

ساختار کتاب

کتاب شب امتحان فیزیک (۲) ریاضی 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 طبقه‌بندی شده: 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 درس خواندن قبل از امتحان و پاسخگویی به آزمون در زمان امتحان کمک می‌کند.

(ب) آزمون‌های طبقه‌بندی نشده: 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 طبقه‌بندی شده: 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 طبقه‌بندی نشده: 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) ریاضی نیاز دارید، تنها در ۱۷ 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.



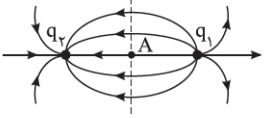

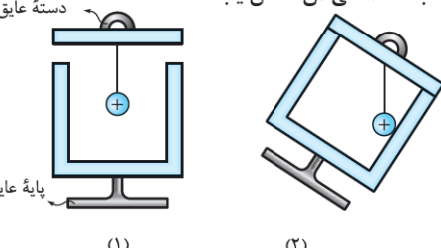
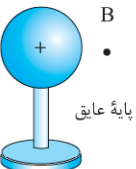
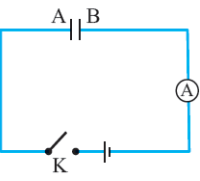
بازمبندی درس فیزیک ۲ ریاضی

فهرست

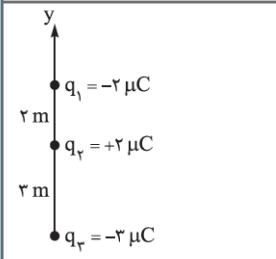
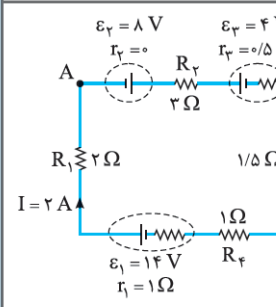
نوبت اول		نوبت دوم		شماره فصل
محتوای نظری	فعالیت و آزمایش	محتوای نظری	فعالیت و آزمایش	
۱۱	۲	۳/۷۵	۰/۷۵	اول
۵/۵	۱/۵	۲	۰/۵	دوم تا صفحه ۶۷ (ابتدای توان در مدارهای الکتریکی)
-	-	۲/۵	۰/۵	دوم از صفحه ۶۷ تا آخر فصل
-	-	۴/۵	۱	سوم
-	-	۳/۵	۱	چهارم
۲۰	۲۰			جمع

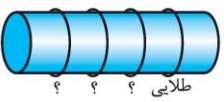
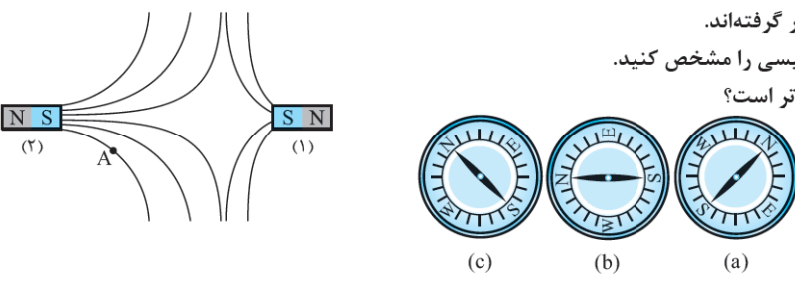
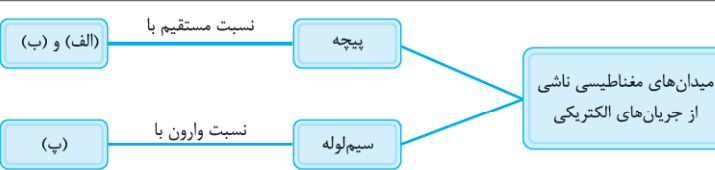
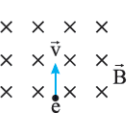
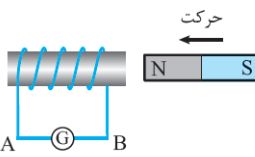
نوبت	آزمون	پاسخ‌نامه
اول	۳	۲۸
اول	۵	۲۹
اول	۷	۳۰
اول	۹	۳۱
دوم	۱۱	۳۲
دوم	۱۳	۳۳
دوم	۱۶	۳۳
دوم	۱۸	۳۴
دوم	۲۰	۳۵
دوم	۲۲	۳۶
دوم	۲۴	۳۷
دوم	۲۶	۳۸
		۴۰

درس‌نامه توپ برای شب امتحان

شماره	kheilisabz.com	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	رشته: ریاضی فیزیک	فیزیک (۲)
نوبت اول پایه یازدهم دوره متوسطه دوم		آزمون شماره ۱		
فصل اول				
۰/۷۵	<p>۱ در جمله‌های زیر، کلمه‌های مناسب را از پرانتز انتخاب نموده و در پاسخ‌برگ بنویسید. الف) در سری الکتروسیته مالشی خاصیت الکترون‌خواهی موادی که به انتهای (منفی - مثبت) سری نزدیک‌تر هستند، بیشتر است. 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.</p>			
۰/۷۵ ۰/۱۵	<p>۲ الف) توضیح دهید که چرا یک میلهٔ باردار می‌تواند خرده‌های کاغذ را برباید؟ ب) دو کارکرد الکتروسکوپ را نام ببرید.</p>			
۰/۷۵	<p>اغلب به سؤال از خطوط میدان الکتریکی در آزمون‌ها مطرح می‌شود. در پاسخ‌گویی به این‌گونه از سوالات دقت کنید که خطوط از چه نوع باری خارج و به چه نوع باری وارد می‌شوند.</p>		<p>۳ خط‌های میدان الکتریکی ناشی از دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 مطابق شکل روبه‌رو است: الف) نوع بار الکتریکی q_1 را تعیین کنید. ب) اندازهٔ بار الکتریکی دو ذره را با یکدیگر مقایسه کنید. پ) اگر بار الکتریکی مثبت در نقطهٔ A قرار گیرد، جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن را با رسم شکل نشان دهید.</p>	
۰/۷۵	<p>A → B و B → C و C → D مسیره‌های یکی از مسیره‌های انتخاب می‌کند. با انتخاب یکی از مسیره‌های انتخاب می‌کند.</p> 	<p>۴ الکترونی با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواختی مطابق شکل زیر حرکت می‌کند. با انتخاب یکی از مسیره‌های انتخاب می‌کند. الف) در مسیره انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون افزایش می‌یابد. ب) در مسیره کار انجام‌شده توسط نیروی الکتریکی مثبت است. پ) در مسیره پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.</p>		
۰/۷۵	<p>در آزمون‌ها طرح سؤال از آزمایش‌ها الزامی است. مثلاً این سؤال از آزمایش خارخاره طرح شده است که در متن کتاب به بررسی آن پرداخته شده است.</p>	<p>۵ یک گلولهٔ فلزی باردار مطابق شکل (۱)، توسط نخ‌ی عایق به درپوش فلزی جعبهٔ رسانای بدون باری وصل شده است. در شکل (۲)، جعبهٔ رسانا را کج می‌کنیم به طوری که گلوله به بدنهٔ داخلی آن تماس یابد.</p> 	<p>الف) وضعیت بار الکتریکی در گلولهٔ فلزی چگونه می‌شود؟ ب) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟</p>	
۱		<p>۶ در شکل روبه‌رو، ذره‌ای با بار منفی را از حالت سکون، از نقطهٔ A واقع در میدان الکتریکی اطراف کرهٔ باردار رها می‌کنیم. اگر ذره در مسیره A تا B به حرکت درآید: الف) در این جابه‌جایی کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟ ب) انرژی جنبشی ذرهٔ 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.</p>		
۰/۷۵	<p>متن کتاب را با دقت مطالعه کنید. بند الف و ب این سؤال براساس مطالب «باردار کردن خازن» در صفحه‌های ۳۲ و ۳۳ طرح شده است.</p> 	<p>۷ در شکل زیر، 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. مثبت - بیشتر از - برابر با - کم‌تر از - منفی الف) پس از وصل کلید، صفحهٔ B دارای بار می‌شود. ب) زمانی که ولتاژ دو سر باتری، ولتاژ دو سر خازن است، آمپرسنج عبور جریان را نشان نمی‌دهد. پ) بدون آن‌که خازن را از باتری جدا کنیم، صفحهٔ A را طوری بالا می‌بریم که نصف آن مقابل صفحهٔ B قرار گیرد، انرژی خازن در این حالت، انرژی خازن در حالت اولیه است.</p>		
۰/۷۵	<p>۸ دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = -2/5 \text{ mC}$ و $q_2 = +8 \text{ mC}$ در فاصلهٔ 30 m از یکدیگر قرار دارند. نوع و اندازهٔ نیروی الکتریکی برحسب نیوتون چیست؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$</p>			
۱/۱۵	<p>۹ دو بار نقطه‌ای $q_1 = +4 \text{ nC}$ و $q_2 = -6 \text{ nC}$ بر روی خط راستی به فاصلهٔ 6 cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. برای میدان الکتریکی حاصل از دو بار را در وسط خط واصل دو ذره به دست آورید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$</p>			

شماره	کheilisabz.com	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	رشته: ریاضی فیزیک	فیزیک (۲)
ردیف	آزمون شماره ۱			نوبت اول پایه یازدهم دوره متوسطه دوم
۱۰	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 $J \cdot 10^{-5} \cdot 4 -$ و $J \cdot 10^{-5} \cdot 5$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه $(V_B - V_A)$ چند ولت است؟	در حل این سؤال به این که $V_B - V_A$ فوخته شده یا $V_A - V_B$ دقت کنید.		
۱۱	دو صفحه مربعی شکل به ضلع 10 cm در فاصله 2 mm از یکدیگر قرار دارند. فضای بین دو صفحه از ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک ϵ_r پر شده است. ظرفیت خازن حاصل را محاسبه کنید. $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2})$	مسئله‌های مطرح شده در تمرین‌های پایان فصل، یکی از انتقابات‌های طراحان در طرح سؤال است.		
۱۲	جاهای خالی را با عبارتهای مناسب پر کنید و علت را به اختصار توضیح دهید. مطابق شکل، دو بار الکتریکی q_A و q_B در دو رأس مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقینی ثابت شده‌اند. با توجه به بردار میدان الکتریکی رسم شده در شکل، دو بار الکتریکی هستند و اندازه بار q_A از q_B است.			
۱۳	در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $2 \times 10^4 \text{ N/C}$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره بارداری به جرم 4 g معلق و در حال سکون قرار دارد. اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. $(g = 10 \text{ N/kg})$			
۱۴	به یک کره رسانا به شعاع 1 cm ، بار الکتریکی $1256 \mu\text{C}$ داده شده است. چگالی سطحی بار کره را حساب کنید.			
فصل دوم				
۱۵	مفاهیم زیر را تعریف کنید. (الف) جریان مستقیم (ب) سرعت سوق			
۱۶	درباره ترمیستورها به سؤالات زیر پاسخ دهید: (الف) تفاوت ترمیستورها با مقاومت‌های معمولی در چیست؟ (ب) دو وسیله را نام ببرید که از ترمیستورها در ساختمان آن‌ها استفاده شده است. (پ) دو شکل رایج ترمیستور چیست؟	بچه‌ها! بخش «مقاومت‌های خاص و دیورها» از بخش‌هایی است که طراحان عمداً از آن سؤال طرح فوخته‌کرد. پس با دقت این بخش را مطالعه کنید.		
۱۷	نمودار $V - I$ (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؟			
۱۸	با در اختیار داشتن وسایل زیر، آزمایشی طراحی کنید که به وسیله آن، دمای رشته سیم داخل لامپ روشن با ضریب دمایی معین را اندازه‌گیری نمایید. (شکل - شرح) وسایل: اهم‌متر - ولت‌سنج - آمپرسنج - دماسنج - لامپ - باتری - سیم‌های رابط	طراحی آزمایش براساس فرمول‌ها و روابط یکی از انتقابات‌های طراحان است.		
۱۹	در مدار شکل مقابل جریانی که از آمپرسنج می‌گذرد، 0.5 آمپر است. (الف) مقاومت R_1 چند اهم است؟ (ب) اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B $(V_B - V_A)$ چند ولت است؟			
۲۰	دانش‌آموزی پس از ثبت نتایج به دست آمده در طراحی یک آزمایش، نمودار تغییرات ولتاژ دو سر باتری برحسب جریان عبوری از آن را به صورت روبه‌رو رسم می‌کند. (الف) مقاومت داخلی این باتری چند اهم است؟ (ب) به کمک یک مقاومت، باتری، ولت‌سنج، آمپرسنج و کلید قطع و وصل، مدار ساده‌ای از این آزمایش را رسم کنید.	بچه‌ها! این هم سؤالی دیگر که براساس یک رابطه فیزیکی باید آزمایش طراحی کنید.		
۲۰	جمع نمرات	موفق باشید		

شماره	kheilisabz.com	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	رشته: ریاضی فیزیک	فیزیک (۲)										
نمره	نوبت دوم پایه یازدهم دوره متوسطه دوم			ردیف										
۱/۵	<p>به پرسش‌های زیر به صورت کوتاه پاسخ دهید.</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 چگونه تغییر می‌کند؟</p> <p>(ب) شکل مقابل، خطوط میدان الکتریکی را در قسمتی از فضای اطراف یک بار الکتریکی نشان می‌دهد. میدان الکتریکی را در نقاط A و B مقایسه کنید؟</p> <p>(پ) اگر یک رسانای خنثی منزوی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار داده شود، میدان خالص درون رسانا چگونه است؟</p> <p>(ت) در شکل روبه‌رو، مخروط فلزی بردار است. چگالی سطحی بار الکتریکی در نقاط A، B و C را مقایسه کنید.</p> <p>(ث) دو کاربرد الکتروسکوپ را فقط نام ببرید.</p>			۱										
۱/۵		<p>سه ذره بردار روی محور yها مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند. برایند نیروهای وارد بر بار q_3 را (در SI) برحسب بردارهای یکه محاسبه کنید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)</p>		۲										
۱	<p>دو صفحه رسانای موازی و هم‌اندازه به فاصله 0.2 m از هم واقع‌اند و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن‌ها 12 V است. یک ذره با بار الکتریکی $q = -2 \mu\text{C}$ از صفحه مثبت تا صفحه منفی جابه‌جا می‌شود.</p> <p>(الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره چند میکروژول تغییر می‌کند؟</p> <p>(ب) اندازه میدان الکتریکی بین دو صفحه را حساب کنید.</p>			۳										
۰/۷۵	<p>خازن تختی را به باتری وصل می‌کنیم و پس از پر شدن، از باتری 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 پاسخ‌برگ بنویسید.</p> <table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">B</td> <td style="width: 50%;">A</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> (۱) نصف می‌شود.</td> <td><input type="radio"/> (الف) بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> (۲) دو برابر می‌شود.</td> <td><input type="radio"/> (ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> (۳) ثابت می‌ماند.</td> <td><input type="radio"/> (پ) ظرفیت خازن</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> (۴) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.</td> <td></td> </tr> </table>			B	A	<input type="radio"/> (۱) نصف می‌شود.	<input type="radio"/> (الف) بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن	<input type="radio"/> (۲) دو برابر می‌شود.	<input type="radio"/> (ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن	<input type="radio"/> (۳) ثابت می‌ماند.	<input type="radio"/> (پ) ظرفیت خازن	<input type="radio"/> (۴) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.		۴
B	A													
<input type="radio"/> (۱) نصف می‌شود.	<input type="radio"/> (الف) بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن													
<input type="radio"/> (۲) دو برابر می‌شود.	<input type="radio"/> (ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن													
<input type="radio"/> (۳) ثابت می‌ماند.	<input type="radio"/> (پ) ظرفیت خازن													
<input type="radio"/> (۴) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.														
۱	<p>(الف) چرا همه چراغ‌های خودرو به طور موازی بسته می‌شوند؟</p> <p>(ب) قاعده انشعاب را بنویسید. این قاعده بیانی از پایداری بار است یا پایداری انرژی؟</p> <p>(پ) چرا از پلاتین در دماسنج مقاومتی استفاده می‌شود؟</p>			۵										
۱/۲۵	<p>مقاومت الکتریکی یک سیم در دمای 593 K برابر 22Ω است. اگر طول سیم $1/1 \text{ m}$ و سطح مقطع آن $3/4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ باشد:</p> <p>(الف) مقاومت ویژه سیم را در این دما محاسبه کنید.</p> <p>(ب) در چه دمایی مقاومت سیم برابر 44Ω می‌شود؟ ($\alpha = 2 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$)</p>			۶										
۱/۵		<p>در مدار شکل مقابل، شدت جریان در جهت نشان داده شده 2 A آمپر است.</p> <p>(الف) پتانسیل نقطه A چند ولت است؟</p> <p>(ب) توان مصرف‌شده در مقاومت R_3 چند وات است؟</p>		۷										

شماره	رشته: ریاضی فیزیک	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	فیزیک (۲)														
ردیف	آزمون شماره ۹			نوبت دوم پایه یازدهم دوره متوسطه دوم														
۸	با توجه به شکل روبه‌رو: الف) نوع مقاومت را بنویسید. ب) اگر اندازه این مقاومت 4600Ω باشد، با توجه به جدول، حلقه‌های ؟ را به ترتیب از چپ به راست مشخص کنید.	 <table border="1" data-bbox="279 392 1348 481"> <thead> <tr> <th>رنگ حلقه</th> <th>قهوه‌ای</th> <th>قرمز</th> <th>نارنجی</th> <th>زرد</th> <th>سبز</th> <th>آبی</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>عدد</th> <td>۱</td> <td>۲</td> <td>۳</td> <td>۴</td> <td>۵</td> <td>۶</td> </tr> </tbody> </table>			رنگ حلقه	قهوه‌ای	قرمز	نارنجی	زرد	سبز	آبی	عدد	۱	۲	۳	۴	۵	۶
رنگ حلقه	قهوه‌ای	قرمز	نارنجی	زرد	سبز	آبی												
عدد	۱	۲	۳	۴	۵	۶												
۹	الف) کدام دسته از مواد فرومغناطیس به آسانی آهن‌ریا می‌شوند. یک مثال از این مواد بزنید. ب) دوقطبی‌های مغناطیسی در کدام ماده دارای سمت‌گیری مشخص و منظمی نیستند؟ پ) کدام دسته از مواد اصلاً دوقطبی مغناطیسی ذاتی ندارند؟	۱																
۱۰	در شکل مقابل دو آهن‌ریای 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 آهن‌ریا قوی‌تر است؟ پ) کدام‌یک از شکل‌های مقابل جهت‌گیری عقربه مغناطیسی را در نقطه A درست نشان می‌دهد؟																	
۱۱	فعالیت یا آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم‌لوله حامل جریان الکتریکی مشاهده کرد.	۰/۲۵																
۱۲	نقشه مفهومی روبه‌رو را کامل کنید.																	
۱۳	در شکل روبه‌رو، الکترونی با بار $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و با تندی 2×10^6 متر بر ثانیه وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 500 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.																	
۱۴	درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید. الف) یکی از برتری‌های جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم، ساده‌تر بودن تبدیل ولتاژ در آن است. ب) برای کاهش اثر مزاحمتی القای متقابل در مدارهای الکتریکی، سطح القاگرهای مجاور را موازی با هم قرار می‌دهیم. پ) رایج‌ترین راه ایجاد جریان القایی، تغییر میدان مغناطیسی است. ت) در یک القاگر متصل به باتری، بخشی از انرژی‌ای که باتری به القاگر می‌دهد در مقاومت الکتریکی القاگر ذخیره می‌شود.	۱																
۱۵	الف) با ذکر دلیل تعیین کنید جهت جریان القایی در سیم AB به سمت راست است یا چپ؟ ب) اگر آهن‌ریا را با سرعت بیشتری به سیم‌لوله نزدیک کنیم، چه تغییری در جهت و اندازه جریان ایجاد می‌شود؟																	
۱۶	الف) شار مغناطیسی عبوری از یک سیم‌لوله که دارای 1000 حلقه است، با آهنگ $5 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}$ افزایش می‌یابد. بزرگی نیروی محرکه متوسط القاشده در سیم‌لوله چند ولت است؟ ب) در یک رسانای اهمی به مقاومت 20Ω ، جریان متناوبی با بیشینه نیروی محرکه 120 V می‌گذرد. اگر دوره تناوب این جریان 0.02 s باشد، معادله شدت جریان را برحسب زمان در SI بنویسید.	۱/۵																
۱۷	الف) دو روش برای افزایش ضریب القاوری سیم‌لوله بنویسید. ب) پیچچه اولیه یک مبدل آرماتی با N_1 دور سیم به یک مولد جریان متناوب و پیچچه ثانویه آن با N_2 دور سیم به یک مصرف‌کننده وصل شده است. اگر $N_1 > N_2$ باشد، این مبدل ولتاژ را افزایش می‌دهد یا کاهش؟ چرا؟	۱/۲۵																
۲۰	جمع نمرات	موفق باشید																

پاسخنامه تشریحی

آزمون شماره ۱ (نوبت اول)

- ۱- الف) منفی (ب) ظرفیت (پ) ولت بر متر
 ۲- الف) 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.
 (ب) ۱- تشخیص رسانا یا عایق بودن اجسام ۲- تشخیص باردار بودن یا نبودن یک جسم
 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) $\vec{E} \cdot \vec{F}_A$ (چون بار مثبت است، جهت \vec{E} و \vec{F} یکسان است. \vec{E} هم مماس بر خط میدان است.)
 ۴- الف) $A \rightarrow B$ (بار الکترون منفی است. با حرکت در جهت میدان الکتریکی، بار منفی افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی خواهد داشت.)
 (ب) $C \rightarrow D$ (با توجه به شکل و مثبت بودن اندازه α ، مقدار W_E مثبت خواهد بود):

(پ) $B \rightarrow C$ (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 داده شده 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

۸- جاذبه (چون بارها غیرهمنام هستند.)

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2/5 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^{-3}}{3^2} = 200 \text{ N}$$

۹- با توجه به علامت و اندازه‌های بارهای داده شده و به کمک شکل مقابل خواهیم داشت:

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

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

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

$$\Rightarrow E_T = (4 + 6) \times 10^4 = 10 \times 10^4 = 10^5 \text{ N/C}$$

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

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

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

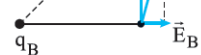
$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10 \times 10 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$C = 2/25 \times 10^{-10} \text{ F}$$

۱۲- ناهم نام - بزرگ‌تر

با تجزیه E به \vec{E}_A و \vec{E}_B درمی‌یابیم که $q_A < 0$ و $q_B > 0$ است. پس دو بار ناهم نام هستند. هر چه برداری بزرگ‌تر باشد، بردار برآیند به آن نزدیک‌تر است:

یعنی $E_A > E_B$. با توجه به رابطه $E = \frac{k|q|}{r^2}$ و یکسان بودن فاصله بارها از نقطه مورد نظر داریم: $|q_A| > |q_B|$



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 ($q < 0$).

$$\vec{\Sigma F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_E + \vec{W} = 0 \Rightarrow \vec{F}_E = -\vec{W} \Rightarrow F_E = W$$

$$\Rightarrow |q|E = mg$$

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

۱۴- مساحت کره از رابطه مقابل حاصل می‌شود:

$$A = 4\pi R^2 = 4 \times 3.14 \times (1.4 \times 10^{-4})^2 = 12/56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{|Q|}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{1256 \times 10^{-6}}{12/56 \times 10^{-4}} = 1 \text{ C/m}^2$$

۱۵- الف) جریان مستقیم جریانی است که در آن جهت جریان با زمان تغییر نمی‌کند و مقدار جریان ثابت می‌ماند.

(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 کمی تغییر می‌دهند و با سرعتی موسوم به سرعت سوق بر خلاف جهت میدان به طور آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند.

۱۶- الف) بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما

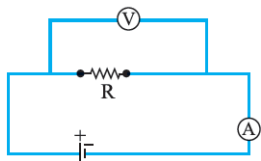
(ب) زنگ خطر آتش و دماپاها (پ) دیسکی و مهره‌ای

۱۷- با توجه به $R = \frac{V}{I}$ طبق نمودار چون شیب خط در رسانای B کم‌تر است، بنابراین

مقاومت کم‌تری دارد. با توجه به رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ مقاومت با سطح مقطع رابطه عکس دارد، پس رسانای B سطح مقطع بیشتری دارد.

۱۸- به کمک اهم‌متر، مقاومت الکتریکی رشته سیم داخل لامپ خاموش را اندازه می‌گیریم (R_1) و به کمک دماسنج، دمای اتاق (θ_1) را تعیین می‌کنیم، سپس با استفاده

از مدار شکل زیر و جای‌گذاری اعداد ولت‌سنج و آمپرسنج در رابطه $R_T = \frac{V}{I}$ مقاومت الکتریکی رشته سیم را در حالت روشن محاسبه می‌کنیم و در نهایت با استفاده از رابطه $R_T = R_1(1 + \alpha \Delta\theta)$ ، دمای رشته سیم در حالت روشن (θ_2) را به دست می‌آوریم.



۱۹- الف) به کمک قاعده حلقه و با یک دورزدن حلقه در جهت جریان (پادساعت‌گرد) خواهیم داشت:

$$+E_1 - IR_1 - IR_2 - IR_3 - IR_4 - IR_5 - IR_6 - IR_7 - IR_8 - IR_9 = 0$$

$$+12 - 0/5 \times 1 - 0/5 \times 2 - 0/5 \times 1/5 - 0/5 \times 0/5 - 4 - 0/5 \times 3 - 2 - 0/5 \times R_9 = 0$$

$$\Rightarrow R_9 = 4 \Omega$$

ب) با به کارگیری قاعده حلقه و با حرکت از B به A در مسیر بالایی مدار (جهت جریان) خواهیم داشت:

$$V_B - \varepsilon_3 - Ir_3 - IR_2 - \varepsilon_2 - V_A = 0$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = 4 + (0/5 \times 0/5 + 0/5 \times 3) + 2$$

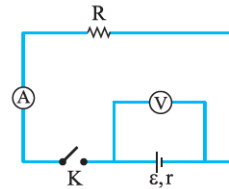
$$\Rightarrow V_B - V_A = 7/75 \text{ V}$$

۲۰- الف) به کمک قاعده حلقه و با توجه به رابطه $V = \varepsilon - Ir$ برای دو سر مولد خواهیم داشت:

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

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 8 = 14 - 3r$$

$$\Rightarrow r = 2 \Omega$$



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

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

آزمون شماره ۹ (نوبت دوم)

۱- الف) کاهش می‌یابد. $\Delta U = q\Delta V < 0$ $\Rightarrow \Delta V < 0$ $\Rightarrow q > 0$

ب) $E_B > E_A$

(فشاردهی بیشتر خطوط میدان یعنی قوی‌تر بودن میدان در آن نقطه (ناحیه))

پ) صفر

(میدان الکتریکی در داخل جسم رسانا صفر است.)

ت) $\sigma_A < \sigma_B < \sigma_C$

(چگالی سطحی در نقاط نوک‌تیزتر اجسام رسانا بیشتر است.)

ث) تعیین رسانا یا نارسانا بودن جسم و تعیین باردار بودن یک جسم.

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

$\vec{F}_{12} = +F_{12}\vec{j}, \vec{F}_{13} = -F_{13}\vec{j}$
 $F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} \Rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 2 \times 10^{-12}}{4} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$
 $F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \Rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 2 \times 10^{-12}}{9} = 6 \times 10^{-3} \text{ N}$
 $\vec{F}_T = (F_{12} - F_{13})\vec{j} \Rightarrow \vec{F}_T = 3 \times 10^{-3}\vec{j}$

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

ب) $E = \frac{V}{d} = \frac{12}{0.02} = 6 \times 10^2 \text{ V/m}$

۴- الف) ۳ ب) ۱ پ) ۲

۵- الف) در اتصال موازی، اگر یکی از چراغ‌ها بسوزد از بقیه چراغ‌ها جریان الکتریکی عبور می‌کند و روشن باقی می‌مانند.

ب) مجموع جریان‌هایی که به هر نقطه انشعاب مدار وارد می‌شود برابر با مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطه انشعاب خارج می‌شود. - پایستگی بار

پ) چون تقریباً دچار خوردگی نمی‌شود و نقطه ذوب بالایی دارد.

۶- الف) $R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow 22 = \rho \times \frac{1/1}{3/4 \times 10^{-6}}$

$\rho = 6/8 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$

ب) $R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$

$\Rightarrow 44 = 22 [1 + 2 \times 10^{-3} (T - 593)] \Rightarrow T = 1093 \text{ K}$

۷- الف) با اتصال نقطه‌ای از مدار به زمین، پتانسیل الکتریکی آن نقطه صفر می‌شود، به کمک قاعده حلقه و با حرکت از A به E از مسیر بالایی مدار خواهیم داشت:

$V_A + \varepsilon_2 - IR_2 - \varepsilon_3 - IR_3 - IR_4 = V_E$

$V_A + 8 - 6 - 4 - 1 - 3 = 0 \Rightarrow V_A = 6 \text{ V}$

$P = R_4 I^2 = 3 \times 2^2 = 12 \text{ W}$ ب)

۸- الف) ترکیبی

$R = ab \times 10^n$ ب) از چپ به راست به ترتیب: زرد، آبی و قرمز

کد رنگ دوم ← آبی

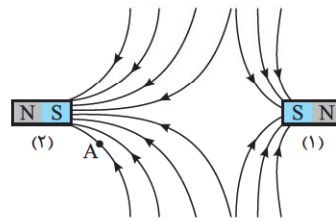
کد رنگ سوم ← قرمز $\rightarrow 4600 = 46 \times 10^2$

کد رنگ اول ← زرد

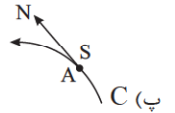
پ) $\frac{5}{100} \times 4600 = 5 \times 46 = 230 \Omega$

۹- الف) فرومغناطیس نرم - آهن خالص

ب) پارامغناطیس
پ) دیامغناطیس
۱۰- الف)



ب) فشردگی بیشتر خطوط میدان نشانگر قوی تر بودن میدان است. پس، میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب‌های آهن‌ربای (۲) قوی تر است.



۱۱- یک سیملوله را از یک صفحه مقوایی یا پلاستیکی عبور می‌دهیم و هنگامی که از سیملوله جریان الکتریکی می‌گذرد، بر روی مقوا براده آهن می‌پاشیم و به آهستگی به مقوا ضربه می‌زنیم. طرحی از خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از جریان در سیملوله روی مقوا تشکیل می‌شود.

۱۲- الف) جریان
ب) تعداد دور
پ) طول سیملوله

۱۳- الف) بزرگی نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\vec{v} \uparrow$$

$$\vec{B} \otimes$$

$$\vec{F} \rightarrow$$

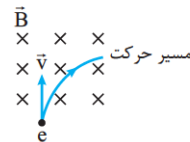
$$F = |q|vB \sin \theta$$

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

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

جهت نیروی وارد بر الکترون به کمک قاعده دست راست به دست می‌آید. تغییر 18° در جهت \vec{F} به دلیل منفی بودن علامت بار الکترون است.

ب)



۱۴- الف) درست
ب) نادرست

پ) نادرست
ت) نادرست

۱۵- الف) با نزدیک شدن آهن‌ربا به سیملوله، شار مغناطیسی عبوری از سیملوله، افزایش می‌یابد. طبق قانون لنز جریان القا می‌شود که با نزدیک شدن قطب N آهن‌ربا مخالفت کند. پس جهت جریان به راست خواهد بود. (از A به B)
ب) جهت جریان تغییر نمی‌کند اما اندازه آن بیشتر می‌شود.

۱۶- $|\vec{\mathcal{E}}| = \left| -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\vec{\mathcal{E}}| = 1000 \times 5 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-1}$

ب) $I_m = \frac{\mathcal{E}_m}{R} = \frac{120}{20} = 6 \text{ A}$

$\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2} = 100\pi$

$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t = 6 \sin 100\pi t$

۱۷- الف) با توجه به رابطه $L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$ برای افزایش ضریب القاوری:

۱- افزایش تعداد دورهای سیملوله ۲- کاهش طول سیملوله.

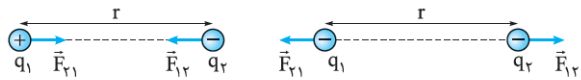
ب) کاهش - با توجه به رابطه $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$ چون $N_2 < N_1$ است، پس $V_2 < V_1$

خواهد شد. پس این مبدل ولتاژ را کاهش می‌دهد.

درس نامه توپ برای شب امتحان

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، هم اندازه، هم راستا و در جهت های مخالف یکدیگر است:

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



مثال: دو ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = +9 \text{ mC}$ و $q_2 = -18 \text{ nC}$ در فاصله ۳ سانتی متری از هم قرار گرفته اند. اندازه نیروی میان دو ذره را (برحسب نیوتون) محاسبه کنید و نوع نیروی میان این دو بار را تعیین کنید.

پاسخ: فاصله میان دو نقطه را برحسب متر به دست می آوریم:

$$r = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

اندازه نیروی میان دو ذره با توجه به رابطه کولن به صورت زیر است:

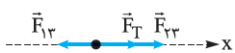
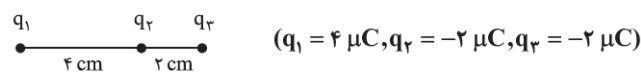
$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-3} \times 18 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-4}} = 1620 \text{ N}$$

به علت ناهم نام بودن بار ذره ها، نیروی الکتریکی میان دو ذره جاذبه (ربایشی) است.

اصل برهم نهی نیروهای کولنی

این اصل که از آزمایش نتیجه شده است، بیان می کند: با وجود تعداد زیادی ذره باردار، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برابند (جمع برداری) نیروهای است که هر یک از ذره های دیگر در غیاب سایر ذره ها، بر آن وارد می کنند.

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



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

$$\Rightarrow \vec{F}_{13} = -20 \hat{i}$$

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

$$\Rightarrow \vec{F}_{23} = +90 \hat{i}$$

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

با توجه به اصل برهم نهی:

مثال: دو بار نقطه ای q_1 و q_2 مطابق شکل در نقطه های A و B ثابت شده اند و

(ریاضی شورپور ۹۰)

q_3 در نقطه C در حال تعادل است؟

الف) نوع بار q_3 مثبت است یا منفی؟
ب) مقادیر $|q_1|$ و $|q_2|$ را مقایسه کنید.

پاسخ: الف) بار q_3 منفی است. ب) $|q_1| > |q_2|$

برای آن که برابند نیروهای وارد بر بار q_3 صفر شود، باید $\vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23}$ باشد. این یعنی این دو نیرو باید در خلاف جهت هم و هم اندازه باشند. چون نیروی میان q_1 و q_3 ربایشی است، پس نیروی بین q_2 و q_3 باید رانشی باشد، در نتیجه باید این دو بار هم علامت باشند؛ یعنی علامت بار q_3 منفی است. از طرفی فاصله بار q_1 از q_3 بیشتر از فاصله q_2 از q_3 است. برای آن که این دو نیرو با هم هم اندازه باشند، باید اندازه بار q_1 بزرگ تر باشد.

فصل ۱۰ الکتریسیته ساکن

واژه الکتریسیته از واژه یونانی **الکترون** گرفته شده است که به معنای کهر یا است. در مورد بار الکتریکی که یکای آن در SI کولن (C) است، دو اصل **پایستگی بار** و **کوانتیده بودن بار** وجود دارد.

اصل پایستگی بار الکتریکی: بنا بر اصل پایستگی بار، مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است؛ یعنی بار الکتریکی به وجود نمی آید و از بین نمی رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود.

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، هم اندازه و هم علامت می شوند و از رابطه زیر به دست می آیند:

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

اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی: بنا بر اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی، بار الکتریکی

همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است، یعنی: $q = \pm ne$, $n = 0, 1, 2, \dots$

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 شده اند. 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 می شود؟

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 (تریبو الکتریک) می توان مشخص کرد که در

مالش دو جسم کدام دارای بار الکتریکی مثبت و کدام دارای بار الکتریکی منفی می شود. در این سری هر چه ماده ای به انتهای منفی نزدیک تر باشد، خاصیت **الکترون خواهی** بیشتری دارد. در نتیجه، جسمی که به انتهای منفی سری نزدیک تر است، الکترون می گیرد و دارای بار منفی می شود و جسمی که به انتهای مثبت سری نزدیک تر است، الکترون از دست می دهد و دارای بار مثبت می گردد.

نکته: **الکتروسکوپ (برق نما)** ابزاری است که به کمک آن می توانیم موارد زیر را

تعیین کنیم:

۱) باردار بودن یک جسم

۲) رسانا یا عایق بودن یک جسم

قانون کولن

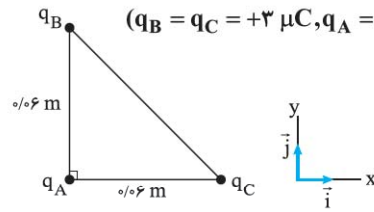
بیان قانون کولن: اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه ای که در راستای خط واصل آن ها اثر می کند، با حاصل ضرب بزرگی آن ها متناسب است و با مربع فاصله بین آن ها نسبت وارون دارد و از رابطه زیر به دست می آید:

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

در این رابطه k ثابت کولن است و اندازه آن $9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$ در نظر گرفته می شود.

بارهای q_1 و q_2 برحسب کولن (C) و r برحسب متر (m) هستند.

مثال: مطابق شکل زیر، سه ذره باردار در سه رأس مثلث قائم الزاویه ABC ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر ذره q_A را برحسب بردارهای یک‌جهت تعیین کنید و اندازه آن را به دست آورید. ($q_B = q_C = +3 \mu C, q_A = +4 \mu C$)
(تقریبی شهریور ۹۳ با 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. میدان الکتریکی به صورت مقابل 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 جهت آن، همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون مثبت است. با توجه به آن که F برحسب نیوتون و q_0 برحسب کولن است، واحد میدان الکتریکی در SI به صورت نیوتون بر کولن (N/C) 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.

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

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. **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 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.

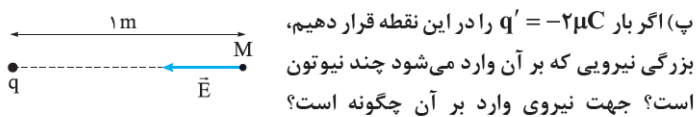
نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی

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 $F = |q|E$ 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 زیر، میدان الکتریکی بار q در نقطه M برابر 45000 N/C است. الف) اندازه بار q (برحسب میکروکولن) و علامت آن را تعیین کنید. $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$ ب) در چه فاصله‌ای از بار q ، میدان الکتریکی نصف می‌شود؟



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

پاسخ: الف) با توجه به آن که نیرویی که بار q بر بار آزمون مثبت وارد می‌کند، ربابشی است، پس علامت بار q منفی است. برای محاسبه اندازه بار داریم:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow 45000 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q|}{1^2} \Rightarrow |q| = 5 \times 10^{-6} = 5 \mu C$$

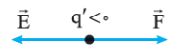
$$\Rightarrow q = -5 \mu C$$

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

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{4} = \left(\frac{1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow r_2 = \sqrt{2} \text{ m}$$

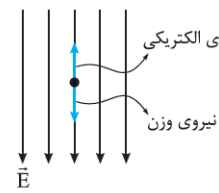
پ) $F = |q'|E \Rightarrow F = 2 \times 10^{-6} \times 45000 = 0.09 \text{ N}$

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



مثال: در آزمایش قطره روغن میلیکان، در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم رو به پایین به بزرگی 10^4 N/C قطره روغنی به جرم 52 pg در حال تعادل است. الف) با استدلال علامت بار قطره را تعیین کنید. ب) تعداد بار پایه موجود در این قطره را محاسبه کنید.

پاسخ: الف) قطره روغن در حال تعادل (به حالت معلق) است و نیروی وزن همواره رو به پایین است. پس باید نیروی الکتریکی (\vec{F}_E) مطابق شکل رو به بالا باشد. چون \vec{F}_E و \vec{E} در خلاف جهت یکدیگرند (با توجه به $\vec{F}_E = q\vec{E}$) پس علامت بار قطره منفی است.



ب) با توجه به هم‌اندازه بودن نیروی الکتریکی و وزن داریم:

$$|q|E = mg \Rightarrow |q| = \frac{mg}{E} = \frac{52 \times 10^{-12} \times 10^{-3} \times 10}{10^4} = 52 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$|q| = ne \Rightarrow 52 \times 10^{-18} = 1.6 \times 10^{-19} \times n$$

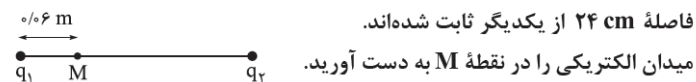
$$n = \frac{52 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = 325$$

با توجه به منفی بودن بار، قطره شامل ۳۲۵ الکترون است.

اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی

اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی نشان می‌دهد که میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه‌ای از فضا، برابر مجموع (جمع برداری) میدان‌هایی است که هر بار در نبود سایر بارها در آن نقطه از فضا ایجاد می‌کند.

مثال: دو بار الکتریکی $q_1 = -3 \text{ nC}$ و $q_2 = -27 \text{ nC}$ مطابق شکل زیر در فاصله 24 cm از یکدیگر ثابت شده‌اند.

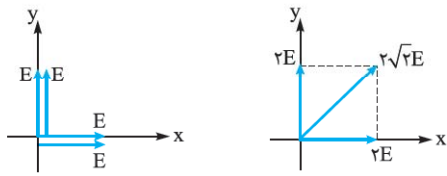


میدان الکتریکی را در نقطه M به دست آورید.

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

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6}}{1^2} = 4.5 \times 10^4 \text{ N/C}$$

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



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

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 شروع (خارج) و به بار منفی ختم (وارد) می‌شوند.
- 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 خالص قابل ترسیم است. در حالی که از هر نقطه از فضا فقط یک بردار میدان الکتریکی خالص عبور می‌کند. نمونه‌هایی از خطوط میدان الکتریکی در جدول زیر آمده است. توجه داشته باشید که تجسم واقعی خطوط میدان در فضا به صورت طراحی سه‌بعدی است.

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



$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{0.06^2} = 7.5 \times 10^6 \text{ N/C}$$

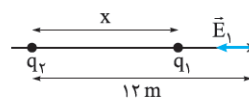
$$\Rightarrow \vec{E}_1 = -7.5 \times 10^6 \vec{i}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{27 \times 10^{-6}}{18^2 \times 10^{-4}} = 7.5 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_2 = +7.5 \times 10^6 \vec{i}$$

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

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؟



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

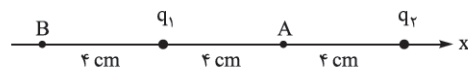
$$\Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2 \Rightarrow E_1 = E_2$$

با توجه به $\vec{E}_1 = -\vec{E}_2$ درمی‌یابیم که نقطه موردنظر باید روی خط وصل دو بار و خارج از دو بار قرار داشته باشد و به بار کوچک‌تر نزدیک‌تر باشد. برای تعیین فاصله نقطه موردنظر از $E_1 = E_2$ نتیجه می‌گیریم:

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

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

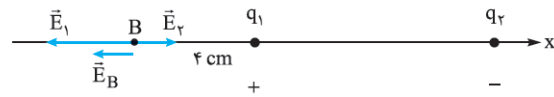
مثال: میدان الکتریکی خالص (برآیند) یک دوقطبی با بارهای $q_1 = +4 \text{ nC}$ و $q_2 = -4 \text{ nC}$ که در فاصله ۸ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند را در نقطه A و B تعیین کنید.



پاسخ: میدان الکتریکی در نقطه A به صورت روبه‌رو است: به دلیل یکسان بودن بارها و فاصله آن‌ها:

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{4^2 \times 10^{-4}} = \frac{9}{4} \times 10^4 \text{ N/C}$$

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:



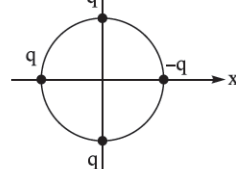
$$E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{4^2 \times 10^{-4}} = \frac{9}{4} \times 10^4 \text{ N/C}$$

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

\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 شهریور ۸۸)