

فصل اول

جلسه دوم



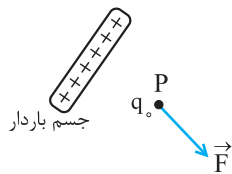
CHAPTER ONE

میدان الکتریکی

میدان الکتریکی

نیروی که اجسام به یکدیگر وارد می‌کنند ممکن است در اثر تماس مستقیم باشد مانند هل دادن و یا بدون تماس مستقیم باشد مانند نیروی گرانشی، نیروی الکتریکی و نیروی مغناطیسی. برای توجیه نیروی از راه دور و بدون تماس مستقیم، خاصیتی به نام میدان تعریف می‌شود: **تعریف میدان الکتریکی:** هر بار الکتریکی در فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن میدان الکتریکی می‌گویند که به موجب همین خاصیت، می‌تواند از راه دور به ذرات دیگر نیرو وارد کند. میدان الکتریکی را با نماد E نمایش می‌دهند. میدان الکتریکی کمیتی برداری است، بنابراین جهت و اندازه‌ی میدان به صورت زیر تعیین می‌شود.

بزرگی و جهت میدان الکتریکی



در شکل مقابل برای به دست آوردن اندازه و جهت میدان حاصل از جسم باردار، در نقطه‌ی P بار مثبت و کوچکی که به آن اصطلاحاً بار آزمون (q_0) می‌گویند را قرار می‌دهند و نیروی وارد بر آن را اندازه‌گیری می‌کنند و سپس بردار میدان را از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌کنند:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \frac{\vec{F}}{q_0} \left(\frac{N}{C} \right) && \text{جهت میدان الکتریکی} \\ E &= \frac{F}{q_0} && \text{بزرگی میدان الکتریکی} \end{aligned}$$

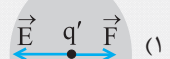
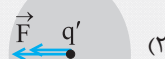
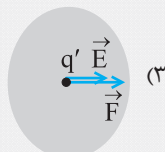
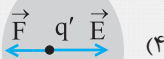
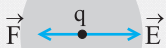
با توجه به این رابطه، جهت میدان الکتریکی همواره هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت (q_0) در آن نقطه است. یکای میدان طبق فرمول، نیوتن بر کولن ($\frac{N}{C}$) می‌باشد. q_0 : بار آزمون (بار مثبت کوچک)

مثال ۲۱: برای تعیین میدان الکتریکی در نقطه‌ای از فضا، بار آزمون $+2nC$ را در آن نقطه قرار می‌دهیم، نیروی $3/0 \times 10^{-4} N$ در راستای شرق به غرب و در جهت شرق به آن وارد می‌شود. بزرگی و جهت میدان در این نقطه را تعیین کنید.

پاسخ: جهت میدان، جهت نیروی وارد بر بار مثبت است، بنابراین جهت میدان به سمت شرق است.

$$E = \frac{F}{q} = \frac{3/0 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-9}} = 1/5 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

مثال ۲۲: شکل مقابل محدوده‌ای از یک میدان الکتریکی را نشان می‌دهد که در نقطه‌ای از آن، بار الکتریکی q قرار داده شده است و بردارهای میدان و نیروی وارد بر بار نشان داده شده است. اگر بار q را با قرینه‌ی آن (q') جابه‌جا کنیم، کدام شکل، نیرو و میدان را درست نشان می‌دهد؟



پاسخ: جهت میدان به بار q (یا q') ارتباط ندارد، بلکه یک یا چند جسم باردار آن را تولید نموده است که حتی اگر باری هم در آن محدوده قرار نگیرد، میدان وجود دارد. بنابراین جهت میدان E ثابت و به سمت راست خواهد بود ولی چون بار قرینه شده، جهت نیرو عوض می‌شود (توجه کنید که ابتدا جهت \vec{F} و \vec{E} خلاف هم بوده‌اند، پس بار q منفی بوده و قرینه‌ی آن یعنی q' مثبت خواهد بود. بنابراین \vec{F} و \vec{E} جدید هم‌جهت می‌شوند).

بنابراین گزینه‌ی (۳) صحیح است.

مثال ۲۳: ذره‌ای به جرم 2mg در نقطه‌ای از فضا معلق است. اگر میدان در این نقطه $\frac{1}{10} \times 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{C}}$ و در راستای قائم و به سمت پایین باشد، بزرگی و علامت بار کدام گزینه است؟

- (۱) $2 \times 10^{-6} \text{C}$ ، مثبت (۲) $2 \times 10^{-6} \text{C}$ ، منفی (۳) $2 \times 10^{-9} \text{C}$ ، مثبت (۴) $2 \times 10^{-9} \text{C}$ ، منفی
- پاسخ:** ذره معلق می‌باشد، بنابراین نیروی الکتریکی در خلاف جهت نیروی وزن است:



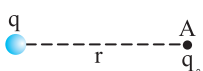
بار منفی است. \Rightarrow میدان نیرو \uparrow

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F = mg \Rightarrow E \times q = mg \Rightarrow \frac{1}{10} \times 10^{-4} \times q = (2 \times 10^{-6}) \times 10 \Rightarrow q = \frac{2 \times 10^{-5}}{10^{-4}} = 2 \times 10^{-9} \text{C}$$

میدان رو به پایین و نیرو به سمت بالا است. اگر نیروی ناشی از میدان و میدان در خلاف جهت یکدیگر باشند، آن‌گاه بار منفی است.

بنابراین گزینه‌ی (۴) صحیح است.

میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار



اگر بخواهیم میدان ناشی از بار ذره‌ای q را در نقطه‌ی A به فاصله‌ی r از بار q تعیین کنیم، باید طبق تعریف کمی میدان، بار آزمون q_0 را در نقطه‌ی A قرار دهیم و با استفاده از قانون کولن نیروی وارد بر q_0 را تعیین کرده و با استفاده از فرمول میدان، اندازه‌ی E را تعیین می‌کنیم:

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

مثال ۲۴: بزرگی میدان ناشی از بار $-10^{-6} \mu\text{C}$ در نقطه‌ی A به فاصله‌ی $2/\text{m}$ از این بار چند واحد SI می‌باشد؟

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{2^2} = \frac{9}{4} \times 10^4 = 2/25 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

پاسخ:

نکته: با توجه به فرمول $E = k \frac{|q|}{r^2}$ ، بزرگی میدان با بزرگی بار رابطه‌ی مستقیم و با مجذور فاصله از بار رابطه‌ی عکس دارد.

مثال ۲۵: میدان الکتریکی در فاصله‌ی 20cm از بار نقطه‌ای q_1 ، برابر E و در فاصله‌ی 30cm از بار نقطه‌ی q_2 ، برابر $\frac{3}{4}E$ می‌باشد. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

- (۱) $\frac{4}{9}$ (۲) $\frac{8}{27}$ (۳) $\frac{9}{4}$ (۴) $\frac{27}{8}$

پاسخ:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{k \frac{|q_1|}{r_1^2}}{k \frac{|q_2|}{r_2^2}} = \frac{E}{\frac{3}{4}E} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{30}{20}\right)^2 \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{2}{3} \times \frac{4}{9} = \frac{8}{27}$$

بنابراین گزینه‌ی (۲) صحیح است.

مثال ۲۶: برای تعیین میدان در یک نقطه از فضا بار $+2\mu\text{C}$ را قرار می‌دهیم. اگر به جای بار $+2\mu\text{C}$ از بار $+8\mu\text{C}$ استفاده کنیم، میدان محاسبه شده در این نقطه چند برابر می‌شود؟

- (۱) ۱ (۲) ۴ (۳) $\frac{1}{4}$ (۴) ۱۶

پاسخ: طبق رابطه‌ی $E = k \frac{q}{r^2}$ ، میدان به بار آزمون (q_0) بستگی ندارد. در این تست به جای بار q_0 از بارهای $+2\mu\text{C}$ و $+8\mu\text{C}$ استفاده شده است. بنابراین میدان تغییر نمی‌کند. بنابراین گزینه‌ی (۱) صحیح است.

نتیجه: اندازه و علامت بار q_0 تأثیری در محاسبه‌ی میدان ندارد.

نکته: در رابطه‌ی $E = \frac{F}{q}$ ، مقدار بار q را قرار می‌دهیم. یعنی $E = \frac{F}{|q|}$ ولی اگر از رابطه‌ی $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ استفاده کنید، باید علامت q را قرار دهید.

مثال ۳۷: در یک نقطه از فضا بار $\Delta C / -$ را قرار می‌دهیم و نیروی $\vec{F} = (20\text{N})\vec{i} - (30\text{N})\vec{j}$ به آن وارد می‌شود. میدان در این نقطه کدام گزینه است؟

(۱) $\vec{E} = 40\vec{i} - 60\vec{j}$ (۲) $\vec{E} = 10\vec{i} - 15\vec{j}$ (۳) $\vec{E} = -40\vec{i} + 60\vec{j}$ (۴) $\vec{E} = -10\vec{i} + 15\vec{j}$

پاسخ: با توجه به گزینه‌ها، باید میدان الکتریکی را به صورت برداری به دست آورید، یعنی علامت q مهم است:

گزینه‌ی (۳) صحیح است. $\Rightarrow \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{20\vec{i} - 30\vec{j}}{-0.5} = -40\vec{i} + 60\vec{j}$

مثال ۳۸: بار $q = -2 \mu\text{C}$ را در ناحیه‌ای قرار می‌دهیم که میدان برابر $\vec{E} = (6\vec{i} - 8\vec{j}) \times 10^5$ نیوتن بر کولن است. اندازه‌ی نیروی وارد بر ذره چند نیوتن است؟

(۱) 0.4 (۲) $2/8$ (۳) $1/6$ (۴) $2/0$

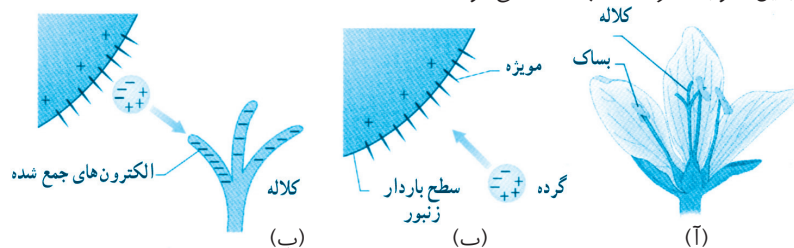
پاسخ: ابتدا باید اندازه‌ی میدان را به دست آورید:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{(6^2 + 8^2) \times (10^5)^2} = 10 \times 10^5 = 10^6 \text{ N/C}$$

گزینه‌ی (۴) صحیح است. $\Rightarrow F = E \times |q| = 10^6 \times 2 \times 10^{-6} = 2 \text{ N}$

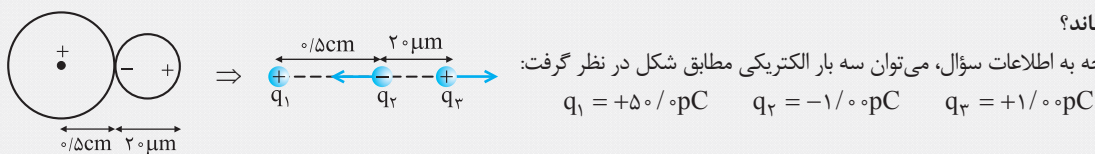
زنبور عسل و گرده‌افشانی گل‌ها

نحوه‌ی گرده‌افشانی گل‌ها توسط زنبور عسل به طریق الکتریکی رخ می‌دهد. زنبورهای عسل در حین پرواز دارای بار مثبت می‌شوند. هنگامی که زنبور به بساک گل که از نظر بار، خنثی است می‌رسد، مطابق شکل (ب)، میدان حاصل از بدن باردار زنبور، روی گرده‌های خنثی القا انجام داده و به دلیل آن که قسمتی از گرده که به بدن زنبور نزدیک‌تر است بار منفی دارد، گرده جذب می‌شود. هنگامی که زنبور به گل دیگری نزدیک می‌شود، مجدداً طبق شکل روی کلاله‌ی گل بار منفی را القا می‌کند که اگر نیرویی که کلاله به گرده وارد می‌کند بیش‌تر از نیرویی باشد که زنبور به کلاله وارد می‌کند، در این صورت گرده جذب کلاله می‌شود.



مثال ۳۹: فرض کنید زنبور عسل، کره‌ای به قطر $1/100 \text{ cm}$ است که بار $+50 \text{ pC}$ به طور یکنواخت روی آن پخش شده است. همچنین فرض کنید قطر گرده‌ی کروی $20 \mu\text{m}$ و بزرگی باری که روی هر طرف گرده القا شده، $1/100 \text{ pC}$ است. اگر گرده کاملاً به زنبور چسبیده باشد: (آ) با فرض آن که کل بار روی زنبور در مرکز آن قرار گرفته باشد و بارهای القا شده در گرده به طور کامل مانند دو ذره باردار در طرفین گرده باشد، نیروی خالص وارد بر گرده از سوی زنبور را محاسبه کنید. (ب) فرض کنید زنبور، گرده را به فاصله‌ی $1/100 \text{ mm}$ از نوک کلاله‌ی گل دیگری بیاورد و فرض کنید بار -50 pC در نوک کلاله القا شده باشد، نیروی خالص وارد بر گرده از طرف کلاله را محاسبه کنید. (پ) آیا گرده توسط کلاله جذب می‌شود یا روی بدن زنبور باقی می‌ماند؟

پاسخ: (آ) با توجه به اطلاعات سؤال، می‌توان سه بار الکتریکی مطابق شکل در نظر گرفت:



$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{50 \times 10^{-12} \times 10 \times 10^{-12}}{(0.5 \times 10^{-2})^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-23}}{25 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{9}{25} \times 10^{-8} = 1/8 \times 10^{-8} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{12} = -(1/8 \times 10^{-8} \text{ N})\vec{i}$$

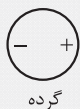
$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{50 \times 10^{-12} \times 10 \times 10^{-12}}{(0.5 \times 10^{-2} + 20 \times 10^{-6})^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-23}}{(5 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-5})^2}$$

$$= \frac{9 \times 5 \times 10^{-14}}{(5/0.2)^2 \times 10^{-6}} \approx 1/79 \times 10^{-8} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{13} = +(1/79 \times 10^{-8} \text{ N})\vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} = (1/79 \times 10^{-8} - 1/8 \times 10^{-8})\vec{i} = -0.01 \times 10^{-8} \vec{i} = -1/100 \times 10^{-10} \text{ (N)}\vec{i}$$

ب) با توجه به اطلاعات، شکل دیگری را رسم می‌کنیم.

۲۰ μm ۱ mm



$$q_4 = -5.0 \times 10^{-6} \text{ C}$$



$$F_{q_3} = k \frac{q_4 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5.0 \times 10^{-12} \times 1 \times 10^{-12}}{(1 \times 10^{-3})^2} = \frac{9 \times 5 \times 10^{-14}}{10^{-6}} = 4.5 \times 10^{-7} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{q_3} = (4.5 \times 10^{-7} \text{ N}) \vec{i}$$

$$F_{q_2} = k \frac{q_4 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5.0 \times 10^{-12} \times 1 \times 10^{-12}}{(1.0 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-5})^2} \approx \frac{4.5 \times 10^{-14}}{1.04 \times 10^{-6}} = 4.33 \times 10^{-7} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{q_2} = -(4.33 \times 10^{-7} \text{ N}) \vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{q_3} + \vec{F}_{q_2} = (4.5 \times 10^{-7} - 4.33 \times 10^{-7}) \vec{i} = 0.17 \times 10^{-7} \vec{i} = 1.7 \times 10^{-8} \vec{i}$$

پ) نیرویی که زنبر به گرده وارد می‌کند، $1.0 \times 10^{-1} \text{ N}$ و نیرویی که کلاله به گرده وارد می‌کند، $1.7 \times 10^{-1} \text{ N}$ است. بنابراین گرده جذب کلاله می‌شود.

میدان ناشی از چند ذره‌ی باردار

در بخش قبل بیان شد که اگر چند بار نقطه‌ای q_1, q_2, \dots داشته باشیم، برآیند نیروهای وارد بر بار q_0 با استفاده از اصل برهم نهی نیروهای کولنی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

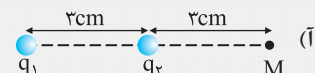
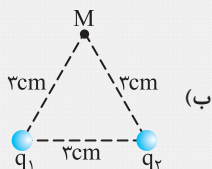
حال اگر بخواهیم میدان حاصل از بارهای q_1, q_2, \dots را در محل بار q_0 به دست آوریم، طبق تعریف میدان، باید طرفین رابطه را بر q_0 تقسیم کنیم.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \Rightarrow \frac{\vec{F}_T}{q_0} = \frac{\vec{F}_1}{q_0} + \frac{\vec{F}_2}{q_0} + \dots \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

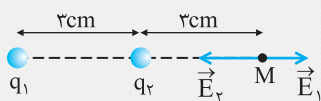
یعنی میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه‌ای از فضا، برابر مجموع میدان‌هایی است که هر بار در نبود سایر بارها در آن نقطه از فضا ایجاد می‌کند که به آن اصل برهم نهی میدان‌های الکتریکی می‌گویند.

مثال ۳۰: در هر یک از شکل‌های زیر میدان حاصل از بارهای $q_1 = +1.0 \mu\text{C}$ و $q_2 = -1.0 \mu\text{C}$ را در نقطه‌ی M محاسبه کرده و میدان برآیند در این

نقطه را رسم و محاسبه کنید.



پاسخ: در هر یک از شکل‌ها ابتدا بردار میدان را رسم می‌کنیم:



$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-6}}{r^2 \times 10^{-4}} = 2.5 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow \vec{E}_1 = 2.5 \times 10^9 \vec{i} \\ E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-6}}{r^2 \times 10^{-4}} = 1.0 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow \vec{E}_2 = -1.0 \times 10^9 \vec{i} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E}_T = 2.5 \times 10^9 \vec{i} - 1.0 \times 10^9 \vec{i} = 1.5 \times 10^9 \vec{i}$$

ب)

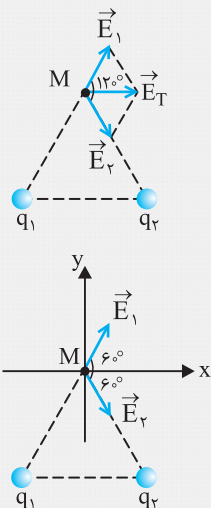
$$\left. \begin{matrix} q_2 = q_1 \\ r_2 = r_1 \end{matrix} \right\} \Rightarrow E_2 = E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 1.0 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

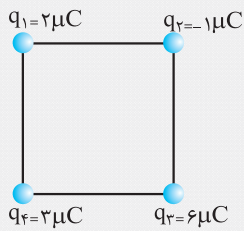
$$\vec{E}_1 = (E_1 \cos 60^\circ) \vec{i} + (E_1 \sin 60^\circ) \vec{j}$$

$$= (1.0 \times 10^9 \times \frac{1}{2}) \vec{i} + (1.0 \times 10^9 \times \frac{\sqrt{3}}{2}) \vec{j} = (0.5 \times 10^9) \vec{i} + (0.866 \times 10^9) \vec{j}$$

$$\vec{E}_2 = (E_2 \cos 60^\circ) \vec{i} - (E_2 \sin 60^\circ) \vec{j} = (0.5 \times 10^9) \vec{i} - (0.866 \times 10^9) \vec{j}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (2 \times 0.5 \times 10^9) \vec{i} = 1.0 \times 10^9 \vec{i}$$





مثال ۳۱: مطابق شکل چهار بار نقطه‌ای در چهار رأس مربعی به ضلع 10 cm قرار داده شده‌اند. میدان برابند در مرکز مربع چند $\frac{N}{C}$ است؟

$$(۲) \quad 3/6\sqrt{2} \times 10^6$$

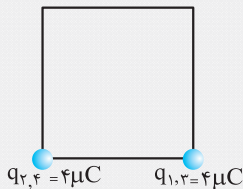
$$(۱) \quad 3/6 \times 10^6$$

$$(۴) \quad 14/4 \times 10^6$$

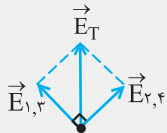
$$(۳) \quad 7/2\sqrt{2} \times 10^6$$

پاسخ: راه‌حل عادی این گونه تست‌ها محاسبه‌ی چهار میدان و برابندگیری آن‌ها است که باید در امتحانات تشریحی و نهایی این گونه حل شود ولی برای حل سریع و تستی از دو روش می‌توانید استفاده کنید: (آ) روش اول: اثر بارهای روبه‌رو را مانند یک بار در نظر بگیرید:

بارهای q_1 و q_3 همانم هستند، بنابراین میدان آن‌ها در مرکز در خلاف جهت هم هستند، بنابراین باید مقدار بار آن‌ها را از هم کم کنید و بارهای q_2 و q_4 ناهمنام هستند، بنابراین میدان آن‌ها در مرکز هم‌جهت هستند (به سمت q_2)، بنابراین بار آن‌ها را با هم جمع می‌کنیم و به‌صورت بار مثبت در محل q_4 و یا بار منفی در محل q_2 نمایش می‌دهیم. فاصله‌ی رأس تا مرکز مربع برابر $a\frac{\sqrt{2}}{2}$ می‌باشد. (a طول هر ضلع مربع است).



$$q_{1,3} = q_{2,4} \Rightarrow E_{1,3} = E_{2,4} = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{\left(\frac{10\sqrt{2}}{2}\right)^2 \times 10^{-4}} = \frac{36 \times 10^3}{50 \times 10^{-4}} = 0.72 \times 10^7 = 7/2 \times 10^6 \frac{N}{C}$$



$$\Rightarrow E_T = \sqrt{E_{1,3}^2 + E_{2,4}^2} = \sqrt{2} \times E_{1,3} = 7/2\sqrt{2} \times 10^6 \frac{N}{C}$$

بنابراین گزینه‌ی (۳) صحیح است.

(ب) روش دوم: تمام بارها مضربی از بار q_2 هستند. بنابراین اگر میدان حاصل از q_2 در مرکز مربع را برابر E در نظر بگیرید، خواهیم داشت:

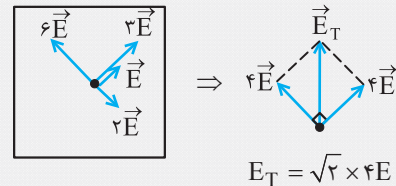
$$q_1 = 2q_2 \Rightarrow E_1 = 2E$$

$$q_3 = 6q_2 \Rightarrow E_3 = 6E$$

$$q_4 = 3q_2 \Rightarrow E_4 = 3E$$

$$E = k \frac{|q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-6}}{\left(\frac{10\sqrt{2}}{2}\right)^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10^3}{50 \times 10^{-4}} = 1/8 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow E_T = \sqrt{2} \times 4 \times 1/8 \times 10^6 = 7/2\sqrt{2} \times 10^6 \frac{N}{C}$$

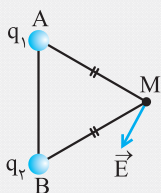


$$E_T = \sqrt{2} \times 4E$$

نکته: میدان حاصل از بار ذره‌ای q در نقطه‌ای مانند A در راستای خطی است که نقطه‌ی A را به محل بار q متصل می‌کند.



میدان در نقطه‌ی A در راستای خط‌چین است.



مثال ۳۲: میدان حاصل از بارهای q_1 و q_2 در نقطه‌ی M به‌صورت زیر می‌باشد، علامت بارها و اندازه‌ی آن‌ها در مقایسه با هم چگونه است؟

$$(۱) \quad |q_1| > |q_2|, q_2 > 0, q_1 > 0 \quad (۲) \quad |q_1| < |q_2|, q_2 < 0, q_1 > 0$$

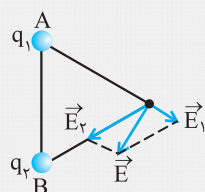
$$(۳) \quad |q_1| > |q_2|, q_2 > 0, q_1 < 0 \quad (۴) \quad |q_1| < |q_2|, q_2 < 0, q_1 < 0$$

پاسخ: طبق نکته‌ی بیان شده، E را در راستای دو ضلع تجزیه می‌کنیم، زیرا \vec{E}_1 در راستای ضلع AM و \vec{E}_2 در راستای ضلع BM است:

طبق جهت \vec{E}_1 و \vec{E}_2 ، علامت بارها به‌صورت $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ می‌باشد.

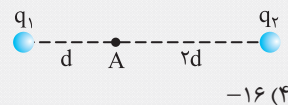
$$E_2 > E_1 \Rightarrow k \frac{|q_2|}{r^2} > k \frac{|q_1|}{r^2} \Rightarrow |q_2| > |q_1|$$

بنابراین گزینه‌ی (۲) صحیح است.



نکته: گاهی اوقات اگر میدان الکتریکی برابند را به‌صورت برداری برحسب میدان الکتریکی حاصل از بارها بنویسید، راحت‌تر به جواب می‌رسید.

مثال ۳۳: در شکل زیر میدان حاصل از بارهای q_1 و q_2 در نقطه‌ی A برابر E است. اگر بار q_2 را خنثی کنیم، میدان در نقطه‌ی A یک سوم برابر می‌شود و جهت آن عوض می‌شود. کدام گزینه است؟



-۱۶ (۴)

+۱۶ (۳)

-۲ (۲)

+۲ (۱)

پاسخ: میدان برایند را به صورت برداری می‌نویسیم:

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \quad \left. \begin{array}{l} \vec{E}_1 = -\frac{\vec{E}}{3} \quad (1) \\ \Rightarrow -\frac{\vec{E}}{3} + \vec{E}_2 = \vec{E} \Rightarrow \vec{E}_2 = \frac{4}{3}\vec{E} \quad (2) \end{array} \right\}$$

$$(1), (2) \Rightarrow E_2 = 4E_1 \Rightarrow k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 4k \frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow \frac{|q_2|}{4d^2} = 4 \frac{|q_1|}{d^2} \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = 16$$

طبق (۱) و (۲)، میدان حاصل از بارهای q_1 و q_2 خلاف جهت هستند، بنابراین بارهای q_1 و q_2 همانم هستند:

$$\vec{E}_1 = -\frac{\vec{E}}{3} \quad \vec{E}_2 = \frac{4\vec{E}}{3} \quad \text{یا} \quad \vec{E}_1 = \frac{4\vec{E}}{3} \quad \vec{E}_2 = -\frac{\vec{E}}{3} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = +16$$

بنابراین گزینه‌ی (۳) صحیح است.

میدان صفر

همان‌طور که در بحث نیرو بیان شد، وقتی دو بار q_1 و q_2 در فاصله‌ای از هم قرار داشته باشند، می‌توان نقطه‌ای یافت که اگر در آن نقطه بار q' را قرار دهیم، بر آن نیرویی وارد نشود. در اصل، در آن نقطه میدان ناشی از دو بار q_1 و q_2 صفر شده است و این میدان صفر بر بار q' نمی‌تواند نیرو وارد کند و ضمناً:

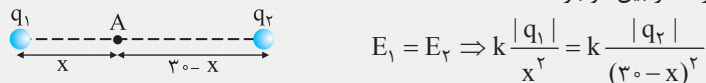
(آ) اگر بارها همانم باشند، نقطه‌ی مورد نظر بین دو بار و به بار کوچک‌تر، نزدیک‌تر است.

(ب) اگر بارها ناهمنام باشند، نقطه‌ی مورد نظر خارج فاصله‌ی دو بار و به بار کوچک‌تر، نزدیک‌تر است.

مثال ۳۴: بارهای q_1 و q_2 در فاصله‌ی ۳۰cm از یکدیگر قرار گرفته‌اند، نقطه‌ای را مشخص کنید که برایند میدان در آن نقطه صفر شود:

$$(آ) \quad q_1 = +3\mu C, q_2 = +27\mu C \quad (ب) \quad q_1 = +3\mu C, q_2 = -27\mu C$$

پاسخ: (آ) روش اول: بارها همانم هستند، بنابراین نقطه‌ی مورد نظر بین دو بار است:



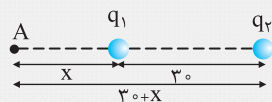
$$E_1 = E_2 \Rightarrow k \frac{|q_1|}{x^2} = k \frac{|q_2|}{(30-x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{3}{x^2} = \frac{27}{(30-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{9}{(30-x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{30-x} \Rightarrow 30-x = 3x \Rightarrow x = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ cm}$$

روش دوم (تستی): نسبت بارها ۳ به ۲۷ (۱ به ۹) است، بنابراین نسبت فاصله‌ها ۱ به ۳ است. یعنی $\frac{30}{4}$ و $3 \times \frac{30}{4} = 22.5$ cm.

(ب) بارها ناهمنام هستند. بنابراین نقطه‌ی مورد نظر خارج فاصله‌ی دو بار و به بار کوچک‌تر، نزدیک‌تر است:

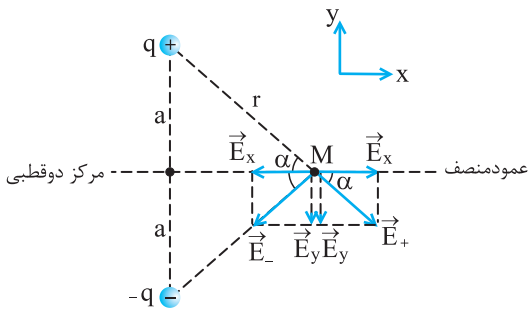


$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(30+x)^2} \Rightarrow \frac{3}{x^2} = \frac{27}{(30+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{9}{(30+x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{30+x} \Rightarrow 3x = 30+x \Rightarrow x = 15 \text{ cm}$$

دوقطبی الکتریکی

اگر دو بار الکتریکی هم‌اندازه و غیرهمنام در فاصله‌ای از هم قرار داشته باشند (غالباً فاصله‌ی آن‌ها را با $2a$ نشان می‌دهند). **دوقطبی الکتریکی** نامیده می‌شود. دوقطبی الکتریکی از این‌رو حائز اهمیت است، که تمام پیوندهای شیمیایی می‌توانند دوقطبی الکتریکی باشند؛ چه پیوندی که دو اتم تشکیل دهنده‌ی آن متفاوت باشد (دوقطبی دائمی) و چه پیوندی که دو اتم آن یکسان باشند که این نوع پیوندها در حضور میدان‌های خارجی موقتاً دوقطبی می‌شوند (دوقطبی موقت). اکنون می‌خواهیم در دوقطبی زیر میدان الکتریکی را در نقطه‌ی M روی عمود منصف دوقطبی و به فاصله‌ی x تا مرکز دوقطبی بیابیم.



بردارهای \vec{E}_+ و \vec{E}_- که میدان بارهای q و $-q$ می‌باشند، با یکدیگر هم اندازه‌اند. از این رو مؤلفه‌های افقی آن‌ها که در راستای عمود منصف است، برابری برابر با صفر دارند ولی برابری مؤلفه‌های قائم آن‌ها (که در خلاف جهت محور y است) دو برابر هر مؤلفه‌ی قائم است. پس داریم:

$$E_T = 2E_y = 2E_+ \sin \alpha = 2\left(\frac{kq}{x^2 + a^2}\right)\left(\frac{a}{\sqrt{x^2 + a^2}}\right) = \frac{2kaq}{(x^2 + a^2)^{3/2}}$$

توجه: $\sin \alpha$ به کمک یکی از مثلث‌های سمت چپ محاسبه شده است: $\sin \alpha = \frac{a}{r} = \frac{a}{\sqrt{x^2 + a^2}}$

رابطه‌ی مقابل در برخی از تست‌ها قابل استفاده است:

$$E_T = \frac{2kaq}{(x^2 + a^2)^{3/2}}$$

a : فاصله‌ی هر بار تا مرکز دوقطبی، q : هر بار دوقطبی، x : فاصله‌ی مرکز دوقطبی تا نقطه‌ی مورد نظر و E_T : میدان دوقطبی

تذکر: با توجه به رابطه‌ی میدان دوقطبی، هر قدر x زیاد شود، میدان با آهنگ زیادی کاهش می‌یابد بدیهی است وقتی $x = 0$ باشد، میدان روی عمود منصف بیشینه است.

توجه: در مثال قبل اگر هر دو بار همتام باشند (دیگر نام آن دوقطبی نیست)، با روشی مشابه می‌توان میدان را از رابطه‌ی زیر محاسبه نمود.

$$E = \frac{2kxq}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \quad (\text{فقط } x \text{ در صورت با } a \text{ جابه‌جا شده})$$

ولی تفاوت عمده‌ای که با دوقطبی دارد این است که هم میدان در مرکز صفر است (دو بردار میدان خلاف جهت هم هستند) و هم میدان در بینهایت (به علت فاصله‌ی زیاد) صفر است. پس بزرگی میدان که یک تابع پیوسته است، باید بیشینه‌ای داشته باشد. می‌توان با ریاضیات ثابت نمود که در فاصله‌ی $x = \frac{a}{\sqrt{2}}$ از مرکز دوقطبی، میدان بیشینه است. این نتیجه را به‌خاطر بسپارید.

مثال ۳۵: بارهای یک دوقطبی 50 nC و -50 nC در فاصله‌ی ۱۶ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند. میدان الکتریکی را در فاصله‌ی ۶ cm تا مرکز

دوقطبی و روی عمود منصف بیابید.

پاسخ: برای حل این مثال باید مانند مثالی مشابه در قسمت نیرو، هر یک از میدان‌ها را محاسبه کرده و برابری کنید ولی از رابطه‌ای که محاسبه نمودیم، استفاده می‌کنیم:

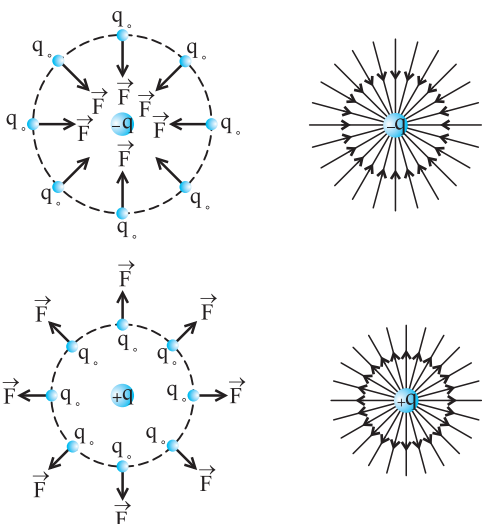
$$q = 50 \times 10^{-9}, \quad x = 6 \text{ cm}, \quad a = \frac{16}{2} = 8 \text{ cm}, \quad k = 9 \times 10^9$$

$$E = \frac{2kaq}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \Rightarrow E = \frac{2 \times 9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-9}}{((6 \times 10^{-2})^2 + (8 \times 10^{-2})^2)^{3/2}} \Rightarrow E = \frac{72}{(36 \times 10^{-4} + 64 \times 10^{-4})^{3/2}} = \frac{72}{(10^{-2})^{3/2}} = 7.2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

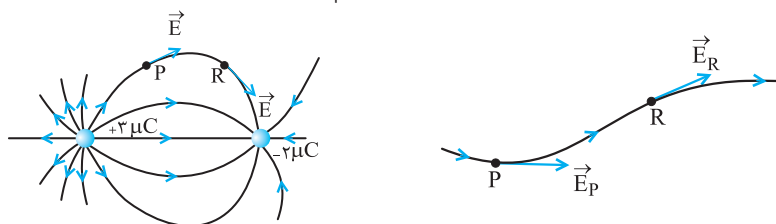
خطوط میدان الکتریکی

بارهای الکتریکی در فضای اطراف خود میدان الکتریکی ایجاد می‌کنند. برای نمایش و تجسم کردن میدان از خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنند. این خط‌ها باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

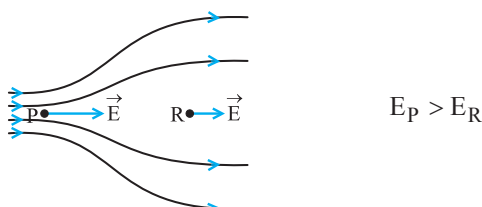
(۱) جهت خط میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار آزمون مثبت در آن نقطه است، بنابراین خط‌های میدان برای بار مثبت رو به خارج و برای بارهای منفی رو به داخل است.



(۲) میدان کمیت برداری است و میدان در هر نقطه برداری است مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با خط میدان است.



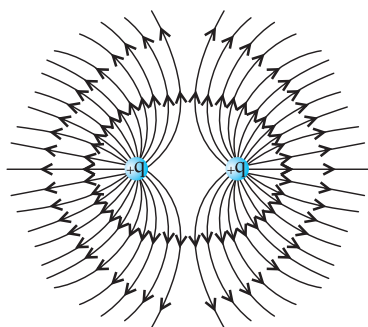
(۳) هر چه میدان در یک ناحیه قوی‌تر باشد، باید خطوط میدان را در آن ناحیه به یکدیگر نزدیک‌تر و به هم فشرده‌تر رسم کرد و بالعکس.



(۴) خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند؛ یعنی از هر نقطه از فضا فقط یک خط میدان می‌گذرد که همان میدان الکتریکی برای آن نقطه است.

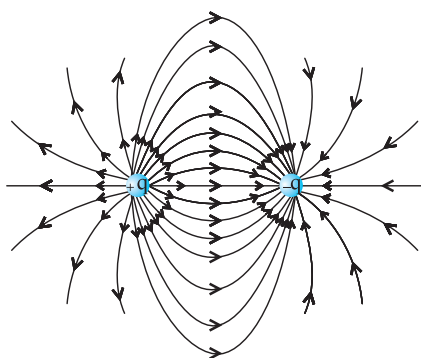
رسم شکل انواع میدان

میدان ناشی از بارهای مثبت و منفی منفرد نمایش داده شده‌اند. حال چند میدان دیگر را رسم می‌کنیم. در رسم تمام شکل‌ها چهار ویژگی را باید در نظر بگیرید:

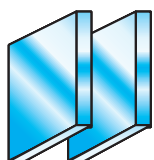


(آ) دو بار هم‌اندازه و هم‌نام

اگر بارها منفی باشند، باید جهت خطوط را برعکس رسم کنید.



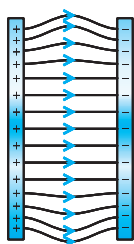
(ب) دوقطبی الکتریکی: دو بار هم‌اندازه و غیرهم‌نام که در فاصله‌ی معینی از هم قرار دارند.



(پ) میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی رسانا با بارهای هم‌اندازه و غیرهم‌نام.

خطوط میدان بین این دو صفحه طبق آزمایش بعدی، صاف، موازی و هم‌فاصله می‌شوند که اصطلاحاً به آن میدان یکنواخت می‌گویند.

توجه: میدان در لبه‌ها غیریکنواخت است.



آزمایش: به کمک آزمایش زیر می‌توان خطوط میدان بین دو بار غیرهمنام و بین دو صفحه‌ی رسانای باردار را مشاهده کرد.

وسایلهای آزمایش: ظرف پلاستیکی یا شیشه‌ای با ابعاد مناسب، پارافین مایع یا روغن مایع خوراکی، مولد واندوگراف یا هر مولد ولتاژ بالای دیگر، سیم‌های رابط با پوشش عایق ضخیم، الکترودهایی با شکل‌های مختلف (می‌توانید الکترودها را با ورقه‌ی آلومینیومی ضخیم بسازید)، بذر چمن.

شرح آزمایش:

۱- روغن را در ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی بریزید.

۲- دو الکتروود را به‌صورت دو گلوله‌ی فلزی درآورید و مطابق شکل مقابل درون روغن قرار دهید. سپس الکترودها را با سیم‌های رابط به پایانه‌های خروجی مولد واندوگراف وصل کنید.

۳- مولد را روشن کنید و سپس بذر چمن را در فضای بین دو الکتروود بپاشید.

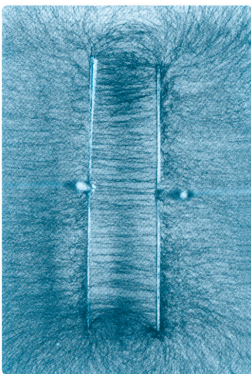
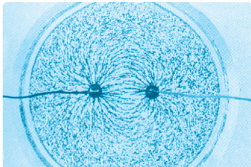
۴- اکنون به سمت‌گیری دانه‌های بذر در فضای بین دو الکتروود توجه کنید و با استفاده از آن طرح، خطوط میدان الکتریکی را در فضای میان دو الکتروود رسم کنید.

۵- این بار دو الکتروود را به‌صورت دو صفحه‌ی موازی مطابق شکل مقابل درون ظرف روغن قرار دهید و آن‌ها را با سیم‌های رابط به پایانه‌های خروجی مولد واندوگراف وصل کنید.

۶- مولد را روشن کنید و سپس بذر چمن را در فضای میان دو الکتروود بپاشید.

۷- دوباره به سمت‌گیری دانه‌های بذر در فضای میان دو الکتروود توجه کنید و با استفاده از آن، طرح خطوط میدان الکتریکی را در فضای میان دو الکتروود رسم کنید.

۸- برای آن‌که بتوانید طرح خطوط میدان را به‌صورت سه‌بعدی ببینید، به‌جای بذر چمن از بریده‌های کوچک نخ استفاده کنید و آن را پیش از انجام آزمایش در ظرف شیشه‌ای شفاف با عمق مناسب که حاوی روغن است کاملاً به هم بزنید و سپس الکترودها را مطابق آزمایش‌های قبل به مولد واندوگراف متصل کنید.



مثال ۳۶: مطابق شکل بارهای $+q$ و $-q$ را روی محور x ها قرار داده‌ایم. اگر از مکان $-\infty$ تا $+\infty$ روی

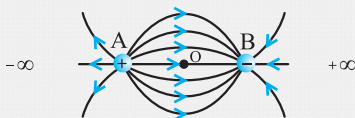
محور x ها حرکت کنیم، میدان براینده چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) کاهش می‌یابد.

(۲) افزایش می‌یابد.

(۳) ابتدا افزایش، سپس کاهش، مجدداً افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

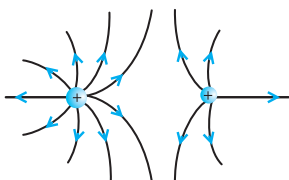
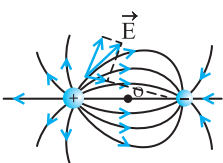
(۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.



پاسخ: اگر بخواهید از محاسبه کمک بگیرید، قطعاً پاسخ دادن بسیار مشکل می‌شود.

ساده‌ترین و بهترین روش استفاده از خطوط میدان است:

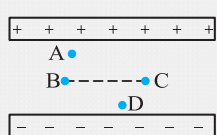
طبق شکل از $-\infty$ تا A خطوط به هم نزدیک‌تر می‌شوند. بنابراین میدان افزایش می‌یابد. از A تا O فاصله‌ی خطوط بیش‌تر می‌شود، میدان کاهش می‌یابد. از O تا B خطوط به هم نزدیک‌تر می‌شوند، بنابراین میدان افزایش می‌یابد. از B تا $+\infty$ خطوط از هم فاصله می‌گیرند. بنابراین میدان کاهش می‌یابد. بنابراین گزینه‌ی (۳) صحیح است.



خطوط میدان حاصل از بارهای غیرهم‌اندازه

اگر بارها هم‌اندازه نباشند، شکل حاصل از خطوط میدان متقارن نخواهد بود و برای رسم شکل باید در نقاط مختلف، میدان حاصل از هر بار را رسم کرده و براینده‌گیری نماییم و این کار را ادامه بدهیم تا شکل خطوط به‌دست آید:

تعداد خطوطی که به بار بزرگ‌تر متصل می‌شود باید بیش‌تر باشد زیرا میدان در نزدیک بار بزرگ‌تر، قوی‌تر است.



مثال ۳۷: مطابق شکل، دو صفحه‌ی رسانای بزرگ با بارهای هم‌اندازه و غیرهمنام روبه‌روی یکدیگر قرار داده

شده‌اند. میدان در نقاط A، B، C و D در مقایسه با هم چگونه است؟

(۱) $E_A > E_B = E_C > E_D$

(۲) $E_A < E_B = E_C < E_D$

(۳) $E_A = E_B > E_C = E_D$

(۴) $E_A = E_B = E_C = E_D$

پاسخ: میدان بین دو صفحه‌ی رسانای باردار، یکنواخت است. بنابراین اندازه و جهت میدان در تمام نقاط ثابت و یکسان است. بنابراین گزینه‌ی (۴) صحیح است.

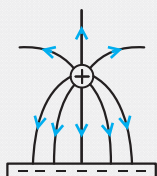
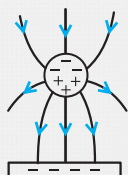
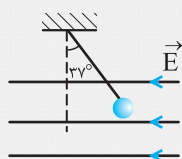
⊕

مثال ۳۸: در هر یک از شکل‌ها، خطوط میدان را رسم کنید.

(آ) بار ذره‌ای مثبت که مقابل صفحه‌ی رسانای باردار با بار منفی قرار گرفته است.

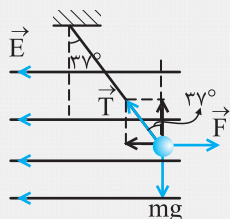


(ب) کره‌ی رسانای خنثی که مقابل صفحه‌ی رسانای باردار با بار منفی قرار گرفته است.


پاسخ: (آ) طبق اولین مشخصه‌ی خطوط میدان، خط میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود. در رسم دقیق خط میدان در اطراف اجسام رسانا، اثبات خواهیم کرد که خط میدان بر سطح رسانا عمود است.

 (ب) صفحه‌ی باردار روی کره‌ی رسانا القا انجام می‌دهد. خطوط میدان بر سطح کره و بر سطح صفحه عمود هستند. **توجه:** میدان داخل جسم رسانا صفر است و در جلسی بعد مفصل بررسی می‌شود.

مثال ۳۹: ذره‌ای به جرم $2mg$ و بار $q = 10 \mu C$ در یک میدان یکنواخت قرار گرفته و مطابق شکل در حالت تعادل است:

 (آ) علامت بار q چیست؟

(ب) اندازه‌ی میدان چند واحد SI است؟

پاسخ: (آ) طبق شکل و با توجه به محل تعادل بار، به راحتی می‌توان نتیجه گرفت، نیروی وارد بر ذره‌ی باردار به سمت راست است، نیرو و میدان خلاف جهت هستند، بنابراین علامت بار منفی است. (ب) باید برابری نیروهای وارد بر جسم صفر باشد. چون به حال تعادل و سکون قرار دارد.


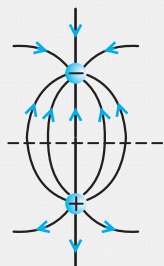
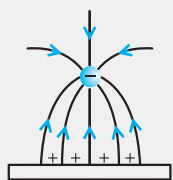
$$\begin{cases} T \sin 37^\circ = F \\ T \cos 37^\circ = mg \end{cases} \Rightarrow \tan 37^\circ = \frac{F}{mg} = \frac{qE}{mg} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{10 \times 10^{-6} E}{2 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 10} \Rightarrow E = 1/5 \frac{N}{C}$$

مثال ۴۰: اگر بار نقطه‌ای $10 \mu C$ را روبه‌روی یک صفحه‌ی رسانای بزرگ در فاصله‌ی 20 سانتی‌متری قرار دهیم، نیرویی که به ذره‌ی باردار وارد می‌شود چند نیوتن است؟

(۱) صفر

 (۲) $\frac{45}{8}$

 (۳) $\frac{45}{16}$

 (۴) $\frac{90}{4}$
پاسخ: در حل این تست باید از یک روش خلاقانه کمک بگیرید. ابتدا خطوط میدان را رسم می‌کنیم. بار منفی روی صفحه القا انجام می‌دهد:

 اگر دقت کنید، شکل مانند نیمی از میدان حاصل از دوقطبی است، یعنی از دیدگاه بار منفی، وجود صفحه در فاصله‌ی 20 سانتی‌متری مانند وجود یک بار $+10 \mu C$ در فاصله‌ی 40 سانتی‌متری است:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{(0/4)^2} = \frac{9}{16} \times 10 = \frac{90}{16} = \frac{45}{8} N$$

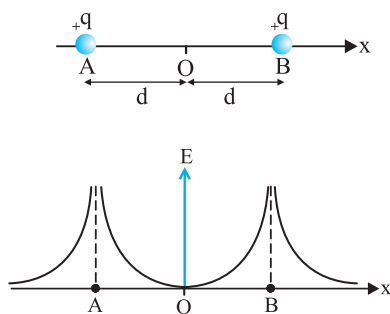
بنابراین گزینه‌ی (۲) صحیح است.

رسم چند نمودار

در این قسمت می‌خواهیم میدان برحسب مکان را رسم کنیم.

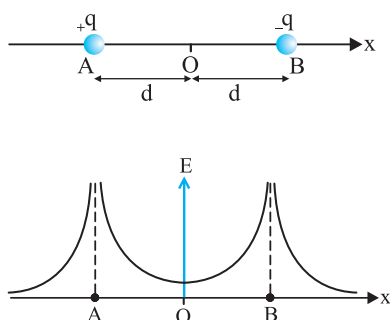
(آ) دو بار هم‌اندازه و همنام

در نقطه‌ی O (وسط فاصله‌ی دو بار) میدان صفر است و در نقاط بسیار نزدیک به هر یک از بارها، میدان بسیار قوی است و در نقاط بسیار دور ($+\infty$ و $-\infty$) به دلیل فاصله‌ی زیاد، میدان ناچیز است. اندازه‌ی میدان با مجذور فاصله رابطه‌ی عکس دارد. بنابراین نمودار به‌صورت منحنی می‌شود.



(ب) دو بار هم‌اندازه و غیرهمنام

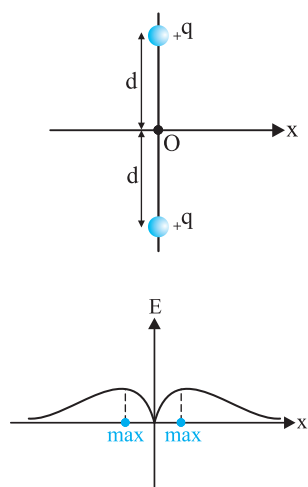
در هیچ نقطه‌ای میدان صفر نیست و طبق توضیحاتی مشابه قسمت قبل رسم می‌شود.



(پ) دو بار هم‌اندازه و همنام

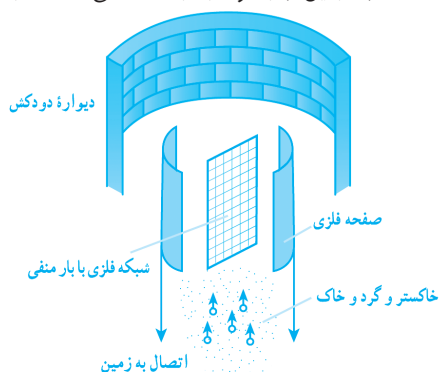
در فواصل دور ($+\infty$ و $-\infty$) به دلیل فاصله‌ی زیاد، میدان الکتریکی صفر است و در نقطه‌ی O نیز صفر است.

در دو نقطه روی محور x ها میدان برابند ماکزیمم است.



رسوب‌دهنده‌ی الکترواستاتیکی

سوخت‌هایی مانند زغال سنگ، مقدار زیادی خاکستر و غبار تولید می‌کنند. برای این که این ذرات وارد هوا نشوند از دودکش‌های رسوب‌دهنده استفاده می‌شود. رسوب‌دهنده شامل شبکه‌ای فلزی است که توسط دو صفحه‌ی فلزی که به زمین متصل‌اند، محصور شده است. شبکه فلزی را به‌صورت منفی باردار می‌کنند. با حرکت ذرات و تماس با این شبکه، ذرات، بار منفی پیدا می‌کنند و این ذرات باردار و سبک در اثر القا، جذب صفحات فلزی بزرگ می‌شوند و با توجه به اتصال صفحات به زمین، بار خود را از دست می‌دهند. ذرات پس از اتصال به هم روی صفحات، سنگین شده و به طرف پایین سقوط می‌کنند.





؟

پرسش‌های جلسه دوم

۲۴

درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌ها را مشخص کنید:

- (آ) اندازه‌ی میدان حاصل از بار ذره‌ای با فاصله از بار، رابطه‌ی عکس دارد. (ب) خطوط میدان همیشه به طرف خارج بار می‌باشند.
 (پ) اگر خطوط میدان موازی باشند، میدان یکنواخت است. (ت) میدان، برداری، مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه است.
 (ث) اگر اندازه‌ی بار الکتریکی ۲ برابر شود، میدان الکتریکی نیز ۲ برابر می‌شود.

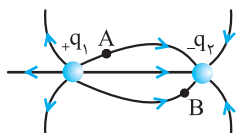
جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید.

۲۵

- (آ) میدان الکتریکی کمیتی (بردار - نرده‌ای) است. (ب) یکای میدان الکتریکی در SI $(\frac{C}{J} - \frac{N}{C})$ است.
 (پ) نیرویی که میدان به بار منفی وارد می‌کند، (هم‌جهت - خلاف جهت) میدان است.
 (ت) جهت میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار (منفی - مثبت) در آن نقطه است.
 (ث) اگر فاصله از بار الکتریکی سه برابر شود، میدان الکتریکی $(\frac{1}{3} - \frac{1}{9} - 9)$ برابر می‌شود.
 (ج) خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع کنند (می‌توانند - نمی‌توانند).

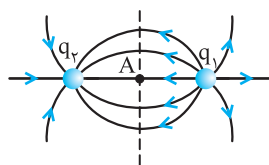
۲۶

- (آ) دو بار الکتریکی $+q_1$ و $-q_2$ در فاصله‌ی معینی از یکدیگر واقع شده‌اند، به‌طوری که خط‌های میدان الکتریکی آن‌ها مطابق شکل است. بردار میدان را در نقطه‌های A و B رسم کنید. (ریاضی - فرداد ۹۲)
 (ب) دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = +2\mu C$ و $q_2 = +8\mu C$ در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر بر روی خط راستی قرار دارند. در چه فاصله‌ای از بار q_2 ، میدان الکتریکی صفر می‌شود؟



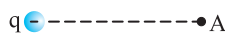
۲۷

- خط‌های میدان الکتریکی ناشی از دو ذره‌ی باردار q_1 و q_2 مطابق شکل زیر است: (تجربی - شهریور ۹۰)
 (آ) نوع بار الکتریکی q_1 را تعیین کنید.
 (ب) اندازه‌ی بار الکتریکی دو ذره را با یکدیگر مقایسه کنید.
 (پ) اگر بار الکتریکی مثبت در نقطه‌ی A قرار گیرد، جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن را با رسم شکل نشان دهید.



۲۸

- در شکل زیر بزرگی میدان الکتریکی ناشی از ذره‌ی باردار $q = -1\mu C$ در نقطه‌ی A، $\frac{N}{C}$ 2×10^5 است. (ریاضی - شهریور ۹۰)
 (آ) بردار میدان الکتریکی را در نقطه‌ی A رسم کنید.



- (ب) در چه فاصله‌ای از بار q ، میدان الکتریکی نصف می‌شود؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۲۹

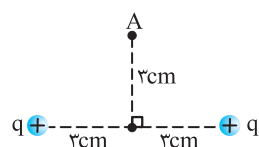
- بر بار الکتریکی $+2\mu C$ در یک نقطه از میدان الکتریکی، نیرویی برابر $5 \times 10^{-2} N$ وارد می‌شود. اندازه‌ی میدان الکتریکی را در این نقطه محاسبه کنید. (تجربی - فرداد ۹۳)

۳۰

- دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = +2\mu C$ و $q_2 = -3\mu C$ در فاصله‌ی ۶ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. بزرگی میدان را در وسط خط واصل دو ذره‌ی باردار محاسبه کنید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$ (ریاضی - شهریور ۹۲)

۳۱

- (آ) قانون کولن را تعریف کنید. (ریاضی - دی ۹۰)
 (ب) دو بار نقطه‌ای همنام $q = 6\mu C$ مطابق شکل به فاصله‌ی ۶ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند. جهت و اندازه‌ی میدان الکتریکی را در نقطه‌ی A مشخص کنید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

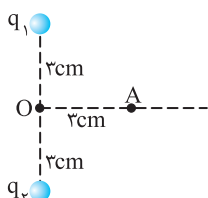


۳۲

- میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای $q_1 = +2\mu C$ و $q_2 = +32\mu C$ در فاصله‌ی ۱۶ سانتی‌متری از بار q_2 صفر می‌باشد، فاصله‌ی دو بار الکتریکی از یکدیگر چند سانتی‌متر است؟ (ریاضی - فرداد ۹۳)

۳۳

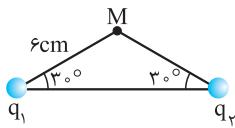
- دو بار الکتریکی نقطه‌ای همنام $q_1 = q_2 = 5\mu C$ مطابق شکل به فاصله‌ی ۶ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند. (آ) اندازه‌ی میدان الکتریکی در نقطه‌ی A واقع بر عمودمنصف خط واصل دو بار، در فاصله‌ی ۳ سانتی‌متر از نقطه‌ی O چند نیوتن بر کولن است؟ (ریاضی - شهریور ۹۲ و تجربی - فرداد ۹۱)



- (ب) جهت میدان الکتریکی را در نقطه‌ی A با رسم شکل تعیین کنید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۳۴

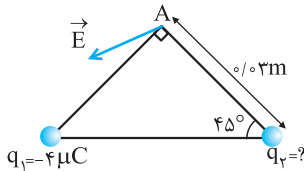
در شکل روبه‌رو، اندازه و جهت میدان الکتریکی را در نقطه‌ی M تعیین کنید. (ریاضی- دی ۹۲)



$$q_1 = q_2 = q = 4 \mu\text{C}$$

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}, \cos 120^\circ = -\frac{1}{2}, \cos 60^\circ = \frac{1}{2})$$

۳۵

در شکل زیر دو ذره‌ی باردار q_1 و q_2 در دو رأس مثلث متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند و \vec{E} میدان الکتریکی حاصل از این دو بار، در رأس قائم‌الزاویه A است. (ریاضی- فراداد ۹۱)(ب) اگر $q_1 = -4 \mu\text{C}$ باشد، اندازه‌ی بار q_2 را طوری تعیین کنید که بزرگی میدان الکتریکی \vec{E}

$$\text{برابر } 5 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}} \text{ باشد. } (k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$

۳۶

دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = -q_2 = 10 \mu\text{C}$ در فاصله‌ی ۶ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را روی عمود منصف خطی که دو ذره رابه یکدیگر وصل می‌کند و به فاصله‌ی ۳ cm از وسط خط واصل دو ذره، به‌دست آورید. (با رسم شکل، $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)

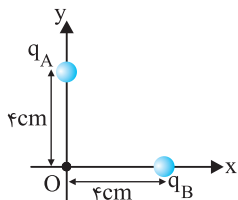
۳۷

در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره‌ی باردار به جرم ۴ g معلق و در حال سکونقرار دارد. اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$) (تجربی- شهریور ۸۹)

۳۸

دو ذره‌ی باردار $q_A = 4 \mu\text{C}$ و $q_B = -4 \mu\text{C}$ مطابق شکل روی محورهای x و y ثابت شده‌اند.

(آ) بزرگی میدان الکتریکی هر یک از دو ذره‌ی باردار، در نقطه‌ی O چند نیوتون بر کولن است؟

(ب) بردار میدان الکتریکی برآیند را در نقطه‌ی O برحسب بردارهای \vec{i} و \vec{j} بنویسید.

(ریاضی- فراداد ۹۰)

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$

پاسخ پرسش‌های جلسه‌دوم

۲۴

(آ) نادرست ($E \propto \frac{1}{r^2}$) (ب) نادرست (برای بار مثبت به طرف خارج بار است.)

(پ) نادرست (خطوط میدان یکنواخت باید صاف و موازی باشند)

(ت) درست (ث) درست ($E \propto q$)

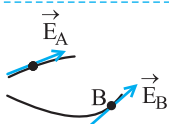
۲۵

(آ) برداری (ب) $\frac{\text{N}}{\text{C}}$ (پ) خلاف جهت(ت) مثبت (ث) $\frac{1}{9}$ (ج) نمی‌توانند

۲۶

(آ) بردار میدان، مماس بر خط میدان و هم‌جهت با آن است.

(ب) بارها همانم هستند، بنابراین نقطه‌ی مورد نظر بین دو بار است.



$$E_T = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 = \frac{kq_1}{(30-x)^2} = \frac{kq_2}{x^2}$$

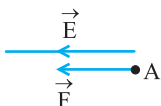
$$\Rightarrow \frac{1}{(30-x)^2} = \frac{4}{x^2} \Rightarrow \frac{1}{30-x} = \frac{2}{x} \Rightarrow 60-2x = x \Rightarrow x = 20 \text{ cm}$$

۲۷

(آ) مثبت، زیرا خطوط میدان به طرف بیرون بار است.

(ب) بارها هم‌اندازه هستند، زیرا شکل متقارن است. یعنی تجمع خطوط در نزدیک بارها با هم یکسان است.

(پ) نیرویی که میدان به بار مثبت وارد می‌کند، هم‌جهت با خطوط میدان در آن نقطه است.



۲۸

آ) برای رسم میدان باید فرض کنید در نقطه‌ی مورد نظر بار آزمون مثبت وجود دارد. بار q این بار آزمون را جذب می‌کند. بنابراین میدان در نقطه‌ی A به سمت بار q است.

ب) میدان با مجذور فاصله، رابطه‌ی عکس دارد.

$$\frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{r_r} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{r_r}} = \frac{r_1}{r_r} \Rightarrow r_r = \sqrt{r_1}$$

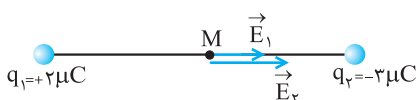
$$E_1 = k \frac{|q|}{r_1^2} \Rightarrow 2 \times 10^5 = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-6}}{r_1^2} \Rightarrow r_1^2 = 4.5 \times 10^{-2} = 4.5 \times 10^{-3}$$

$$r_1 = \sqrt{4.5 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{-1} \times \sqrt{0.5} = 0.2 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{3\sqrt{2}}{20} \text{ m} \Rightarrow r_r = \sqrt{r_1} = \frac{3}{10} \text{ m}$$

۲۹

$$E = \frac{F}{q} = \frac{5 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-6}} = 2.5 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

۳۰



$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{3^2 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow \vec{E}_1 = 2 \times 10^9 \vec{i} \\ E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{3^2 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow \vec{E}_2 = 2 \times 10^9 \vec{i} \end{cases}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (2 \times 10^9 + 2 \times 10^9) \vec{i} = (4 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}}) \vec{i} \Rightarrow E_T = 4 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

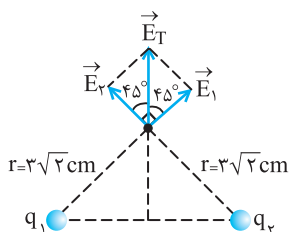
۳۱

آ) بزرگی نیروی ربایشی یا رانشی بین دو ذره با بارهای q_1 و q_2 که در فاصله‌ی r از یکدیگر قرار دارند، با حاصل ضرب اندازه‌ی بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی دو ذره از هم، نسبت وارون دارد.

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2})^2 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ب)

با توجه به تقارن شکل، مؤلفه‌ی افقی \vec{E}_1 و \vec{E}_2 یکدیگر را خنثی می‌کنند و فقط مؤلفه‌های قائم باقی می‌ماند که هم‌جهت هستند:

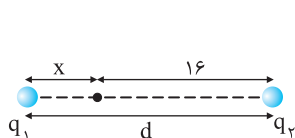


$$\vec{E}_T = (E_1 \cos 45^\circ) \vec{j} + (E_2 \cos 45^\circ) \vec{j} = (2 \times 3 \times 10^9 \times \frac{\sqrt{2}}{2}) \vec{j} = 3\sqrt{2} \times 10^9 \vec{j}$$

$$\Rightarrow E_T = 3\sqrt{2} \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

۳۲

بارها همنام هستند، بنابراین نقطه‌ی مورد نظر بین دو بار قرار دارد.



$$\begin{cases} E = k \frac{|q|}{r^2} \\ E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(16-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{16}{(16-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{4}{16-x} \Rightarrow x = 4 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\Rightarrow d = x + 16 = 20 \text{ cm}$$

۳۳

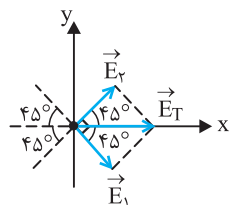
آ)

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} \xrightarrow{r=3\sqrt{2} \text{ cm}} E = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2})^2 \times 10^{-4}} \Rightarrow E = 2.5 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

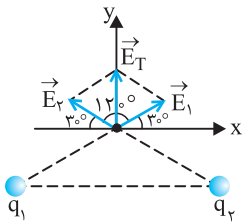
طبق شکل زیر، مؤلفه‌های قائم، هم‌اندازه و خلاف جهت می‌شوند و بنابراین یکدیگر را خنثی می‌کنند و فقط مؤلفه‌های افقی باقی می‌ماند:

$$\vec{E}_T = (E_1 \cos 45^\circ) \vec{i} + (E_2 \cos 45^\circ) \vec{j} \xrightarrow{E_1=E_2} \vec{E}_T = (2 \times 2.5 \times 10^9 \times \frac{\sqrt{2}}{2}) \vec{i} = 2.5\sqrt{2} \times 10^9 \vec{i}$$

ب)



۳۴



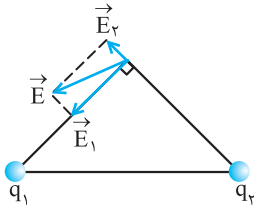
$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{6^2 \times 10^{-4}} = 10^7 \frac{N}{C}$$

با توجه به تقارن شکل، مؤلفه‌های افقی \vec{E}_1 و \vec{E}_2 هم‌اندازه و خلاف جهت می‌شوند، بنابراین یکدیگر را خنثی می‌کنند و فقط مؤلفه‌های قائم باقی می‌ماند.

$$\vec{E}_T = (E_1 \sin 30^\circ) \vec{j} + (E_2 \sin 30^\circ) \vec{j}$$

$$\xrightarrow{E_1=E_2} \vec{E}_T = (2E_1 \sin 30^\circ) \vec{j} = (2 \times 10^7 \times \frac{1}{2}) \vec{j} = (10^7 \frac{N}{C}) \vec{j} \Rightarrow E_T = 10^7 (\frac{N}{C})$$

۳۵



(آ) میدان E را به دو راستای اضلاع مثلث تجزیه می‌کنیم. q_2 مثبت می‌باشد زیرا میدان حاصل از q_2 در نقطه‌ی A به سمت خارج است.

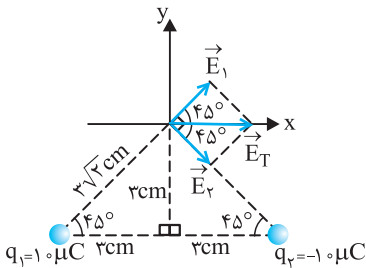
(ب)

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.03)^2} = 4 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \Rightarrow (\delta \times 10^7)^2 = (4 \times 10^7)^2 + E_2^2 \Rightarrow E_2^2 = (2\delta - 16) \times 10^4 = 9 \times 10^4 \Rightarrow E_2 = 3 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r^2} \Rightarrow 3 \times 10^7 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_2}{(0.03)^2} \Rightarrow q_2 = 3 \times 10^{-6} C = 3 \mu C$$

۳۶



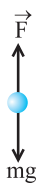
$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{(3\sqrt{2})^2 \times 10^{-4}} = \delta \times 10^7 \frac{N}{C}$$

با توجه به تقارن شکل (هم‌اندازه بودن \vec{E}_1 و \vec{E}_2 و داشتن زاویه‌ی یکسان با محورها)، مؤلفه‌های قائم یکدیگر را خنثی می‌کنند و فقط مؤلفه‌های افقی باقی می‌مانند:

$$\vec{E}_T = (E_1 \cos 45^\circ) \vec{i} + (E_2 \cos 45^\circ) \vec{i} \xrightarrow{E_1=E_2} \vec{E}_T = (2E_1 \cos 45^\circ) \vec{i}$$

$$= (2 \times \delta \times 10^7 \times \frac{\sqrt{2}}{2}) \vec{i} = (\delta \sqrt{2} \times 10^7 \frac{N}{C}) \vec{i} \Rightarrow E_T = \delta \sqrt{2} \times 10^7 \frac{N}{C}$$

۳۷



نیروی وزن رو به پایین است، بنابراین نیروی میدان رو به بالا است.

$$\text{تعداد} \Rightarrow \Sigma F = 0 \Rightarrow F = mg \Rightarrow Eq = mg$$

$$q = \frac{mg}{E} = \frac{4 \times 10^{-3} \times 10}{2 \times 10^4} = 2 \times 10^{-6} C = 2 \mu C$$

میدان رو به پایین و نیرو رو به بالا است، بنابراین بار منفی است.

۳۸

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E_A = E_B = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{4^2 \times 10^{-4}} = \frac{9}{4} \times 10^7 \frac{N}{C}$$

(آ)

$$\vec{E}_A = -2/25 \times 10^7 \vec{j} \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B = 2/25 \times 10^7 (\vec{i} - \vec{j})$$

$$\vec{E}_B = +2/25 \times 10^7 \vec{i}$$

(ب)

تست‌های جلسه دوم

۲۳. میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای $20\mu\text{C}$ در فاصله‌ی یک متری آن، چند نیوتن بر کولن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$ (سراسری ریاضی)

- (۱) 2×10^3 (۲) 2×10^6 (۳) $1/8 \times 10^4$ (۴) $1/8 \times 10^5$

۲۴. میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای با متناسب و با از بار الکتریکی نسبت عکس دارد. (آزمایشی سنجش)

- (۱) مجذور بار الکتریکی - فاصله
(۲) بار الکتریکی - فاصله
(۳) مجذور بار الکتریکی - مجذور فاصله
(۴) بار الکتریکی - مجذور فاصله

۲۵. شدت میدان الکتریکی حاصل از بار q در فاصله‌ی r برابر E است. شدت میدان الکتریکی حاصل از بار $3q$ در فاصله‌ی $2r$ چند E است؟

- (۱) $\frac{2}{3}$ (۲) $\frac{3}{4}$ (۳) $\frac{4}{3}$ (۴) $\frac{3}{2}$ (سراسری ریاضی)

۲۶. اگر شدت میدان حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای q_A را در نقاط B و C به ترتیب با E_B و E_C نشان دهیم و $\frac{AB}{BC} = \frac{3}{2}$ باشد، نسبت $\frac{E_B}{E_C}$ کدام

- است؟
(۱) ۵ (۲) $\frac{9}{4}$ (۳) $\frac{25}{9}$ (۴) $\frac{3}{2}$

۲۷. میدان الکتریکی حاصل از بار q در فاصله‌ی 25 سانتی‌متری آن برابر $\frac{200}{C}$ است. اگر 25 سانتی‌متر دیگر از بار q دور شویم، میدان الکتریکی

- چند نیوتن بر کولن می‌شود؟
(۱) ۲۰ (۲) ۴۰ (۳) ۵۰ (۴) ۱۰۰ (سراسری ریاضی)

۲۸. میدان الکتریکی در فاصله‌ی 20 سانتی‌متری از بار q برابر E است. چند سانتی‌متر دیگر از این بار دور شویم تا میدان الکتریکی 75 درصد

- کاهش یابد؟
(۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴) ۴۰ (سراسری تجربی فارغ از کشور)

۲۹. میدان الکتریکی چه نوع کمیتی است و یکای آن در SI کدام می‌باشد؟

- (۱) نرده‌ای، نیوتن بر کولن (۲) برداری، نیوتن بر آمپر (۳) برداری، نیوتن بر کولن (۴) نرده‌ای، نیوتن بر آمپر

۳۰. بار الکتریکی $4\mu\text{C}$ / + در یک میدان الکتریکی یکنواخت $2 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ قرار دارد. نیرویی که از طرف این میدان بر بار الکتریکی وارد می‌شود،

- چند نیوتن است؟
(۱) 4×10^{-2} (۲) 8×10^{-4} (۳) 8×10^{-2} (۴) 4×10^{-4}

۳۱. ذره‌ای به جرم 4 گرم و بار الکتریکی $2\mu\text{C}$ را در یک میدان الکتریکی یکنواخت $4 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ قرار می‌دهیم. اندازه‌ی شتاب حاصل از نیروی

- الکتریکی وارد بر این ذره، چند برابر اندازه‌ی شتاب گرانش زمین است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (آزمایشی سنجش)
(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۳۲. در یک نقطه از فضا بر بار $5 \times 10^5 \mu\text{C}$ نیروی $\vec{F} = -400\vec{i} + 300\vec{j}$ نیروی $5 \times 10^5 \mu\text{C}$ نیروی $\vec{F} = -400\vec{i} + 300\vec{j}$ بر حسب نیوتن وارد می‌شود. اندازه‌ی میدان الکتریکی در این نقطه

- بر حسب $\frac{\text{N}}{\text{C}}$ کدام است؟
(۱) ۲۰۰۰ (۲) ۲۰۰۰۰ (۳) ۱۰۰۰ (۴) ۱۰۰۰۰ (سراسری ریاضی فارغ از کشور)

۳۳. روی ذره‌ای به جرم 1g ، بار الکتریکی q قرار داده‌ایم. وقتی این ذره در میدان الکتریکی یکنواخت $500 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ قرار می‌گیرد، اندازه‌ی نیروی وارد بر

- آن از طرف میدان الکتریکی، برابر با وزن آن می‌شود، بار q چند کولن است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$ (سراسری تجربی)
(۱) 5×10^{-5} (۲) 2×10^{-5} (۳) 5×10^{-2} (۴) 2×10^{-2}

(سراسری تجربی)

۳۴. بر یک الکترون در یک میدان الکتریکی یکنواخت E نیرویی
(۱) وارد نمی‌شود.

(۲) متناسب با میدان و هم‌جهت با آن اثر می‌کند.

(۳) در جهت خلاف میدان وارد می‌شود.

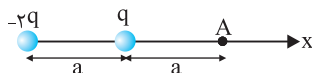
(۴) عمود بر امتداد میدان اثر می‌کند به شرط آن که الکترون متحرک باشد.

(سراسری ریاضی)

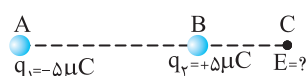
۳۵. میدان حاصل از بارهای شکل روبه‌رو در نقطه‌ی A ، کدام است؟ ($q > 0$)

(۱) $\frac{3kq}{2a^2}$ ، در جهت مثبت x (۲) $\frac{kq}{2a^2}$ ، در جهت منفی x

(۳) $\frac{kq}{2a^2}$ ، در جهت مثبت x (۴) $\frac{3kq}{2a^2}$ ، در جهت منفی x



۳۶. در شکل زیر، اگر $AB = 2m$ و $BC = 1m$ باشد، شدت میدان الکتریکی در نقطه‌ی C برابر چند $\frac{N}{C}$ است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)



(۱) 4×10^2 (۲) 3×10^4

(۳) 4×10^4 (۴) 3×10^2

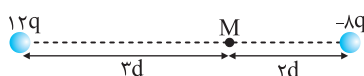
۳۷. بار الکتریکی نقطه‌ای یک میکروکولنی در فاصله‌ی ۳ متری بار همنام نقطه‌ای چهار میکروکولنی قرار دارد. میدان الکتریکی روی پاره‌خط واصل دو بار الکتریکی و در نقطه‌ای به فاصله‌ی ۲ متر از بار بزرگ‌تر چند نیوتن بر کولن است؟

(سراسری تجربی)

(۱) صفر (۲) ۴۵۰۰ (۳) ۹۰۰۰ (۴) ۱۸۰۰۰

۳۸. اگر اندازه‌ی میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای q در فاصله‌ی d از آن برابر $3 \times 10^5 \frac{N}{C}$ باشد، میدان الکتریکی در نقطه‌ی M چند نیوتن بر کولن است؟

(آزمون‌های گاج)



(۱) 6×10^5 (۲) 8×10^5

(۳) 10^6 (۴) 5×10^5

۳۹. میدان الکتریکی حاصل از دو بار الکتریکی در وسط خط واصل دو بار برابر $1000 \frac{N}{C}$ است. اگر هر یک از بارهای فوق را دو برابر کنیم، شدت میدان در همان نقطه چند نیوتن بر کولن می‌شود؟

(سراسری تجربی)

(۱) ۱۰۰۰ (۲) ۲۰۰۰ (۳) ۴۰۰۰ (۴) ۵۰۰۰

۴۰. میدان الکتریکی در وسط دو بار نقطه‌ای غیرهمنام با اندازه‌ی یکسان، مقدار معینی است. اگر اندازه‌ی یکی از بارها دو برابر شود، شدت میدان الکتریکی در نقطه‌ی مذکور چند برابر حالت اول می‌شود؟

(سراسری تجربی)

(۱) ۵ (۲) ۳ (۳) ۲/۵ (۴) ۱/۵

۴۱. دو بار الکتریکی غیرهمنام با اندازه‌های مساوی به فاصله‌ی d از یکدیگر قرار دارند و میدان الکتریکی حاصل از آن‌ها در وسط دو بار، E است. هر گاه یکی از بارها را به اندازه‌ی $\frac{d}{4}$ به دیگری نزدیک کنیم، میدان در آن نقطه چند برابر E خواهد شد؟

(سراسری ریاضی)

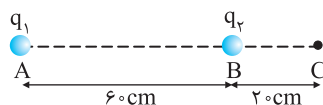
(۱) ۱/۵ (۲) ۲ (۳) ۲/۵ (۴) ۳

۴۲. دو بار الکتریکی ناهمنام q و q' روی خط راستی قرار دارند. میدان الکتریکی حاصل از این دو بار در نقطه‌ای صفر می‌شود که فاصله‌ی بین دو بار و نزدیک بار باشد.

(سراسری ریاضی)

(۱) خارج از - بزرگ‌تر (۲) خارج از - کوچک‌تر (۳) داخل - کوچک‌تر (۴) داخل - بزرگ‌تر

۴۳. در شکل روبه‌رو، میدان حاصل از دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقطه‌ی C برابر صفر است. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ برابر کدام است؟



(۱) $-\frac{1}{16}$ (۲) $-\frac{1}{4}$

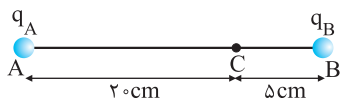
(۳) $\frac{1}{3}$ (۴) $\frac{1}{9}$

۴۴. دو بار نقطه‌ای و مثبت q و $9q$ به فاصله‌ی d از یکدیگر قرار دارند. در چه فاصله‌ای از بار q ، میدان حاصل از این دو بار صفر است؟

(سراسری تجربی)

(۱) $\frac{d}{4}$ (۲) $\frac{d}{3}$ (۳) $\frac{2d}{3}$ (۴) $\frac{d}{2}$

۴۵. در شکل روبه‌رو، میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای q_A و q_B در نقطه‌ی C صفر است. نسبت $\frac{q_A}{q_B}$ کدام است؟



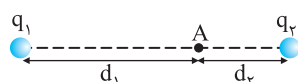
- (۱) ۲۵
(۲) ۱۶
(۳) ۵
(۴) ۴

۴۶. دو بار نقطه‌ای همنام که اندازه‌ی یکی ۴ برابر دیگری است، به فاصله‌ی d از یکدیگر قرار دارند و برآیند شدت میدان الکتریکی در وسط دو بار، $300 \frac{N}{C}$ است. اگر بار بزرگ‌تر را خنثی کنیم، اندازه‌ی شدت میدان در نقطه‌ی مذکور چند $\frac{N}{C}$ خواهد شد؟

(سراسری ریاضی)

- (۱) ۳۷/۵
(۲) ۵۰
(۳) ۷۵
(۴) ۱۰۰

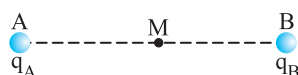
۴۷. در شکل زیر شدت میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقطه‌ی A برابر E می‌باشد. اگر بار q_1 خنثی شود، شدت میدان در نقطه‌ی A بدون تغییر جهت، برابر $\frac{E}{۲}$ می‌شود. دو بار همنام یا غیرهمنام می‌باشند و کدام بزرگ‌تر است؟ ($d_1 > d_2$)



- (۱) همنام، $|q_1| > |q_2|$
(۲) غیرهمنام، $|q_2| > |q_1|$
(۳) غیرهمنام، $|q_2| > |q_1|$
(۴) همنام، $|q_2| > |q_1|$

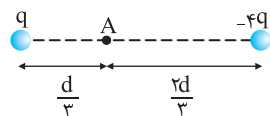
۴۸. در شکل زیر شدت میدان حاصل از دو بار نقطه‌ای q_A و q_B در نقطه‌ی M وسط AB، برابر \vec{E}_1 است. اگر q_A را خنثی سازیم، شدت میدان در نقطه‌ی M برابر $-\vec{E}_1$ می‌شود. در این صورت q_B و q_A نسبت به یکدیگر چگونه‌اند و چه رابطه‌ای دارند؟

(سراسری ریاضی)



- (۱) غیرهمنام، $q_B = \frac{1}{۲} q_A$
(۲) غیرهمنام، $q_B = ۲ q_A$
(۳) همنام، $q_B = \frac{1}{۲} q_A$
(۴) همنام، $q_B = ۲ q_A$

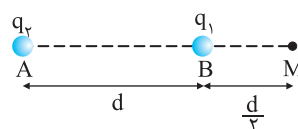
۴۹. در شکل زیر دو بار الکتریکی نقطه‌ای q و $-۴q$ به فاصله‌ی d از یکدیگر قرار دارند و میدان الکتریکی در نقطه‌ی A برابر \vec{E} می‌باشد. اگر بار q را خنثی کنیم، میدان الکتریکی در نقطه‌ی A برابر کدام خواهد شد؟



- (۱) $\frac{\vec{E}}{۲}$
(۲) $-\frac{\vec{E}}{۲}$
(۳) $\frac{\vec{E}}{۴}$
(۴) $-\frac{\vec{E}}{۴}$

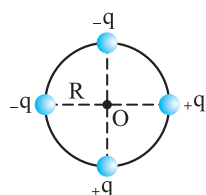
۵۰. دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در نقاط A و B مطابق شکل قرار دارند. شدت میدان الکتریکی در نقطه‌ی M برابر \vec{E} می‌باشد. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، شدت میدان در همان نقطه $-\frac{\vec{E}}{۳}$ می‌شود. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟

(سراسری ریاضی فارغ از کشور)



- (۱) $-\frac{۹}{۴}$
(۲) $\frac{۹}{۴}$
(۳) $-\frac{۳}{۲}$
(۴) $\frac{۳}{۲}$

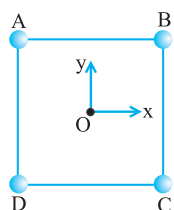
۵۱. اگر بار نقطه‌ای q روی محیط دایره‌ای به شعاع R قرار گیرد، شدت میدان الکتریکی حاصل از آن در مرکز دایره برابر E_1 می‌شود. در شکل مقابل، اندازه‌ی شدت میدان در مرکز دایره برابر کدام است؟



- (۱) $۲E_1\sqrt{۲}$
(۲) $۴E_1$
(۳) $\frac{۳}{۲}E_1$
(۴) صفر

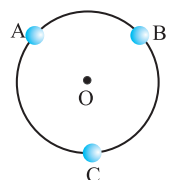
۵۲. در نقاط A، B، C و D واقع در رئوس مربعی به ترتیب بارهای مثبت q ، $۲q$ ، $۳q$ و $۴q$ قرار دارند. میدان الکتریکی کل در نقطه‌ی O در کدام جهت است؟

(سراسری تجربی)



- (۱) $-y$
(۲) $-x$
(۳) $+x$
(۴) $+y$

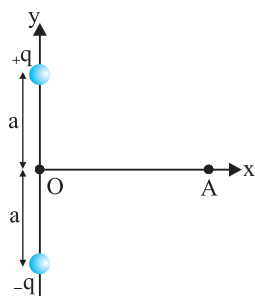
۵۳. سه بار نقطه‌ای همنام و مساوی در سه نقطه‌ی A، B و C روی محیط دایره‌ای به شعاع R قرار دارند. اگر $\widehat{AB} = \widehat{BC} = \widehat{CA}$ باشد، شدت میدان الکتریکی در مرکز دایره چند برابر شدت میدان حاصل از یکی از بارها در مرکز دایره می‌باشد؟



- (۱) $\sqrt{۳}$
(۲) ۳
(۳) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$
(۴) صفر

۵۴. هشت بار الكتريكي نقطه‌اي هر يك به اندازه‌ي 5×10^{-9} كولن با فواصل مساوي روي محيط دايره‌اي به شعاع 30 سانتي متر توزيع شده‌اند. هرگاه فقط يكي از بارها منفي باشد، شدت ميدان كل در مركز دايره چند نيوتن بر كولن است؟ (سراسري رياضي)

- (۱) 10^{-3} (۲) 5×10^{-2} (۳) 3×10^{-3} (۴) 15×10^{-2}

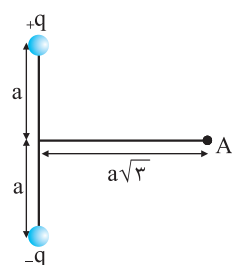


۵۵. در شكل روبه‌رو، ميدان الكتريكي حاصل از دو بار نقطه‌اي $-q$ و $+q$ در نقطه‌ي A در چه راستا و جهتي است؟

- (۱) منطبق بر محور OX و هم‌جهت با آن
(۲) منطبق بر محور OX و در خلاف جهت آن
(۳) عمود بر محور OX و به سمت بالا
(۴) عمود بر محور OX و به سمت پايين

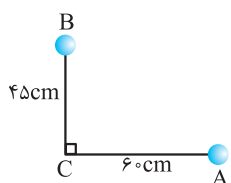
۵۶. در شكل روبه‌رو، اندازه‌ي شدت ميدان الكتريكي حاصل از دوقطبي در نقطه‌ي A برابر کدام است؟

- (۱) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$
(۲) $\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$
(۳) $\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$
(۴) $\frac{1}{16\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$



۵۷. در شكل زير دو بار الكتريكي $q_A = 12\mu C$ و $q_B = 9\mu C$ در نقاط A و B قرار دارند. ميدان الكتريكي

حاصل در نقطه‌ي C با افق چه زاويه‌اي برحسب درجه مي‌سازد؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$) (آزمائشي سنجش)

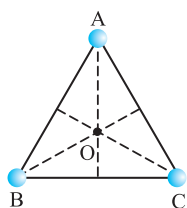


- (۱) 53° (۲) 30°
(۳) 60° (۴) 37°

۵۸. روي هر رأس مثلث متساوي‌الاضلاعي به ضلع 10 cm بار الكتريكي 10^{-8} كولن قرار دارد. شدت ميدان الكتريكي در وسط هر ضلع برحسب SI

کدام است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

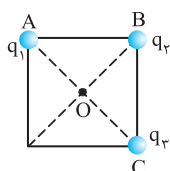
- (۱) صفر (۲) $1/2 \times 10^{-4} \frac{N}{C}$ (۳) $1/2 \times 10^{-5} \frac{N}{C}$ (۴) $1200 \frac{N}{C}$



۵۹. سه بار الكتريكي نقطه‌اي $q_A = q_B = q_C$ مطابق شكل در سه رأس يك مثلث متساوي‌الاضلاع قرار دارند.

اگر بزرگي ميدان حاصل از يكي از بارها در نقطه‌ي O برابر E باشد، بزرگي ميدان الكتريكي براياند سه بار کدام است؟

- (۱) $E\sqrt{3}$ (۲) $E\sqrt{3}$
(۳) صفر (۴) $2E$



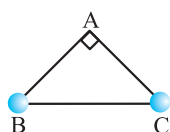
۶۰. بارهاي q_1 و q_2 در رؤس A و B مربع شكل روبه‌رو قرار دارند. وقتي بار ديگر q_3 را در نقطه‌ي C قرار مي‌دهيم، ميدان كل در نقطه‌ي O مركز مربع، در راستاي OB مي‌شود. در اين صورت q_3 برابر است با:

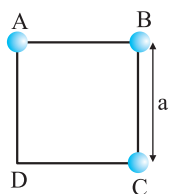
- (۱) $2q_1$ (۲) q_2
(۳) q_1 (۴) $-q_1$

۶۱. در دو رأس B و C از مثلث قائم‌الزاويه و متساوي‌الساقين ABC مطابق شكل، دو بار نقطه‌اي غيرهمنام به

اندازه‌هاي مساوي قرار دارد و شدت ميدان الكتريكي در نقطه‌ي A برابر E است. اگر يكي از بارها را خنثي كنيم، اندازه‌ي شدت ميدان در نقطه‌ي A چند برابر E مي‌شود؟

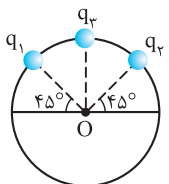
- (۱) ۲ (۲) $\frac{1}{2}$
(۳) $\sqrt{2}$ (۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$





۶۲. در شکل روبه‌رو، دو بار نقطه‌ای یکسان q در دو رأس A و C از مربعی به ضلع a و بار نقطه‌ای Q در رأس B قرار دارد. اگر شدت میدان در نقطه‌ی D (رأس چهارم مربع) برابر صفر باشد، $\frac{Q}{q}$ کدام است؟

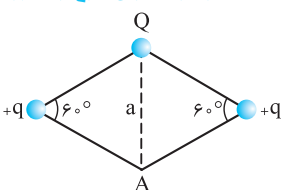
- (۱) $-2\sqrt{2}$ (۲) $-\sqrt{2}$
(۳) $\sqrt{2}$ (۴) $2\sqrt{2}$



۶۳. در شکل روبه‌رو اگر $q_1 = q_2 = -2\mu C$ باشد، بار q_3 چه قدر باشد تا شدت میدان الکتریکی در نقطه‌ی O برابر صفر شود؟

- (۱) $-2\sqrt{2}\mu C$ (۲) $2\mu C$
(۳) $-2\mu C$ (۴) $2\sqrt{2}\mu C$

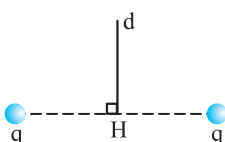
(سراسری تجربی فارغ از کشور)



۶۴. در لوزی روبه‌رو، میدان الکتریکی حاصل از بارها در نقطه‌ی A صفر است. $\frac{Q}{q}$ چه قدر است؟

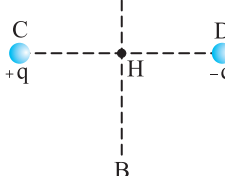
- (۱) -1 (۲) -2
(۳) $+1$ (۴) $+2$

۶۵. در شکل روبه‌رو بارهای الکتریکی همنام و هم‌اندازه، در فضای اطراف خود میدان الکتریکی ایجاد کرده‌اند. تغییرات این میدان روی خط d (عمود منصف پاره‌خط واصل دو بار) از فاصله‌ی خیلی دور تا نقطه‌ی H (وسط دو بار الکتریکی) چگونه است؟



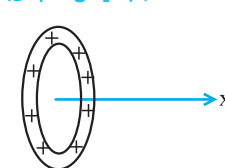
- (۱) پیوسته کاهش
(۲) پیوسته افزایش
(۳) کاهش - افزایش
(۴) افزایش - کاهش

۶۶. در شکل روبه‌رو هر گاه بار $+q'$ روی عمود منصف خط CD از A به طرف B حرکت داده شود، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر آن از طرف بارهای مستقر در C و D می‌یابد. (سراسری تجربی)



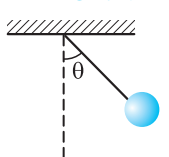
- (۱) ابتدا افزایش، سپس کاهش
(۲) ابتدا کاهش، سپس افزایش
(۳) همواره کاهش
(۴) همواره افزایش

۶۷. مطابق شکل روبه‌رو محور حلقه‌ی رسانای بارداری، منطبق بر محور x ها است. اگر روی این محور از مرکز حلقه تا فاصله‌ی دور جابه‌جا شویم، میدان الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟ (آزمایشی سنجش)



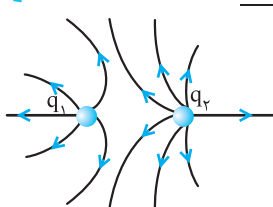
- (۱) پیوسته کاهش
(۲) پیوسته افزایش
(۳) ابتدا افزایش، سپس کاهش
(۴) ابتدا کاهش، سپس افزایش

۶۸. در شکل مقابل گلوله‌ی آویخته از نخ با جرم m و بار q ، تحت تأثیر میدان الکتریکی یکنواخت و افقی E در حال تعادل قرار دارد. کدام گزینه صحیح است؟ (آزمایشی سنجش)

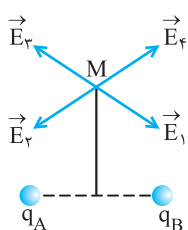


- (۱) $\tan \theta = \frac{mg}{Eq}$ (۲) $Emq = 1$
(۳) $\cos \theta = \frac{mg}{Eq}$ (۴) $\tan \theta = \frac{Eq}{mg}$

۶۹. شکل مقابل خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 را نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد این بارها درست است؟ (آزمون‌های گاج)



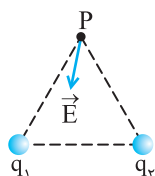
- (۱) هر دو بار منفی و اندازه‌ی q_1 بیش‌تر است.
(۲) هر دو بار مثبت و اندازه‌ی q_2 بیش‌تر است.
(۳) هر دو بار مثبت و اندازه‌ها یکسان است.
(۴) هر دو بار مثبت و اندازه‌ی q_1 بیش‌تر است.



۷۰. دو بار نقطه‌ای q_A و q_B در دو نقطه‌ی A و B قرار دارند. q_A مثبت و q_B منفی است و $|q_B| > q_A$. کدام بردار شدت میدان الکتریکی را در نقطه‌ی M واقع بر عمود منصف AB درست نشان می‌دهد؟

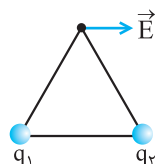
- (۱) E_1
- (۲) E_2
- (۳) E_3
- (۴) E_4

۷۱. شکل روبه‌رو میدان الکتریکی حاصل از بارهای q_1 و q_2 را در نقطه‌ی P نشان می‌دهد. علامت بارهای q_1 و q_2 چیست؟ (سراسری تجربی)



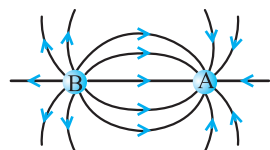
- (۱) هر دو مثبت
- (۲) هر دو منفی
- (۳) q_1 مثبت و q_2 منفی
- (۴) q_1 منفی و q_2 مثبت

۷۲. در دو رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع دو ذره با بار الکتریکی q_1 و q_2 قرار دارند و شدت میدان الکتریکی حاصل از آن‌ها در رأس دیگر مثلث، مطابق شکل روبه‌رو است. کدام رابطه بین q_1 و q_2 برقرار است؟ (سراسری تجربی)



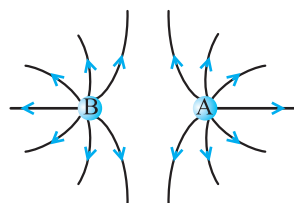
- (۱) q_1 مثبت، q_2 منفی و اندازه‌ی آن‌ها با هم برابر است.
- (۲) q_1 مثبت، q_2 منفی و اندازه‌ی آن‌ها متفاوت است.
- (۳) q_1 منفی، q_2 مثبت و اندازه‌ی آن‌ها با هم برابر است.
- (۴) q_1 منفی، q_2 مثبت و اندازه‌ی آن‌ها متفاوت است.

۷۳. در شکل روبه‌رو بار الکتریکی موجود در نقاط A و B به ترتیب از راست به چپ چگونه است؟ (سراسری تجربی)



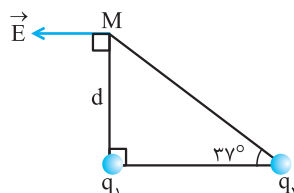
- (۱) مثبت - مثبت
- (۲) مثبت - منفی
- (۳) منفی - مثبت
- (۴) منفی - منفی

۷۴. در شکل روبه‌رو میدان الکتریکی حاصل از دو بار الکتریکی نقطه‌ای نشان داده شده است. نوع بار الکتریکی A و B (به ترتیب از راست به چپ) کدام است؟ (سراسری ریاضی)



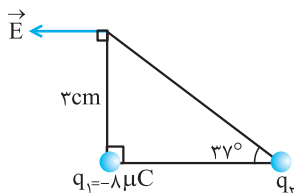
- (۱) منفی - مثبت
- (۲) مثبت - مثبت
- (۳) منفی - منفی
- (۴) مثبت - منفی

۷۵. میدان برایند حاصل از بردارهای q_1 و q_2 مطابق شکل است. کدام یک از گزینه‌ها در مورد علامت بارها و مقایسه‌ی اندازه‌ی بارها درست است؟ (۶/۰ = $\sin 37^\circ$)



- (۱) $|q_1| < |q_2|$, $q_1 > 0$, $q_2 > 0$
- (۲) $|q_1| < |q_2|$, $q_1 > 0$, $q_2 < 0$
- (۳) $|q_1| > |q_2|$, $q_1 > 0$, $q_2 < 0$
- (۴) $|q_1| < |q_2|$, $q_1 < 0$, $q_2 > 0$

۷۶. میدان الکتریکی برایند در رأس سوم مثلث مطابق شکل است. علامت و بار q_2 کدام است؟ (۶/۰ = $\sin 37^\circ$)

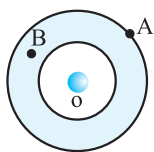


- (۱) $9 \mu C$ ، منفی
- (۲) $25 \mu C$ ، منفی
- (۳) $\frac{1000}{27}$ ، مثبت
- (۴) $\frac{500}{7}$ ، مثبت

۷۷. ذره‌ای به جرم ۲ گرم و بار الکتریکی 10^{-6} میکروکولن در میدان $\vec{E} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$ (در SI) قرار دارد. شتابی که ذره تحت تأثیر این میدان الکتریکی به‌دست می‌آورد، چند واحد SI است؟ (آزمون‌های گاه)

- (۱) 25×10^{-5}
- (۲) 5×10^{-5}
- (۳) 25×10^{-3}
- (۴) 5×10^{-3}

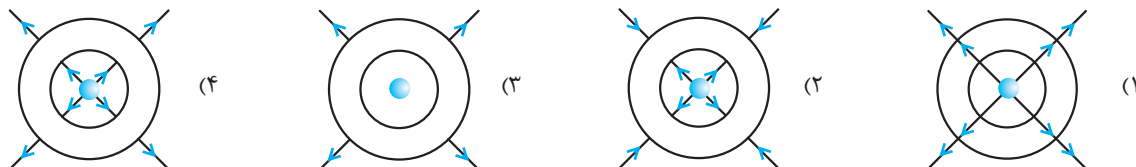
۷۸. ذره‌ای با بار $+10\mu\text{C}$ را در مرکز کره‌ی فلزی توخالی قرار می‌دهیم. میدان در نقاط A و B به ترتیب چند واحد SI است؟



$$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}, OA = 10\text{cm}, OB = 6\text{cm})$$

- (۱) صفر، صفر
(۲) 9×10^6 ، $2/5 \times 10^7$
(۳) 9×10^6 ، صفر
(۴) صفر، 9×10^6

۷۹. بار $+q$ را بدون تماس، داخل کره‌ی رسانای توخالی و خنثی قرار می‌دهیم. کدام شکل خطوط میدان را به درستی نمایش داده است؟



۸۰. جرم و بار الکتریکی یک ذره‌ی آلفا به ترتیب چهار برابر و دو برابر جرم و بار الکتریکی یک پروتون است. اگر این دو ذره در یک میدان الکتریکی یکنواخت به حرکت درآیند، نسبت شتاب حرکت ذره‌ی آلفا به شتاب حرکت پروتون برابر است با:

- (۱) ۲
(۲) $\frac{1}{2}$
(۳) ۴
(۴) $\frac{1}{4}$

۸۱. دو صفحه‌ی رسانای موازی به صورت غیرهمنام باردار شده‌اند. اگر ذره‌ای به جرم m و بار $-q$ را میان این دو صفحه رها کنیم، مسیر حرکت ذره کدام است؟



۸۲. در شکل روبه‌رو اندازه‌ی میدان الکتریکی حاصل از هر یک از بارهای الکتریکی در محل بار الکتریکی دیگر برابر E است. اندازه‌ی میدان الکتریکی در نقطه‌ی M (وسط فاصله‌ی بین دو بار الکتریکی) چند برابر E است؟

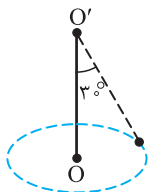


- (۱) صفر
(۲) ۲
(۳) ۴
(۴) ۸

۸۳. میدان الکتریکی در وسط خط واصل دو بار الکتریکی هم‌اندازه و ناهمنام برابر E می‌باشد. اگر ۲۵ درصد یکی از بارها را برداشته و به دیگری بیفزاییم، میدان الکتریکی در وسط خط واصل دو بار چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. (۲) ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. (۳) ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. (۴) ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

۸۴. ۶ بار نقطه‌ای q روی دایره‌ای با فاصله‌های مساوی قرار دارند و میدان حاصل از هر یک از بارها در نقطه‌ی O' برابر $\frac{N}{C}$ است. برایاند میدان الکتریکی حاصل از ۶ بار در نقطه‌ی O' چند نیوتن بر کولن است؟



- (۱) 6×10^4
(۲) $3\sqrt{3} \times 10^4$
(۳) $\sqrt{3} \times 10^4$
(۴) $2\sqrt{3} \times 10^4$

۸۵. ۶ بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه هر یک به اندازه‌ی q به فاصله‌های مساوی روی دایره‌ای به شعاع R ثابت شده‌اند و بار الکتریکی دیگری مشابه آن‌ها روی محور دایره و به فاصله‌ی d از مرکز دایره قرار دارد. اندازه‌ی نیروی وارد بر بار الکتریکی که روی محور قرار دارد، چند برابر

(آزمایشی سنجش)

$$\frac{q^2 d}{\pi \epsilon_0 (d^2 + R^2)^{3/2}}$$

است؟

- (۱) $\frac{3\sqrt{3}}{4}$
(۲) $\frac{3\sqrt{3}}{2}$
(۳) $\frac{3}{4}$
(۴) $\frac{3}{2}$

۸۶. روی دایره‌ای به شعاع 10° سانتی‌متر، ۵ نقطه با فاصله‌های مساوی در نظر بگیرید. اگر در چهار نقطه بارهای $+2\mu\text{C}$ قرار دهیم، میدان برایند در

مرکز چند نیوتن بر کولن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

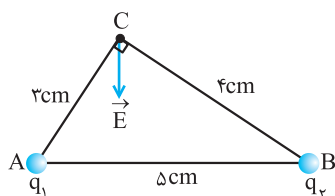
(۴) $1/8 \times 10^6$

(۳) 9×10^6

(۲) $7/2 \times 10^6$

(۱) 36×10^6

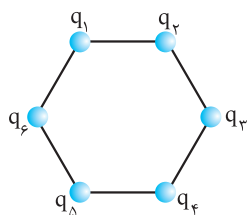
۸۷. در شکل روبه‌رو، اندازه‌ی بار q_1 برابر $5\mu\text{C}$ و میدان الکتریکی حاصل از دو بار q_1 و q_2 در نقطه‌ی C برابر E و امتداد آن بر ضلع AB عمود است. علامت بارهای q_1 و q_2 به ترتیب و اندازه‌ی میدان \vec{E} برابر نیوتن بر کولن است. (آزمون‌های گاه)



(۱) منفی - منفی $-\frac{25}{3} \times 10^7$ (۲) مثبت - منفی $6/25 \times 10^7$

(۳) مثبت - منفی $-\frac{25}{3} \times 10^7$ (۴) منفی - منفی $6/25 \times 10^7$

۸۸. شش بار الکتریکی مثبت و مشابه، روی شش رأس یک شش ضلعی منتظم قرار گرفته‌اند. کدام یک از دو بار را از رئوس این شش ضلعی حذف کنیم تا برایند در مرکز شش ضلعی برابر E شود؟ (میدان هر یک از بارها در مرکز شش ضلعی برابر E است.) (آزمون‌های گاه)



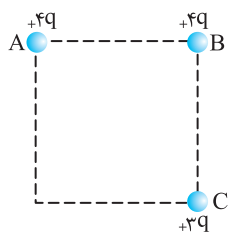
(۱) با برداشتن هیچ دو باری این اتفاق رخ نمی‌دهد.

(۲) q_3 و q_6

(۳) q_5 و q_4

(۴) q_3 و q_1

۸۹. اگر در رأس A از مربع نشان داده شده، ذره‌ی باردار q قرار گیرد، میدان الکتریکی حاصل از آن در رأس B برابر E است. حال اگر در سه رأس همان مربع، بارهای الکتریکی مطابق شکل مقابل قرار گیرند، اندازه‌ی نیروی وارد بر بار B چند برابر Eq می‌شود؟ (آزمون‌های گاه)



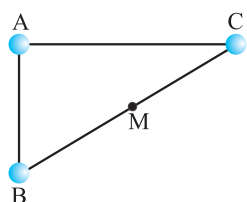
(۱) $10\sqrt{2}$

(۲) $20\sqrt{2}$

(۳) ۲۰

(۴) ۱۰

۹۰. سه بار نقطه‌ای $q_A = +2 \times 10^{-7} \text{C}$ ، $q_B = -10^{-7} \text{C}$ و $q_C = +10^{-7} \text{C}$ در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه، مطابق شکل قرار گرفته‌اند. بزرگی شدت میدان الکتریکی در نقطه‌ی M واقع در



وسط BC چند $\frac{\text{N}}{\text{C}}$ است؟ $(AB = 30\text{cm}, BC = 60\text{cm})$ (آزمایشی سنجش)

(۲) 2×10^4

(۱) 10^4

(۴) 8×10^4

(۳) 4×10^4

۹۱. ذره‌ای با بار $+2 \times 10^{-19} \text{C}$ و جرم $8 \times 10^{-28} \text{kg}$ بین دو صفحه‌ی رسانای بزرگ از کنار صفحه‌ی مثبت رها می‌شود و با سرعت $10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به صفحه‌ی

مقابل می‌رسد. اگر میدان بین دو صفحه $10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ باشد، فاصله‌ی دو صفحه از هم کدام است؟

(۴) ۲m

(۳) ۴cm

(۲) ۲mm

(۱) ۲cm

۳۴ (۴ ۳ ۲ ۱)

نیروی که میدان به بار منفی وارد می‌کند در راستای میدان و خلاف جهت میدان است.

۳۵ (۴ ۳ ۲ ۱)

میدان حاصل از بار q به سمت راست و میدان حاصل از بار $-2q$ به سمت چپ است:

$$E_1 = k \frac{|q|}{a^2} \text{ به سمت راست}$$

$$E_2 = \frac{k \times 2q}{(2a)^2} = \frac{kq}{2a^2} \text{ به سمت چپ}$$

$$E_1 > E_2 \Rightarrow E_T = E_1 - E_2 = \frac{kq}{a^2} - \frac{kq}{2a^2} = \frac{kq}{2a^2} \text{ به سمت راست}$$

۳۶ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{3^2} = 5 \times 10^3 \frac{N}{C} \text{ به سمت چپ}$$

$$E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{1^2} = 45 \times 10^3 \text{ به سمت راست}$$

$$E_2 > E_1 \Rightarrow E_T = E_2 - E_1 = 45 \times 10^3 - 5 \times 10^3$$

$$= 40 \times 10^3 = 4 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

۳۷ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$q_1 = 1 \mu C \quad 1m \quad 2m \quad q_2 = 4 \mu C$$

$$E = \frac{kq}{r^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-6}}{1^2} = 9 \times 10^3 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{2^2} = 9 \times 10^3 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow E_T = E_2 - E_1 = 0$$

۳۸ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$E = \frac{kq}{d^2} = 3 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$q_1 = 12q \Rightarrow E_1 = \frac{k \times 12q}{(3d)^2} = \frac{12}{9} \frac{kq}{d^2} = \frac{12}{9} E = \frac{4}{3} E \text{ به سمت راست}$$

$$q_2 = -8q \Rightarrow E_2 = k \times \frac{8q}{(2d)^2} = 2 \frac{kq}{d^2} = 2E \text{ به سمت راست}$$

$$E_1 \text{ و } E_2 \text{ هم‌جهت} \Rightarrow E_T = E_1 + E_2 = \frac{4}{3} E + 2E = \frac{10}{3} E$$

$$= \frac{10}{3} \times 3 \times 10^5 = 10^6 \frac{N}{C}$$

۳۹ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \text{ اگر هر یک از بارها دو برابر شود هر میدان دو برابر می‌شود.} \Rightarrow \vec{E}'_T = 2\vec{E}_1 + 2\vec{E}_2$$

$$= 2(\vec{E}_1 + \vec{E}_2) = 2\vec{E}_T$$

$$\Rightarrow E'_T \text{ دو برابر می‌شود:}$$

۲۳ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 20 \times 10^{-6}}{1^2} = 18 \times 10^4 = 1/8 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

۲۴ (۴ ۳ ۲ ۱)

طبق فرمول $E = \frac{kq}{r^2}$ ، میدان با بار الکتریکی متناسب است و با مجذور فاصله رابطه‌ی عکس دارد:

$$E \propto q, E \propto \frac{1}{r^2}$$

۲۵ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \frac{3q}{q} \times \left(\frac{r}{2r}\right)^2 = \frac{3}{4}$$

۲۶ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$E = k \frac{q}{r^2} \Rightarrow \frac{E_B}{E_C} = \left(\frac{r_C}{r_B}\right)^2 = \left(\frac{AC}{AB}\right)^2 = \left(\frac{AB+BC}{AB}\right)^2 = \left(1 + \frac{BC}{AB}\right)^2 = \left(1 + \frac{2}{3}\right)^2 = \left(\frac{5}{3}\right)^2 = \frac{25}{9}$$

۲۷ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_2}{200} = \left(\frac{25}{50}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_2}{200} = \frac{1}{4} \Rightarrow E_2 = 50 \frac{N}{C}$$

۲۸ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{25E_1}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{25}{100} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{4} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow r_2 = 4 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \Delta r = 40 - 20 = 20 \text{ cm}$$

۲۹ (۴ ۳ ۲ ۱)

میدان کمیته برداری است (جهت و مقدار دارد و از قوانین جمع برداری پیروی می‌کند).

$$E = \frac{F}{q} \left(\frac{N}{C} \right)$$

۳۰ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$F = E \times q = 2 \times 10^5 \times 0 / 4 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-2} N$$

۳۱ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$F = Eq = ma \Rightarrow a = \frac{Eq}{m} = \frac{4 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^0 = 20 = 2g$$

۳۲ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$\vec{F} = -400\vec{i} + 300\vec{j} \Rightarrow |\vec{F}| = \sqrt{400^2 + 300^2} = 500 N$$

$$E = \frac{F}{|q|} = \frac{500}{5 \times 10^5 \times 10^{-6}} = \frac{500}{5 \times 10^{-1}} = 1000 \frac{N}{C}$$

۳۳ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$\frac{V}{m} \text{ معادل } \frac{N}{C} \text{ است:}$$

$$F = mg \Rightarrow Eq = mg \Rightarrow q = \frac{mg}{E} = \frac{1 \times 10^{-2} \times 10}{500}$$

$$= \frac{1}{50} \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-5} C$$

۴۷ (۴ ۳ ۲ ۱)

مسئله را به صورت برداری بررسی کنید:

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_r = \vec{E} \quad (۱)$$

$$q_1 \Rightarrow \vec{E}_1 = 0 \Rightarrow \vec{E}_T = \vec{E}_r = \frac{\vec{E}}{r} \quad (۲)$$

عبارت (۲) را در (۱) جاگذاری کنید:

$$\vec{E}_1 + \frac{\vec{E}}{r} = \vec{E} \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{\vec{E}}{r} \quad (۳)$$

$$(۲), (۳) \Rightarrow E_1 = E_r \Rightarrow k \frac{q_1}{d_1^2} = k \frac{q_r}{d_r^2} \xrightarrow{d_1 > d_r} |q_1| > |q_r|$$

طبق روابط (۲) و (۳)، میدان حاصل از بارها در نقطه‌ی A هم جهت هستند. بنابراین q_1 و q_2 غیرهمنام هستند.

۴۸ (۴ ۳ ۲ ۱)

تست را به صورت برداری بررسی کنید:

$$\vec{E}_A + \vec{E}_B = \vec{E}_1 \quad (۱)$$

$$q_A \Rightarrow \vec{E}_B = -\vec{E}_1 \quad (۲)$$

$$\Rightarrow \vec{E}_A - \vec{E}_1 = \vec{E}_1 \Rightarrow \vec{E}_A = 2\vec{E}_1 \quad (۳)$$

$$(۲), (۳) \Rightarrow E_A = 2E_B \Rightarrow k \frac{|q_A|}{r^2} = 2k \frac{|q_B|}{r^2} \Rightarrow |q_B| = \frac{1}{2} |q_A|$$

طبق روابط (۲) و (۳)، میدان‌های \vec{E}_A و \vec{E}_B غیرهم جهت هستند. بنابراین بارها همنام می‌شوند.

۴۹ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$\begin{cases} q_1 = q \Rightarrow E_1 = \frac{kq}{(\frac{d}{r})^2} = \frac{kq}{d^2} & \text{به سمت راست} \\ q_2 = -4q \Rightarrow E_r = \frac{k \times 4q}{(\frac{rd}{r})^2} = \frac{4kq}{d^2} & \text{به سمت راست} \end{cases}$$

$$\Rightarrow E_T = E_1 + E_r = 18 \frac{kq}{d^2} = E \quad \text{به سمت راست}$$

$$\text{به سمت راست } q \Rightarrow E_T' = E_r = \frac{4kq}{d^2} = \frac{1}{9} E_T$$

$$\Rightarrow E_T' = \frac{\vec{E}}{9}$$

۵۰ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$\left. \begin{aligned} \vec{E}_1 + \vec{E}_r = \vec{E} & \quad (۱) \\ \vec{E}_r = -\frac{\vec{E}}{3} & \quad (۲) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \vec{E}_1 - \frac{\vec{E}}{3} = \vec{E} \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{4}{3} \vec{E} \quad (۳)$$

$$(۲), (۳) \Rightarrow E_1 = 4E_r \Rightarrow k \frac{|q_1|}{(\frac{d}{r})^2} = 4k \frac{|q_r|}{(\frac{rd}{r})^2} \Rightarrow \frac{q_1}{1} = \frac{4q_r}{9}$$

$$\Rightarrow \left| \frac{q_r}{q_1} \right| = \frac{9}{4}$$

طبق روابط (۲) و (۳)، بردارهای \vec{E}_1 و \vec{E}_r خلاف جهت هستند. بنابراین یکی از بارها بار آزمون را دفع کرده و دیگری بار آزمون را جذب کرده است. یعنی دو بار، غیرهمنام هستند:

$$\frac{q_r}{q_1} = -\frac{9}{4}$$

۴۰ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$q_1 = +q \quad q_r = -q \quad E_1 = E_r \Rightarrow E_T = 2E_1$$

فرض کنید q_1 دوبرابر شود:

$$q_1' = 2q_1 \Rightarrow \vec{E}_1' = 2\vec{E}_1$$

$$E_T' = E_1' + E_r = 2E_1 + E_1 = 3E_1$$

$$\Rightarrow \frac{E_T'}{E_T} = \frac{3E_1}{2E_1} = 1.5$$

۴۱ (۴ ۳ ۲ ۱)

$$q_1 = q \quad q_r = -q \quad E_1 = E_r \Rightarrow E_T = E_1 + E_r = 2E_1 = E$$

اگر یکی از بارها به اندازه‌ی $\frac{d}{4}$ نزدیک شود، فاصله‌ی آن نصف شده است، بنابراین میدان آن چهار برابر شده است:

$$E_1' = 4E_1$$

$$E_T' = E_1' + E_r = 4E_1 + E_1 = 5E_1$$

$$\Rightarrow \frac{E_T'}{E_T} = \frac{5E_1}{2E_1} = 2.5$$

۴۲ (۴ ۳ ۲ ۱)

اگر بارها ناهمنام باشند، میدان خارج از دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر صفر است.

۴۳ (۴ ۳ ۲ ۱)

نقطه‌ی C خارج دو بار است. بنابراین بارهای q_1 و q_2 ناهمنام هستند. (گزینه‌های (۱) و (۲))

$$\vec{E}_T = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 + \vec{E}_r = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_r \Rightarrow E_1 = E_r$$

$$\Rightarrow k \frac{|q_1|}{r_1^2} = k \frac{|q_r|}{r_r^2}$$

$$\frac{|q_1|}{1.8^2} = \frac{|q_r|}{2^2} \Rightarrow \left| \frac{q_r}{q_1} \right| = \left(\frac{2}{1.8} \right)^2 = \frac{1}{16} \xrightarrow{\text{ناهمنام}} \frac{q_r}{q_1} = -\frac{1}{16}$$

۴۴ (۴ ۳ ۲ ۱)

بارها همنام هستند، بنابراین در نقطه‌ای بین دو بار و نزدیک‌تر به بار کوچک‌تر میدان صفر است (گزینه‌های (۱) یا (۲)).

$$q \quad x \quad d-x \quad 9q \quad E_1 = E_r \Rightarrow \frac{kq}{x^2} = \frac{k \times 9q}{(d-x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{9}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{d-x} \Rightarrow d-x = 3x$$

$$\Rightarrow d = 4x \Rightarrow x = \frac{d}{4}$$

روش تستی: نسبت بارها ۱ به ۹ بنابراین نسبت فاصله‌ها ۱ به ۳ است:

$$x = \frac{1}{1+3} d = \frac{d}{4}$$

۴۵ (۴ ۳ ۲ ۱)

نقطه‌ی C بین دو بار است. بنابراین q_A و q_B همنام هستند:

$$E_A = E_B \Rightarrow k \frac{q_A}{2^2} = k \frac{q_B}{5^2} \Rightarrow \frac{q_A}{q_B} = \left(\frac{2}{5} \right)^2 = \frac{16}{25}$$

۴۶ (۴ ۳ ۲ ۱)

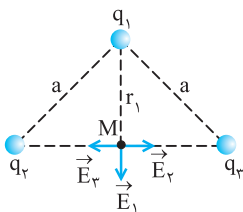
$$q_1 = q \quad q_r = 4q \quad q_r = 4q_1 \Rightarrow E_r = 4E_1$$

$$E_T = E_r - E_1 = 4E_1 - E_1 = 3E_1 = 300 \frac{N}{C} \Rightarrow E_1 = 100 \frac{N}{C}$$

اگر بار بزرگ‌تر را خنثی کنیم، میدان فقط E_1 است.

$$\tan \alpha = \frac{E_B}{E_A} = \frac{k \frac{q_B}{r_B^2}}{k \frac{q_A}{r_A^2}} = \frac{q_B}{q_A} \times \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^2 = \frac{9}{12} \times \left(\frac{60}{45}\right)^2$$

$$= \frac{9}{12} \times \left(\frac{4}{3}\right)^2 = \frac{9}{12} \times \frac{16}{9} = \frac{4}{3} \Rightarrow \alpha = 53^\circ$$

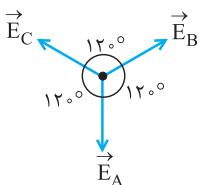


$$E_r = E_r \Rightarrow E_{r,3} = 0$$

$$r_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} a = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 10 = 5\sqrt{3} \text{ cm}$$

$$E_T = E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-8}}{(5\sqrt{3})^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10}{75 \times 10^{-4}} = \frac{90}{75} \times 10^4$$

$$= \frac{18}{15} \times 10^4 = 1.2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

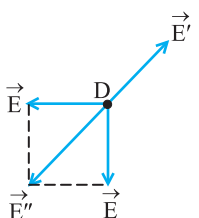


مثلاً، متساوی الاضلاع است، بنابراین میدان‌ها در نقطه‌ی O دوبره‌دو با هم زاویه‌ی 120° می‌سازند و برآیند آن‌ها صفر می‌شود.

میدان حاصل از q_1 در راستای OA و میدان حاصل از q_2 در راستای OB و میدان حاصل از q_3 در راستای OC است. اگر برآیند این سه میدان در راستای OB باشد، بنابراین میدان E_A و E_C باید همدیگر را خنثی کنند. بنابراین $q_3 = q_1$ می‌باشد.

میدان‌های حاصل q_B و q_C در نقطه‌ی A هم‌اندازه هستند و با هم زاویه‌ی 90° می‌سازند: $E_T = \sqrt{2} E_B \cos(\frac{90^\circ}{2}) = \sqrt{2} E_B = E$ (۱) اگر یکی از بارها مانند q_C را خنثی کنیم، میدان در نقطه‌ی A برابر E_B می‌شود و طبق معادله‌ی (۱)، $E_B = \frac{1}{\sqrt{2}} E = \frac{\sqrt{2}}{2} E$ می‌باشد. یعنی

میدان $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر می‌شود.



علامت بار Q باید مخالف علامت بار q باشد تا بتواند میدان حاصل از دو بار q را خنثی کند. میدان حاصل از هر یک از بارهای q را برابر E و میدان حاصل از بار Q را برابر E' در نظر بگیرید. برآیند میدان‌های E را برابر E'' در نظر بگیرید.

$$E_T = 0 \Rightarrow \vec{E}'' = -\vec{E}' \Rightarrow E'' = E'$$

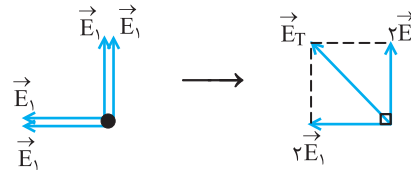
$$E'' = \sqrt{2} E \cos(\frac{90^\circ}{2}) = \sqrt{2} E$$

$$\Rightarrow k \frac{|Q|}{(\sqrt{2}a)^2} = \sqrt{2} \times k \frac{|q|}{a^2} \Rightarrow \frac{|Q|}{\sqrt{2}a^2} = \frac{\sqrt{2}|q|}{a^2} \Rightarrow \frac{Q}{q} = 2\sqrt{2}$$

$$Q \Rightarrow \frac{Q}{q} = -2\sqrt{2}$$

۵۱ (۴ ۳ ۲ ۱)

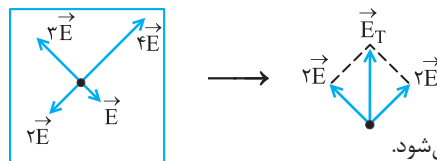
با توجه به علامت بارها، میدان حاصل از هر بار را در نقطه‌ی O رسم می‌کنیم:



$$E_T = 2(E_1) \cos(\frac{90^\circ}{2}) = 2\sqrt{2} E_1$$

۵۲ (۴ ۳ ۲ ۱)

میدان حاصل از بار q در مرکز مربع را E می‌نامیم:



ET به سمت +y می‌شود.

۵۳ (۴ ۳ ۲ ۱)

میدان حاصل از بارها در مرکز دایره هم‌اندازه هستند و دوبره‌دو با هم زاویه‌ی 120° می‌سازند. بنابراین میدان کل، صفر است.

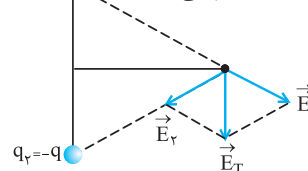
۵۴ (۴ ۳ ۲ ۱)

به جای بار $-5 \times 10^{-9} \text{ C}$ بارهای $+5 \times 10^{-9} \text{ C}$ و $-2 \times 5 \times 10^{-9} \text{ C}$ را در نظر بگیرید. میدان حاصل از هشت بار $+5 \times 10^{-9} \text{ C}$ در مرکز دایره صفر می‌شود. بنابراین فقط بار $-2 \times 5 \times 10^{-9} \text{ C}$ باقی می‌ماند:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 5 \times 10^{-9}}{30^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10}{9 \times 10^{-2}} = 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

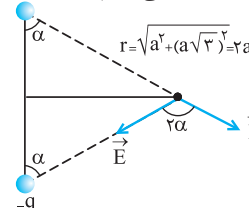
۵۵ (۴ ۳ ۲ ۱)

طبق شکل، E_T به سمت پایین و در راستای قائم می‌باشد.



۵۶ (۴ ۳ ۲ ۱)

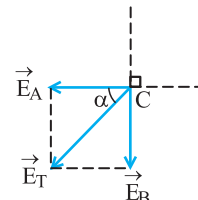
طبق شکل میدان‌ها را رسم می‌کنیم و زوایا را مشخص می‌کنیم:



$$E = \frac{kq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{(ra)^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{fa^2}, \cos \alpha = \frac{a}{ra} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow E_T = \sqrt{2} E \cos \frac{r\alpha}{2} = 2 \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{fa^2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{16\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$$

۵۷ (۴ ۳ ۲ ۱)

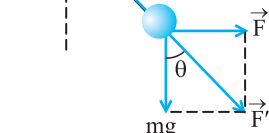


۴ ۳ ۲ ۱ ۶۷

در مرکز حلقه میدان صفر است و در فاصله‌ی دور نیز میدان صفر است و بین این دو قسمت میدان صفر نیست، بنابراین میدان ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۴ ۳ ۲ ۱ ۶۸

ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم کنید: برابند نیروهای F و mg برابر F' و در خلاف جهت T است.



در مثلث سمت چپ می‌توان نوشت:

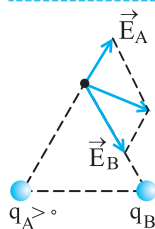
$$\tan \theta = \frac{F}{mg} = \frac{Eq}{mg}$$

۴ ۳ ۲ ۱ ۶۹

خطوط به طرف بیرون است، بنابراین هر دو بار مثبت هستند. تعداد خطوطی که از بار q_2 خارج شده‌اند، بیش‌تر است، بنابراین بار q_2 بزرگ‌تر است.

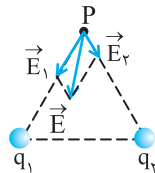
۴ ۳ ۲ ۱ ۷۰

میدان حاصل از هر یک از بارها را رسم کنید. اگر $|q_B| > q_A$ ، در این صورت $E_B > E_A$ می‌شود.



۴ ۳ ۲ ۱ ۷۱

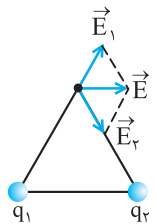
بردار میدان الکتریکی را تجزیه کنید (میدان‌ها را باید به دو راستای ضلع‌ها تجزیه کنید).



طبق شکل، میدان‌های \vec{E}_1 و \vec{E}_2 به طرف q_1 و q_2 هستند. بنابراین هر دو بار منفی می‌باشند.

۴ ۳ ۲ ۱ ۷۲

ابتدا میدان \vec{E} را در راستای اضلاع مثلث تجزیه کنید. طبق شکل، میدان حاصل از q_1 به طرف بیرون است. بنابراین q_1 مثبت است و میدان حاصل از q_2 به طرف بار است. بنابراین q_2 منفی است. میدان \vec{E} افقی است، بنابراین زاویه‌ی بین میدان برابند با میدان‌ها، یکسان است. یعنی میدان‌ها هم‌اندازه هستند و با توجه به این‌که فاصله‌ی بارهای q_1 و q_2 تا رأس سوم یکسان است، در نتیجه بارها هم‌اندازه هستند.



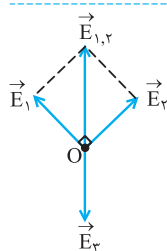
۴ ۳ ۲ ۱ ۷۳

خطوط میدان از بار مثبت خارج و وارد بار منفی می‌شود، بنابراین بار B مثبت و بار A منفی است.

۴ ۳ ۲ ۱ ۷۴

خطوط میدان از هر دو بار خارج شده‌اند، بنابراین هر دو مثبت هستند.

۴ ۳ ۲ ۱ ۶۳



علامت q_3 باید مخالف علامت q_1 و q_2 باشد تا میدان کل صفر شود. بنابراین q_3 مثبت است.

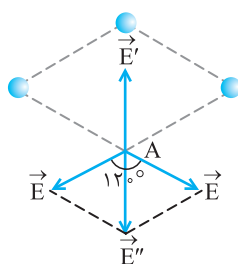
$$E_T = 0 \Rightarrow E_{1,2} = E_3$$

$$\Rightarrow 2E_1 \cos\left(\frac{90^\circ}{2}\right) = E_3 \Rightarrow \sqrt{2}E_1 = E_3$$

$$\Rightarrow \sqrt{2} \times \frac{kq_1}{r^2} = \frac{kq_3}{r^2} \Rightarrow q_3 = \sqrt{2}q_1 = 2\sqrt{2}\mu C$$

۴ ۳ ۲ ۱ ۶۴

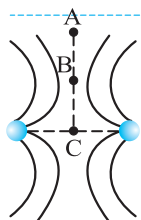
طبق شکل، مثلث‌ها، متساوی‌الاضلاع هستند (یکسان بودن زوایا). بنابراین هر ضلع لوزی نیز a می‌باشد. میدان حاصل از بارهای q را E و میدان حاصل از بار Q را E' می‌نامیم: علامت Q باید مخالف علامت q باشد (گزینه‌های (۱) و (۲) تا میدان برابند صفر شود:



$$E_T = 0 \Rightarrow E' = E'' \Rightarrow \frac{kQ}{a^2} = 2E \cos\left(\frac{120^\circ}{2}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{kQ}{a^2} = 2 \times \frac{kq}{a^2} \times \cos 60^\circ \Rightarrow Q = q \Rightarrow \frac{Q}{q} = 1 \xrightarrow{\text{ناهمنام}} \frac{Q}{q} = -1$$

۴ ۳ ۲ ۱ ۶۵

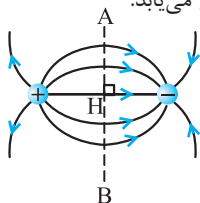


روش اول: رسم خطوط میدان: طبق شکل از A تا B تراکم خطوط زیاد می‌شود. بنابراین میدان افزایش می‌یابد و از B تا C تراکم خطوط کاهش می‌یابد و میدان ضعیف می‌شود، یعنی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است.

روش دوم: در فواصل دور به دلیل فاصله‌ی زیاد، میدان صفر است و در نقطه‌ی H نیز میدان‌های حاصل از بارها هم‌اندازه و خلاف جهت هستند. بنابراین میدان برابند صفر است و در بین این نقاط میدان صفر نیست. بنابراین می‌توان گفت میدان از صفر به عددی رسیده و مجدداً صفر شده است. یعنی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است.

۴ ۳ ۲ ۱ ۶۶

روش اول: بارها غیرهمنام هستند. بنابراین میدان در نقطه‌ی H قوی‌تر می‌باشد و در بقیه‌ی نقاط ضعیف است. یعنی از A تا H میدان قوی شده و از H تا B میدان ضعیف می‌شود. در نتیجه نیروی حاصل از میدان نیز از A تا H ابتدا افزایش و سپس از H تا B کاهش می‌یابد.



روش دوم: ابتدا خطوط میدان را رسم کنید. تراکم خطوط از A تا H افزایش یافته و از H تا B کاهش می‌یابد، یعنی میدان از A تا H افزایش و از H تا B کاهش می‌یابد.

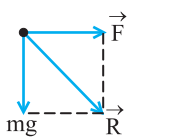
۸۰ ۱ ۲ ۳ ۴

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow F = Eq = ma \Rightarrow a = \frac{Eq}{m}$$

$$\Rightarrow \frac{a_\alpha}{a_p} = \frac{\frac{E \times q_\alpha}{m_p}}{\frac{E \times q_p}{m_p}} = \frac{q_\alpha}{q_p} \times \frac{m_p}{m_\alpha} = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

۸۱ ۱ ۲ ۳ ۴

میدان بین دو صفحه‌ی رسانا، یکنواخت و جهت آن از صفحه‌ی مثبت به منفی است و نیرویی که میدان به بار منفی وارد می‌کند، خلاف جهت میدان است.



\vec{F} و mg مقدار ثابت دارند، بنابراین جهت نیروی برابری ثابت و مطابق شکل است. در نتیجه جهت حرکت در راستای \vec{R} است.

۸۲ ۱ ۲ ۳ ۴

فاصله‌ی هر یک از بارها تا نقطه‌ی M ، نصف فاصله‌ی بین بارها است و اگر فاصله نصف شود، میدان ۴ برابر می‌شود. و طبق شکل، میدان برابری $4E$ می‌شود.

$$\begin{cases} E' = \frac{kQ}{d^2} \\ E = \frac{kQ}{(2d)^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{E'}{E} = 4 = E_T = 2E' = 4E$$

۸۳ ۱ ۲ ۳ ۴

$$E_1 = E_2 = \frac{kq}{d^2}, E_T = E_1 + E_2 \Rightarrow 2E_1 = E$$

اگر ۲۵ درصد یکی از بارها را کم کنیم، میدان نیز ۲۵ درصد کاهش می‌یابد و اگر این ۲۵ درصد بار را به بار دوم اضافه کنیم، با توجه به ناهمنام بودن بارها، بار دوم نیز ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. یعنی هر دو میدان به اندازه‌ی ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین میدان کل نیز ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

۸۴ ۱ ۲ ۳ ۴

۶ میدان ایجاد شده در نقطه‌ی O' دوبره‌دو با هم زاویه‌ی 60° می‌سازند و برابری هر دو میدان در راستای خط OO' می‌باشد:

$$E_T = 3 \times (2E \cos \frac{60^\circ}{2}) = 3 \times 2 \times 10^4 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 3\sqrt{3} \times 10^4 \frac{N}{C}$$

۸۵ ۱ ۲ ۳ ۴

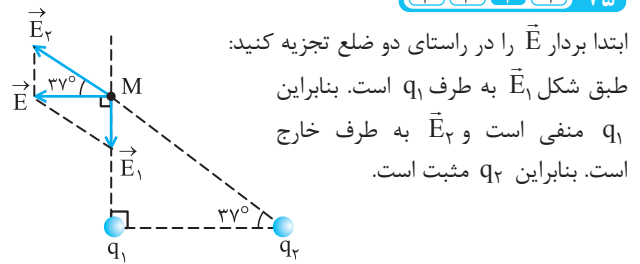
میدان حاصل از هر یک از بارها در نقطه‌ی O' برابر است با:

$$E = \frac{kq}{r^2} = \frac{kq}{d^2 + R^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 (d^2 + R^2)}$$

۶ میدان تشکیل شده در O' ، دوبره‌دو با هم زاویه‌ی 2α می‌سازند و برابری این دو برابر است با:

$$E' = 2E \cos(\frac{2\alpha}{2}) = 2E \cos \alpha$$

۷۵ ۱ ۲ ۳ ۴



ابتدا بردار \vec{E} را در راستای دو ضلع تجزیه کنید: طبق شکل \vec{E}_1 به طرف q_1 است. بنابراین q_1 منفی است و \vec{E}_2 به طرف خارج است. بنابراین q_2 مثبت است.

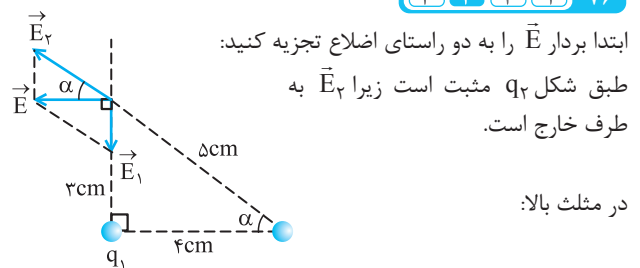
برای مقایسه‌ی اندازه‌ی بارها، ابتدا توجه کنید که فاصله‌ی q_2 تا نقطه‌ی M برابر $\frac{1}{6}d$ است. $(\sin 37^\circ = \frac{d}{x} \Rightarrow x = \frac{1}{6}d)$ حال به مثلث بالا توجه کنید:

$$\sin \alpha = \frac{E_1}{E_2} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\frac{k|q_1|}{d^2}}{\frac{k|q_2|}{(\frac{1}{6}d)^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{6}{10} = \frac{\frac{|q_1|}{d^2}}{\frac{36|q_2|}{100d^2}} \Rightarrow \frac{6}{10} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \frac{100}{36} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{6 \times 36}{1000} < 1$$

$$\Rightarrow |q_1| < |q_2|$$

۷۶ ۱ ۲ ۳ ۴



ابتدا بردار \vec{E} را به دو راستای اضلاع تجزیه کنید: طبق شکل q_2 مثبت است زیرا \vec{E}_2 به طرف خارج است.

در مثلث بالا:

$$\sin \alpha = \frac{E_1}{E_2} \Rightarrow \frac{6}{10} = \frac{\frac{kq_1}{r_1^2}}{\frac{kq_2}{r_2^2}} \Rightarrow \frac{6}{10} = \frac{3^2}{q_2^2} \Rightarrow \frac{6}{10} = \frac{8 \times 25}{9 \times q_2^2}$$

$$\Rightarrow q_2 = \frac{2000}{6 \times 9} = \frac{1000}{27} \mu C$$

۷۷ ۱ ۲ ۳ ۴

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \frac{N}{C}$$

$$F = Eq = ma \Rightarrow 5 \times 10 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-3} a \Rightarrow a = 25 \times 10^{-3} \frac{m}{s^2}$$

۷۸ ۱ ۲ ۳ ۴

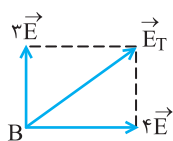
میدان داخل رسانا صفر است. بنابراین $E_B = 0$

$$E_A = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 10^{-6}}{10^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10^4}{10^{-2}} = 9 \times 10^6$$

۷۹ ۱ ۲ ۳ ۴

میدان در داخل قسمت توپر رسانا صفر است و با توجه به مثبت بودن بار، خطوط میدان به طرف خارج است.

۸۹ (۴ ۳ ۲ ۱)



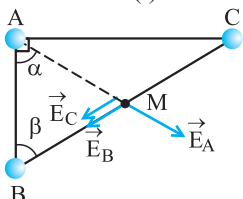
میدان حاصل از بارهای $۳q$ و $۴q$ در نقطه‌ی B به ترتیب $۳E$ و $۴E$ می‌باشد.

$$E_T = \sqrt{(3E)^2 + (4E)^2} = 5E$$

B در رأس $F = Eq = \Delta E \times 4q = 20Eq$ نیروی وارد بر بار $+4q$ در رأس B

۹۰ (۴ ۳ ۲ ۱)

میانۀ وارد بر وتر نصف وتر است: (۱) $AM = BM = MC$

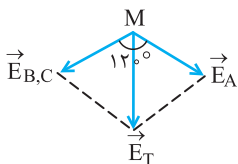


$$AB = \frac{BC}{2} = BM \xrightarrow{(۱)} \alpha = \beta = 60^\circ$$

$$E_B = E_C = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-7}}{3^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10^2}{9 \times 10^{-2}} = 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_B, \vec{E}_C \Rightarrow E_{B,C} = E_B + E_C = 2 \times 10^4 \frac{N}{C} \text{ هم‌جهت}$$

$$E_A = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-7}}{3^2 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^4 \frac{N}{C}$$



$$E_T = 2E \cos\left(\frac{120^\circ}{2}\right) = 2 \times (2 \times 10^4) \cos 60^\circ = 2 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

۹۱ (۴ ۳ ۲ ۱)

از فرمول مستقل از زمان باید استفاده کنیم، بنابراین ابتدا شتاب را محاسبه می‌کنیم:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m} = \frac{10^5 \times 2 \times 10^{-19}}{8 \times 10^{-28}} = \frac{1}{4} \times 10^{14} = 25 \times 10^{12} \frac{m}{s^2}$$

$$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow (10^7)^2 - 0 = 2 \times 25 \times 10^{12} \times d$$

$$d = \frac{10^{14}}{50 \times 10^{12}} = 2m$$

و سه میدان E' هم‌جهت با هم در راستای OO' قرار دارند:

$$E_T = 3E' = 6E \cos \alpha = 6 \frac{q}{4\pi\epsilon_0(d^2 + R^2)} \times \frac{d}{\sqrt{d^2 + R^2}}$$

$$= \frac{3}{2} \frac{qd}{\pi\epsilon_0(d^2 + R^2)^{3/2}} \Rightarrow F = Eq = \frac{3}{2} \frac{q^2 d}{\pi\epsilon_0(d^2 + R^2)^{3/2}}$$

۸۶ (۴ ۳ ۲ ۱)

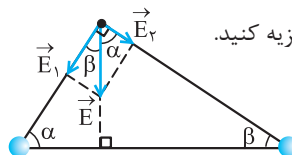
اگر در نقطه‌ی پنجم بار $+2\mu C$ قرار دهیم، میدان برآیند در مرکز صفر می‌شود. بنابراین میدان حاصل از چهار بار اول برابر است با قرینه‌ی میدان حاصل از بار پنجم:

$$E_T = E_\Delta = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{1^2 \times 10^{-4}} = \frac{18 \times 10^3}{10^{-2}}$$

$$= 18 \times 10^5 = 1/8 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

۸۷ (۴ ۳ ۲ ۱)

ابتدا میدان E را در راستای دو ضلع تجزیه کنید.



طبق شکل \vec{E}_1 و \vec{E}_2 به طرف بارها هستند، بنابراین q_1 و q_2 هر دو منفی هستند.

$$\cos \beta = \frac{E_1}{E}$$

در مثلث کوچک بالا می‌توان نوشت:

$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

و طبق مثلث بزرگ:

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{3^2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$\frac{4}{5} = \frac{5 \times 10^7}{E} \Rightarrow E = \frac{25}{4} \times 10^7 = 6/25 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

۸۸ (۴ ۳ ۲ ۱)

برای 6 میدان در مرکز صفر است. زیرا میدان‌ها هم‌اندازه هستند. برای این‌که میدان برآیند E شود باید دو بار الکتریکی را حذف کنیم که برآیند آن‌ها E می‌شود.

زاویه‌ی بین میدان‌های ناشی از دو بار مجاور 60° است. بنابراین برآیند هر دو میدانی که با هم زاویه‌ی 120° می‌سازند، برابر E است.

