

# ساختار کتاب

کتاب شب امتحان فیزیک (۲) تجربی یازدهم از ۴ قسمت اصلی تشکیل شده است که به صورت زیر است:

(۱) **آزمون‌های نوبت اول:** آزمون‌های شماره ۱ تا ۴ این کتاب مربوط به مباحث نوبت اول است که خودش به دو قسمت تقسیم می‌شود:

**(الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده:** آزمون‌های شماره ۱ و ۲ را فصل به فصل طبقه‌بندی کرده‌ایم. بنابراین شما به راحتی می‌توانید پس از خواندن هر فصل از درس‌نامه تعدادی سؤال را بررسی کنید. حواستان باشد این آزمون‌ها هم، ۲۰ نمره‌ای و مثل یک آزمون کامل هستند. در کنار سؤال‌های این آزمون‌ها نکات مشاوره‌ای نوشته‌ایم. این نکات به شما در درس‌خواندن قبل از امتحان و پاسخگویی به آزمون در زمان امتحان کمک می‌کند.

**(ب) آزمون‌های طبقه‌بندی‌نشده:** آزمون‌های شماره ۳ و ۴ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم تا دو آزمون نوبت اول مشابه آزمونی را که معلمان از شما خواهد گرفت، ببینید.

(۲) **آزمون‌های نوبت دوم:** آزمون‌های شماره ۵ تا ۱۲ از کل کتاب و مطابق امتحان پایان سال طرح شده‌اند. این قسمت هم، خودش به ۲ بخش تقسیم می‌شود:

**(الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده:** آزمون‌های شماره ۵ تا ۸ را که برای نوبت دوم طرح شده‌اند هم طبقه‌بندی کرده‌ایم. با این کار باز هم می‌توانید پس از خواندن هر فصل تعدادی سؤال مرتبط را پاسخ دهید. هر کدام از این آزمون‌ها هم، ۲۰ نمره دارند در واقع در این بخش، شما ۴ آزمون کامل را می‌بینید. این آزمون‌ها هم نکات مشاوره‌ای دارند.

**(ب) آزمون‌های طبقه‌بندی‌نشده:** آزمون‌های شماره ۹ تا ۱۲ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم؛ پس، در این بخش با ۴ آزمون نوبت دوم، مشابه آزمون پایان سال معلمان مواجه خواهید شد.

(۳) **پاسخ‌نامه تشریحی آزمون‌ها:** در پاسخ تشریحی آزمون‌ها تمام آنچه را که شما باید در امتحان بنویسید تا نمره کامل کسب کنید، برایتان نوشته‌ایم.

(۴) **درس‌نامه کامل شب امتحانی:** این قسمت برگ برنده شما نسبت به کسانی است که این کتاب را نمی‌خوانند (🙄) در این قسمت تمام آنچه را که شما برای گرفتن نمره عالی در امتحان فیزیک (۲) تجربی نیاز دارید، تنها در ۱۴ صفحه آورده‌ایم، بخوانید و لذتش را ببرید!

یک راهکار، موقع امتحان‌های نوبت اول می‌توانید از سؤال‌های فصل‌های ۱ و ۲ آزمون‌های ۵ تا ۸ هم استفاده کنید.



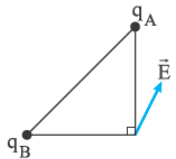
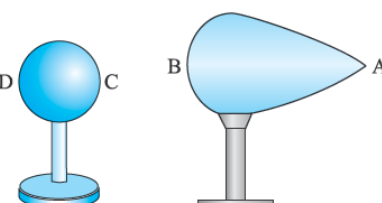
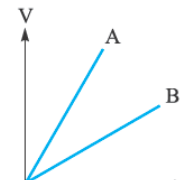
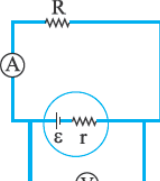
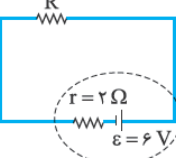
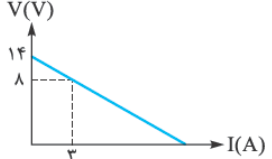
## فهرست

### بازم‌بندی درس فیزیک ۲ تجربی

نوبت دوم		نوبت اول		شماره فصل
فعالیت و آموزش	محتوای نظری	فعالیت و آموزش	محتوای نظری	
۰/۵	۴/۵	۲/۵	۱۱/۵	اول
۰/۵	۱/۵	۱	۵	دوم تا صفحه ۵۳ (ابتدای ۲-۵ توان در مدارهای الکتریکی)
۰/۵	۲	-	-	دوم (از ابتدای ۲-۵ توان در مدارهای الکتریکی تا آخر فصل)
۲	۸/۵	-	-	سوم
۲۰		۲۰		جمع

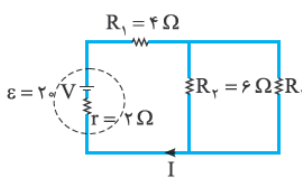
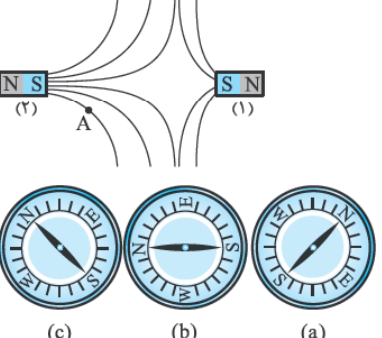
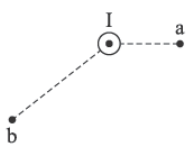
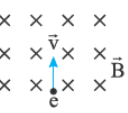
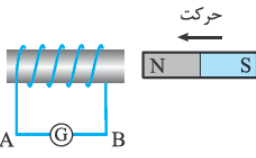
پاسخ‌نامه	آزمون	نوبت	شماره
۲۷	۳	اول	آزمون شماره ۱ (طبقه‌بندی‌شده)
۲۸	۵	اول	آزمون شماره ۲ (طبقه‌بندی‌شده)
۲۸	۷	اول	آزمون شماره ۳ (طبقه‌بندی‌نشده)
۲۹	۹	اول	آزمون شماره ۴ (طبقه‌بندی‌نشده)
۳۰	۱۱	دوم	آزمون شماره ۵ (طبقه‌بندی‌شده)
۳۱	۱۳	دوم	آزمون شماره ۶ (طبقه‌بندی‌شده)
۳۲	۱۵	دوم	آزمون شماره ۷ (طبقه‌بندی‌شده)
۳۳	۱۷	دوم	آزمون شماره ۸ (طبقه‌بندی‌شده)
۳۴	۱۹	دوم	آزمون شماره ۹ (طبقه‌بندی‌نشده)
۳۵	۲۱	دوم	آزمون شماره ۱۰ (طبقه‌بندی‌نشده)
۳۶	۲۳	دوم	آزمون شماره ۱۱ (طبقه‌بندی‌نشده)
۳۶	۲۵	دوم	آزمون شماره ۱۲ (طبقه‌بندی‌نشده)
۳۸			درس‌نامه توپ برای شب امتحان

شماره	رشته: علوم تجربی	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	فیزیک (۲)
ردیف	آزمون شماره ۱			نوبت اول پایه یازدهم دوره متوسطه دوم
<b>فصل اول</b>				
۱	۰/۷۵	در جمله‌های زیر، کلمه‌های مناسب را از پرانتز انتخاب نموده و در پاسخ برگ بنویسید. الف) بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار که در فاصله $2r$ از یکدیگر قرار دارند، با مربع فاصله دو ذره از هم نسبت (مستقیم - وارون) دارد. ب) با قراردادن دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن (میدان الکتریکی اولیه بین دو صفحه - ظرفیت) آن افزایش می‌یابد. پ) یکی از یکاهایی که برای میدان الکتریکی به کار می‌رود (ولت بر متر - کولن بر ولت) است.		
۲	۰/۷۵	توضیح دهید که چرا یک میله باردار می‌تواند خرده‌های کاغذ را برباید؟ <i>په‌ها این سوال بر مبنای یکی از پرسش‌های تمرین‌های پایان فصل طرح شده است. به تمرین‌های پایان فصل قبلی با دقت توجه کنید.</i>		
۳	۱	خط‌های میدان الکتریکی ناشی از دو ذره باردار $q_1$ و $q_2$ مطابق شکل روبه‌رو است: الف) نوع بار الکتریکی $q_1$ را تعیین کنید. ب) اندازه بار الکتریکی دو ذره را با یکدیگر مقایسه کنید. پ) اگر بار الکتریکی مثبتی در نقطه A قرار گیرد، جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن را با رسم شکل نشان دهید.		
۴	۰/۷۵	الکترونی با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواختی مطابق شکل زیر حرکت می‌کند. با انتخاب یکی از مسیرهای $A \rightarrow B$ و $B \rightarrow C$ و $C \rightarrow D$ از جاهای خالی را در متن زیر کامل کنید. الف) در مسیر ..... انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون افزایش می‌یابد. ب) در مسیر ..... کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی مثبت است. پ) در مسیر ..... پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.		
۵	۰/۷۵	یک گلوله فلزی باردار مطابق شکل (۱)، توسط نخ‌ی عایق به درپوش فلزی جعبه رسانای بدون باری وصل شده است. در شکل (۲)، جعبه رسانا را کج می‌کنیم به طوری که گلوله به بدنه داخلی آن تماس یابد. الف) وضعیت بار الکتریکی در گلوله فلزی چگونه می‌شود؟ ب) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟ <i>از آزمایش‌های کتاب درسی ممتماً سوال فواید داشت. مثلاً این سوال از آزمایش فاراده که در متن کتاب درسی شرح آن آمده، طرح شده است. دسته عایق</i>		
۶	۱	در شکل روبه‌رو، ذره‌ای با بار منفی را از حالت سکون، از نقطه A واقع در میدان الکتریکی اطراف کره باردار رها می‌کنیم. اگر ذره در مسیر A تا B به حرکت درآید: الف) در این جابه‌جایی کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟ ب) انرژی جنبشی ذره باردار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟ پ) آیا این بار منفی به نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است یا به نقطه‌ای با پتانسیل کم‌تر؟ توضیح دهید.		
۷	۰/۷۵	در شکل مقابل، یک خازن با دی‌الکتریک هوا و یک باتری و کلید، مشاهده می‌کنید. با استفاده از کلمه‌های داده‌شده در کادر، جاهای خالی در متن زیر را کامل کنید. الف) پس از وصل کلید، صفحه B دارای بار ..... می‌شود. ب) زمانی که ولتاژ دو سر مولد، ..... ولتاژ دو سر خازن است، آمپرسنج عبور جریان را نشان نمی‌دهد. پ) بدون آن‌که خازن را از مولد جدا کنیم، صفحه A را طوری بالا می‌بریم که نصف آن مقابل صفحه B قرار گیرد، انرژی خازن در این حالت، ..... انرژی خازن در حالت اولیه است.		مثبت - بیشتر از - برابر با - کم‌تر از - منفی
۸	۰/۷۵	دو بار الکتریکی $q_1 = -3 \text{ nC}$ و $q_2 = +4 \text{ nC}$ در فاصله $2 \text{ m}$ از یکدیگر قرار دارند. اندازه نیرویی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، چند میلی‌نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$		
۹	۲	دو بار نقطه‌ای $q_1 = +4 \text{ nC}$ و $q_2 = -6 \text{ nC}$ بر روی خط راستی به فاصله $6$ سانتی‌متر از یکدیگر ثابت شده‌اند. برآیند میدان الکتریکی حاصل از دو بار را در وسط خط واصل دو ذره به دست آورید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$		
۱۰	۱	در یک میدان الکتریکی، بار $q = +3 \mu\text{C}$ از نقطه A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل بار در نقطه‌های A و B به ترتیب $J = -4 \times 10^{-5}$ و $J = 5 \times 10^{-5}$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه $(V_B - V_A)$ چند ولت است؟		
۱۱	۱	دو صفحه رسانای مربعی شکل به ضلع $10 \text{ cm}$ در فاصله $2 \text{ mm}$ از یکدیگر قرار دارند. فضای بین دو صفحه از ماده‌ای با ضریب دی‌الکتریک $\epsilon_r$ پر شده است. ظرفیت خازن حاصل را محاسبه کنید. $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2})$		

شماره	kheilisabz.com	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	رشته: علوم تجربی	فیزیک (۲)
نمره	نوبت اول پایه یازدهم دوره متوسطه دوم			ردیف
۱		<p>جاهای خالی را با عبارتهای مناسب پر و دلیل خود را به اختصار بیان کنید.  مطابق شکل، دو بار الکتریکی <math>q_A</math> و <math>q_B</math> در دو رأس مثلث قائم الزاویه متساوی الساقینی ثابت شده‌اند. با توجه به بردار میدان الکتریکی رسم شده در شکل، دو بار الکتریکی ..... هستند و اندازه بار <math>q_A</math> از <math>q_B</math> ..... است.</p>		
۱/۵	<p>در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی <math>2 \times 10^4 \text{ N/C}</math> که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره باردار به جرم <math>4 \text{ g}</math> معلق و در حال سکون قرار دارد. اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. (<math>g = 10 \text{ N/kg}</math>)</p>			
۱		<p>در شکل مقابل به دو جسم رسانا بار الکتریکی داده‌ایم. تراکم بار و پتانسیل الکتریکی را در هر جسم جداگانه در نقاط داده شده با یکدیگر مقایسه کنید.</p>		
فصل دوم				
۰/۲۵	<p>در نقشه مفهومی مقابل، به جای حروف (الف)، (ب) و (پ) عبارت مناسب بنویسید.</p> <pre>     graph TD       Root[عامل‌های مؤثر بر مقاومت الکتریکی رساناهای فلزی در دمای ثابت] --&gt; L1[طول رسانا]       Root --&gt; L2["(ب)"]       Root --&gt; L3[سطح مقطع رسانا]       L1 -- نوع نسبت --&gt; L1F["(الف)"]       L2 -- نوع نسبت --&gt; L2M[مستقیم]       L3 -- نوع نسبت --&gt; L3P["(پ)"]     </pre>			
۱	<p>(الف) جریان الکتریکی متوسط را تعریف کنید. (ب) سرعت سوق چیست؟</p>			
۰/۲۵		<p>نمودار <math>(V - I)</math> (در یک دمای معین) برای دو رسانای مسی A و B که دارای طول‌های یکسان هستند داده شده است. با ذکر دلیل معین کنید کدام یک از رساناها سطح مقطع بزرگ‌تری دارند؟</p>		
۱		<p>در مدار روبه‌رو اگر مقاومت R را افزایش دهیم، عددهایی که ولت‌سنج و آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهند چه تغییری می‌کنند؟ (با ذکر دلیل)</p>		
۱		<p>در مدار شکل روبه‌رو آمپرسنج عدد <math>0.5 \text{ A}</math> را نشان می‌دهد. (الف) مقاومت R چند اهم است؟ (ب) اختلاف پتانسیل دو سر R چند ولت است؟</p>		
۱/۵		<p>دانش‌آموزی پس از ثبت نتایج به دست آمده در طراحی یک آزمایش، نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولد بر حسب جریان عبوری از آن را به صورت روبه‌رو رسم می‌کند. (الف) مقاومت داخلی این مولد چند اهم است؟ (ب) به کمک یک مقاومت، باتری، ولت‌سنج، آمپرسنج و کلید قطع و وصل، مدار ساده‌ای از این آزمایش را رسم کنید.</p>		
۲۰	<p>جمع نمرات موفق باشید</p>			

شماره	kheilisabz.com	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	رشته: علوم تجربی	فیزیک (۲)				
نمره	<b>آزمون شماره ۹</b>			ردیف				
۱		<p>با توجه به متن‌های زیر، گزینه مناسب را انتخاب کنید و در پاسخ برگ بنویسید.</p> <p>الف) ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت را مطابق شکل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت رها می‌کنیم. اگر ذره در مسیر نشان داده شده به حرکت درآید، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره .....          (۱) افزایش می‌یابد.          (۲) کاهش می‌یابد.          (۳) ثابت می‌ماند.</p> <p>ب) شکل مقابل، خطوط میدان الکتریکی را در قسمتی از فضای اطراف یک بار الکتریکی نشان می‌دهد. اگر میدان الکتریکی را در نقاط A و B به ترتیب با <math>E_A</math> و <math>E_B</math> نشان دهیم:          (۱) <math>E_B &gt; E_A</math>      (۲) <math>E_B = E_A</math>      (۳) <math>E_B &lt; E_A</math></p> <p>پ) اگر یک رسانای خنثی منزوی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار داده شود، میدان خالص درون رسانا:          (۱) صفر می‌شود.      (۲) افزایش می‌یابد.      (۳) کاهش می‌یابد.</p> <p>ت) تراکم بار در نقاط A و C چگونه است؟          (۱) <math>A &lt; C</math>          (۲) <math>A = C</math>          (۳) <math>A &gt; C</math></p>						
۰/۵	چرا در فلاش دوربین‌ها از خازن استفاده می‌شود؟							
۱/۲۵		<p>سه ذره باردار روی محور yها مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار <math>q_2</math> را (در SI) برحسب بردارهای یکه محاسبه کنید. <math>(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})</math></p>						
۱	<p>دو صفحه رسانای موازی و هم‌اندازه به فاصله <math>0.2 \text{ m}</math> از هم واقع‌اند و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن‌ها <math>12 \text{ V}</math> است. یک ذره با بار الکتریکی <math>q = -2 \mu\text{C}</math> از صفحه مثبت تا صفحه منفی جابه‌جا می‌شود.</p> <p>الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره چند میکروژول تغییر می‌کند؟          ب) اندازه میدان الکتریکی بین دو صفحه را حساب کنید.</p>							
۰/۲۵	<p>خازن تختی را به مولد وصل می‌کنیم و پس از پرشدن، از مولد جدا کرده و سپس فاصله صفحه‌های خازن را نصف می‌کنیم. در جدول زیر، هر عبارت از ستون A به یک عبارت از ستون B مرتبط است. آن‌ها را مشخص کنید و در پاسخ برگ بنویسید.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">ستون B</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">ستون A</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>● (۱) نصف می‌شود.</li> <li>● (۲) دو برابر می‌شود.</li> <li>● (۳) ثابت می‌ماند.</li> <li>● (۴) <math>\frac{1}{4}</math> برابر می‌شود.</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>● الف) بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن</li> <li>● ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن</li> <li>● پ) ظرفیت خازن</li> </ul> </td> </tr> </table>				ستون B	ستون A	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (۱) نصف می‌شود.</li> <li>● (۲) دو برابر می‌شود.</li> <li>● (۳) ثابت می‌ماند.</li> <li>● (۴) <math>\frac{1}{4}</math> برابر می‌شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● الف) بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن</li> <li>● ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن</li> <li>● پ) ظرفیت خازن</li> </ul>
ستون B	ستون A							
<ul style="list-style-type: none"> <li>● (۱) نصف می‌شود.</li> <li>● (۲) دو برابر می‌شود.</li> <li>● (۳) ثابت می‌ماند.</li> <li>● (۴) <math>\frac{1}{4}</math> برابر می‌شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● الف) بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن</li> <li>● ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن</li> <li>● پ) ظرفیت خازن</li> </ul>							
۱/۲۵	<p>الف) چرا همه چراغ‌های خودرو به طور موازی بسته می‌شوند؟          ب) در چه شرایطی جریان الکتریکی مستقیم است؟          پ) با اهم‌سنج مقاومت الکتریکی لامپ روشن را می‌توان اندازه گرفت یا خاموش؟ مقاومت الکتریکی کدام بیشتر است؟ چرا؟</p>							
۱/۲۵	<p>مقاومت الکتریکی یک سیم برابر <math>22 \Omega</math> است. اگر طول سیم <math>1/1 \text{ m}</math> و سطح مقطع آن <math>3/4 \times 10^{-6} \text{ m}^2</math> باشد:          الف) مقاومت ویژه سیم را در این دما محاسبه کنید.          ب) اگر جریان <math>I = 2 \text{ A}</math> از این سیم عبور کند، انرژی مصرفی آن در مدت ۲ دقیقه چند ژول است؟</p>							



شماره	kheilisabz.com	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	رشته: علوم تجربی	فیزیک (۲)
نمره	نوبت دوم پایه یازدهم دوره متوسطه دوم			آزمون شماره ۹
۱/۵		<p>۸ در مدار شکل مقابل: الف) جریان I چند آمپر است؟ ب) توان مصرفی مقاومت <math>R_1</math> چند وات است؟</p>		
۱		<p>۹ در شکل مقابل دو آهنربای میله‌ای (۱) و (۲) در مقابل هم قرار گرفته‌اند. الف) با انتقال شکل به پاسخ‌برگ جهت خط‌های میدان مغناطیسی را مشخص کنید. ب) میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب‌های کدام آهنربا قوی‌تر است؟ پ) کدام‌یک از شکل‌های مقابل جهت‌گیری عقربه مغناطیسی را در نقطه A درست نشان می‌دهد؟</p>		
۰/۵		<p>۱۰ بردار میدان مغناطیسی ناشی از یک سیم بسیار بلند حامل جریان (برون سو) را در نقاط نشان داده شده مشخص کنید.</p>		
۰/۷۵	<p>۱۱ فعالیت یا آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم‌لوله حامل جریان الکتریکی مشاهده کرد.</p>			
۲	<p>۱۲ الف) اندازه میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله با جریان عبوری از آن چه رابطه‌ای دارد؟ ب) تفاوت مواد دیامغناطیس و پارامغناطیس در چیست؟ پ) دو ماده دیامغناطیس و دو ماده پارامغناطیس و دو ماده فرومغناطیس سخت نام ببرید؟</p>			
۱/۲۵		<p>۱۳ در شکل روبه‌رو، الکترونی با بار <math>1/6 \times 10^{-19}</math> کولن و با سرعت <math>2 \times 10^6</math> متر بر ثانیه وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی <math>50^\circ</math> گاوس می‌شود. الف) بزرگی و جهت نیروی وارد بر آن را تعیین کنید. ب) مسیر تقریبی حرکت الکترون در میدان را روی شکل نشان دهید.</p>		
۱	<p>۱۴ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید. الف) یکی از بزرگ‌ترین راه‌های جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم، ساده‌تر بودن تبدیل ولتاژ در آن است. ب) یکای وبر بر ثانیه معادل ولت است. پ) رایج‌ترین راه ایجاد جریان القایی، تغییر میدان مغناطیسی است. ت) در یک القاگر متصل به مولد، بخشی از انرژی‌ای که مولد به القاگر می‌دهد در مقاومت الکتریکی القاگر ذخیره می‌شود.</p>			
۱/۲۵		<p>۱۵ الف) با ذکر دلیل تعیین کنید جهت جریان القایی در سیم AB به سمت راست است یا چپ؟ ب) اگر آهنربا را با سرعت بیشتری به سیم‌لوله نزدیک کنیم، چه تغییری در جهت و اندازه جریان ایجاد می‌شود؟</p>		
۱/۵	<p>۱۶ الف) شار مغناطیسی عبوری از یک سیم‌لوله که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، با آهنگ <math>5 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}</math> افزایش می‌یابد. بزرگی نیروی محرکه القاشده در سیم‌لوله چند ولت است؟ ب) در یک رسانای اهمی به مقاومت <math>20 \Omega</math>، جریان متناوبی با بیشینه نیروی محرکه <math>120 \text{ V}</math> می‌گذرد. اگر دوره تناوب این جریان <math>0.02 \text{ s}</math> باشد، معادله شدت جریان را بر حسب زمان در SI بنویسید.</p>			
۱/۲۵	<p>۱۷ الف) ضریب القاوری یک القاگر به چه عواملی وابسته است؟ ب) یکای ضریب القاوری در SI چیست؟</p>			
۲۰	جمع نمرات			موفق باشید

# پاسخنامه تشریحی

## آزمون شماره ۱ (نوبت اول)

۱- الف) وارون (ب) ظرفیت (پ) ولت بر متر  
 ۲- با نزدیک شدن میله باردار به خرده‌های کاغذ، باری مخالف با بار میله در دیواره نزدیک‌تر خرده‌های کاغذ قطبیده می‌شود. در نتیجه میان میله باردار و کاغذ ربایشی ایجاد می‌شود و میله کاغذ را می‌رباید.

۳- الف) مثبت (با توجه به خارج شدن خطوط میدان الکتریکی از بار  $q_1$ )  
 ب) هم‌اندازه هستند. (با توجه به تقارن خطوط میدان)

پ)  $\vec{E} = \vec{F}$  (چون بار مثبت است، جهت  $\vec{F}$  و  $\vec{E}$  یکسان است.  $\vec{E}$  هم مماس بر خط میدان است.)

۴- الف)  $A \rightarrow B$  (الکترون بار منفی دارد. با حرکت در جهت میدان، بار منفی افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی خواهد داشت.)

ب)  $C \rightarrow D$  (با توجه به شکل و مثبت بودن اندازه  $\cos \alpha$ ، مقدار  $W_E$  مثبت خواهد بود):  
 $B \rightarrow C$  (پ)

(در مسیرهای عمود بر خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.)  
 ۵- الف) گلوله بدون بار می‌شود.

ب) از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که بار اضافی داده‌شده به یک جسم رسانای منزوی، بر روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

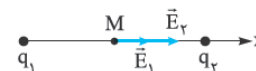
۶- الف) مثبت (ب) افزایش می‌یابد.

پ) بیشتر، چون ذره در خلاف جهت میدان الکتریکی ناشی از کره باردار حرکت کرده است.

۷- الف) منفی (ب) برابر با (پ) کم‌تر از

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{4} = 27 \times 10^{-3} \text{ N} = 27 \text{ mN}$$

۹- با توجه به علامت و اندازه‌های بارهای داده‌شده و به کمک شکل زیر خواهیم داشت:



$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{3^2 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$$

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

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_T = E_1 + E_2 \Rightarrow E_T = (4 + 6) \times 10^4 = 10^5 \text{ N/C}$$

۱۰- برای تعیین اختلاف پتانسیل الکتریکی از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q}$$

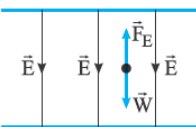
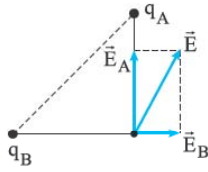
$$V_B - V_A = \frac{5 \times 10^{-5} - (-4 \times 10^{-5})}{3 \times 10^{-6}} = 30 \text{ V}$$

$$C = k \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 450 \times 10^{-10} \text{ F}$$

۱۲- ناهم‌نام - بزرگ‌تر

با تجزیه  $\vec{E}$  به  $\vec{E}_A$  و  $\vec{E}_B$  درمی‌یابیم که  $q_A < 0$  و  $q_B > 0$  است، پس دو بار غیرهم‌نام هستند. هر چه برداری بزرگ‌تر باشد، بردار برآیند به آن نزدیک‌تر است؛ یعنی  $E_A > E_B$ . با توجه به یکسان بودن فاصله بارها از نقطه مورد نظر:  $|q_A| > |q_B|$ .

۱۳- با توجه به شکل، چون جهت  $\vec{F}_E$  و  $\vec{E}$  در خلاف جهت یکدیگر است، بنا به  $\vec{F} = q\vec{E}$  علامت بار الکتریکی منفی است ( $q < 0$ ).



$$\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_E + \vec{W} = 0 \Rightarrow \vec{F}_E = -\vec{W} \Rightarrow F_E = W \Rightarrow |q|E = mg$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{4 \times 10^{-3} \times 10}{2 \times 10^4} = 2 \mu\text{C} \Rightarrow q = -2 \mu\text{C}$$

۱۴- تراکم بار در نقطه A بیشتر از B است. در نقاط C و D تراکم بار یکسان است.

درباره مقایسه پتانسیل نقاط داریم:

$$15- \text{ با توجه به رابطه } R = \rho \frac{L}{A} \text{ خواهیم داشت:}$$

الف) مستقیم (ب) مقاومت ویژه (جنس) (پ) وارون

۱۶- الف) به نسبت  $\frac{\Delta q}{\Delta t}$  (بار خالص عبوری از هر مقطع رسانا در بازه زمانی  $\Delta t$ ) جریان الکتریکی متوسط گفته می‌شود.

ب) هنگامی که اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر یک سیم رسانا اعمال و میدان الکتریکی درون آن ایجاد می‌کنیم، الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را قدری تغییر می‌دهند. و با سرعتی موسوم به سرعت سوق بر خلاف جهت میدان به طور آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند.

۱۷- طبق نمودار چون شیب خط در رسانای B کوچک‌تر است، بنابراین مقاومت کم‌تری دارد. با توجه به رابطه  $R = \rho \frac{L}{A}$  مقاومت با سطح مقطع رابطه عکس دارد، رسانای B سطح مقطع بیشتری دارد.

۱۸-  $I = \frac{\epsilon}{r+R}$  جریان عبوری از مدار که توسط آمپرسنج نشان داده می‌شود از دست می‌آید، پس آمپرسنج عدد کم‌تری را نشان می‌دهد. (با افزایش R در مخرج کسر، اندازه I کاهش می‌یابد.) ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد که از  $V = \epsilon - Ir$  به دست می‌آید. با کاهش I، افت پتانسیل (Ir) در باتری کاهش می‌یابد و در نتیجه ولت‌سنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد.

۱۹- الف) جریان عبوری از مدار از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$I = \frac{\epsilon}{r+R} \quad 0/\delta = \frac{6}{2+R} \Rightarrow R = 10 \Omega$$

$$V = \epsilon - rI = 6 - 2 \times 0/\delta = 5 \text{ V} \quad \text{ب)}$$

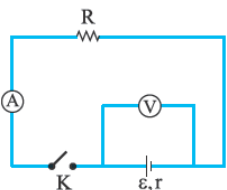
۲۰- الف) با توجه به رابطه  $V = \epsilon - Ir$  برای دو سر مولد خواهیم داشت:

$$I = 0 \Rightarrow V = \epsilon = 14 \text{ V}$$

$$V = \epsilon - Ir \Rightarrow 8 = 14 - 3r \Rightarrow r = 2 \Omega$$

ب) در هنگام قطع کلید K عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، همان  $\epsilon$  است.

$$(I = 0 \Rightarrow Ir = 0 \Rightarrow V = \epsilon)$$



ب) هنگامی که مقدار جریان عبوری از مقطع سیم ثابت بماند و جهت جریان با زمان تغییری نکند. پ) مقاومت لامپ خاموش را با اهم سنج می توان اندازه گیری کرد. مقاومت لامپ روشن بیشتر است چون دمای لامپ روشن بسیار بالاتر از لامپ خاموش است و با افزایش دما در رسانا، مقاومت الکتریکی افزایش می یابد.

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow 22 = \rho \times \frac{1/1}{3/4 \times 10^{-6}} \quad \rho = 6/8 \times 10^{-5} \Omega \cdot m \quad \text{الف) ۷-}$$

$$U = RI^2 t \Rightarrow U = 22 \times 2^2 \times 120 \Rightarrow U = 10560 \text{ J} \quad \text{ب) ۸-}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4 \Omega$$

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 = 4 + 4 = 8 \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{\text{eq}}} = \frac{20}{2 + 8} = 2 \text{ A}$$

$$P_1 = I^2 R_1 \Rightarrow P_1 = 2^2 \times 4 = 16 \text{ W} \quad \text{ب) ۹-}$$



ب) فشردگی بیشتر خطوط میدان نشانگر قوی تر بودن میدان است. پس، آهن ربای (۲) قوی تر است.

پ) بردار میدان در نقطه A به صورت شکل مقابل است. پس عقربه مغناطیسی c جهت میدان در نقطه A را درست نشان می دهد.



۱۱- یک سیم لوله را از یک صفحه مقوایی یا پلاستیکی عبور می دهیم و هنگامی که از سیم لوله جریان الکتریکی می گذرد، بر روی مقوا براده آهن می پاشیم و به آهستگی به مقوا ضربه می زنیم. طرحی از خطهای میدان مغناطیسی حاصل از جریان در سیم لوله روی مقوا تشکیل می شود.

۱۲- الف) رابطه مستقیم

ب) مواد دیامغناطیس دوقطبی مغناطیسی ذاتی ندارند.

پ) دیامغناطیس: مس و نقره - پارامغناطیس: اورانیم و پلاتین - فرومغناطیس سخت: فولاد و آلیاژهای آهن

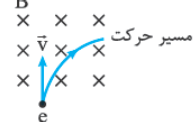
۱۳- الف) نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی عبارت است از:

$$F = qvB \sin \theta = 1/6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^6 \times 500 \times 10^{-4} \times 1$$

$$\Rightarrow F = 1/6 \times 10^{-14} \text{ N}$$

جهت نیروی وارد بر الکترون به کمک قاعده دست راست به دست می آید. تغییر  $180^\circ$  در جهت  $\vec{F}$  به دلیل منفی بودن علامت بار الکترون است.

ب) مسیر حرکت



۱۴- الف) درست      ب) ولت      پ) نادرست      ت) نادرست

### آزمون شماره ۹ (نوبت دوم)

۱- الف) گزینه «۲» با حرکت یک بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می یابد.

$$\begin{cases} \Delta V < 0 \\ q > 0 \end{cases} \Rightarrow \Delta U = q\Delta V < 0$$

ب) گزینه «۱» فشردگی بیشتر خطوط میدان یعنی قوی تر بودن میدان در آن نقطه (ناحیه) پ) گزینه «۱» میدان الکتریکی در داخل جسم رسانا صفر است.

ت) گزینه «۱» ( $A < C$ ) تراکم بار در نقاط نوک تیز اجسام رسانا بیشتر است.

۲- چون خازن ها برخلاف باتری ها می توانند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی که مورد نیاز در فلاش زدن هست، آماده کنند.

۳- با توجه به علامت بارها نیروهای وارد بر بار  $q_2$  به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{12} &= +F_{12} \vec{j}, \quad \vec{F}_{32} = -F_{32} \vec{j} \\ F_{12} &= k \frac{|q_1 \times q_2|}{r_{12}^2} \\ \Rightarrow F_{12} &= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 2 \times 10^{-12}}{4} = 9 \times 10^{-3} \text{ N} \\ F_{32} &= k \frac{|q_3 \times q_2|}{r_{32}^2} \\ \Rightarrow F_{32} &= 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 2 \times 10^{-12}}{9} = 6 \times 10^{-3} \text{ N} \end{aligned}$$

$$\vec{F}_T = (F_{12} - F_{32}) \vec{j} \Rightarrow \vec{F}_T = 3 \times 10^{-3} \vec{j}$$

$$\Delta U = q\Delta V = -2 \times (-12) = 24 \mu\text{J} \quad \text{الف) ۴-}$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{12}{0/02} = 6 \times 10^2 \text{ V/m}$$

ب) ۱ (نصف می شود).

۵- الف) ۳ (ثابت می ماند).

پ) ۲ (دو برابر می شود).

۶- الف) در اتصال موازی، اگر یکی از چراغ ها بسوزد از بقیه چراغ ها جریان الکتریکی عبور می کند و روشن باقی می ماند.

۱۵- الف) با نزدیک شدن آهن‌ربا به سیم‌لوله، شار مغناطیسی عبوری از سیم‌لوله، افزایش می‌یابد. طبق قانون لنز جریان القایی در جهتی خواهد بود که با نزدیک شدن قطب N آهن‌ربا مخالفت کند. پس جهت جریان به راست خواهد بود.

ب) اندازه جریان القایی افزایش می‌یابد اما جهت آن تغییر نمی‌کند.

۱۶-

$$\text{الف) } |\varepsilon| = \left| -N \frac{d\phi}{dt} \right| \Rightarrow |\varepsilon| = 1000 \times 5 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-1} \text{ V}$$

$$\text{ب) } I_m = \frac{\varepsilon_m}{R} = \frac{120}{20} = 6 \text{ A}$$

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.02} = 100\pi \text{ rad/s} \quad I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t = 6 \sin 100\pi t$$

۱۷- الف) تعداد دور، طول، سطح مقطع القاگر و جنس هسته آن

ب) هانری (H)

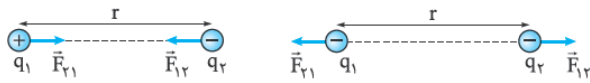


# درس نامه توپ برای شب امتحان

در این رابطه  $k$  ثابت کولن است و اندازه آن  $\frac{N \cdot m^2}{C^2}$   $9 \times 10^9$  در نظر گرفته می‌شود. بارهای  $q_1$  و  $q_2$  بر حسب کولن (C) و  $r$  بر حسب متر (m) هستند.

نوع نیروی الکتریکی میان دو جسم با بار الکتریکی همنام، به صورت دافعه (رانشی) و میان دو جسم با بار الکتریکی ناهمنام، به صورت جاذبه (ربایشی) است. همان گونه که در شکل زیر نشان داده شده است، با توجه به قانون سوم نیوتون، نیروی الکتریکی میان دو ذره باردار، هم‌اندازه، هم‌راستا و در جهت‌های مخالف یکدیگر است:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = F$$



**مثال:** دو ذره با بارهای الکتریکی  $q_1 = +9 \text{ nC}$  و  $q_2 = -18 \text{ nC}$  به فاصله  $30 \text{ cm}$  از یکدیگر ثابت شده‌اند. نوع و اندازه نیروی میان دو ذره (بر حسب نیوتون) را تعیین کنید.

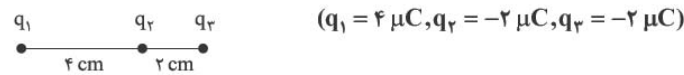
**پاسخ:** به علت ناهمنام بودن بار ذره‌ها، نیروی الکتریکی میان دو ذره جاذبه (ربایشی) است. با به کارگیری رابطه قانون کولن خواهیم داشت:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-9} \times 18 \times 10^{-9}}{(0.3)^2} = 16/2 \text{ N}$$

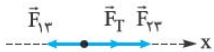
## برایندنیروهای الکتریکی

در صورتی که تعدادی ذره باردار داشته باشیم، نیروهای الکتریکی وارد بر هر کدام از ذره‌ها، برایند (جمع برداری) نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر به تنهایی بر آن ذره وارد می‌کند.

**مثال:** در شکل زیر نیروی وارد بر بار  $q_3$  را به دست آورید. (تقریبی ۹۲)



**پاسخ:** به بار  $q_3$  دو بار  $q_1$  و  $q_2$  به طور جداگانه نیرو وارد می‌کنند:



$$F_{13} = k \frac{|q_1| |q_3|}{r_{13}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{6^2 \times 10^{-4}} = 20 \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{13} = +20 \vec{i}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2| |q_3|}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{2^2 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{23} = +90 \vec{i}$$

برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  عبارت است از:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = +70 \vec{i}$$

**مثال:** دو بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  مطابق شکل در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند و  $q_3$  در نقطه C در حال تعادل است.

(ریاضی شوریور ۹۰)  
الف) نوع بار  $q_2$  مثبت است و یا منفی؟  
ب) مقادیر  $|q_1|$  و  $|q_2|$  را مقایسه کنید.

**پاسخ:** الف) بار  $q_2$  منفی است.

ب)  $|q_1| > |q_2|$ ؛ برای آن که برایند نیروهای وارد بر  $q_3$  صفر شود، باید  $\vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23}$

## فصل ۱: الکتریسیته ساکن

واژه الکتریسیته از واژه یونانی الکترون گرفته شده است که به معنی کهر با است. در مورد بار الکتریکی که یکای آن در SI کولن (C) است دو اصل پایستگی بار و کوانتیده‌بودن بار وجود دارد.

**اصل پایستگی بار:** بنا بر اصل پایستگی بار، مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است، یعنی بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

با توجه به اصل پایستگی بار، در صورتی که دو جسم رسانای مشابه را که دارای بارهای  $q_1$  و  $q_2$  هستند، به یکدیگر تماس دهیم، بار نهایی هر دو جسم پس از تماس با یکدیگر، هم‌اندازه و هم‌علامت می‌شوند و از رابطه زیر به دست می‌آیند:

$$q' = q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

**اصل کوانتیده‌بودن بار:** بنا بر اصل کوانتیده‌بودن بار الکتریکی، بار الکتریکی همواره مضرب درستی از بار بنیادی  $e$  است، یعنی:

$$q = \pm ne, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

اندازه بار بنیادی ( $e$ ) همان اندازه بار الکترون و پروتون است و برابر است با:

$$e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

**مثال:** دو کره فلزی یکسان دارای بار الکتریکی  $q_1 = 12 \text{ nC}$  و  $q_2 = -4 \text{ nC}$  روی دو پایه عایق نصب شده‌اند. هر گاه این دو کره را به یکدیگر تماس داده و سپس از هم جدا کنیم، بار الکتریکی هر کره چند نانوکولن خواهد شد؟ در اثر این تماس چه تعداد الکترون از روی کره (۲) به کره (۱) منتقل می‌شود؟

**پاسخ:** با توجه به اصل پایستگی بار الکتریکی داریم:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{12 + (-4)}{2} = +4 \text{ nC}$$

$$\Delta q = q - q_2 = 4 - (-4) = 8 \text{ nC}$$

$$\Delta q = ne \Rightarrow 8 \times 10^{-9} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^{10}$$

**نکته:** به کمک سری الکتریسیته مالشی (تریوالکتریک) می‌توان مشخص کرد که در مالش دو جسم کدام دارای بار الکتریکی مثبت و کدام دارای بار الکتریکی منفی می‌شود. هر چه به سمت انتهای منفی سری می‌رویم، خاصیت الکترون‌خواهی مواد افزایش می‌یابد. در نتیجه جسمی که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، الکترون می‌گیرد و دارای بار منفی می‌شود. از طرف دیگر جسمی که به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است، با از دست دادن الکترون دارای بار مثبت می‌گردد.

**نکته:** الکتروسکوپ (برق‌نما) ابزاری است که به کمک آن می‌توانیم باردار بودن یک جسم، نوع بار یک جسم و رسانا یا عایق بودن یک جسم را تعیین کنیم.

## نیروی الکتریکی و قانون کولن

**بیان قانون کولن:** اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آنها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی آنها متناسب است و با مربع فاصله بین آنها نسبت وارون دارد و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

**مثال:** به کمک یک مولد واندوگراف و دو شمع روشن آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد با دور شدن از بار الکتریکی، اندازه میدان الکتریکی آن کاهش می‌یابد؟  
**پاسخ:** دو شمع روشن را در فاصله‌های متفاوتی از یک مولد واندوگراف روشن قرار می‌دهیم. مشاهده می‌کنیم که شعله شمع نزدیک‌تر به سمت کلاهک مولد انحراف بیشتری پیدا می‌کند. علت آن است که بار منفی بزرگ ایجاد شده در کلاهک مولد، یون‌های مثبت درون شعله شمع نزدیک‌تر را بیشتر به سمت خود می‌کشد و در نتیجه میدان الکتریکی در نقاط نزدیک‌تر، قوی‌تر و در نقاط دورتر، ضعیف‌تر است.

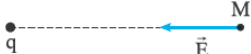
**نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی**

اگر بار الکتریکی  $q$  در میدان الکتریکی  $\vec{E}$  قرار گیرد، نیروی  $\vec{F}$  از طرف میدان بر آن وارد می‌شود که از رابطه مقابل تعیین می‌گردد:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

بزرگی این نیرو از رابطه  $F = |q|E$  به دست می‌آید و جهت آن به علامت بار  $q$  بستگی دارد: اگر  $q$  مثبت باشد، جهت  $\vec{F}$ ، هم‌جهت با  $\vec{E}$  و اگر منفی باشد، در خلاف جهت  $\vec{E}$  است.

**مثال:** در شکل روبه‌رو، اندازه میدان الکتریکی بار  $q$  در نقطه  $M$  برابر  $45000 \text{ N/C}$  است.



(الف) اندازه (برحسب میکروکولن) و علامت بار  $q$  را تعیین کنید.

(ب) در چه فاصله‌ای از بار  $q$ ، میدان الکتریکی نصف می‌شود؟

(پ) اگر بار  $q' = -2 \mu\text{C}$  را در این نقطه قرار دهیم، بزرگی نیروی که بر آن وارد می‌شود چند نیوتون است؟ جهت نیروی وارد بر آن چگونه است؟

**پاسخ:** (الف) با توجه به آن که نیروی وارد بر بار آزمون مثبت، رابیشی است، پس علامت بار  $q$  منفی است. برای محاسبه اندازه بار داریم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow 45000 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|}{1^2}$$

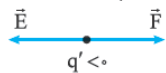
$$\Rightarrow |q| = 5 \times 10^{-6} \text{ C} = 5 \mu\text{C} \Rightarrow q = -5 \mu\text{C}$$

(ب) میدان الکتریکی هر ذره باردار با مربع فاصله از آن نسبت وارون دارد:

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow r_2 = \sqrt{2} \text{ m}$$

$$F = |q'|E \Rightarrow F = 2 \times 10^{-6} \times 45000 = 0.09 \text{ N}$$

چون علامت بار  $q'$  منفی است، پس با توجه به  $\vec{F} = q'\vec{E}$ ،  $\vec{F}$  خلاف جهت  $\vec{E}$  است:



**برایند میدان‌های الکتریکی**

برای یافتن میدان الکتریکی خالص حاصل از چند ذره باردار در نقطه‌ای از فضا باید ابتدا میدان الکتریکی ناشی از هر کدام از ذره‌ها را در آن نقطه به دست آوریم و سپس میدان را به صورت برداری جمع کنیم.

**مثال:** دو بار الکتریکی  $q_1 = -3 \text{ nC}$  و  $q_2 = -27 \text{ nC}$  مطابق شکل مقابل در فاصله  $24 \text{ cm}$  از یکدیگر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را در نقطه  $M$  به دست آورید.



$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-9}}{0.06^2} = 7.5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1 = +7.5 \times 10^3 \vec{i}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{27 \times 10^{-9}}{18^2 \times 10^{-4}} = 7.5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

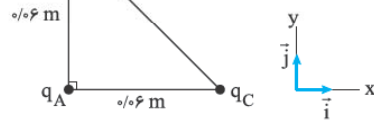
$$\Rightarrow \vec{E}_2 = +7.5 \times 10^3 \vec{i}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0$$

این یعنی این دو نیرو باید در خلاف جهت هم و هم‌اندازه باشند. چون نیروی میان  $q_1$  و  $q_2$  رابیشی است، پس نیروی بین  $q_1$  و  $q_2$  باید رانشی باشد، در نتیجه باید این دو بار هم‌علامت باشند، یعنی علامت بار  $q_2$  منفی است. از طرفی فاصله بار  $q_1$  از  $q_2$  بیشتر از فاصله  $q_2$  از  $q_1$  است. برای آن‌که این دو نیرو با هم هم‌اندازه باشند، باید اندازه بار  $q_1$  بزرگ‌تر باشد.

**مثال:** مطابق شکل زیر، سه ذره باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه  $ABC$  ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر ذره  $q_A$  را برحسب بردارهای یک‌ه تعیین کنید و اندازه آن را به دست آورید. ( $q_B = q_C = +3 \mu\text{C}$ ,  $q_A = +4 \mu\text{C}$ )

(تهری شهریور ۹۳ با کمی تغییر)



**پاسخ:**

$$F_{BA} = k \frac{|q_B||q_A|}{r_{BA}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{0.06^2} = 30 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{BA} = -30 \vec{j}$$

$$F_{CA} = k \frac{|q_C||q_A|}{r_{CA}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{0.06^2} = 30 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{CA} = -30 \vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{BA} + \vec{F}_{CA} = -30 \vec{i} - 30 \vec{j} \Rightarrow F_T = \sqrt{30^2 + 30^2} = 30\sqrt{2} \text{ N}$$

**میدان الکتریکی**

میدان الکتریکی هر بار الکتریکی به خاصیتی گفته می‌شود که آن بار در فضای پیرامون خود ایجاد و از طریق آن به بارهای اطراف خود نیروی الکتریکی وارد می‌کند و به صورت روبه‌رو تعریف می‌گردد:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

با توجه به تعریف، میدان الکتریکی کمیتی برداری است که بزرگی آن برابر  $E = \frac{F}{q_0}$

و واحد آن در SI به صورت نیوتون بر کولن (N/C) است. جهت میدان الکتریکی، همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون مثبت است.

**مثال:** بر بار الکتریکی آزمون  $+2 \text{ mC}$  در یک نقطه از یک میدان الکتریکی، نیرویی برابر  $5 \times 10^{-2} \text{ N}$  به طرف غرب وارد می‌شود. جهت و بزرگی میدان الکتریکی را در این نقطه تعیین کنید.

**پاسخ:** با توجه به رابطه  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ ، جهت میدان الکتریکی همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون مثبت یعنی غرب است.

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{5 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} = 25 \text{ N/C}$$

بزرگی میدان هم عبارت است از:

**میدان الکتریکی یک ذره باردار**

بزرگی میدان الکتریکی یک ذره باردار با بار  $q$  در فاصله  $r$  از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

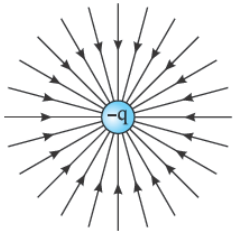
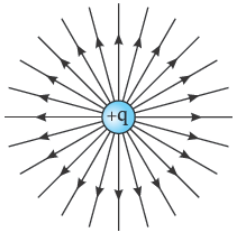
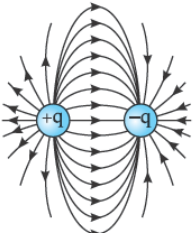
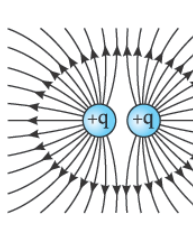
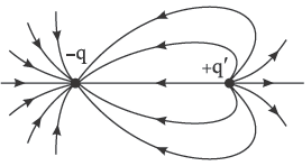
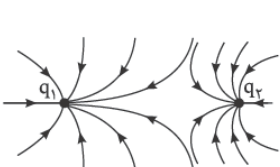
بزرگی (اندازه) میدان الکتریکی با اندازه بار، نسبت مستقیم و با مربع فاصله از آن، نسبت وارون دارد. همان‌طور که در رابطه بالا مشخص است، بزرگی میدان به اندازه بار آزمون بستگی ندارد. **نکته:** مولد واندوگراف وسیله‌ای است که به کمک آن می‌توان بار الکتریکی به وجود آورد.

### خطوط میدان الکتریکی

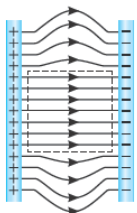
خطوط میدان الکتریکی، خط‌های جهت‌دار فرضی هستند که برای تجسم میدان الکتریکی ذره‌های باردار استفاده می‌گردند.

#### قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی:

- خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.
  - بردار میدان الکتریکی در هر نقطه مماس بر خط میدانی است که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط میدان هم‌جهت است.
  - در هر نقطه که میدان قوی‌تر است، خط‌های میدان به یکدیگر نزدیک‌تر و فشرده‌تر هستند.
  - خط‌های میدان هیچ‌گاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند، چرا که از هر نقطه از فضا فقط یک بردار میدان الکتریکی خالص می‌گذرد.
- نکته:** خط‌های میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند چرا که با قطع خطوط میدان در یک نقطه، در آن نقطه دو بردار میدان الکتریکی برآیند قابل ترسیم است. در حالی که از هر نقطه از فضا فقط یک بردار میدان الکتریکی عبور می‌کند.
- نمونه‌هایی از خطوط میدان الکتریکی در شکل زیر آمده است. توجه داشته باشید که تجسم واقعی خطوط میدان در فضا به صورت طرحی سه‌بعدی است.

خطوط میدان الکتریکی ذره‌های باردار	
	
خطوط میدان الکتریکی دو بار هم‌اندازه هم‌نام (راست) و غیرهم‌نام (چپ)	
	
خطوط میدان الکتریکی دو بار غیرهم‌اندازه هم‌نام (راست) و غیرهم‌نام (چپ)	
	

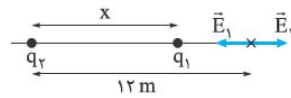
### میدان الکتریکی یکنواخت



میدان الکتریکی یکنواخت به میدانی گفته می‌شود که بردار میدان الکتریکی در تمام نقاط فضا با هم برابر باشند. در نتیجه همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، خطوط میدان الکتریکی یکنواخت، خطوطی مستقیم، موازی و هم‌فاصله هستند.

برای ایجاد میدان الکتریکی یکنواخت باید بارهای هم‌اندازه و غیرهم‌نام به دو صفحه رسانای تخت موازی با هم داده شود. این کار با وصل کردن دو صفحه تخت به دو سر یک مولد انجام می‌شود. در فضای درون دو صفحه و دور از لبه‌ها (که در شکل به صورت خط‌چین نشان داده شده است) میدان الکتریکی یکنواختی ایجاد می‌شود.

**مثال:** میدان الکتریکی حاصل از دو بار  $q_1 = -3 \mu\text{C}$  و  $q_2 = +27 \mu\text{C}$  در فاصله ۱۲ متری از بار  $q_2$  صفر است. فاصله دو بار الکتریکی از یکدیگر چند متر است؟

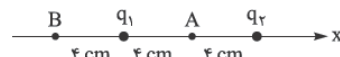


$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2 \Rightarrow E_1 = E_2$$

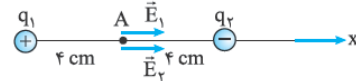
$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{(12-x)^2} = \frac{|q_2|}{12^2} \Rightarrow \frac{3}{(12-x)^2} = \frac{27}{12^2} \Rightarrow x = 8 \text{ m}$$

**نکته:** به دو بار الکتریکی ذره‌ای هم‌اندازه و غیرهم‌نام که در فاصله‌ای مشخص از یکدیگر ثابت شده‌اند، دوقطبی الکتریکی گفته می‌شود.

**مثال:** میدان الکتریکی خالص (برآیند) یک دوقطبی الکتریکی با بارهای  $q_1 = 4 \text{ nC}$  و  $q_2 = -4 \text{ nC}$  که در فاصله ۸ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند را در نقطه‌های A و B تعیین کنید.



**پاسخ:** میدان الکتریکی در نقطه A به صورت مقابل است:



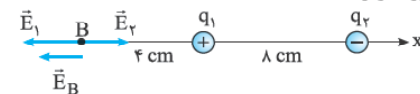
بارهای  $q_1$  و  $q_2$  هم‌اندازه هستند و فاصله آن‌ها تا نقطه A یکسان است:

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

چون  $\vec{E}_1$  و  $\vec{E}_2$  هم‌جهت هستند:

$$E_A = E_1 + E_2 = \frac{9}{2} \times 10^4 \text{ N/C}$$

میدان الکتریکی در نقطه B به صورت زیر است:



$$E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{4^2 \times 10^{-4}} = \frac{9}{4} \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{12^2 \times 10^{-4}} = \frac{1}{4} \times 10^4 \text{ N/C}$$

$\vec{E}_1$  و  $\vec{E}_2$  در خلاف جهت یکدیگر هستند و  $E_1 > E_2$  است:

$$E_B = E_1 - E_2 = \left(\frac{9}{4} - \frac{1}{4}\right) \times 10^4 = 2 \times 10^4 \text{ N/C}$$

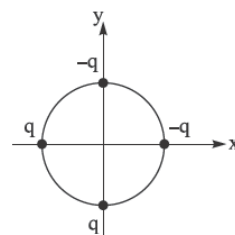
$\vec{E}_B$  هم‌جهت با  $\vec{E}_1$  است.

**مثال:** در شکل روبه‌رو، شعاع دایره یک متر و

$q = +5 \mu\text{C}$  است. میدان الکتریکی برآیند در

مرکز دایره را محاسبه و ترسیم کنید.

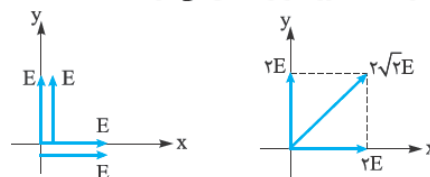
(ریاضی شوربهر ۸۸)



**پاسخ:** میدانی الکتریکی را که هر بار q در مرکز دایره ایجاد می‌کند، در نظر می‌گیریم که اندازه E برابر خواهد بود با:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6}}{1^2} = 45 \times 10^3 \text{ N/C}$$

با توجه به شکل، میدان الکتریکی برآیند به صورت زیر حاصل می‌شود:



$$E_T = \sqrt{(2E)^2 + (2E)^2} = 2\sqrt{2}E \Rightarrow E_T = 9\sqrt{2} \times 10^4 \text{ N/C}$$