بار به صورت بارهای نقطه‌ای و سپس با جمع کردن بردارهای میدان الکتریکی ناشی از همهٔ آن عنصرهای بار، با انتگرالگیری، به دست می‌آید.

نیروی وارد بر یک بار نقطه‌ای در میدان الکتریکی

وقتی بار نقطه‌ای q در میدان الکتریکی خارجی $\vec{E}$ که توسط بارهای دیگر ایجاد شده است، قرار گیرد نیروی الکتروستاتیکی که بر آن بار وارد می‌شود برابر است با

$$\vec{F}=q\vec{E} \qquad (۲۸-۱۸)$$

نیروی $\vec{F}$ در همان جهت $\vec{E}$ است اگر q مثبت باشد، و در خلاف جهت $\vec{E}$ است اگر q منفی باشد.

دو قطبی در میدان الکتریکی

هرگاه یک دو قطبی الکتریکی با گشتاور دو قطبی $\vec{p}$ در میدان الکتریکی $\vec{E}$ قرار گیرد، میدان گشتاوری بر دو قطبی وارد می‌کند که برابر است؛

$$\vec{\tau}=\vec{p}\times\vec{E} \qquad (۳۴-۱۸)$$

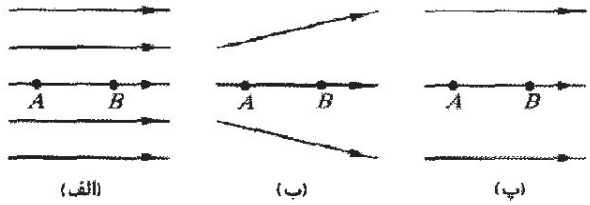
دو قطبی دارای انرژی پتانسیل U است که به سمتگیری آن در میدان وابسته است

$$U=-\vec{p}.\vec{E} \qquad (۳۸-۱۸)$$

هر گاه $\vec{p}$ عمود بر $\vec{E}$ باشد، این انرژی پتانسیل صفر در نظر گرفته می‌شود؛ هرگاه $\vec{p}$ هم جهت با $\vec{E}$ باشد، انرژی پتانسیل دارای کمترین مقدار $(U=-pE)$ و هرگاه $\vec{p}$ در خلاف جهت $\vec{E}$ باشد، انرژی پتانسیل دارای بیشترین $(U=pE)$ مقدار است.

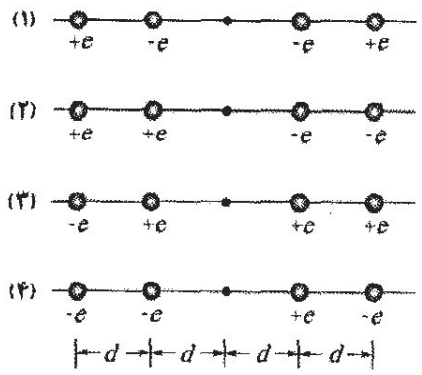
پرسشها

۱- شکل ۱۸-۲۱ سه آرایش از خطهای میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون در نقطهٔ A رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطهٔ B شتاب می‌گیرد. نقطه‌های A و B در هر سه آرایش به فاصلهٔ یکسانی از یکدیگر قرار دارند. این آرایشها را بنابر اندازه حرکت خطی پروتون در نقطهٔ B به گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین در ابتدا باشد.



شکل ۱۸-۲۱ پرسش ۱

۲- شکل ۱۸-۲۲ چهار وضعیت را برای چهار ذرهٔ باردار نشان می‌دهد که به فاصله‌های مساوی در چپ و راست یک بار نقطه‌ای قرار گرفته‌اند. مقدارهای بار روی شکل مشخص شده‌اند. وضعیتها را بنابر بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ مرکزی، از بزرگ به کوچک مرتب کنید.

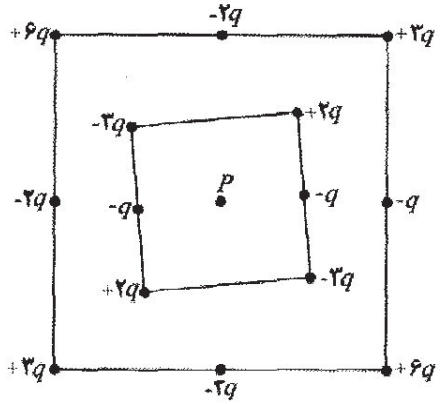


شکل ۱۸-۲۲ پرسش ۲

۳- شکل ۱۸-۲۳ دو ذرهٔ باردار را که در مکانهای خود روی محور ثابت شده‌اند نشان می‌دهد. (الف) در کجای این محور (غیر از فاصلهٔ نامتناهی) نقطه‌ای وجود دارد که در آنجا میدان الکتریکی خالص آنها صفر باشد: میان بارها، در سمت چپ، یا در سمت راست آنها؟ (ب) آیا نقطه‌ای *خارج* از محور (غیر از فاصلهٔ نامتناهی) وجود دارد که در آن نقطه میدان الکتریکی صفر باشد؟

شکل ۱۸-۲۳ پرسش ۳

۴- شکل ۱۸-۲۴ دو آرایهٔ مربعی از ذره‌های باردار را نشان می‌دهد. مربعها که مرکز آنها در نقطهٔ P قرار دارد هم‌ردیف نیستند. ذره‌ها در پیرامون مربعها به فاصلهٔ d یا $d/۲$ از هم قرار گرفته‌اند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ P چیست؟

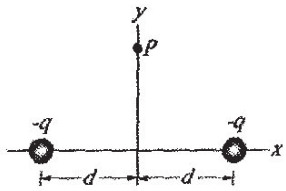


شکل ۱۸-۲۴ پرسش ۴

۵- درشکل ۱۸-۲۵، دو ذره با بار $q-$ به طور متقارن نسبت به محور y قرار گرفته‌اند و هر کدام یک میدان الکتریکی در نقطهٔ P واقع بر محور y ایجاد می‌کنند. (الف) آیا بزرگیهای این میدانها در نقطهٔ P برابر است؟ (ب) آیا جهت هر میدان الکتریکی به سمت بار ایجاد کنندهٔ آن است یا به سمت دور شدن از آن؟ (پ) آیا بزرگی نیروی الکتریکی خالص در نقطهٔ P

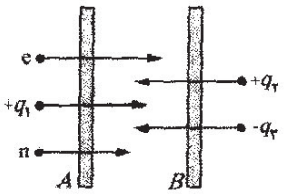
www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

برابر با مجموع بزرگیهای دو بردار میدان (یعنی برابر با $2E$) است؟ (ت) آیا مؤلفه‌های x این دو بردار میدان با هم جمع می‌شوند یا یکدیگر را خنثی می‌کنند؟ (ث) در مورد مؤلفه‌های y آنها چطور؟ (ج) آیا میدان خالص در نقطهٔ P در جهت مؤلفه‌های جمع شونده است یا خنثی کننده؟ (چ) جهت میدان خالص چگونه است؟



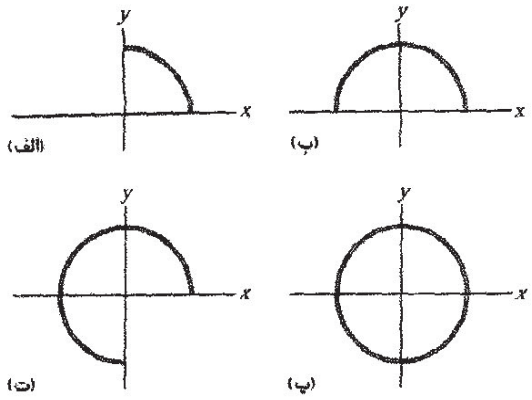
شکل ۱۸-۲۵ پرسش ۵

۶- در شکل ۱۸-۲۶، الکترون e از روزنهٔ کوچکی در صفحهٔ A می‌گذرد و به سوی صفحهٔ B حرکت می‌کند. میدان الکتریکی یکنواخت موجود در ناحیهٔ میان صفحه‌ها، بدون آنکه الکترون را منحرف کند، حرکت آن را آهسته می‌کند. (الف) جهت این میدان چگونه است؟ (ب) چهار ذرهٔ دیگر به همین ترتیب از میان روزنه‌های کوچک در صفحهٔ A یا صفحهٔ B می‌گذرند و وارد ناحیهٔ میان صفحه‌ها می‌شوند. بار سه تای آنها $+q_1$ ، $+q_2$ و $-q_3$ است. چهارمین ذره (که با n نشان داده شده است) یک نوترون است که از نظر الکتریکی خنثاست. آیا تندی هر یک از این چهار ذرهٔ دیگر در فضای میان صفحه‌ها افزایش می‌یابد یا کاهش، یا بدون تغییر می‌ماند؟



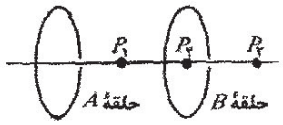
شکل ۱۸-۲۶ پرسش ۶

۷- در شکل ۱۸-۲۷ الف، یک میلهٔ پلاستیکی دایره‌ای با بار یکنواخت $+Q$ یک میدان الکتریکی به بزرگی E در مرکز خمیدگی (در مبدأ) ایجاد می‌کند. در شکلهای ۱۸-۲۶ ب، پ و ت، میله‌های دایره‌ای دیگری، هر یک با بار یکنواخت و یکسان $+Q$ ، اضافه می‌شوند تا دایره کامل شود. آرایش پنجم (که می‌تواند با ث نشان داده شود) شبیه آرایش ت است با این تفاوت که میلهٔ ربع چهارم آن بار $-Q$ دارد. این پنج آرایش را بنا بر بزرگی میدان الکتریکی در مرکز خمیدگی، از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.



شکل ۱۸-۲۷ پرسش ۷

۸- در شکل ۱۸-۲۸، مرکزهای دو حلقهٔ نارسانای دایره‌ای مشابه روی یک خط واقع‌اند. برای سه وضعیت، بارهای یکنواخت روی حلقه‌های A و B به ترتیب عبارت‌اند از (۱) q_0 و q_0 ، (۲) $-q_0$ و $-q_0$ ، و (۳) $-q_0$ و q_0 . این سه وضعیت را بنابر بزرگی میدان الکتریکی خالص در (الف) نقطهٔ P_1 در وسط حلقه‌ها، (ب) نقطهٔ P_2 در مرکز حلقهٔ B ، و (پ) نقطهٔ P_3 در سمت راست حلقهٔ B ، از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.



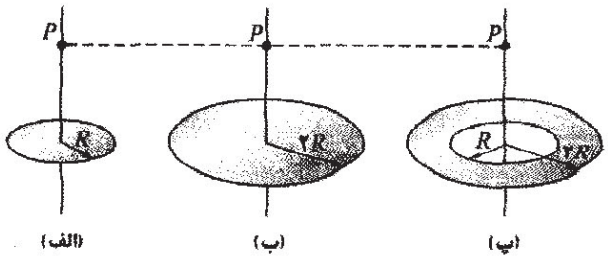
شکل ۱۸-۲۸ پرسش ۸

۹- انرژیهای پتانسیل وابسته به چهار سمتگیری دوقطبی الکتریکی در یک میدان الکتریکی عبارت‌اند از (۱) $-5U_0$ ، (۲) $-7U_0$ ، (۳) $3U_0$ ، و (۴) $5U_0$ ، که در آنها U_0 مقداری مثبت است. این سمتگیریها را بنا بر (الف) زاویهٔ میان گشتاور دوقطبی الکتریکی $\vec{p}$ و میدان الکتریکی $\vec{E}$ و (ب) بزرگی گشتاور وارد بر دوقطبی الکتریکی، از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.

۱۰- در نکتهٔ وارسی ۴ ، اگر دوقطبی از سمتگیری ۱ به سمتگیری ۲ بچرخد، آیا کار انجام شده روی دوقطبی توسط میدان الکتریکی، مثبت است یا منفی، یا صفر است؟ (ب) اگر، به جای این، دو قطبی از سمتگیری ۱ به سمتگیری ۴ بچرخد، آیا کار انجام شده توسط میدان بیشتر از (الف) است یا کمتر ، یا مساوی با آن است؟

۱۱- شکل ۱۸-۲۹ دو قرص و یک حلقهٔ تخت را نشان می‌دهد که هر یک دارای بار یکنواخت و یکسان Q است. آنها را بنا بر بزرگی میدان الکتریکی که در نقطهٔ P (واقع در ارتفاع قائم یکسان) ایجاد می‌کنند از بیشترین تا کوچکترین مرتب کنید.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل ۱۸-۲۹ پرسش ۱۱

مسئله‌ها

مسئله‌های آموزشی قابل دسترس (در نسخهٔ مدرس)
SSM: پاسخ قابل دسترس در کتاب حل مسئله‌ها
WWW: پاسخ در http://www.wiley.com/college/halliday داده شده است.
ILW: پاسخ یادگیری تعاملی در http://www.wiley.com/college/halliday داده شده است.
●-●●● تعداد نقطه‌ها درجهٔ دشوار بودن سطح مسئله را نشان می‌دهد.
اطلاعات اضافی در سیرک پرندهٔ فیزیک و در flyingcircusofphysics.com قابل دسترس است.

بخش ۱۸-۳ خطهای میدان الکتریکی

●۱- در شکل ۱۸-۳۰، فاصلهٔ خطهای میدان الکتریکی در سمت چپ، دو برابر فاصلهٔ آنها در سمت راست است. (الف) اگر بزرگی میدان در نقطهٔ A برابر ۴۰N/C باشد، بزرگی نیروی وارد بر یک پروتون در نقطهٔ A چقدر است؟ (ب) بزرگی میدان در نقطهٔ B چقدر است؟

شکل ۱۸-۳۰ مسئلهٔ ۱

●۲- خطهای میدان الکتریکی را هم در میان دو پوستهٔ کروی رسانای هم‌مرکز و هم در بیرون آنها هنگامی که بار مثبت یکنواخت q_1 روی پوستهٔ داخلی و بار منفی یکنواخت $-q_2$ روی پوستهٔ خارجی قرار دارد، به طور کیفی رسم کنید. حالتهای $q_1>q_2$ ، $q_1=q_2$ ، $q_1<q_2$ را در نظر بگیرید.

بخش ۱۸-۴ میدان ناشی از یک بار نقطه‌ای

●۳- بزرگی یک بار نقطه‌ای را که میدان الکتریکی ناشی از آن در فاصلهٔ ۵۰cm از آن برابر ۲/۰N/C است، پیدا کنید. SSM

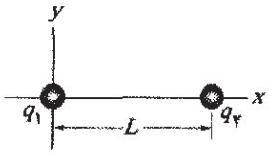
●۴- بزرگی یک بار نقطه‌ای که میدان الکتریکی ۱/۰۰N/C در نقطه‌هایی به فاصلهٔ ۱/۰۰m از آن ایجاد می‌کند، چقدر است؟

●۵- هستهٔ اتم پلوتونیم ^{239} شامل ۹۴ پروتون است. فرض کنید این هسته، کره‌ای به شعاع ۶/۶۴fm است و بار پروتونها به طور یکنواخت در این کره پخش شده‌اند. در سطح هسته، (الف) بزرگی و (ب) جهت (به طور شعاعی، رو به داخل یا رو به خارج) میدان الکتریکی ناشی از پروتونها چگونه است؟ SSM

●۶- دو ذره روی محور x قرار دارند: ذرهٔ ۱ با بار $-۲/۰۰\times۱۰^{-۷}$C در $x=۶/۰۰$cm و ذرهٔ ۲ با بار $+۲/۰۰\times۱۰^{-۷}$C در $x=۲۱/۰$cm. میدان الکتریکی خالص آنها در وسط ذره‌ها، برحسب نمادگذاری بردار یکه چگونه است؟

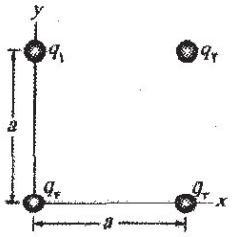
●●۷- دو ذره روی محور x قرار دارند: ذرهٔ ۱ با بار $q_1=۲/۱\times۱۰^{-۸}$C در $x=۲۰$cm و ذرهٔ ۲ با بار $q_2=-۴/۰۰q_1$ در $x=۷۰$cm. در چه مختصه‌ای روی محور x، میدان الکتریکی خالص دو ذره برابر صفر است؟ SSM

●●۸- در شکل ۱۸-۳۱، ذرهٔ ۱ با بار $q_1=-۵/۰۰q$ و ذرهٔ ۲ با بار $q_2=+۲/۰۰q$ روی محور x قرار دارند. (الف) برحسب مضربی از فاصلهٔ L، در چه مختصه‌ای روی محور x، میدان الکتریکی خالص دو ذره برابر صفر است، (ب) خطهای میدان الکتریکی خالص را رسم کنید.



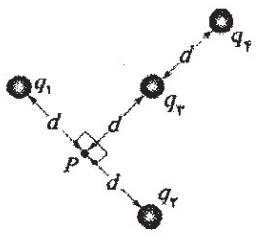
شکل ۱۸-۳۱ مسئلهٔ ۸

●●۹- در شکل ۱۸-۳۲، چهار ذره با بارهای $q_1=+۱۰/۰$nC ، $q_2=-۲۰/۰$nC ، $q_3=+۲۰/۰$nC ، و $q_4=-۱۰/۰$nC تشکیل مربعی به ضلع $a=۵/۰۰$cm را داده‌اند. میدان الکتریکی خالصی که این چهار ذره در مرکز مربع ایجاد می‌کنند، برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، چگونه است؟ SSM ILW WWW



شکل ۱۸-۳۲ مسئلهٔ ۹

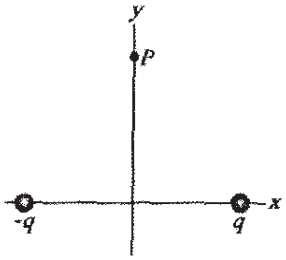
●●۱۰- در شکل ۱۸-۳۳، چهار ذره در مکانهایی ثابت شده‌اند و دارای بارهای $q_1=q_2=+۵e$ ، $q_3=+۳e$ و $q_4=-۱۲e$ هستند. فاصلهٔ d برابر با ۵/۰μm است. بزرگی میدان الکتریکی خالص ناشی از ذره‌ها در نقطهٔ P چقدر است؟



شکل ۱۸-۳۳ مسئلهٔ ۱۰

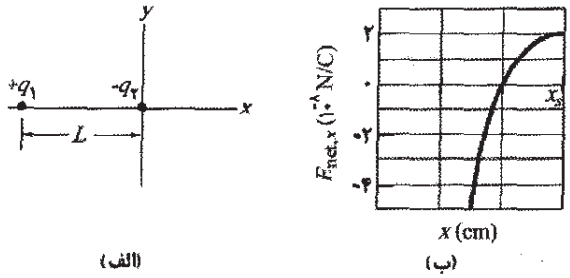
www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

●●۱۱- شکل ۱۸-۳۴، دو ذرهٔ باردار را روی محور x نشان می‌دهد. $q=-۳/۲۰\times۱۰^{-۱۹}\,C$ در $x=-۳/۰۰\,m$ و $q=۳/۲۰\times۱۰^{-۱۹}\,C$ در $x=+۳/۰۰\,m$. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به جهت مثبت محور x) میدان الکتریکی ایجاد شده در نقطهٔ P واقع بر $y=۴/۰۰\,m$ چگونه است؟



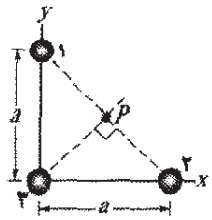
شکل ۱۸-۳۴ مسئلهٔ ۱۱

●●۱۲- شکل ۱۸-۳۵ الف، دو ذرهٔ باردار را نشان می‌دهد که در مکانهایی روی محور x به فاصلهٔ L ثابت شده‌اند. نسبت q_1/q_2 بزرگیهای بار آنها برابر با ۴/۰۰ است. شکل ۱۸-۳۵ ب، $E_{net,x}$، مؤلفهٔ x میدان الکتریکی آنها را در امتداد محور x برای سمت راست ذرهٔ ۲ نشان می‌دهد. مقیاس محور x با $x_s=۳۰/۰۰\,cm$ مشخص شده است. (الف) به ازای چه مقدار $x>0$ ، $E_{net,x}$ بیشینه است؟ (ب) اگر بار ذرهٔ ۲ برابر با $q_2=-۳e$ باشد، مقدار آن بیشینه چقدر است؟



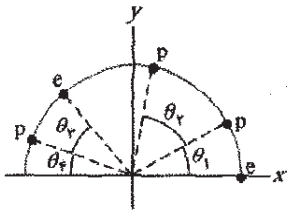
شکل ۱۸-۳۵ مسئلهٔ ۱۲

●●۱۳- در شکل ۱۸-۳۶، سه ذره در مکانهای خود ثابت شده‌اند و دارای بارهای $q_1=q_2=+e$ و $q_3=+2e$ هستند. فاصلهٔ a برابر $۶/۰۰\,\mu m$ است. (الف) بزرگی و (ب) جهت میدان الکتریکی خالص ناشی از ذره‌ها در نقطهٔ P چگونه است؟



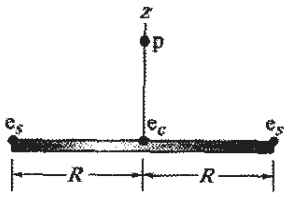
شکل ۱۸-۳۶ مسئلهٔ ۱۳

●●۱۴- شکل ۱۸-۳۷ آرایش نامنظمی از الکترونها (e) و پروتونها (p) را نشان می‌دهد که روی کمانی دایره‌ای به شعاع $r=۲/۰۰\,cm$ با زاویه‌های $\theta_1=۳۰/۰^\circ$ ، $\theta_2=۵۰/۰^\circ$ ، $\theta_3=۳۰/۰^\circ$ ، و $\theta_4=۲۰/۰^\circ$ قرار گرفته‌اند. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به جهت مثبت محور x) میدان الکتریکی خالص ایجاد شده در مرکز کمان چیست؟



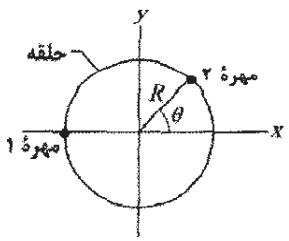
شکل ۱۸-۳۷ مسئلهٔ ۱۴

●●۱۵- شکل ۱۸-۳۸، یک پروتون (p) را روی محور مرکزی یک قرص با چگالی بار یکنواخت ناشی از الکترونهای اضافی نشان می‌دهد. سه تا از این الکترونها نشان داده شده‌اند: الکترون e_c در مرکز قرص و الکترونهای e_s در دو سوی مخالف قرص به شعاع R از مرکز. پروتون در ابتدا در فاصلهٔ $z=R=۲/۰۰\,cm$ از قرص قرار دارد. در این مکان، بزرگیهای (الف) میدان الکتریکی $\vec{E}_c$ ناشی از الکترون e_c ، و (ب) میدان الکتریکی *خالص* $\vec{E}_{s,net}$ ناشی از الکترونهای e_s چقدر است؟ سپس پروتون به $z=R/۱۰/۰$ حرکت می‌کند. در این صورت بزرگیهای (پ) $\vec{E}_c$ و (ت) $\vec{E}_{s,net}$ در محل پروتون چقدر است؟ (ث) از (الف) و (پ) درمی‌یابیم که وقتی پروتون به قرص نزدیکتر شود، بزرگی $\vec{E}_c$ افزایش می‌یابد. چرا آنطور که از (ب) و (ت) دیده می‌شود، بزرگی $\vec{E}_{s,net}$ کاهش می‌یابد؟



شکل ۱۸-۳۸ مسئلهٔ ۱۵

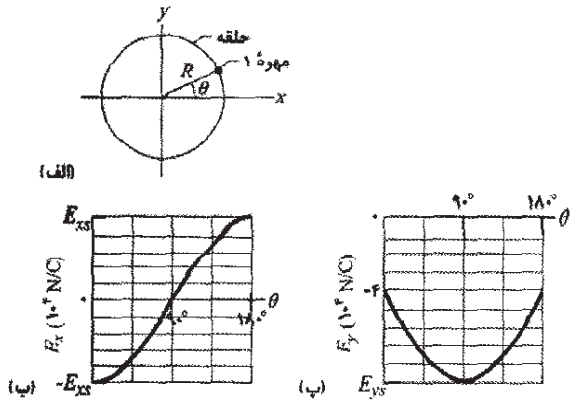
●●●۱۶- شکل ۱۸-۳۹، حلقه‌ای پلاستیکی به شعاع $R=۵۰/۰\,cm$ را نشان می‌دهد. دو مهرهٔ باردار کوچک روی حلقه قرار دارند: مهرهٔ ۱ با بار $+۲/۰۰\,\mu C$ در مکان خود در سمت چپ ثابت شده است؛ مهرهٔ ۲ با بار $+۶/۰۰\,\mu C$ می‌تواند روی حلقه جابه جا شود. دو مهره، میدان الکتریکی خالصی به بزرگی E را در مرکز حلقه ایجاد می‌کنند. مهرهٔ ۲ دو باید در چه زاویهٔ θ (الف) مثبت و (ب) منفی قرار داده شود تا $E=۲/۰۰\times۱۰^5\,N/C$ باشد؟



شکل ۱۸-۳۹ مسئلهٔ ۱۶

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

●●●۱۷- دو مهرهٔ باردار روی حلقهٔ پلاستیکی شکل ۱۸-۴۰ الف قرار دارند. مهرهٔ ۲، که نشان داده نشده است، در مکانی روی حلقه به شعاع $R=۶۰/۰cm$ ثابت شده است. مهرهٔ ۱ در ابتدا روی محور x در زاویهٔ $\theta=۰°$ واقع است. سپس این مهره با عبور از ربعهای اول و دوم دستگاه مختصات xy به سمت مقابل با زاویهٔ $\theta=۱۸۰°$ حرکت می‌کند. شکل ۱۸-۴۰ ب مؤلفهٔ x میدان الکتریکی خالص حاصل از دو مهره را برحسب تابعی از θ در مبدأ، و شکل ۱۸-۴۰ پ مؤلفهٔ y همان میدان را به دست می‌دهند. مقیاسهای محور قائم با $E_{xs}=۵/۰\times۱۰^۴$ و $E_{ys}=-۹/۰\times۱۰^۴$ N/C مشخص شده‌اند: (الف) مهرهٔ ۲ در چه زاویهٔ θ قرار گرفته است؟ بارهای (ب) مهرهٔ ۱ و (پ) مهرهٔ ۲ چقدرند؟

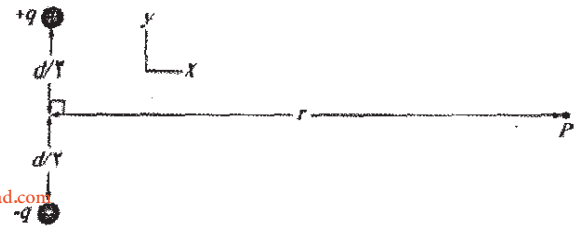


شکل ۱۸-۴۰ مسئلهٔ ۱۷

بخش ۱۸-۵ میدان الکتریکی ناشی از یک دوقطبی الکتریکی

●●۱۸- معادله‌های ۱۸-۸ و ۱۸-۹ تقریبهایی برای بزرگی میدان الکتریکی یک دوقطبی، در نقطه‌هایی روی محور دوقطبی هستند. نقطهٔ P را روی آن محور به فاصلهٔ $z=۵/۰۰d$ از مرکز دوقطبی در نظر بگیرید (d فاصلهٔ میان ذره‌های دو قطبی است). فرض کنید تقریبیE بزرگی میدان در نقطهٔ P باشد که با معادله‌های ۱۸-۸ و ۱۸-۹ تقریب زده شده است. بزرگی واقعی میدان را واقعیE در نظر بگیرید. نسبت واقعیE/تقریبیE چقدر است؟

●●۱۹- شکل ۱۸-۴۱، یک دوقطبی الکتریکی را نشان می‌دهد. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به جهت مثبت محور x) میدان الکتریکی دو قطبی در نقطهٔ P واقع در فاصلهٔ $r \gg d$ چگونه است؟



شکل ۱۸-۴۱ مسئلهٔ ۱۹

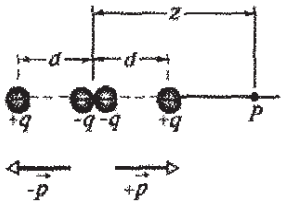
●●۲۰- میدان الکتریکی یک دوقطبی الکتریکی روی محور آن تقریباً با معادله‌های ۱۸-۸ و ۱۸-۹ داده می‌شود، اگر یک بسط دوجمله‌ای از معادلهٔ ۱۸-۷ صورت گیرد، جملهٔ بعدی در عبارت میدان الکتریکی دوقطبی در امتداد محور X چه خواهد بود؟ یعنی در عبارت زیر $E_{\text{بعدی}}$ چیست؟

$$E=\frac{۱}{۲\pi\varepsilon_۰}\frac{qd}{z^۳}+E_{\text{بعدی}}$$

●●●۲۱- *چهارقطبی الکتریکی*. شکل ۱۸-۴۲، یک چهارقطبی الکتریکی را نشان می‌دهد، که شامل دو دوقطبی است که بزرگی گشتاورهای دوقطبی آنها برابر ولی جهت آنها مخالف یکدیگر است. نشان دهید که مقدار E روی محور چهارقطبی برای نقطهٔ P به فاصلهٔ z از مرکز آن (با فرض $z \gg d$) با رابطهٔ زیر داده می‌شود

$$E=\frac{۳Q}{۴\pi\varepsilon_۰z^۴}$$

که در آن $Q(=۲qd^۲)$ *گشتاور چهار قطبی* توزیع بار نامیده می‌شود. SSM



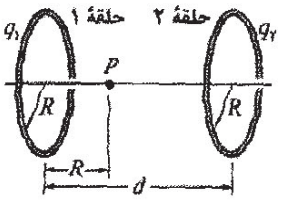
شکل ۱۸-۴۲ مسئلهٔ ۲۱

بخش ۱۸-۶ میدان الکتریکی ناشی از یک خط باردار

●۲۲- *چگالی*، *چگالی*، *چگالی*. (الف) بار $-۳۰۰e$ روی کمانی دایره‌ای به شعاع $۴/۰۰cm$ در یک زاویهٔ $۴۰°$، به طور یکنواخت توزیع شده است. چگالی بار خطی روی کمان چقدر است؟ (ب) بار $-۳۰۰e$ روی یک طرف قرصی دایره‌ای به شعاع $۲/۰۰cm$ به طور یکنواخت توزیع شده است. چگالی بار سطحی روی این وجه چقدر است؟ (پ) بار $-۳۰۰e$ روی سطح کره‌ای به شعاع $۲/۰۰cm$ به طور یکنواخت توزیع شده است. چگالی بار سطحی روی این سطح چقدر است؟ (ت) بار $-۳۰۰e$ در حجم کره‌ای به شعاع $۲/۰۰cm$ به طور یکنواخت پخش شده است. چگالی بار حجمی در این کره چقدر است؟

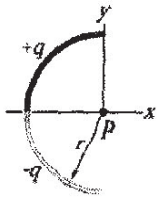
●۲۳- شکل ۱۸-۴۳، دو حلقهٔ نارسانای موازی را نشان می‌دهد که محورهای مرکزی آنها روی یک خط مشترک قرار دارند. حلقهٔ ۱ با باریکنواخت $q_۱$ و شعاع R؛ حلقهٔ ۲ با بار یکنواخت $q_۲$ و همان شعاع R. حلقه‌ها به فاصلهٔ $d=۳/۰۰R$ از یکدیگر قرار گرفته‌اند. میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ P روی خط مشترک، در فاصلهٔ R از حلقهٔ ۱ برابر با صفر است. نسبت $q_۱/q_۲$ چقدر است؟

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



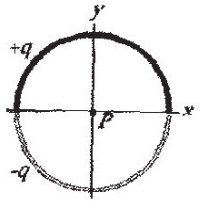
شکل ۱۸-۴۳ مسئلهٔ ۲۳

●●۲۴- در شکل ۱۸-۴۴، یک میلهٔ شیشه‌ای باریک به شکل نیم‌دایره‌ای به شعاع $r=۵/۰۰\text{cm}$ درآمده است. بار $q=+۴/۵۰\text{pC}$ به طور یکنواخت روی نیمهٔ بالایی، و بار $q=-۴/۵۰\text{pC}$ به طور یکنواخت روی نیمهٔ پایینی توزیع شده است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به جهت مثبت محور x) میدان الکتریکی در نقطهٔ P، واقع در مرکز نیم‌دایره چگونه است؟



شکل ۱۸-۴۴ مسئلهٔ ۲۴

●●۲۵- در شکل ۱۸-۴۵، دو میلهٔ پلاستیکی خمیده، یکی دارای بار $q+$ و دیگری $q-$، در صفحهٔ xy دایره‌ای به شعاع $R=۸/۵۰\text{cm}$ را تشکیل داده‌اند. محور x از هر دو نقطهٔ اتصال می‌گذرد، و بار به طور یکنواخت روی هر دو میله توزیع شده است. اگر $q=۱۵/۰\text{pC}$ باشد، (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به جهت مثبت محور x) میدان الکتریکی $\vec{E}$ ایجاد شده در نقطهٔ P، واقع در مرکز دایره چگونه است؟



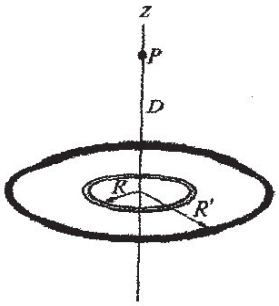
شکل ۱۸-۴۵ مسئلهٔ ۲۵

●●۲۶- بار به طور یکنواخت به دور حلقه‌ای به شعاع $R=۲/۴۰\text{cm}$ توزیع شده‌است، و بزرگی E میدان الکتریکی ناشی از آن روی محور مرکزی حلقه (عمود بر صفحهٔ آن) اندازه‌گیری می‌شود. در چه فاصله‌ای از مرکز حلقه، E بیشینه است؟

●●۲۷- در شکل ۱۸-۴۶، یک میلهٔ نارسانا به طول $L=۸/۱۵\text{cm}$ دارای بار $q=-۴/۲۳\text{fC}$ است که به طور یکنواخت در طول آن توزیع شده است. (الف) چگالی خطی بار میله چقدر است؟ (ب) بزرگی و (پ) جهت (نسبت به جهت مثبت محور x) میدان الکتریکی ایجاد شده در نقطهٔ P، واقع در فاصلهٔ $a=۱۲/۰\text{cm}$ از میله، چگونه است؟ بزرگی میدان الکتریکی ایجاد شده در فاصلهٔ $a=۵۰\text{cm}$ توسط (ت) میله و (ث) ذره‌ای دارای بار $q=-۴/۲۳\text{fC}$ که به جای میله قرار داده شود، چقدر است؟ SSM ILW WWW

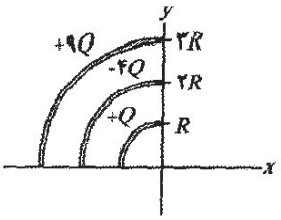
شکل ۱۸-۴۶ مسئلهٔ ۲۷

●●۲۸- شکل ۱۸-۴۷، دو حلقهٔ هم‌مرکز را یکی به شعاع R و دیگری به شعاع $R'=۳/۰۰R$ نشان می‌دهد که در سطح یکسانی قرار دارند. نقطهٔ P روی محور z مرکزی و به فاصلهٔ $D=۲/۰۰R$ از مرکز حلقه واقع است. حلقهٔ کوچکتر دارای بار $Q+$ است که به طور یکنواخت توزیع شده است. اگر میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ P برابر صفر باشد، برحسب Q چه باری به طور یکنواخت روی حلقهٔ بزرگتر توزیع شده است؟



شکل ۱۸-۴۷ مسئلهٔ ۲۸

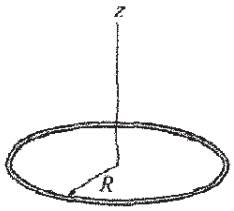
●●۲۹- شکل ۱۸-۴۸، سه کمان دایره‌ای را به مرکز مبداء یک دستگاه‌مختصات نشان می‌دهد. روی هر کمان، بارهایی برحسب $Q=۲/۰۰\mu C$ به طور یکنواخت توزیع شده‌اند. شعاعها برحسب $R=۱۰/۰\text{cm}$ داده شده‌اند. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به جهت مثبت x) میدان الکتریکی خالص ناشی از کمانها در مبدأ چگونه است؟



شکل ۱۸-۴۸ مسئلهٔ ۲۹

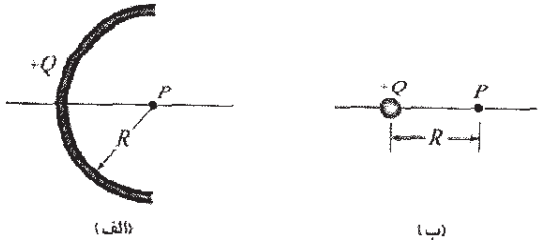
●●۳۰- یک میلهٔ نارسانای باریک با توزیع یکنواخت بار مثبت Q به شکل دایره‌ای به شعاع R درآمده است (شکل ۱۸-۴۹). محور عمودی در مرکز حلقه محور z است که مبداء آن بر مرکز حلقه قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی ناشی از میله در (الف) $z=۰$ و (ب) $z=\infty$ چقدر است؟ (پ) برحسب R، در چه مقدار مثبتی از z، این بزرگی بیشینه است؟ (ت) اگر $R=۲/۰۰\text{cm}$ و $Q=۴/۰۰\mu C$ باشد، آن مقدار بیشینه چقدر است؟

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



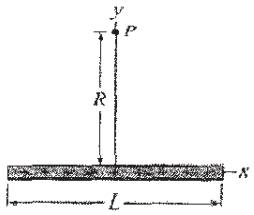
شکل ۱۸-۴۹ مسئلهٔ ۳۰

●●۳۱- شکل ۱۸-۵۰ الف، میلهٔ نارسانایی را نشان می‌دهد که روی آن بار $Q+$ به طور یکنواخت توزیع شده است. میله به شکل یک نیمدایره به شعاع R درآمده است و میدانی الکتریکی به بزرگی *کمان* E را در مرکز خمیدگی P ایجاد می‌کند. اگر این کمان به نقطه‌ای در فاصلهٔ R از P فشرده شود (شکل ۱۸-۵۰ ب)، بزرگی میدان الکتریکی در نقطهٔ P در چه عاملی باید ضرب شود؟



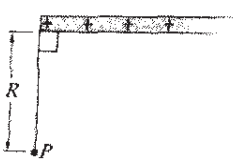
شکل ۱۸-۵۰ مسئلهٔ ۳۱

●●●۳۲- در شکل ۱۸-۵۱، بار مثبت $q=7/81\,pC$ روی میلهٔ نارسانای باریکی به طول $L=14/5\,cm$ به طور یکنواخت توزیع شده است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به جهت مثبت محور x) میدان الکتریکی ایجاد شده در نقطهٔ P، به فاصلهٔ $R=6/00\,cm$ از میله و در امتداد عمود منصف آن، چگونه است؟



شکل ۱۸-۵۱ مسئلهٔ ۳۲

●●●۳۳- در شکل ۱۸-۵۲، یک میلهٔ نارسانای «نیم- نامتناهی» (یعنی، فقط از یک طرف نامتناهی است) دارای چگالی خطی بار λ است. نشان دهید که میدان الکتریکی $\vec{E}_p$ در نقطهٔ P با میله زاویهٔ 45° می‌سازد و این نتیجه مستقل از فاصلهٔ R است. (*راهنمایی:* جداگانه مؤلفهٔ $\vec{E}_p$ موازی با میله و مؤلفهٔ عمود بر میله را بیابید.)



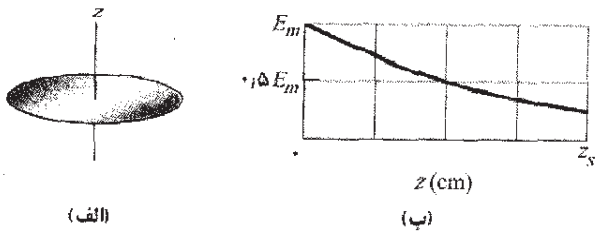
شکل ۱۸-۵۲ مسئلهٔ ۳۳

بخش ۱۸-۷ میدان الکتریکی ناشی از یک قرص باردار

●۳۴- قرصی به شعاع $2/5\,cm$ دارای چگالی سطحی بار $5/3\,\mu C/m^2$ روی وجه بالایی خود است. بزرگی میدان الکتریکی ایجاد شده توسط قرص در نقطه‌ای روی محور مرکزی و به فاصلهٔ $z=12\,cm$ از آن، چگونه است؟

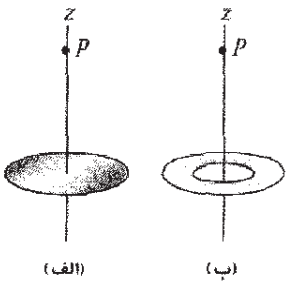
●۳۵- در چه فاصله‌ای روی محور عمود در مرکز یک قرص پلاستیکی باردار یکنواخت به شعاع $0/600\,m$، بزرگی میدان الکتریکی برابر با نصف بزرگی این میدان در مرکز سطح قرص است؟ SSM WWW

●●۳۶- شکل ۱۸-۵۳ الف، قرصی دایره‌ای با بار یکنواخت را نشان می‌دهد. مبداء محور مرکزی z که عمود بر صفحهٔ قرص است، روی آن قرار دارد. شکل ۱۸-۵۳ ب، بزرگی میدان الکتریکی را روی آن محور برحسب بزرگی بیشینهٔ E_m روی سطح قرص نشان می‌دهد. مقیاس محور z با $z_s=8/0\,cm$ مشخص شده است؟ شعاع قرص چقدر است؟



شکل ۱۸-۵۳ مسئلهٔ ۳۶

●●۳۷- فرض کنید شما قرار است وسیله‌ای را طراحی کنید که در آن یک قرص باردار یکنواخت به شعاع R، میدانی الکتریکی ایجاد کند. بزرگی این میدان در امتداد محور عمود در مرکز، در نقطهٔ P به فاصلهٔ $2/00R$ از قرص (شکل ۱۸-۵۴ الف) بیشترین اهمیت را دارد. برآورد هزینه‌ها شما را بر آن می‌دارد که قرص را با حلقه‌ای با همان شعاع خارجی R ولی با شعاع داخلی $R/2/00$ (شکل ۱۸-۵۴ ب) جایگزین کنید. فرض کنید حلقه همان چگالی سطحی بار قرص اولیه را دارد. با این حلقه، بزرگی میدان الکتریکی در نقطهٔ P با چه درصدی کاهش می‌یابد؟



شکل ۱۸-۵۴ مسئلهٔ ۳۷

●●۳۸- یک قرص پلاستیکی دایره‌ای به شعاع $R=2/00\,cm$ دارای بار $Q=+(2/00\times10^6)e$ است که به طور یکنواخت روی

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

یک سطح آن توزیع شده است. حلقه‌ای دایره‌ای به پهنای ۳۰ μm هم‌مرکز با قرص و با شعاع $r=0/50cm$ روی آن سطح قرار گرفته است. برحسب کولن، چه باری در پهنای حلقه قرار دارد؟

بخش ۱۸-۸ بار نقطه‌ای در میدان الکتریکی

•۳۹- الکترونی از حالت سکون در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $2/00\times10^4 N/C$ رها می‌شود. شتاب الکترون را محاسبه کنید. (گرانش را نادیده بگیرید.) SSM

•۴۰- الکترونی توسط یک میدان الکتریکی رو به شرق، شتاب $1/80\times10^9 m/s^2$ می‌گیرد. (الف) بزرگی و (ب) جهت میدان الکتریکی را تعیین کنید.

•۴۱- الکترونی روی محور یک دوقطبی الکتریکی در فاصلهٔ ۲۵nm از مرکز دوقطبی قرار دارد. در صورتی که گشتاور دو قطبی $3/6\times10^{-29} C.m$ باشد، بزرگی نیروی الکترواستاتیکی وارد بر الکترون چقدر است؟ فرض کنید که ۲۵nm از فاصلهٔ بارهای دوقطبی خیلی بیشتر است.

•۴۲- ذرهٔ آلفا (هستهٔ اتم هلیوم) دارای جرمی برابر با $6/64\times10^{-27} kg$ و بار $+2e$ است. (الف) بزرگی و (ب) جهت میدان الکتریکی که با نیروی گرانشی وارد بر ذره موازنه کند، چیست؟

•۴۳- یک سامانهٔ ابر باردار در هوای نزدیک سطح زمین، میدان الکتریکی ایجاد می‌کند. وقتی ذره‌ای دارای بار $-2/0\times10^{-9} C$ در این میدان قرار گیرد، نیروی الکترواستاتیکی رو به پایینی به بزرگی $3/0\times10^{-6} N$ برآن وارد می‌شود. (الف) بزرگی میدان الکتریکی چقدر است؟ (ب) بزرگی و (پ) جهت نیروی الکتروستاتیکی $\vec{F}_{el}$ وارد بر پروتونی که در این میدان قرار گیرد، چگونه است؟ (ت) بزرگی نیروی گرانشی $\vec{F}_g$ وارد بر پروتون چقدر است؟ (ث) نسبت F_{el}/F_g در این حالت چیست؟ SSM

•۴۴- هوای مرطوب در میدان الکتریکی $3/0\times10^6 N/C$ دچار فروریزش الکتریکی می‌شود (مولکولهایش یونیده می‌شوند.) در این میدان، بزرگی نیروی الکتروستاتیکی وارد بر (الف) الکترون و (ب) یونی با کمبود یک الکترون، چقدر است؟

•۴۵- باریکه‌هایی از پروتونهای پرسرعت را می‌توان در «تفنگها» با استفاده از میدانهای الکتریکی که پروتونی را شتاب می‌دهند، ایجاد کرد. (الف) اگر میدان الکتریکی تفنگ برابر $2/00\times10^4 N/C$ باشد، شتابی که یک پروتون خواهد داشت چقدر است؟ (ب) اگر این میدان، به پروتون در مسافت 1/00cm شتاب دهد، تندی حاصل در پروتون چقدر خواهد بود؟ SSM

•۴۶- الکترونی با تندی $5/00\times10^4 cm/s$ وارد میدانی الکتریکی به بزرگی $1/00\times10^3 N/C$ می‌شود و در طول خط میدان دو جهتی پیش می‌رود که حرکتش را کند می‌کند. (الف) این مسئله نیازی به دانستن میدان الکتریکی ندارید، شگفت زده می‌شوید؟

www.iran-mavad.com مرجع دانشجویان و مهندسی

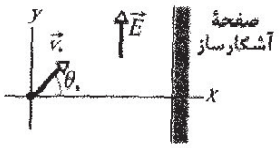
الکترون پیش از توقف لحظه‌ای چه مسافتی را می‌پیماید؟ و (ب) زمان سپری شده چقدر است؟ (پ) اگر طول ناحیه‌ای که میدان الکتریکی را در بردارد برابر 8/00mm باشد (که برای توقف الکترون در داخل آن بسیار کوچک است)، چه کسری از انرژی جنبشی اولیهٔ الکترون در این ناحیه از دست می‌رود؟

•۴۷- در آزمایش میلیکان، وقتی میدان الکتریکی رو به پایین وارد بر قطرهٔ روغنی به شعاع $1/64\mu m$ و چگالی $0/851 g/cm^3$ برابر با $1/92\times10^5 N/C$ باشد، قطره در اتاقک C معلق می‌ماند (شکل ۱۸-۱۴). بار روی قطره را برحسب e بیابید.

••۴۸- در لحظهٔ معینی، مؤلفه‌های سرعت یک الکترون در حال حرکت میان دو صفحهٔ باردار عبارت‌اند از $v_x=1/5\times10^5 m/s$ و $v_y=3/0\times10^3 m/s$. فرض کنید که میدان الکتریکی میان صفحه‌ها با $\vec{E}=(120N/C)\hat{j}$ داده شود. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه (الف) شتاب الکترون در میدان و (ب) سرعت الکترون، وقتی مختصهٔ x آن به اندازهٔ 2/0cm تغییر کند، چیست؟

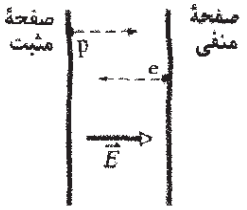
••۴۹- در ناحیه‌ای میان دو صفحهٔ باردار با علامت مخالف، یک میدان الکتریکی یکنواخت برقرار است. الکترونی از حالت سکون از سطح صفحهٔ باردار منفی رها می‌شود و با سطح صفحهٔ مقابل که به فاصلهٔ 2/0cm از آن است پس از مدت زمان $1/5\times10^{-8} s$ برخورد می‌کند. (الف) تندی الکترون هنگام برخورد با صفحهٔ دوم چقدر است؟ (ب) بزرگی میدان الکتریکی $\vec{E}$ چیست؟ ILW

••۵۰- در شکل ۱۸-۵۵، الکترونی با تندی اولیهٔ $v_0=2/00\times10^6 m/s$، در زاویهٔ $\theta_0=40/0^\circ$ نسبت به محور x شلیک می‌شود و در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}=(500N/C)\hat{j}$ حرکت می‌کند. صفحه‌ای برای آشکار ساختن الکترونها، موازی محور y در فاصلهٔ $x=3/00m$ قرار داده شده است. وقتی الکترون به این صفحه برخورد کند، سرعت آن برحسب نمادگذاری بردار یکه چیست؟



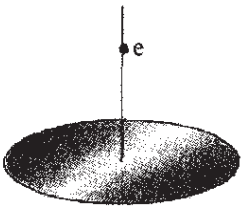
شکل ۱۸-۵۵ مسئلهٔ ۵۰

••۵۱- میان دو صفحهٔ مسی موازی بزرگ که به فاصلهٔ 5/0cm از هم قراردارند، میدان الکتریکی یکنواختی، به ترتیبی که در شکل ۱۸-۵۶ نشان داده شده، برقرار است. الکترونی، درست در همان لحظه‌ای که یک پروتون از صفحهٔ مثبت رها می‌شود، از صفحهٔ منفی رها می‌گردد. با چشمپوشی از نیرویی که دو ذره بر یکدیگر وارد می‌کنند، فاصلهٔ آنها را از صفحهٔ مثبت، وقتی از کنار هم می‌گذرند، بیابید. (آیا از اینکه برای حل



شکل ۱۸-۵۶ مسئلهٔ ۵۱

●●۵۲- در شکل ۱۸-۵۷ ، الکترونی (e) از حالت سکون روی محور مرکزی قرص باردار یکنواختی به شعاع R رها می‌شود. چگالی سطحی بار روی قرص برابر $+۴/۰۰\mu C/m^2$ است. بزرگی شتاب اولیهٔ الکترون در صورتی که از فاصلهٔ (الف) R ، (ب) $R/۱۰۰$ ، و (پ) $R/۱۰۰۰$ از مرکز قرص رها شود، چقدر است؟ (ت) چرا هنگامی که نقطهٔ رهاشدن را به قرص نزدیکتر می‌کنیم، بزرگی شتاب فقط اندکی افزایش می‌یابد؟



شکل ۱۸-۵۷ مسئلهٔ ۵۲

●●۵۳ - قطعه‌ای به جرم $۱۰/۰g$ و بار $+۸/۰۰\times۱۰^{-۵}C$ در میدان الکتریکی $\vec{E}=(۳۰۰۰\hat{i}-۶۰۰\hat{j})N/C$ قرار گرفته است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به جهت مثبت محور x) نیروی الکتروستاتیکی وارد بر قطعه چیست؟ اگر قطعه از حالت سکون در مبدأ و در زمان $t=۰$ رها شود، مؤلفه‌های (پ) x و (ت) y آن در $t=۳/۰۰s$ چیست؟

●●۵۴- الکترونی وارد ناحیهٔ میدان الکتریکی یکنواختی که دارای بزرگی $E=۵۰N/C$ است، می‌شود. سرعت اولیهٔ الکترون $۴۰km/s$ و در همان جهت میدان الکتریکی است. (الف) تندی الکترون $۱/۵ns$ پس از ورود به این ناحیه چقدر است؟ (ب) در طی این $۱/۵ns$، الکترون چه مسافتی را می‌پیماید؟

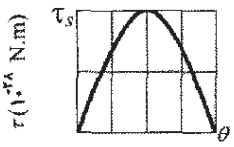
●●۵۵- فرض کنید که زنبور عسل کره‌ای به قطر $۱/۰۰۰cm$ با بار $+۴۵/۰pC$ است که روی سطح آن به طور یکنواخت پخش شده است. هم‌چنین فرض کنید که دانهٔ گرده کره‌ای شکل به قطر $۴۰/۰\mu m$ است که به علت بار زنبور، $-۱/۰۰pC$ بار در طرف نزدیک کره و بار $+۱/۰۰pC$ در طرف دورتر آن القا می‌شود. (الف) بزرگی نیروی الکتروستاتیکی وارد بر دانه از طرف زنبور چقدر است؟ سپس فرض کنید که زنبور دانه را تا فاصلهٔ $۱/۰۰۰mm$ از نوک کلالهٔ گل ببرد و بار نوک $-۴۵/۰pC$ باشد. (ب) بزرگی نیروی الکتروستاتیک خالص وارد بر دانه از طرف کلاله چقدر است؟ (پ) آیا دانه روی زنبور می‌ماند یا به طرف کلاله حرکت می‌کند؟

بخش ۱۸-۹ دوقطبی در میدان الکتریکی

●۵۶- یک دوقطبی الکتریکی از بارهای $+۲e$ و $-۲e$ تشکیل شده است که به فاصلهٔ $۰/۷۸nm$ از هم قرار دارند. این دوقطبی در میدانی الکتریکی به شدت $۳/۴\times۱۰^۶ N/C$ واقع است. بزرگی گشتاور وارد بر دوقطبی را وقتی گشتاور دوقطبی (الف) موازی با، (ب) عمود بر ، و (پ) پاد موازی با میدان الکتریکی است پیدا کنید.

●۵۷- یک دوقطبی الکتریکی از بارهایی به بزرگی $۱/۵۰nC$ که $۶/۲۰\mu m$ از هم فاصله دارند تشکیل شده است و در یک میدان الکتریکی به شدت $۱۱۰۰N/C$ قرار دارد. (الف) بزرگی گشتاور دوقطبی الکتریکی و (ب) اختلاف بین انرژیهای پتانسیل مربوط به سمتگیریهای موازی و پادموازی دوقطبی با میدان $\vec{E}$ چقدر است؟ SSM

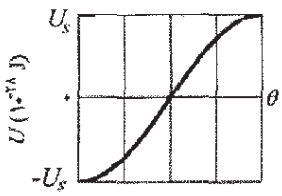
●●۵۸-یک دوقطبی الکتریکی معین در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ به بزرگی $۴۰N/C$ قرار دارد. شکل ۱۸-۵۸، بزرگی گشتاور τ وارد بر این دو قطبی را برحسب زاویهٔ θ میان میدان $\vec{E}$ و گشتاور دو قطبی $\vec{p}$ نشان می‌دهد. مقیاس محور عمودی با $\tau_s=۱۰۰\times۱۰^{-۲۸} N.m$ مشخص شده است بزرگی $\vec{p}$ چقدر است؟



شکل ۱۸-۵۸ مسئلهٔ ۵۲

●●۵۹- برای بسامد نوسانهای با دامنهٔ کوچک یک دوقطبی الکتریکی، با گشتاور دوقطبی $\vec{p}$ و لختی دورانی I ، حول مکان تعادل آن در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی E ، عبارتی پیدا کنید.

●●۶۰- یک دوقطبی الکتریکی معین در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ به بزرگی $۲۰N/C$ قرار دارد. شکل ۱۸-۵۹ ، انرژی پتانسیل U دوقطبی را برحسب زاویهٔ θ بین $\vec{E}$ و گشتاور دوقطبی $\vec{p}$ به دست می‌دهد. مقیاس محور عمودی با $U_s=۱۰۰\times۱۰^{-۲۸} J$ مشخص شده است. بزرگی $\vec{p}$ چقدر است؟



شکل ۱۸-۵۹ مسئلهٔ ۶۰

●●۶۱- برای آنکه یک دوقطبی الکتریکی به اندازهٔ ۱۸۰° در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $E=۴۶/۰N/C$ بچرخد،

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

چه‌مقدار کار لازم است در صورتی که $p=۳/۰۲\times۱۰^{-۲۵}\ \mathrm{C.m}$ و زاویهٔ اولیه ۶۴° باشد؟

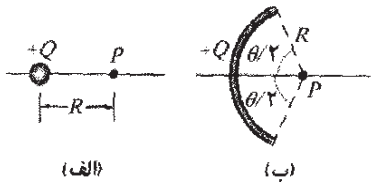
مسئله‌های اضافی

۶۲- میلیکان در یکی از آزمایشهای خود، بارهای اندازه‌گیری شدهٔ آمده در جدول را در زمانهای مختلف روی یک قطرهٔ تنها مشاهده کرد

$۱۹/۷۱\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$	$۱۳/۱۳\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$	$۶/۵۶۳\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$
$۲۲/۸۹\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$	$۱۶/۴۸\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$	$۸/۲۰۴\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$
$۲۶/۱۳\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$	$۱۸/۰۸\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$	$۱۱/۵۰\times۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$

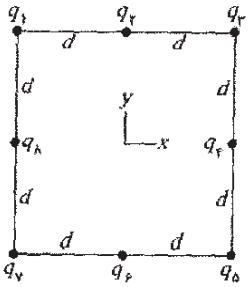
براساس این داده‌ها، مقدار بار بنیادی e چقدر است؟

۶۳- در شکل ۱۸-۶۰ الف، ذره‌ای با بار $+Q$ میدانی الکتریکی به بزرگی $E_{ذره}$ در نقطهٔ P در فاصلهٔ R از ذره ایجاد می‌کند. در شکل ۱۸-۶۰ ب، همان مقدار بار به طور یکنواخت روی کمانی دایره‌ای به شعاع R و زاویهٔ θ توزیع شده است. بار روی کمان، میدانی الکتریکی به بزرگی $E_{کمان}$ در مرکز خمیدگی P آن ایجاد می‌کند. به ازای چه مقداری از θ، $E_{کمان}=۰/۵۰۰\ E_{ذره}$ است؟ (*راهنمایی:* شما احتمالاً به یک حل ترسیمی روی می‌آورید.)



شکل ۱۸-۶۰ مسئلهٔ ۶۳

۶۴- در شکل ۱۸-۶۱، هشت ذره مربعی را تشکیل داده‌اند که در آن $d=۲/۰\ \mathrm{cm}$ است. بارها عبارت‌اند از: $q_۱=+۳e$، $q_۲=+e$، $q_۳=-۵e$، $q_۴=-۲e$، $q_۵=+۳e$، $q_۶=+e$، $q_۷=-۵e$، و $q_۸=+e$. برحسب نمادگذاری بردار یکه، میدان الکتریکی خالص ناشی از ذره‌ها در مرکز مربع چیست؟



شکل ۱۸-۶۱ مسئلهٔ ۶۴

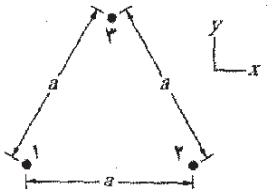
۶۵- دو ذره، هر یک با باری به بزرگی ۱۲ nC در دو گوشهٔ مثلث متساوی الاضلاعی به ضلع ۲/۰m قرار دارند. مطلوب است بزرگی میدان الکتریکی در صورتی که (الف) هر دو بار مثبت باشند و (ب) یکی مثبت و دیگری منفی باشد.

۶۶- سه ذره، هر یک با بار مثبت Q، تشکیل مثلث متساوی الاضلاعی به ضلع d را می‌دهند. بزرگی میدان الکتریکی ناشی از ذره‌ها در وسط هر ضلع چقدر است؟

۶۷- ذره‌ای با بار $-q_۱$ در مبداء محور x قرار دارد. (الف) ذره‌ای با بار $+۴q_۱$ در چه مکانی از محور باید قرار گیرد تا میدان الکتریکی خالص در $x=۲/۰\ \mathrm{mm}$ واقع بر آن محور برابر صفر باشد؟ اگر ذره‌ای با بار $+۴q_۱$ در آن مکان قرار گیرد، جهت میدان الکتریکی خالص (نسبت به جهت محور x) چه خواهد بود؟

۶۸- یک پروتون و یک الکترون دو گوشهٔ یک مثلث متساوی‌الاضلاع به ضلع $۲/۰\times۱۰^{-۶}\ \mathrm{m}$ را تشکیل داده‌اند. بزرگی میدان الکتریکی خالص ناشی از این دو ذره در گوشهٔ سوم چقدر است؟

۶۹- در شکل ۱۸-۶۲، ذرهٔ ۱ (با بار $+۱/۰۰\ \mu\mathrm{C}$)، ذرهٔ ۲ (با بار $+۱/۰۰\ \mu\mathrm{C}$)، و ذرهٔ ۳ (با بار Q) یک مثلث متساوی‌الاضلاع به ضلع a را تشکیل می‌دهند. به ازای چه مقداری از Q (هم از لحاظ علامت و هم از لحاظ بزرگی) میدان الکتریکی ناشی از این ذره‌ها، در مرکز مثلث برابر صفر است؟



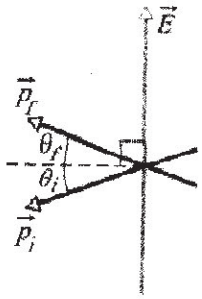
شکل ۱۸-۶۲ مسئله‌های ۶۹ و ۸۲

۷۰- (الف) قرص شکل ۱۸-۱۳ چه بار کلی (اضافی) q باید داشته باشد تا میدان الکتریکی E روی سطح قرص در مرکز آن دارای بزرگی $۳/۰\times۱۰^{۶}\ \mathrm{N/C}$ باشد، میدانی که باعث فروریزش الکتریکی هوا و ایجاد جرقه‌ها می‌شود؟ شعاع قرص را ۲/۵cm در نظر بگیرید و از مورد مربوط به هوا در جدول ۱۸-۱ استفاده کنید. (ب) فرض کنید هر اتم سطحی دارای سطح مقطع مؤثر $۰/۰۱۵\ \mathrm{nm}^۲$ باشد. برای ایجاد سطح قرص به چند اتم نیاز است؟ (پ) بار محاسبه شده در (الف) ناشی از آن اتمهای سطحی است که یک الکترون اضافی دارند. چه کسری از این اتمها باید این چنین باردار شده باشند؟

۷۱- یک قطرهٔ آب کروی به قطر $۱/۲۰\ \mu\mathrm{m}$ بر اثر میدان الکتریکی جوی رو به پایین به بزرگی $E=۴۶۲\ \mathrm{N/C}$، در هوای آرام معلق مانده است. (الف) بزرگی نیروی گرانشی وارد بر قطره چقدر است؟ قطره چه تعداد الکترون اضافی دارد؟

۷۲- در شکل ۱۸-۶۳، یک دوقطبی الکتریکی از سمتگیری اولیهٔ $i\ (\theta_i=۲۰/۰^\circ)$ تا سمتگیری نهایی $f\ (\theta_f=۲۰/۰^\circ)$ در میدان الکتریکی یکنواخت خارجی E جابه جا می‌شود. گشتاور دوقطبی الکتریکی $۱/۶۰\times۱۰^{-۲۷}\ \mathrm{C.m}$، و بزرگی میدان $۳/۰۰\times۱۰^{۶}\ \mathrm{N/C}$ است. تغییر در انرژی پتانسیل دوقطبی چقدر است؟

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل ۱۸-۶۳ مسئلهٔ ۷۲

۷۳- بار ۲۰nC به طور یکنواخت در امتداد میلهٔ راستی به طول ۴/۰m که به شکل کمانی دایره‌ای به شعاع ۲/۰m خم شده، توزیع شده است. بزرگی میدان الکتریکی در مرکز انحنای کمان چقدر است؟

۷۴- (الف) بزرگی شتاب یک الکترون در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $1/40\times10^{6}$ N/C چقدر است؟ (ب) با شروع از حالت سکون، چقدر طول می‌کشد تا تندی الکترون به $\frac{1}{10}$ تندی نور برسد؟ (پ) در این بازهٔ زمانی، الکترون چقدر حرکت کرده است؟

۷۵- یک صفحهٔ ساعت دارای بارهای نقطه‌ای منفی $-q$ ، $-2q$ ، $-3q$ ،...، $-12q$ است که در مکانهای مربوط به عددها قراردارند. عقربه‌های ساعت، میدان الکتریکی خالص ناشی از بارهای نقطه‌ای را برهم نمی‌زنند. در چه زمانی عقربهٔ ساعت شمار در همان جهت بردار میدان الکتریکی در مرکز صفحهٔ ساعت است؟

۷۶- الکترونی در امتداد محور عمودی مرکزی یک حلقهٔ باردار به شعاع R در شکل ۱۸-۱۰ با $z \ll R$ مقید شده است. نشان دهید که نیروی الکتروستاتیکی وارد بر الکترون می‌تواند باعث نوسان آن در مرکز حلقه با بسامد زاویه‌ای زیر شود

$$\omega=\sqrt{\frac{eq}{4\pi\varepsilon_0 mR^3}}$$

که در آن q بار حلقه و m جرم الکترون است.

۷۷- در جو نزدیک سطح زمین، بزرگی متوسط میدان الکتریکی $\vec{E}$ حدود 150N/C رو به پایین است. می‌خواهیم یک کرهٔ گوگردی به وزن 4/4N را با باردار کردن آن، در این میدان «شناور» کنیم. (الف) از چه باری (هم از لحاظ علامت و هم از لحاظ بزرگی) باید استفاده شود؟ (ب) چرا این آزمایش نشدنی است؟

●۷۸- گشتاور دوقطبی الکتریکی یک الکترون و یک پروتون را که به فاصلهٔ 4/30nm از هم قرار دارند محاسبه کنید. SSM

۷۹- میدان الکتریکی در صفحهٔ xy ناشی از یک ذرهٔ باردار مثبت، در نقطهٔ (3/0, 3/0)cm برابر با $7/2(4/0\hat{i}+3/0\hat{j})$ N/C و در نقطهٔ (2/0, 0)cm برابر $100\hat{i}$ N/C است. (الف) مؤلفهٔ x و (ب) مؤلفهٔ y ذره چیست؟ (پ) بار ذره چقدر است؟

۸۰- روی یک میلهٔ دایره‌ای به شعاع انحنای $R=9/00$cm که در زاویهٔ $\theta=2/40$rad محدود است، بار مثبت $Q=6/25$pC به طور یکنواخت توزیع شده است. بزرگی میدان الکتریکی که Q در مرکز انحنا ایجاد می‌کند چقدر است؟

۸۱- یک دوقطبی الکتریکی با گشتاور دوقطبی

$$\vec{p}=(3/00\hat{i}+4/00\hat{j})(1/24\times10^{-30}\ \text{C.m})$$

در میدان الکتریکی $\vec{E}=(4000\text{N/C})\hat{i}$ قرار دارد. (الف) انرژی پتانسیل دوقطبی الکتریکی چیست؟ (ب) گشتاور وارد بر آن چیست؟ (پ) اگر یک عامل خارجی، دوقطبی را تا گشتاور دوقطبی الکتریکی زیر بچرخاند

$$\vec{p}=(-4/00\hat{i}+3/00\hat{j})(1/24\times10^{-30}\ \text{C.m})$$

چقدر کار توسط آن عامل خارجی صورت گرفته است؟

۸۲- در شکل ۱۸-۶۱، ذرهٔ ۱ (با بار +2/00pC)، ذرهٔ ۲ (با بار -2/00pC)، و ذرهٔ ۳ (با بار +5/00pC) تشکیل مثلث متساوی الاضلاعی به ضلع $a=9/50$cm را می‌دهند. (الف) نسبت به جهت مثبت محور x ، جهت نیروی $\vec{F}_2$ وارد بر ذرهٔ ۳ ناشی از دو ذرهٔ دیگر را با رسم خطهای میدان الکتریکی آن دو ذره، تعیین کنید. (ب) بزرگی نیروی $\vec{F}_2$ را محاسبه کنید.

۸۳- بار (با چگالی خطی یکنواخت 9/0 nC/m) روی تاری که بر محور x از $x=0$ تا $x=3/0$m امتداد یافته است، قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی را در $x=4/0$m روی محور x تعیین کنید.

۸۴- دو ذره، هر یک با بار مثبت q، روی محور y یکی در $y=d$ و دیگری در $y=-d$ قرار دارند. (الف) عبارتی بنویسید که بزرگی E میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌هایی روی محور x که با $x=\alpha d$ داده می‌شوند، به دست دهد. (ب) برای گسترهٔ $0<\alpha<4$ ، E را برحسب α رسم کنید. از روی این نمودار، مقدارهایی از α را تعیین کنید که (پ) مقدار بیشینهٔ E و (ت) مقدار نیم بیشینهٔ E را به دست دهند.

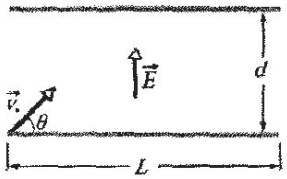
۸۵- در شکل ۱۸-۶۴ ، ذرهٔ ۱ با بار $q_1=1/00$pC و ذرهٔ ۲ با بار $q_2=2/00$pC در فاصلهٔ $d=5/00$cm از یکدیگر، ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی خالص در نقطه‌های (الف) A ، (ب) B و (پ) C برحسب نمادگذاری بردار یکه چگونه است؟ (ت) خطهای میدان الکتریکی را رسم کنید؟

شکل ۱۸-۶۴ مسئلهٔ ۸۵

۸۶- در شکل ۱۸-۶۴، میدان الکتریکی رو به بالای یکنواخت $\vec{E}$ به بزرگی $2/00\times10^{3}$ N/C با باردارکردن دو صفحهٔ افقی، پایینی به طور مثبت و بالایی به طور منفی، بین آنها ایجاد شده است. طول صفحه‌ها $L=10/0$cm و فاصلهٔ آنها $d=2/00$cm است. سپس الکترونی از لبهٔ چپ صفحهٔ پایینی، میان دو صفحه پرتاب می‌شود. سرعت اولیه $\vec{v}_0$ الکترون که با صفحهٔ پایینی زاویهٔ $\theta=45/0^\circ$ می‌سازد دارای بزرگی $6/00\times10^{6}$ m/s است.

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین

(الف) آیا الکترون به یکی از صفحه‌ها برخورد می‌کند؟ (ب) اگر بلی، با کدامیک از صفحه‌ها و در چه فاصلهٔ افقی از لبهٔ چپ؟



شکل ۱۸-۶۵ مسئلهٔ ۸۶

۸۷- با داده‌های مسئلهٔ ۶۲، فرض کنید که بار q روی قطره با $q = ne$ داده شده است که در آن n یک عدد درست و e بار بنیادی است. (الف) n را برای هر مقدار داده شدهٔ q بیابید. (ب) یک برازش *بازگشتی خطی* از مقدارهای q برحسب مقدارهای n انجام دهید و سپس با استفاده از آن برازش، e را پیدا کنید.

۸۸- در شکل ۱۸-۸، هر دو بار را مثبت در نظر بگیرید. با فرض آنکه $z \gg d$ باشد، نشان دهید که در این صورت E درنقطهٔ P در آن شکل با رابطهٔ زیر داده می‌شود

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2q}{z^2}$$

www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد