی را دور کنیم بار کره از چه نوع است؟ مثبت

نتیجه: اگر دو کره‌ی باردار خنثی را به یکدیگر تماس دهیم مقدار تماس بار دو کره برابر نیست. آن کره‌ای که شعاع بزرگتری دارد

مثال ← (بقیه با ما) ← کره‌ی A به شعاع $2mm$ دارای بار $2\mu C$ و کره‌ی B به شعاع $4cm$ دارای بار $+20\mu C$ می‌باشد

این دو کره را به یکدیگر تماس داده و سپس جدا می‌کنیم. بار هر کره چند μC است؟

$$q'_A = \frac{R_A(q_A+q_B)}{R_A+R_B}$$

$$q'_A = \frac{2 + 18}{4,2} = \frac{20}{42} = 15\,\mu C$$

$$q'_B = \frac{R_B(q_A+q_B)}{R_A+R_B}$$

$$q'_B = \frac{20-15}{4,2}\,\mu C$$

مثال ← یک بادکنک با بار الکتریکی منفی به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم. در همین حالت یک سیم فلزی بدون بار را به

کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم و جدا می‌کنیم. بادکنک چه تغییری می‌کند؟ ورقه‌ها دارای بار الکتریکی مثبت و از هم دور

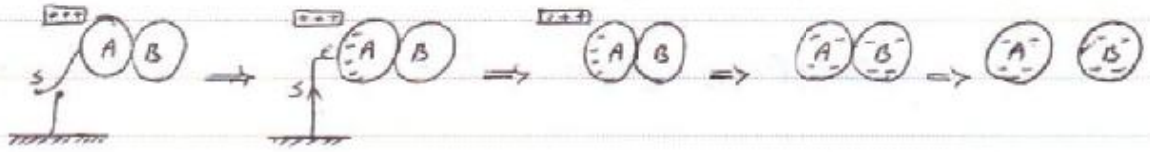
می‌شوند.

PqPCO

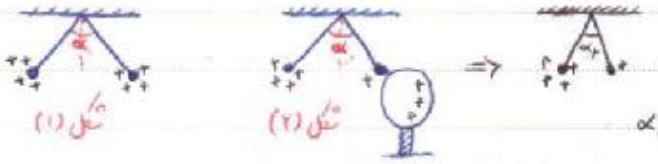
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال ← دو کره‌ی رسانای A و B در تماس با یکدیگرند و پتانسیل‌های یکسانی دارند. هر یک از نظر بار الکتریکی خنثی است. اگر کلید S را ببندیم و بار کلیه و پس از دور کردن سیم از دو کره ← دو کره را از هم دور می‌کنیم. بارهای هر کره چگونه خواهد شد؟



مثال ← مثل (۱) دو اونت الکتریکی کاملاً مشابه با باری مثبت و هم اندازه آنها را می‌دهد که با یک نخ ابریشمی به سقف متصل شده‌اند. یک کره‌ی رسانای بدون بار را با پایه‌ی عایق مطابق شکل (۲) به کره‌ی یکی از اونت‌ها تماس داده و سپس دور می‌کنیم.



الف) توضیح دهید چه اتفاقی می‌افتد؟

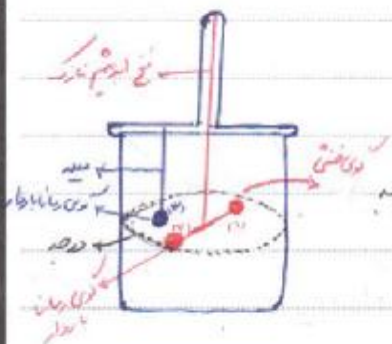
$\alpha_1 > \alpha_2$

ب) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

هرچه مقدار بارها از بین دو هم کمتر شود زاویه‌ی بین آنها نیز کمتر می‌شود یعنی نیروی الکتریکی کمتر می‌شود.

سؤال ← ترازوی پیچشی کولن چیست؟ آنرا توضیح دهید. وسیله‌ای است برای اندازه‌گیری نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی.

فیزیکی که کولن توانست با این آزمایش معروف خود نشان دهد که بستگی نیروی بین دو بار نقطه‌ای با مربع فاصله‌ی بین آنها نسبت عکس دارد. یعنی ← $F \propto \frac{1}{r^2}$ نتیجه



هرچه کره‌ی (۳) به کره‌ی (۲) نزدیک‌تر شود نخ بیشتر می‌پیچد یعنی نیروی اندازه‌اش می‌یابد.

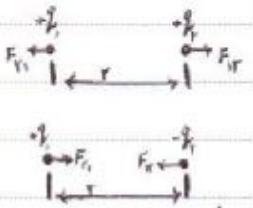
کره‌ی نزدیک شونده بین این بار از اندازه‌گیری زاویه چرخش نسبت به قبل بیشتر می‌آید.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

تعریف قانون کولن: اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای (ذره‌ای) که در راستای خط واصل آنها اندازه‌ی آن با حاصل ضرب اندازه‌ی بارها نسبت و با مربع فاصله‌ی بین آنها نسبت وارون دارد

$$\begin{cases} F \propto |q_1|\cdot|q_2| \\ F \propto \frac{1}{r^2} \end{cases} \Rightarrow F = \frac{k\cdot|q_1|\cdot|q_2|}{r^2}$$



$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ ← کنش و واکنش

$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = F$

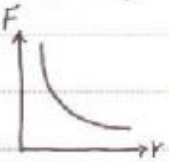
+ برای به کار بستن قانون کولن در SI، r را بر حسب متر و q_1 و q_2 را بر حسب کولن جایگذاری می‌کنیم و k ثابت کولن است ← $k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$

تذکر: ثابت کولن از رابطه $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ به دست می‌آید که $\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\frac{C^2}{N.m^2}$ ضریب گذردهی الکتریکی در خلاء است (بنیادی است)

تذکر: اگر q_1 و q_2 هر دو بر حسب μC و r بر حسب cm باشد می‌توانیم رابطه‌ی میان نیرو را به کار ببریم و تبدیل واحد نکنیم و

$$F = \frac{9\cdot q_1\cdot q_2}{r^2}$$

مثال: رابطه‌ی نیروی الکتریکی بین دو ذره‌ی باردار در بالا معرفی شده. نمودار نیروی کولنی بر حسب r را رسم کنید

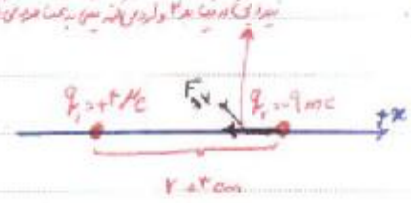


PqPCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال ← در شکل زیر نیروی برایند وارد بر ذره‌ی (۲) برحسب بردار یکه چقدر است.



$$F = \frac{K|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9 \times 4\times10^{-6} \times 9\times10^{-6}}{9\times10^{-4}} = 36\times10^4\ N$$

$$\vec{F}_{12} = -36\times10^4\ \vec{i}$$ (در امتداد محور x منفی)

مثال ← در شکل زیر اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار چند N است؟

$$F = \frac{9\times10^9 \times q_1 \times q_2}{r^2} = \frac{90\times4\times6}{100} = 21/6\ N$$

مثال ← بار الکتریکی q در فاصله‌ی r از بار الکتریکی $3q$ نیروی به بزرگی F وارد می‌کند. نیروی که بار $4q$ به q وارد می‌کند

بزرگی آن چند F می‌شود؟ چون کشش و رانش است این دو نیرو هم اندازه‌اند

مثال ← در اتم کربن ($_{6}C^{12}$) الکترون دوم سیر دایره‌ای به شعاع متوسط $r = 4/8\times10^{-11}\ m$ به دور هسته‌ی اتم می‌چرخد. نیروی الکتریکی

وارد بر این الکترون تقریباً چند نیوتون است؟

$Z = 6$

$q_e = -Ze = -6\times1/6\times10^{-19}$

$q_p = Ze = 6\times1/6\times10^{-19}$

$r = 4/8\times10^{-11}$

$$F = \frac{K|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9 \times 6\times1/6\times10^{-19} \times 1/6\times10^{-19}}{4/8\times10^{-11} \times 4/8\times10^{-11}} = 1/6\times10^{-9}$$

سؤال ← چه علت شاخه‌ی پلاستیکی بار دار می‌تواند خرده‌های کاغذ خنثی را جذب کند؟

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: دو بار $q_1 = 9\mu C$ و $q_2 = 2\mu C$ است. اگر جرم ذره (۲) $200g$ باشد در لحظه‌ای که فاصله‌ی دو بار ۲cm است. شتاب حرکت (۲) چند $\frac{m}{s^2}$ است؟ (از اندازه‌ی گذاره (۲) صرف‌نظر شود)

$$F = \frac{9 \times 2 \times 9}{4} = 40.5 \qquad F = ma \Rightarrow 40.5 = 0.2a \Rightarrow a = 202.5 \frac{m}{s^2}$$

مثال: دو بار نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 9q_1$ در فاصله‌ی r از هم قرار دارند. جرم m_1 برابر $40m_1$ برابر جرم m_2 است. در این صورت تعیین کنید که اگر این دو ذره در این فاصله رها شوند و از اندرکنش گرانشی و الکتریکی صرف‌نظر شود شتاب ذره (۲) چند برابر شتاب ذره (۱) است؟

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{\frac{F}{m_2}}{\frac{F}{m_1}} = \frac{F}{m_2} \times \frac{m_1}{F} = \frac{m_1}{m_2} = 4$$

مثال: دو کره‌ی رسانای بسیار کوچک با بارهای الکتریکی $4\mu C$ و $-12\mu C$ در فاصله‌ی r از یکدیگر قرار دارند و نیروی F به یکدیگر وارد می‌کنند. این دو کره را به هم تماس می‌دهیم سپس آن‌ها را در فاصله‌ی $\frac{1}{2}r$ قرار می‌دهیم و نیروی F' بین آن‌ها ظاهر می‌شود. اگر دو کره مشابه باشند $\frac{F'}{F}$ برابر با چند است؟

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{4 \times -12}{r^2} \qquad F' = \frac{q_1' \cdot q_2'}{r'^2} = \frac{-8 \times -8}{r'^2}$$

$$\frac{-12+4}{2} = -8 \leftarrow q_1' = q_2'$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{q_1' \cdot q_2'}{q_1 \cdot q_2} \times \left(\frac{r_1}{r_1'}\right)^2 = \frac{64}{-48} \times \left(\frac{r}{\frac{1}{2}r}\right)^2 = \frac{64}{-48} \times 4 = \frac{-64}{12} = -\frac{16}{3}$$

مثال: مقدار معینی بار q داریم. این بار را به چه نسبتی به دو بار تقسیم کنیم تا وقتی این دو بار در فاصله‌ی r از هم قرار می‌گیرند بیشترین نیرو را به یکدیگر وارد می‌کنند؟ می‌بایستی این بار q را به دو قسمت $q_1 = \frac{q}{2}$ و $q_2 = \frac{q}{2}$ تقسیم کنیم تا در فاصله‌ی r بیشترین نیرو را به یکدیگر وارد کنند. این نسبت خواسته شده برابر ۱ : ۱ است.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

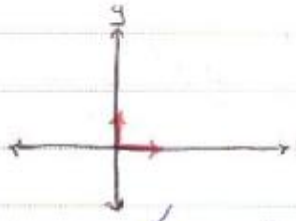
Subject
Date

مثال: دو ذره باردار q_1 و $q_2=5q_1$ در فاصله‌ی $30cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازه‌ی نیروی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند $90N$ است. بار الکتریکی q_1 و q_2 چند μC است؟

$$\frac{90=5q_1\times q_1}{0.3^2} \times 0.09 \Rightarrow q_1=1\mu C \;,\; q_2=5\mu C$$

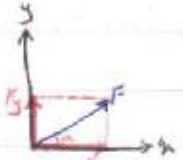
بحث بردار

برای اینکه بتوانیم بردار را توصیف کنیم به موارد زیر توجه می‌کنیم:



* الف) بردار را بر حسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ می‌نویسند بطوری که: $|\vec{i}|=|\vec{j}|=1$ اندازه

بردار یکه بردارهای است که طول آن یک بوده (یکه‌ی آن یک است) و در جهت مثبت محور x ها می‌شود و بردار یکه محور x ها $\vec{i}$ و بردار یکه محور y ها $\vec{j}$ می‌باشد.



هر بردار را می‌توان بر حسب بردار یکه نمایش داد بطوری که:

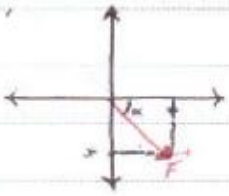
$$\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}$$

مؤلفه محور x — مؤلفه محور y

$$|\vec{F}|=\sqrt{F_y^2+F_x^2} \qquad \tan\alpha=\frac{F_y}{F_x}$$

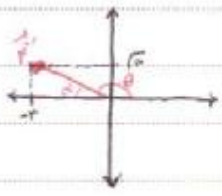
مثال: اگر بردار $\vec{F}$ بصورت $\vec{F}=3\vec{i}-4\vec{j}$ و $\vec{F}=-3\vec{i}+4\vec{j}$ باشد:

الف) هریک از این بردارها را رسم کنید و اندازه‌ی آن و همچنین زاویه‌ی آن بردار را با افق بدست آورید؟



$$|F|=\sqrt{9+16}=5$$

$$\tan\alpha=\frac{4}{3}\rightarrow\alpha=53^\circ$$



$$\tan\alpha=\frac{4}{3}\rightarrow\alpha=53^\circ$$

$$\theta=180-30=150^\circ$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

اگر بخواهیم بردارهای را برحسب بردارهای یکه جمع کنیم بصورت زیر عمل می‌کنیم

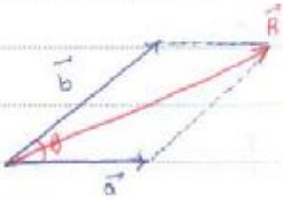
$$\vec{F}=\vec{F_1}+\vec{F_2}+\vec{F_3}=(F_{1x}i+F_{1y}j)+(F_{2x}i+F_{2y}j)+(F_{3x}i+F_{3y}j)=(F_{1x}+F_{2x}+F_{3x})i+(F_{1y}+F_{2y}+F_{3y})j$$

مثال: اگر $\vec{F_1}=2i-4j$ و $\vec{F_2}=-3i+2j$ باشد در این صورت حاصل عبارت $\vec{F}=2\vec{F_1}-\vec{F_2}$ برحسب i و j برابر است

$$\vec{F}=2i-8j-(-3i+2j)\Rightarrow \vec{F}=7i-10j \Leftrightarrow |F|=\sqrt{7^2+10^2}=\sqrt{149}$$

سپس اندازه‌ی این عبارت را حساب کنید

ب) می‌توانیم بردارها را به روش متوازی الاضلاع نیز جمع کنیم بدین صورت که دو بردار را از یک نقطه رسم می‌کنیم سپس از روی آن متوازی الاضلاعی می‌سازیم آن قطر متوازی الاضلاع که از ابتدای دو بردار رسم شود را بردار برآیند (حاصل جمع دو بردار) می‌گویند. به شکل زیر و محاسبات زیر توجه شود:

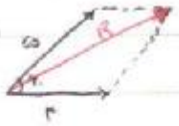


$$\vec{R}=\vec{a}+\vec{b}$$

$$|\vec{R}|=\sqrt{a^2+b^2+2ab\cos\theta} \xrightarrow{|a|=|b|} |R|=2a\cos\frac{\theta}{2}$$

مثال: بردار $\vec{a}$ به طول ۴ در جهت مثبت افق وجود دارد و بردار $\vec{b}$ به طول ۵ با جهت مثبت بردار $\vec{a}$ زاویه 60° می‌سازد

الف) شکل آن را رسم کرده و بردار برآیند را به روش متوازی الاضلاع نشان دهید



$$|R|=\sqrt{a^2+b^2+2ab\cos\theta}=\sqrt{16+25+40\times\frac{1}{2}}=\sqrt{61}$$

ب) اندازه‌ی بردار برآیند را بدست آورید ($\cos 60^\circ=\frac{1}{2}$)

$$|R|=\sqrt{61}$$

مثال: $\vec{R}=\vec{a}+\vec{b}$

$\theta=0^\circ \rightsquigarrow |R|=\sqrt{3}a$

$\theta=90^\circ \rightsquigarrow |R|=\sqrt{2}a$

$\theta=120^\circ \rightsquigarrow |R|=a$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال ← نوشتن می‌کنیم دو بار شدت Q که در یک فاصله‌ی معینی نیروی F به یکدیگر وارد می‌کنند. چند درصد یکی را برداشته و به دیگری اضافه کنیم تا در همان فاصله نیروی بین آنها برابر $\frac{15}{16}F$ بشود؟

$q_1 = q_2 = 1$, $r = 1$, $k = 1 \Rightarrow F = 1$ $\quad F' = \frac{15}{16}$ $\quad F = \frac{15}{16} \times 1 = \frac{15}{16}$

$$\frac{F'}{F} = \frac{(1-n)(1+n)}{1} = \frac{15}{16} = 1 - n^2 \rightarrow n = \frac{1}{4} = 25\%$$

مثال ← اگر در مسئله بالا دوباره همان مقدار برداشته و به دیگری اضافه کنیم و $\frac{F'}{F} = \frac{9}{16}$ باشد دوباره مسئله را حل کنید.

$q_1 = 1$, $q_2 = 1$, $r = 1$, $k = 1 \rightarrow F = 1$ $\quad F' = q_1' q_2' = |1-n||1+n| = (1-n)^2$

$q_1' = 1-n$, $q_2' = 1+n$ $\quad \frac{9}{16} = \frac{(1-n)^2}{1} \rightarrow \pm\frac{3}{4} = 1-n \rightarrow n = \frac{1}{4} = 25\%$ یا $n = \frac{7}{4} = 175\%$

مثال ← دو بار نقطه‌ای همانند هم اندازه داریم در فاصله‌ی ۲ نیروی بین آنها F است. ۲۰٪ یکی را برداشته و به دیگری اضافه می‌کنیم در فاصله‌ی $\frac{2}{3}$ نیروی بین آنها چند F است. حساب کنید که $\frac{F'}{F}$ کدام است؟

$q_1 = q_2 = 1$ $\quad r = 1$ $\quad k = 1 \rightarrow F = 1$

$q_1' = 1.8$ $\quad q_2' = 1.2$ $\quad k = 1$ $\quad r = \frac{1}{3} \rightarrow F' = \frac{96}{25}$ $\quad \frac{F'}{F} = \frac{96}{25} = 3.84$

سؤال ← اگر در سؤال قبل دوباره همانند باشد و هم اندازه. دوباره مسئله را حل کنید.

$q_1 = 1$, $q_2 = -1$, $k = 1$, $r = 1 \rightarrow F = 1$

$q_1' = 1.8$, $q_2' = -1.8$, $k = 1$, $r = \frac{1}{3} \rightarrow F' = \frac{72}{25}$ $\quad \frac{F'}{F} = \frac{72}{25} = 2.88$

مثال ← دو بار نقطه‌ای هم اندازه و هم نام q و q داریم. $2.4\,C$ بار از یکی برداشته و به دیگری اضافه می‌کنیم. نیروی بین دو بار $\frac{16}{25}$ حالت اول می‌شود. (نسبت). در ابتدا هر بار چند C بوده است؟

$q - q \rightarrow F = q^2$
$q - 2 \quad q + 2 \rightarrow F = q^2 - 4$

$\frac{q^2 - 4}{q^2} = \frac{16}{25} \rightarrow q = 10$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2=2q_1$ در فاصله‌ی r از هم قرار دارند و به هم نیروی وارد می‌کنند. چند درصد از بار q_2 را به q_1 منتقل کنیم تا در همان فاصله نیروی وارد بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟

$q_1=1 \quad q_2=2 \rightarrow F=2$ — زمانی بیشینه می‌شود که دو بار برابر باشند. $q_1'=q_2'=\frac{1+2}{2}=1.5$

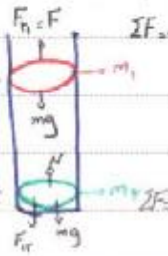
q_2 درصد $= \frac{\text{مقدار باید}}{q_2 \text{ تغییر کند}} \times 100 = \frac{0.5}{2}\times 100 = \%25$

مثال: فاصله بین دو بار هنگام را ۲۰٪ کاهش و اندازه‌ی هر یک را ۱۰٪ افزایش می‌دهیم. نیروی بین آن‌ها چند درصد تغییر می‌کند؟

$r=1 \rightarrow r'=0.8$ $\quad F=1$

$q_1=q_2=1 \rightarrow q_1'=q_2'=1.1$ $\quad F'=\frac{1.21}{0.64}\approx 1.89$ $\quad \frac{\Delta F}{F}\times 100=\frac{0.89}{1}\times 100=\%89$ افزایش

مثال: در شکل زیر دو بار الکتریکی هنگام هم‌اندازه را مشاهده می‌کنیم که جرم هر دو m است. $k=9\times10^9$، $q=\frac{4}{3}\mu C$



$\Sigma F=0 \Rightarrow F_{11}=mg \qquad F_{11}=\frac{9\times10^9\times\frac{4}{3}\times10^{-6}\times\frac{4}{3}\times10^{-6}}{4\times10^{-2}}=0.1$

الف) m چند است؟ $mg=0.1 \rightarrow m=0.01\,kg=10g$

ب) نیروی عمودی تکیه‌گاه وارد شده به گلوله (۲) چند نیوتن است؟ $\Sigma F=0 \Rightarrow N=F_{12}+mg \rightarrow N=2\times0.1 \rightarrow N=0.2\,N$

نکته: اگر به جای دو ذره تعداد بیشتری بار نقطه‌ای در یک ناحیه از فضا قرار داشته باشند نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره برابر برایند نیروهای است که هر یک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها بر آن ذره وارد می‌کنند که این موضوع به اصل برهم‌نهی نیرو معروف است.

مثال: در شکل زیر برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 چند نیوتن است؟ بردار آن را رسم کنید.

$F_{13}=\frac{9\times10^9\times25\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{(2\times10^{-2})^2}=\frac{450}{25}=180\,N \rightarrow \vec{F}_{13}=180\,\vec{i}$

$F_{23}=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{4\times10^{-4}}=270\,N \rightarrow \vec{F}_{23}=-270\,\vec{i}$

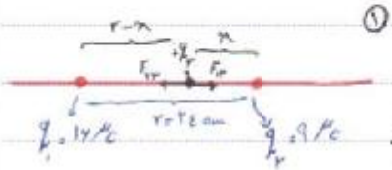
$F_{13}+F_{23}=F_t=180+(-270)=-90\,i \rightarrow |\vec{F}_t|=90\,N$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: در شکل مقابل برآیند نیروی وارد بر بار q_2 را حساب کنید.

مثال: دو بار نقطه‌ای هم‌نام $q_1=12\mu C$ و $q_3=9\mu C$ در فاصله‌ی $24\,cm$ مطابق شکل از یکدیگر قرار دارند و ساکن شده‌اند. بار q_2 را روی خط واصل دو بار در چه فاصله‌ای از بار q_3 قرار دهیم تا به حالت تعادل بماند؟



① $\sum F=0 \rightarrow F_{23}=F_{13}=\frac{k\cdot q_2 q_3}{x^2}=\frac{k\cdot q_1 q_2}{(r-x)^2}$

$\frac{q}{x^2}=\frac{12}{(24-x)^2}$

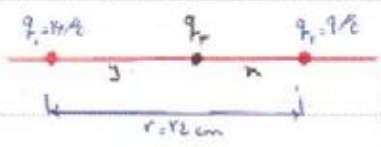
$\frac{3}{x}=\frac{4}{24-x} \rightarrow x=\frac{72}{7}\simeq 10/28$

$r-x=24-10/28=\boxed{13,72}\,cm$

اولاً هرگاه باری به حالت تعادل باشد نوع آن بار و مقدارش

باید در حالت تعادل هم نیست ثانیاً چون دو بار هم‌نام است آن

نقطه بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر از نظر مقدار می‌باشد



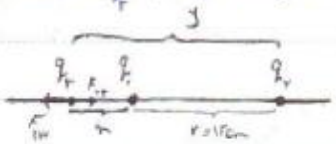
② $x+y=24$

$\frac{q_1}{q_2}=\frac{(x+y)^2}{(y)^2} \rightarrow \frac{12}{9}=\frac{y^2}{x^2} \rightarrow \frac{y}{x}=\frac{4}{3} \rightarrow y=\frac{4}{3}x$

$x+\frac{4}{3}x=24 \rightarrow x=\frac{72}{7}\simeq 10/28$

$y=24-x=24-10/28=\boxed{13,72}$

مثال: دو بار نقطه‌ای $q_1=4\mu C$ و $q_3=-12\mu C$ در فاصله‌ی $12\,cm$ از یکدیگر قرار دارند. q_2 را در چه فاصله‌ای از بار q_3 روی خط واصل بارهای q_1 و q_3 قرار دهیم تا بار q_2 در حال تعادل بماند؟



①

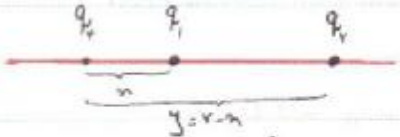
$\frac{k\cdot q_1\cdot q_2}{x^2}=\frac{k\cdot q_3\cdot q_2}{(12+x)^2} \Rightarrow \frac{4}{x^2}=\frac{12}{(12+x)^2} \Rightarrow \frac{2}{x}=\frac{\sqrt{6}}{12+x} \Rightarrow x=12 \Rightarrow y=24$

نکته: چون دو بار ناهم‌نام است آن نقطه

می‌تواند خارج دو بار و نزدیک به بار

کوچک‌تر از نظر مقدار باشد

②



$\frac{q_3}{q_1}=\left(\frac{r_3}{r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{12}{4}=\left(\frac{12+x}{x}\right)^2 \Rightarrow 2=\frac{12+x}{x} \rightarrow x=12 \rightarrow y=24$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

نکته: اگر در شرایط حل q_1 و q_2 هم‌نشانه و ناهم‌نام بودند آن نقطه‌ای که باید q_3 در آن قرار گیرد تا به حال تعادل باشد هیچ وقت وجود ندارد

+ می‌توانیم برای حل دو مثال قبل از رابطه‌ی زیر هم استفاده کنیم:

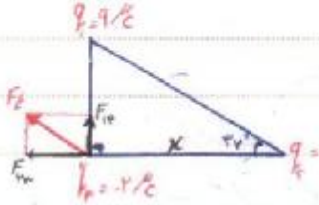
$$x = \frac{r}{\sqrt{\frac{q_3}{q_1}} \pm 1}$$

نسبت فاصله‌ها تا بار کوچک‌تر

$\pm 1 \rightarrow$ داخل، خارج

$$x = \frac{r}{\sqrt{\frac{q_{big}}{q_1}} \pm 1}$$

مثال: در شکل زیر برایند نیروی وارد بر بار الکتریکی q_3 را بدست آورید و نوشته دانشآموزی آن را حساب کنید ($q_3 \Rightarrow 2\sqrt{2}\,cm$)



$$|F_3| = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2}$$

$$F_{13} = \frac{9\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{9} = 18\times10^{-3} \rightarrow F_{13} = 18\times10^{-3} j$$

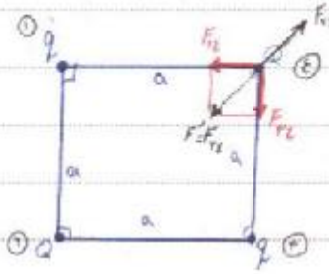
$$\tan 45^\circ = \frac{3}{x} \rightarrow \frac{x}{4} = \frac{3}{3} \rightarrow x = 4$$

$$F_{23} = \frac{9\times10^{-6}\times12\times10^{-6}}{16} = 27\times10^{-3} \rightarrow F_{23} = -27\times10^{-3} i$$

$$F_3 = -27\times10^{-3} i + 18\times10^{-3} j \rightarrow |F_3| = \sqrt{(27\times10^{-3})^2 + (18\times10^{-3})^2}$$

$$|F_3| = \sqrt{9\times10^{-6}(9+4)} = 9\times10^{-3}\sqrt{13}$$

مثال: در شکل زیر $\frac{Q}{q}$ چه باشد تا بار الکتریکی Q به حال تعادل بماند؟



برای تعادل باید F_{42} دافعه باشد $\rightarrow$ از شکل $\frac{Q}{q} < 0 \rightarrow$ Q و q ناهم‌نام

$$\left.\begin{array}{l} F' = F_{42} \\ F_{12} = F_{42} = \frac{k\cdot q\cdot Q}{a^2} \end{array}\right\} \Rightarrow F' = 2F_{12}\cos\frac{\alpha}{2} = 2F_{12}\cos 45^\circ = \sqrt{2}\,F_{12} = \sqrt{2}\,\frac{k\cdot q\cdot Q}{a^2} \quad (1)$$

$$F_{42} = \frac{k\cdot Q^2}{(\text{قطر})^2} = \frac{k\cdot Q^2}{(a\sqrt{2})^2} = \frac{k\cdot Q^2}{2a^2} \quad (2)$$

$$(2),(1) \rightarrow \frac{\sqrt{2}\,k\cdot q\cdot Q}{a^2} = \frac{k\cdot Q^2}{2a^2} \rightarrow \frac{Q}{q} = 2\sqrt{2}$$

PqPCO

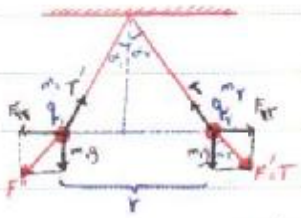
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

نکته: برای تعادل جسمی همیشه برایند نیروهای وارد بر آن صفر است.

* تعادل در الکتریسیته *

دو ذره‌ی باردار هم‌جنس q_1 و q_2 متصل به نخ هایی هم جرم که در نقطه‌ی تعلیق تشکیل زاویه منفرجه می‌دهند



$F_{12} = -F_{21}$

$|F_{12}| = |F_{12}|$

$q_1 \neq q_2$

$F' = \sqrt{F_{12}^2 + (m_2 g)^2}$

محاسبات رویه‌روشان می‌دهد که بعلت کشش وارض حتی اگر $q_1 \neq q_2$ به علت کشش وارض

$F'' = \sqrt{F_{21}^2 + (m_1 g)^2}$

اندازه‌ی F_{21} با اندازه‌ی F_{12} برابر است هم‌چنین

اگر جرم‌ها برابر باشند α_1 با α_2 برابر بوده و $T = T'$ است. ولی اگر جرم‌ها برابر نباشند

نکته: اگر جرم‌ها ثابت باشند با افزایش فاصله کشش نخ‌ها کاهش می‌یابد و می‌توانیم رابطه‌ای بین هم برقرار کنیم که بعداً بررسی کنیم.

$\tan\alpha_2 = \frac{F_{12} \cdot F}{m_2 g}$

$F = m_2 g \cdot \tan\alpha_2$

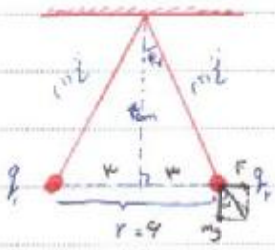
$F = m_1 g \cdot \tan\alpha_1$

$\Rightarrow \frac{k q_1 \cdot q_2}{r^2} = mg \cdot \tan\alpha$

مثال: در شکل زیر جرم گلوله‌ی A برابر $20\,g$ است و بار q_1 و q_2 مساوی است. اگر گلوله‌ی A به حال تعادل

$\tan 37^\circ = \frac{\sin 37^\circ}{\cos 37^\circ} = \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$

باشد q چند μC می‌باشد؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)



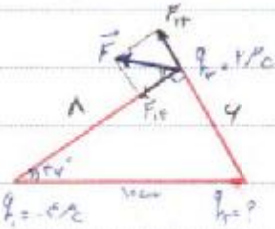
$\tan\alpha = \frac{F}{mg} \Rightarrow \alpha = 37^\circ \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{F}{0.2} \Rightarrow F = 0.15 \Rightarrow 0.15 = \frac{9 \times 10^9 \, q^2}{0.36}$

$\frac{54 \times 10^{-3}}{9 \times 10^9} = q^2 \rightarrow q = \frac{9}{10}\sqrt{6} = 0.9\sqrt{6}\,\mu C$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال ۶: در شکل زیر نیروی برایند وارد بر بار الکتریکی q_3 از طرف باردی q_1 و q_2 موازی خط واصل q_1 و q_2 است. در این صورت q_3 چند μC است؟



$$F_{13} = \frac{9\times10^9\times6\times10^{-6}\times q_3}{5^2} = \frac{6q_3}{5}$$

$$\tan 37° = \frac{F_{23}}{F_{13}} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{F_{23}}{\frac{6q_3}{5}} \Rightarrow F_{23} = \frac{3}{4}\times\frac{6q_3}{5} = \frac{9q_3}{10} \quad (1)$$

$$F_{23} = \frac{9\times10^9\times q_2\times q_3}{4^2} \quad (2)$$

$$(2),(1) \Rightarrow \frac{9\times10^9\times q_2}{16} = \frac{9q_3}{10} \Rightarrow q_2 = \frac{27}{16}$$

مثال ۷: در شکل زیر بردایند نیروی الکتریکی وارد بر هریک از باردی داده شده صفر است در این صورت q_2 چند برابر q_1 است؟

q_3 بین دو بار در حال تعادل است پس دو نیروی q_1 و q_2 هنگام بر q_3 غیرهمنام.

چون هر سه بار در حال تعادل است و نسبت $\frac{q_2}{q_3}$ را خواسته در این صورت روی q_1 تعادل q_1 بحث کرده و شرط تعادل می‌گیریم

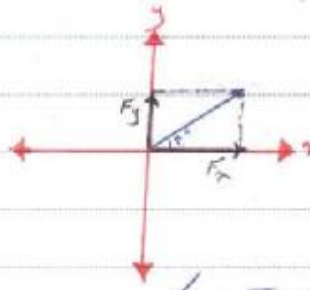
$$\Sigma F = 0 \rightarrow F_{31} = F_{21} \rightarrow \frac{9\times10^9\times q_3\times q_1}{10^2} = \frac{9\times10^9\times q_2\times q_1}{4^2}$$

$$\Rightarrow \frac{q_3}{q_2} = \frac{225}{100} = 2.25$$

تجزیه بردار

فرایندی است که در آن یک بردار را به دو بردار که غالباً بر هم عمود نه تجزیه می‌کنیم. به صورتی که برداری جدید شود.

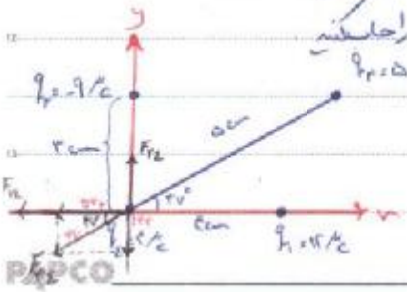
آن بردار را می‌گوییم.



$$\begin{cases} F_x = 30\cos\alpha \Rightarrow F_x = 15\sqrt{2}\times\frac{\sqrt{2}}{2} = 15 \\ F_y = 30\sin\alpha \Rightarrow F_y = 5\sqrt{2} \end{cases}$$

$$\vec{F} = 15i + 5\sqrt{2}j$$

مثال ۸: در شکل زیر برایند نیروی الکتریکی وارد بر بار q_4 که دیپل مختصات قرار گرفته است را حساب کنید



$$F_{41} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-12}}{16} = 225 \rightarrow F_{41} = -225i$$

$$F_{42} = \frac{9\times10^9\times9}{9} = 225 \rightarrow F_{42} = 225j$$

$$F_{43} = \frac{9\times10^9\times5}{25} = 125 \rightarrow \begin{cases} F_x = 125\cos37 = 100 \\ F_y = 125\sin37 = 75 \end{cases}$$

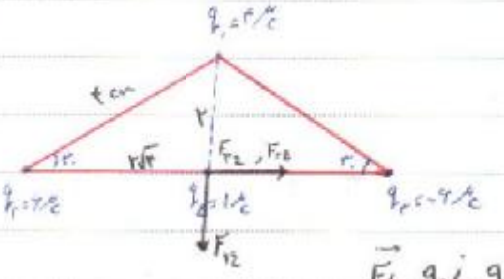
$$\Rightarrow F_{43} = -100i - 75j$$

$$\vec{F_4} = -225i + 225j - 100i - 75j = -325i + 150j$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در سه رأس یک مثلث ثابت شده‌اند. نیروی برآیند وارد بر بار q_2 در نقطه‌ی O



وسط هر ضلع دوبار q_2 و q_3 و از فاصله چند سانتی‌متر است؟

$$F_{32}=F_{12}=\frac{9\times10^{9}\times2}{12}=45$$

$$\vec{F}_R=45+45=90i$$

$$F_{13}=\frac{9\times10^{9}\times1}{4}=90 \quad \Rightarrow \quad F_y=-90j$$

$$\vec{F}_t=90i-90j \quad |\vec{F}_t|=90\sqrt{2}$$

مثال: دوبار هم اندازه‌ی ناهمنام q و $-q$ در فاصله‌ی r نیروی F را بر یکدیگر وارد می‌کنند. $2\mu C$ بار از یکی برداشته و به دیگری اضافه می‌کنیم و آن‌ها را در همان فاصله‌ی قبلی نسبت به یکدیگر قرار می‌دهیم. نیروی بین آن‌ها $\frac{14}{25}F$ می‌شود. در این صورت q چند μC بوده است؟

$$F=\frac{k\cdot q^2}{r^2} \qquad F'=|q-2|\cdot|-q+2|=(q-2)^2 \quad (1)$$

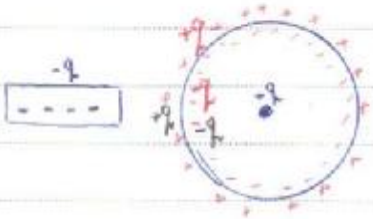
$$F'=\frac{14}{25}F \rightarrow (q-2)^2=\frac{14}{25}q^2 \rightarrow q-2=\pm\frac{\sqrt{14}}{5}q \quad (2)$$

$$5q-10=\sqrt{14}q \rightarrow q=\frac{10}{5-\sqrt{14}}$$

$$5q-10=-\sqrt{14}q \rightarrow q=\frac{10}{5+\sqrt{14}}$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{14}{25}=\frac{(q-2)^2}{q^2} \rightarrow \pm\frac{\sqrt{14}}{5}=\frac{q-2}{q}$$

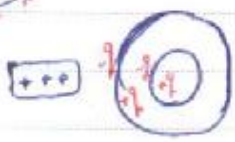
مثال: مطابق شکل یک کره رسانا است و توخالی. در این صورت بار توزیع شده روی سطح خارجی و داخلی پوسته‌ی رسانا چند q است؟



داخلی ← 0

خارجی ← $-2q$

مثال: در شکل زیر دو کره‌ی رسانای هم‌مرکز توخالی رسم شده است. بار $+q$ به کدام نقطه‌ی سطح خارجی پوسته‌ی بزرگ‌تر منتقل شود تا توزیع بار در پوسته تغییر نکند؟



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

«میدان الکتریکی»

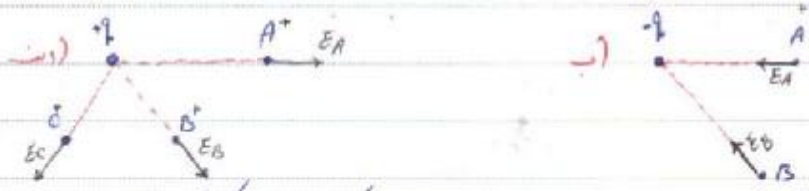
الف) تعریف کیفی میدان الکتریکی: خاصیتی است اطراف هر بار الکتریکی که باعث می‌شود هر بار دیگری الکتریکی دیگر را احساس خود نیرو وارد کند

ب) تعریف کمی میدان الکتریکی: می‌توان گفت میدان الکتریکی در هر نقطه برابر است با نیروی وارد بر واحد بار مثبت در آن نقطه که میدان با این نیرو هم جهت است.

+ می‌توانیم رابطه‌ی اخیر را به صورت زیر بیان کنیم: $\vec{E}_A = \frac{\vec{F}}{q_0}$ میدان در نقطه A

نکته: میدان کمیتی برداری است و یکای آن در SI، $\frac{N}{C}$ یا $\frac{V}{m}$ می‌باشد

نکته: در هر نقطه که بخواهیم تعیین جهت میدان کنیم فرض می‌کنیم که آن نقطه بار مثبت دارد (مثبت فرض) جهت نیروی وارد بر بار مثبت فرض در هر نقطه برابر با جهت میدان الکتریکی است. به شکل‌های زیر توجه کنید:



مثال: اگر در نقطه‌ای از فضا بر بار الکتریکی $2\mu C$ نیروی $5 \times 10^{-4} N$ وارد شود بزرگی میدان الکتریکی در آن نقطه چند $\frac{N}{C}$ است؟

$$E = \frac{F}{q_0} \Rightarrow |E| = \frac{|F|}{|q_0|} \Rightarrow |E| = \frac{5 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-6}} = 2.5 \times 10^{2} \frac{N}{C}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: اگر در نقطه‌ای از فضا بردار نیروی $F=6i+8j$ بر بار $q=+5\mu C$ وارد شود. بزرگی میدان در آن نقطه چند واحد SI است؟

$$|F|=\sqrt{6^2+8^2} \Rightarrow |F|=10$$

$$|E|=\frac{|F|}{|q_0|}=\frac{10}{5\times10^{-6}}=2\times10^6$$

پاسخ: ب

مثال: اگر در نقطه‌ای از فضا بار $q=-2\mu C$ و از طرف میدان الکتریکی نیروی $F=-8i+6j$ وارد شود، بردار میدان الکتریکی در آن نقطه چگونه است؟

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}=\frac{-8i+6j}{-2\times10^{-6}}=(4i-3j)\times10^6$$

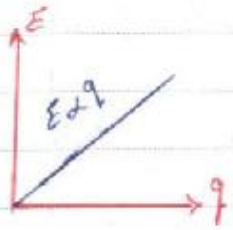
پاسخ: ب

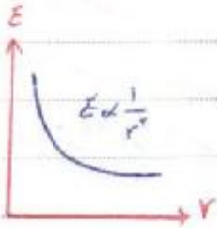
* محاسبه‌ی میدان الکتریکی بار نقطه‌ای q در فاصله‌ی r از آن *

$$E=\frac{F}{q_0},\quad E=|\vec{E}|$$

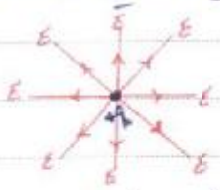
$$F=\frac{k|q||q_0|}{r^2} \Rightarrow E=\frac{\frac{k|q||q_0|}{r^2}}{q_0} \Rightarrow E=\frac{k|q|}{r^2}$$

$$\frac{E_1}{E_2}=\left|\frac{q_2}{q_1}\right|\times\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

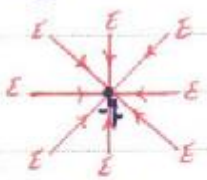




مثال: در شکل (الف) و (ب) بار q و $-q$ همزدی است تعیین کنید که بردار میدان الکتریکی در اطراف آن چگونه است؟



چنبره (ب)



چاه (الف)

مثال: اگر کره‌ی رسانای باردار منفی با یک سوراخ روی آن مطابق شکل مقابل قرار گیرد برای نقطه‌ی M چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.

پاسخ: نقطه‌ی M چون داخل کره‌ی رسانا باردار منفی می‌شود. زیرا بردار $\vec{E}$ در نقطه‌ی M از الکترون‌ها به سمت خارج کره‌ی رسانا است.

اگر کره‌ی رسانای باردار مثبت باشد چه اتفاقی می‌افتد؟ در این حالت نقطه‌ی M دفع می‌شود. زیرا بردار $\vec{E}$ در نقطه‌ی M به سمت خارج کره‌ی رسانا است.

P4PCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: در فاصله‌ی ۲۰cm از بار الکتریکی $q = +۷۵\,mC$ بزرگی میدان الکتریکی چند واحد SI است؟ ($K = ۹\times۱۰^{۹}$)

$$E = \frac{K\cdot q}{r^2} = \frac{۹\times۷۵\times۱۰^{-۶}}{۴\times۱۰^{-۲}} = \frac{۶۷۵}{۴}\times۱۰^{۷}$$

مثال: میدان الکتریکی در فاصله‌ی ۲۰cm از بار q برابر $۱۸\ \frac{N}{C}$ است. چند سانتی‌متر دیگر از بار، در دو سوم میدان الکتریکی به اندازه‌ی $۱۰\ \frac{N}{C}$ کاهش می‌یابد؟

$E_۱ = ۱۸ \quad E_۲ = ۸ \quad q_۱ = q_۲ = q$

$$\frac{E_۲}{E_۱} = \left(\frac{r_۱}{r_۲}\right)^۲ \Rightarrow \frac{۸}{۱۸} = \left(\frac{۲۰}{۲۰+x}\right)^۲ \Rightarrow x = ۱۰\,cm$$

مثال: فاصله‌ی r از بار q میدان الکتریکی E است. مقدار بار را ۵۰٪ افزایش می‌دهیم و فاصله را ۲۰٪ کاهش می‌دهیم. میدان الکتریکی چند برابر می‌شود؟ چند درصد تغییر می‌کند؟

$q_۱ = ۱ \quad r = ۱ \quad E = ۱$

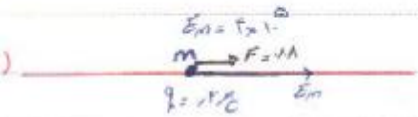
$q' = ۱ + \frac{۱}{۲} = \frac{۳}{۲} \quad r' = ۱ - \frac{۱}{۵} = \frac{۴}{۵} \Rightarrow E' = \frac{F}{(\frac{۴}{۵})^۲} = \frac{۶۸}{۱۶} = \frac{۸}{۳}$

$\frac{E'}{E} = \frac{۸}{۳}$ برابر

درصد تغییر $= \frac{\Delta E}{E_۱}\times۱۰۰ = \frac{\frac{۸}{۳}-۱}{۱}\times۱۰۰ = ۱۶۶/۶\overline{۶}$ ٪ افزایش

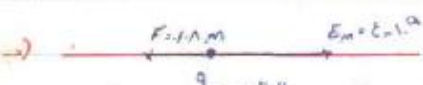
مثال: در شکل مقابل بار الکتریکی q در نقطه‌ی M قرار گرفته و بزرگی و جهت میدان الکتریکی ایجاد شده در آن را مشخص کنید.

الف)



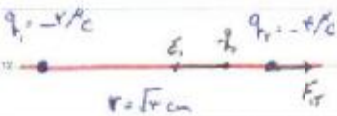
$E = \frac{F}{q} \Rightarrow F = E\cdot q \Rightarrow F = ۴\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۶} \Rightarrow F = ۰/۸$

ب)



$E = \frac{F}{q} \Rightarrow F = E\cdot q \Rightarrow F = ۴\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۶} \Rightarrow F = ۰/۸ \Rightarrow \vec{F} = -۰/۸\,i$

مثال: در شکل زیر بزرگی بار (۱) چند برابر (۲) و جهت میدان برآیند در نقطه‌ی M چگونه است؟



جهت برآیند: به سمت چپ

میدان الکتریکی بار (۱) در محل بار (۲) چند واحد SI و جهت آن چگونه است؟ جهت نیرو چگونه می‌شود؟

$E_۱ = \frac{K\cdot q_۱}{r^2} = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۲\times۱۰^{-۶}}{۴\times۱۰^{-۲}} = ۴\times۱۰^{۷} \Rightarrow \vec{E} = -۴\times۱۰^{۷}\,i$ (ب)

$F_{۱۲} = \frac{۹۰\times۲\times۲}{۴} = ۲۴۰ \Rightarrow \vec{F} = ۲۴۰\,i$ (الف)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

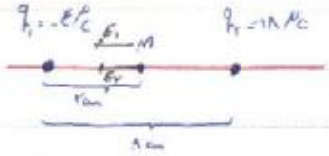
Subject
Date

** اصل برهم نهی میدان های الکتریکی **

میدان می گوئیم که میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه ای از فضا برابر مجموع میدان هایی است که هر بار در غیاب بارهای دیگر

در آن نقطه ایجاد می کرده است. یعنی $\vec{E_t} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \vec{E_3} + \cdots$

مثال: در شکل زیر میدان الکتریکی برآیند در نقطه ی M تعیین کنید



$E_t = E_1 + E_2$

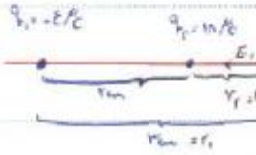
الف)

$$E_1 = \frac{9\times10^9 \times 6\times10^{-6}}{6\times10^{-2}} = 9\times10^7 \rightarrow \vec{E_1} = -9\times10^7\, i$$

$$E_2 = \frac{9\times10^9 \times 18\times10^{-6}}{4\times10^{-2}} = 4.5\times10^7 \rightarrow \vec{E_2} = 4.5\times10^7\, i$$

$$\vec{E_t} = -13.5\times10^7\, i$$

ب)



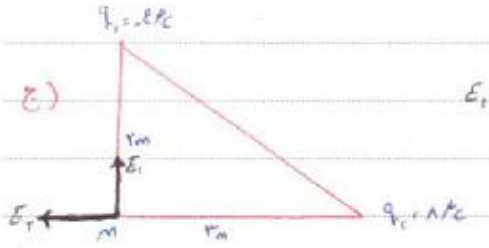
$E_t = E_1 + E_2$

$$E_1 = \frac{9\times10^9 \times 6\times10^{-6}}{9\times10^{-2}} = 6\times10^7 \rightarrow \vec{E_1} = -6\times10^7\, i$$

$$E_2 = \frac{9\times10^9 \times 18\times10^{-6}}{1\times10^{-2}} = 162\times10^7 \rightarrow \vec{E_2} = 162\times10^7\, i$$

$$\vec{E_t} = 156\times10^7\, i$$

ج)



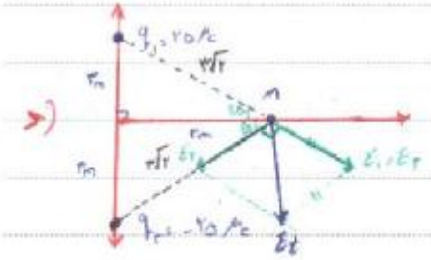
$$E_1 = \frac{9\times10^9 \times 6\times10^{-6}}{6} = 9\times10^4 \rightarrow \vec{E_1} = 9\times10^4\, j$$

$$E_2 = \frac{9\times10^9 \times 8\times10^{-6}}{9} = 8\times10^4 \rightarrow \vec{E_2} = -8\times10^4\, i$$

$$\vec{E_t} = -8\times10^4\, i + 9\times10^4\, j$$

$$|E_t| = \sqrt{145}\times10^4$$

د)



$$E_t = \sqrt{2}E_1$$

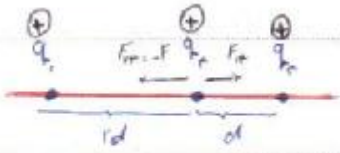
$$E_1 = \frac{9\times10^9 \times 25\times10^{-6}}{18} = 12500$$

$$E_t = 12500\sqrt{2} \rightarrow \vec{E_t} = -12500\sqrt{2}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: در شکل زیر برآیند نیروی وارد بر بار الکتریکی q_2، F است. اگر q_1 را حذف کنیم، آن گاه برآیند نیروی وارد بر q_2 چند برابر F بوده و در خلاف جهت آن خواهد بود. مقدار $\frac{q_1}{q_3}$ چند است؟



$$\vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} \qquad \vec{F}_{32} = -F \quad \Rightarrow F = F_{12} - F \Rightarrow F_{12} = 2F$$

$$\frac{F_{12}}{F_{32}} = \frac{q_1}{q_2} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow 2 = \frac{q_1}{q_2} \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = 8$$

نکته: در حل این نوع سؤالات با خنثی کردن یکی از بارها جهت نیروها عوض می‌شود، چون q_2 بین دو بار q_1 و q_3 هم‌نام‌اند و همان‌گونه که q_2 خارج دو بار q_1 و q_3 بود آن‌گاه q_1 و q_3 ناهم‌نام می‌شوند.

مثال: در شکل زیر چهار بار $\frac{1}{3}\mu C$ در فاصله‌ی یکسان از مبدأ روی محیط دایره قرار دارند و نقطه‌ی O در فاصله‌ی 2 روی محوری که عمود بر سطح دایره بوده و از مرکز آن می‌گذرد قرار دارد. میدان هر بار در نقطه‌ی O چند $\frac{N}{C}$ است؟

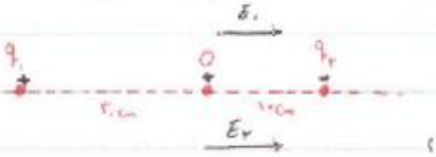
$$\frac{1}{3}\mu C = 5 \times 10^{-7} C$$

میدان برآیند در نقطه‌ی O: $E_t = 2E\sqrt{2}$ $\quad (\overline{OC} = R)$

$$E_t = 2 \times 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-7}}{(0.2)^2}\sqrt{2}$$

$$E_t = 10^5\sqrt{2} \Rightarrow \vec{E}_t = 10^5\sqrt{2}\,j$$

مثال: در شکل زیر میدان الکتریکی برآیند در نقطه‌ی O برابر E است. اگر q_2 را خنثی کنیم میدان در نقطه‌ی O برابر $\frac{E}{3}$ می‌شود. در این صورت حاصل $\frac{q_2}{q_1}$ چند است؟



(1) $\rightarrow E = E_1 + E_2$

(2) $\rightarrow E_2 = \frac{E}{3}$

(3) $\rightarrow E = E_1 + \frac{E}{3} \rightarrow E_1 = \frac{2}{3}E$

(4) $\rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{q_2}{q_1} \times 9 \rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \pm\frac{1}{18} \rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{-1}{18}$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

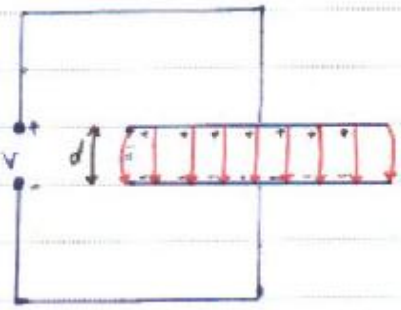
Subject
Date

۲۶- میدان الکتریکی یکنواخت

- اگر در حجم خصوصی از فضا اندازه، جهت و راستای میدان ثابت باشد به آن میدان الکتریکی یکنواخت می‌دهند.

- روش تولید آن است که دو صفحه رسانای موازی را وصل اختلاف پتانسیل ثابتی کنیم در این صورت آنرا از لبه‌ی صفحه‌ها خارج

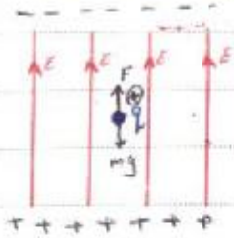
کنیم میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد شده است



$E = \frac{V}{d}$ ($\frac{V}{m}$) ← اختلاف پتانسیل (V)
← فاصله بین دو صفحه (m)

- نکته: میدان الکتریکی همیشه از صفحه مثبت به صفحه منفی منتقل می‌شود

- مثال ← ذره‌ی باردار زیر در میدان الکتریکی یکنواخت را مشاهده می‌کنیم در این صورت q از چه نوعی و چند C باشد تا بار معلق بماند؟

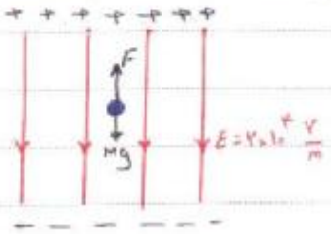


(در حال تعادل باشد) (جرم ذره را برابر $m = 4g$ فرض کنید)

$\Sigma F = 0 \rightarrow$ تعادل $\Rightarrow F = mg$

$E.q = mg \rightarrow q = \frac{mg}{E} \Rightarrow q = \frac{4\times10^{-3}}{2\times10^4} \Rightarrow q = 2\times10^{-5} C \rightarrow 20\,\mu C$

- مثال ← ذره‌ی مقابل جرم ذره‌ی باردار $40g$ و بار آن $q = -30\,\mu C$ است. در این صورت شتاب حرکت این ذره در میدان



داده شده چند واحد بزرگ است

$F = E.q \Rightarrow F = 2\times10^4 \times 30\times10^{-6} = 0.6$

$mg = 0.4$

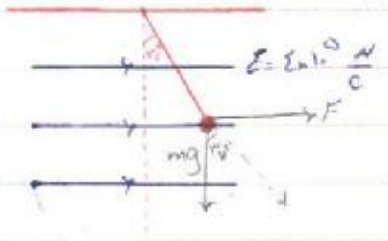
$\Sigma F = 0.6 - 0.4 = 0.2$

$\Sigma F = ma \rightarrow 0.2 = 0.04a \rightarrow a = \frac{0.2}{0.04} \rightarrow a = 5 \frac{m}{s^2}$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

مثال: در شکل زیر q باردار الکتریکی از چند نوع است و جنس $\frac{g}{c}$ است ($\sin 37^\circ = 0.6$ ، $m = 1kg$)



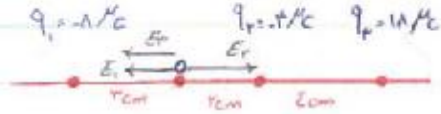
$F = mg \tan 37^\circ$

$F = 16 \times 10 \times \frac{3}{4} \Rightarrow F = 120\ N$

$F = Eq \Rightarrow 120 = 4\times10^5 q$

$q = \frac{3}{4}\times10^{-3} \rightarrow q = \frac{3}{4}\ mC$

مثال: در شکل روبرو میدان الکتریکی برآیند در نقطه‌ی O چند $\frac{N}{C}$ است؟



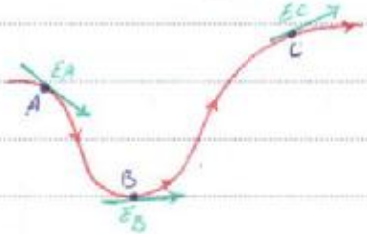
$E_1 = \frac{9\times10^9 \times 8\times10^{-6}}{9\times10^{-2}} = 8\times10^7$ $\quad E_2 = \frac{9\times10^9 \times 4\times10^{-6}}{4\times10^{-2}} = 9\times10^7$

$E_3 = \frac{9\times10^9 \times 18\times10^{-6}}{36\times10^{-2}} = 4.5\times10^7$ $\quad E_1 + E_2 + E_3 = E_t \Rightarrow -8\times10^7 + 9\times10^7 - 4.5\times10^7 = E_t \Rightarrow E_t = -3.5\times10^7$

خطوط میدان الکتریکی

قبلاً گفتیم که برای تعیین میدان در هر نقطه فرض می‌کنیم آن نقطه بار مثبت دارد. جهت نیروی وارد بر بار مثبت فرضی همان جهت میدان است. هم‌چنین نشان دادیم که میدان بار نقطه‌ای $+q$ و $-q$ به ترتیب چشمه و چاه است. نشان می‌داد میدان بار نقطه‌ای، شعاعی است.

برای اینکه طرحی از خطوط میدان بسازیم قاعده‌ی زیر را رعایت می‌کنیم (ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی):

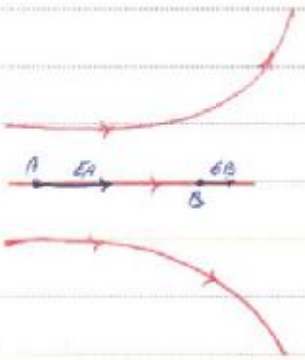


1) در هر نقطه بردار الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه باشد و هم‌جهت با آن.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

(۲) میدان: تراکم خطوط میدان در هر نقطه از فضا نشان دهنده‌ی اندازه‌ی میدان در آنجاست. بطوری که هر چه خطوط میدان متراکم‌تر باشد اندازه‌ی میدان بیشتر است. به شکل دقت کنید.



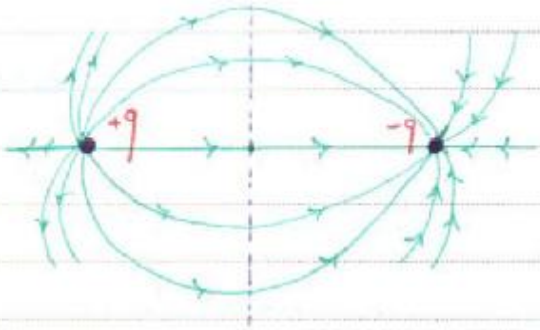
$|E_A| > |E_B|$

(۳) در اطراف یک بار، خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت شروع و به بار منفی ختم می‌شوند.

(۴) خطوط میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطه‌ی فضا فقط یک خط میدان الکتریکی عبور می‌کند.

مثال: دو قطبی الکتریکی چیست؟ میدان الکتریکی در اطراف آن را رسم کنید.

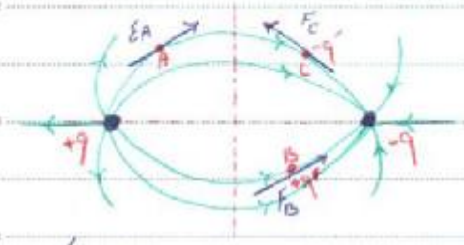
دو قطبی الکتریکی از دو بار نقطه‌ای هم اندازه تشکیل شده است که در فاصله‌ی معینی از یکدیگر قرار می‌گیرند.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

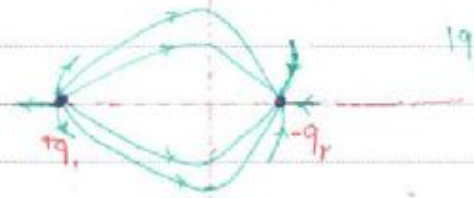
Subject
Date

مثال ← در شکل زیر جهت میدان در نقطه‌ی A و جهت نیروی وارد بر بار $+q$ در نقطه‌ی B و جهت نیروی وارد بر بار $-q$ در نقطه‌ی C را تعیین کنید.

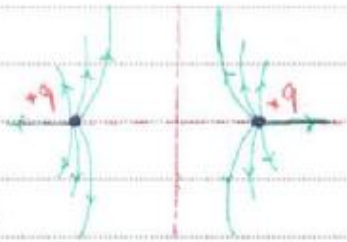


مثال ← در شکل زیر دو بار q_1 و q_2 ناصحنام است و اندازه‌ی بار q_1 بیشتر از اندازه‌ی بار q_2 است. خطوط میدان آن را رسم کنید.

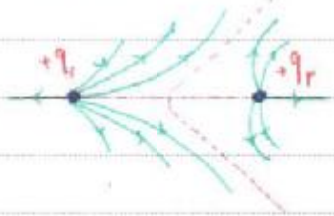
در شکل روبرو روی خط واصل دو بار از بار q_1 به طرف بار q_2 بردیم میدان چگونه تغییر می‌کند؟ ابتدا کاهش سپس افزایش



مثال ← در شکل زیر دو بار الکتریکی هم‌نام و هم اندازه داریم. در این صورت خطوط میدان آن را رسم کنید.



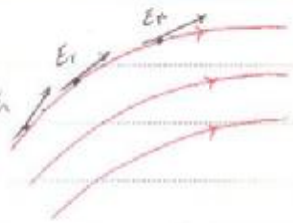
مثال ← در شکل زیر $q_1 > q_2$ است. خطوط میدان آن را رسم کنید.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject

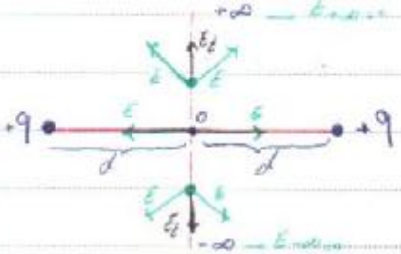
Date



مثال ۱: آیا میدان همه‌جا یکنواخت است؟ چرا؟

خیر، زیرا بردارهای کشیده شده در یک جهت نیستند.

مثال ۲: در شکل زیر از $+\infty$ به سمت $-\infty$ روی عمود منصف خط واصل $+q$ و $-q$ حرکت کنیم، میدان الکتریکی

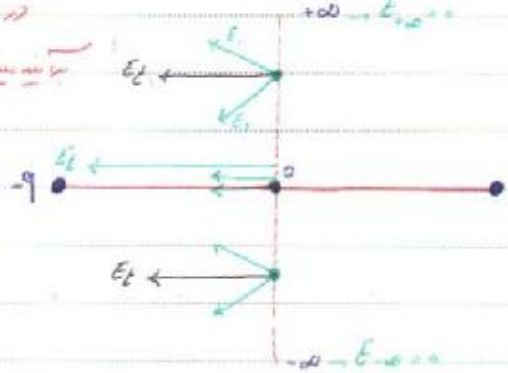


آن چگونه تغییر می‌کند؟

افزایش ـ کاهش ـ افزایش ـ کاهش ⇐

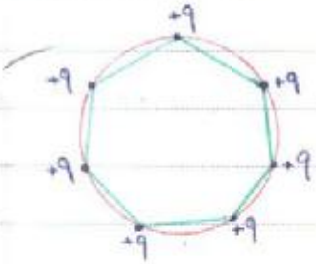
در $+\infty$ و $-\infty$ همیشه

برآیند میدان الکتریکی صفر است



افزایش ـ کاهش ⇐

مثال ۳: به روی محیط دایره ۲ بار مشابه $+q$ قرار گرفته که بزرگی میدان هر بار در مرکز دایره یکی است. (برحسب بار یکی از آن‌ها)



الف) میدان برآیند در مرکز دایره چند یکی است؟ $E_t = 0$

ب) اگر به روی دایره‌ی چند ضلعی منتظم بار مشابه قرار دهیم

میدان الکتریکی در مرکز آن چند ضلعی منتظم صفر است

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

ب) اگر یکی از بارها را حذف کنیم میدان الکتریکی برآیند در مرکز این دایره چند تا می‌شود؟

چون برآیند ۲ بردار صفر بوده یعنی اندازه برآیند ۶ بردار با میدان بین از بار q بادر بوده. اکنون که یکی را حذف کرده‌ایم

اندازه برآیند ۵ تای باقی مانده برابر با اندازه میدان بار حذف شده است

$E_1+E_2+E_3+E_4+E_5+E_6+E_7=0 \rightarrow E_1=-(E_2+E_3+E_4+E_5+E_6+E_7) \rightarrow |E_1|=|E_2+E_3+E_4+E_5+E_6+E_7|$

پ) اگر بجای بار خنثی شده روی محیط دایره بار $+2q$ قرار دهیم میدان در مرکز دایره چند تا می‌شود؟ 6E

اگر $+2q$ را روی $+q$ قرار دهیم طبق قبل (الف) برآیند 2 بار صفر می‌شود یعنی فقط یک $+q$ باقی می‌ماند که بردار میدان آن

6E است

ت) اگر بجای بار خنثی شده روی محیط دایره بار $-2q$ قرار دهیم میدان در مرکز دایره چند تا می‌شود؟ 3E

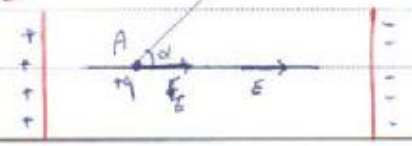
اگر $-2q$ را روی $+q$ و $-3q$ در نقطه مقابل طبق قبل (الف) برآیند 2 بار $+q$ برابر صفر و $-3q$ بردار میدان الکتریکی 3E می‌شود

د) انرژی پتانسیل الکتریکی بار

بنا به تعریف منفی کار نیروی الکتریکی (نیروی میدان) در یک جابجایی معین برابر است با اختلاف انرژی پتانسیل الکتریکی در

آن جابجایی یعنی $-W_E=\Delta U \leftarrow -W_E=\Delta U \leftarrow W_E=-\Delta U$ کار میدان الکتریکی = منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

و می‌توان نوشت: $\begin{cases} \Delta U = -W_E = -|F_E \cdot d|\cos\theta = -|E \cdot q \cdot d|\cos\theta \\ |F_E| = |E \cdot q| \end{cases}$ (θ زاویه بین F_E و d)



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

۱۵ واحد ۴ پتانسیل الکتریکی

۱. با به تعریف برابرانی با تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی سازای جابجایی واحد بار (+1C)

$\Delta V = \frac{\Delta U_{(J)}}{q_{(C)}}$ ← اختلاف پتانسیل الکتریکی (ولت) ⇒ $\Delta V = -E.d.\cos\theta$ ← بایدین E و d

۲. مثال ۱۰ در شکل زیر مقادیری زیر را حساب کنید

$E = 5\times10^4$

(الف) $q = +8\mu C$, F_E, d, A, B

(الف) خطوط میدان الکتریکی

(ب) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

(پ) تغییر پتانسیل الکتریکی

$W_E = |F_E.d|\cos\alpha = |E.q.d|\cos\alpha = |5\times10^4 \times 8\times10^{-6} \times \frac{1}{2}|\cos 0$

$W_E = 14\times10^{-2}\ J$

$\Delta U = -W_E = -14\times10^{-2}\ J$ ← کاهش $\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-14\times10^{-2}}{8\times10^{-6}} = -250\ (V)$

(پ)

$\begin{cases} W_E = |E.q.d|.\cos\alpha = -|75\times10^{-2}\times5\times10^3\times4\times10^{-1}| = -18\times10^{-3} \\ \alpha = 180-37 \Rightarrow \cos\alpha = \cos(180-37) = -\cos37 = -0.8 \end{cases}$

$\Delta U = -W_E \Rightarrow \Delta U = 8\times10^{-3}$ ← افزایش ← $V_B > V_A$

$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{8\times10^{-3}}{-5\times10^{-7}} = -16\times10^3$ ← کاهش ← $V_B < V_A$

$\Delta V = -E.d.\cos\alpha_2 = -5\times10^4 \times 16\times10^{-2} \times 0.8 = -16\times10^3$

نتیجه: در شکل (الف) بار $q+$ به طور خود به خود حرکت از A به B بوده و این انتقال انرژی به همین دلیل انرژی پتانسیل کم شده و به انرژی جنبشی افزوده شده (مانند سنگینی که از ارتفاع) و در شکل (ب) بار $q-$ به زور و اجبار از A به B رفته یعنی خلاف تمایلش رفته

به همین دلیل تغییر انرژی پتانسیل مثبت است و $V_B > V_A$ است (مانند بالا بردن جسم از زمین به ارتفاع)

PqPCO

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Subject
Date

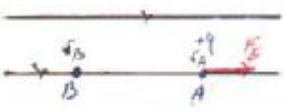
مثال: در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E = 2\times10^{3}\ \frac{N}{C}$ پروتونی از نقطه A با تندی $2\times10^{5}\ m/s$ در خلاف جهت میدان پرتاب می‌شود و پروتون در نقطه‌ی B متوقف می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برای پروتون چند ژول است؟ ($m_p = 1.67\times10^{-27}\ kg$) (ch.19 ex.)

تندی پروتون را در نقطه‌ی A بدست آورید؟

$\Delta U = -W_E = -|E.q.d|\cos\alpha = -|2\times10^{3}\times1.6\times10^{-19}\times1|\times(-1)$

$\alpha = 180^\circ$

$\Delta U = 3.2\times10^{-16}$



تغییر انرژی جنبشی = کار کل = برآیند نیروهای وارد بر جسم

$\Delta K = W_t \rightarrow \Delta K = W_{\text{خارجی}} + W_E \rightarrow \Delta K = 0 + (-\Delta U) \rightarrow \Delta K = -\Delta U \rightarrow \Delta K = -3.2\times10^{-16}$

$K_B - K_A = -3.2\times10^{-16} \rightarrow 0 - \frac{1}{2}\times1.67\times10^{-27}\times V_A^2 = -3.2\times10^{-16} \rightarrow V_A = 2\times10^{5}\ m/s$

مثال: اگر در مثال قبلی جهت میدان را تغییر دهیم و پروتون را در نقطه‌ی A از حال سکون رها کنیم تندی پروتون در نقطه‌ی B چند است؟

$\Delta K = W_{\text{خارجی}} + W_E$

$\Delta K = -\Delta U$

$K_B - K_A = -\Delta U \rightarrow K_B = -\Delta U \rightarrow K_B = W_E \rightarrow K_B = 3.2\times10^{-16}$

$\frac{1}{2}m v_B^2 = 3.2\times10^{-16} \rightarrow \frac{1}{2}\times1.67\times10^{-27}\times v_B^2 = 3.2\times10^{-16} \rightarrow v_B = 2\times10^{5}$

مثال: اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌ی باطری خودرو ۱۲ ولت است. اگر بار الکتریکی $\Delta q = 50\ mC$ از پایانه‌ی منفی به پایانه‌ی مثبت باطری جابجا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر کرده است؟

$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow 12 = \frac{\Delta U}{50\ mC} \rightarrow \Delta U = 600\ mJ \rightarrow \Delta U = 0.6\ J$

$\Delta V = V_+ - V_- = 7 - (-5) = 12$

نکته!

ΔK → تغییر انرژی جنبشی

W_t → کار کل

$\Delta K = W_t \rightarrow \Delta K = W_{\text{خارجی}} + W_E$