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 شمارهٔ ۱ تا ۴ این کتاب مربوط به مباحث نوبت اول است که خودش به دو قسمت تقسیم می‌شود:

الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده: آزمون‌های شمارهٔ 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 شمارهٔ ۳ و ۴ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم تا دو آزمون نوبت اول مشابه آزمونی را که معلمتان از شما خواهد گرفت، ببینید.

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

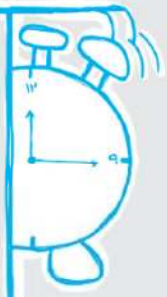
الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده: آزمون‌های شمارهٔ ۵ تا ۸ را که برای نوبت دوم طرح شده‌اند هم طبقه‌بندی کرده‌ایم. با این کار باز هم می‌توانید پس از خواندن هر فصل تعدادی سؤال مرتبط را پاسخ دهید. هر کدام از این آزمون‌ها هم، ۲۰ نمره دارند در واقع در این بخش، شما ۴ آزمون کامل را می‌بینید. این آزمون‌ها هم **نکات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

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

۳) پاسخ‌نامهٔ تشریحی آزمون‌ها: در پاسخ تشریحی آزمون‌ها تمام آن‌چه را که شما باید در امتحان بنویسید تا نمرهٔ کامل کسب کنید، برایتان نوشته‌ایم.

۴) درس‌نامهٔ کامل شب امتحانی: این قسمت برگ برندهٔ شما نسبت به کسانی است که این کتاب را نمی‌خوانند در این قسمت تمام آن‌چه را که شما برای گرفتن نمرهٔ 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

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

بارم‌بندی درس فیزیک ۲ تجربی

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

فیزیک (۲)	رشته: علوم تجربی	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com

ردیف	آزمون شمارهٔ ۱	نوبت اول پایهٔ یازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

فصل اول

۱ در جمله‌های زیر، کلمه‌های مناسب را از پرانتز انتخاب نموده و در پاسخ‌برگ بنویسید. **۰/۷۵**

الف) بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار که در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند، با مربع فاصلهٔ دو ذره از هم نسبت (مستقیم ـ وارون) دارد.

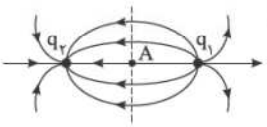
ب) با قراردادن دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن (میدان الکتریکی اولیه بین دو صفحه ـ ظرفیت) آن افزایش می‌یابد.

پ) یکی از یکاهایی که برای میدان الکتریکی به کار می‌رود (ولت بر متر ـ کولن بر ولت) است.

۲ توضیح دهید که چرا یک میلهٔ باردار می‌تواند خرده‌های کاغذ را برباید؟ **۰/۷۵**

پیچه‌ها این سؤال بر مبنای یکی از پرسش‌های تمرین‌های پایان فصل طرح شده است. به تمرین‌های پایان فصل فیلی با دقت توجه کنید.

۳ خط‌های میدان الکتریکی ناشی از دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 مطابق شکل روبه‌رو است: **۱**



پیچه‌ها از رسم خطوط میدان الکتریکی سؤال داده می‌شه. با دقت آن‌ها را بررسی کنید.

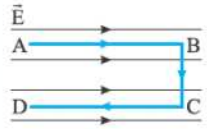
الف) نوع بار الکتریکی q_1 را تعیین کنید.

ب) اندازهٔ بار الکتریکی دو ذره را با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) اگر بار الکتریکی مثبتی در نقطهٔ A قرار گیرد، جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن را با رسم شکل نشان دهید.

۴ الکترونی با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواختی مطابق شکل زیر حرکت می‌کند. با انتخاب یکی از مسیرهای $D \to C$ و $C \to B$ و $B \to A$ جاهای خالی را در متن زیر کامل کنید. **۰/۷۵**

در پاسخ به این نوع از سؤال‌ها به علامت بار دقت کنید.



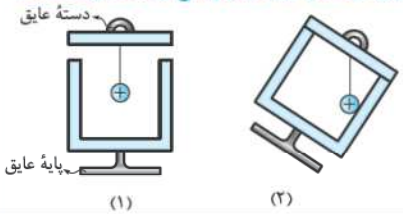
الف) در مسیر ..... انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون افزایش می‌یابد.

ب) در مسیر ..... کار انجام‌شده توسط نیروی الکتریکی مثبت است.

پ) در مسیر ..... پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.

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. **۰/۷۵**

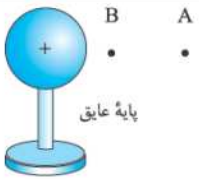
از آزمایش‌های کتاب درسی هتماً سؤال خواهید داشت. مثلاً این سؤال از آزمایش فاراده که در متن کتاب درسی شرح آن آمده، طراحی شده است.



الف) وضعیت بار الکتریکی در گلولهٔ فلزی چگونه می‌شود؟

ب) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟

۶ در شکل روبه‌رو، ذره‌ای با بار منفی را از حالت سکون، از نقطهٔ A واقع در میدان الکتریکی اطراف کرهٔ باردار رها می‌کنیم. **۱**



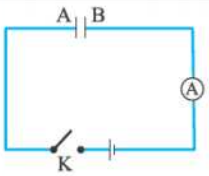
اگر ذره در مسیر A تا B به حرکت درآید:

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.

۷ 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. **۰/۷۵**



مثبت ـ بیشتر از ـ برابر با ـ کم‌تر از ـ منفی

الف) پس از وصل کلید، صفحهٔ 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، 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.

۸ دو بار الکتریکی $q_1 = -3\ nC$ و $q_2 = +4\ nC$ در فاصلهٔ $2\ m$ از یکدیگر قرار دارند. اندازهٔ نیرویی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، چند میلی‌نیوتون است؟ $\left(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}\right)$ **۰/۷۵**

۹ دو بار نقطه‌ای $q_1 = +4\ nC$ و $q_2 = -6\ nC$ بر روی خط راستی به فاصلهٔ ۶ سانتی‌متر از یکدیگر ثابت شده‌اند. برایند میدان الکتریکی حاصل از دو بار را در وسط خط واصل دو ذره به دست آورید. $\left(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}\right)$ **۲**

۱۰ در یک میدان الکتریکی، بار $q = +3\ \mu C$ از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل بار در نقطه‌های A و B به ترتیب $-4\times10^{-5}\ J$ و $5\times10^{-5}\ J$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطهٔ $(V_B - V_A)$ چند ولت است؟ **۱**

در این نوع از سؤال‌ها توجه کنید که طراح $V_B - V_A$ را خواسته یا $V_A - V_B$؟

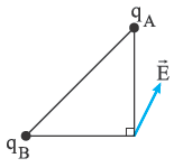
۱۱ دو صفحهٔ رسانای مربعی‌شکل به ضلع $10\ cm$ در فاصلهٔ $2\ mm$ از یکدیگر قرار دارند. فضای بین دو صفحه از ماده‌ای با ضریب دی‌الکتریک ۵ پُر شده است. ظرفیت خازن حاصل را محاسبه کنید. $\left(\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2}\right)$ **۱**

فیزیک (۲)	رشته: علوم تجربی	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com

ردیف	آزمون شمارهٔ ۱	نوبت اول پایهٔ یازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

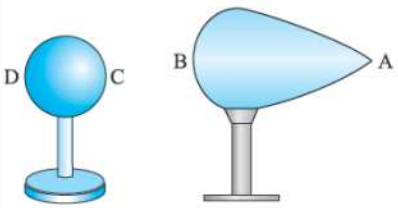
۱۲ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر و دلیل خود را به اختصار بیان کنید. **۱**

مطابق شکل، دو بار الکتریکی q_A و q_B در دو رأس مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقینی ثابت شده‌اند. با توجه به بردار میدان الکتریکی رسم‌شده در شکل، دو بار الکتریکی ..... هستند و اندازهٔ بار q_A از q_B ..... است.



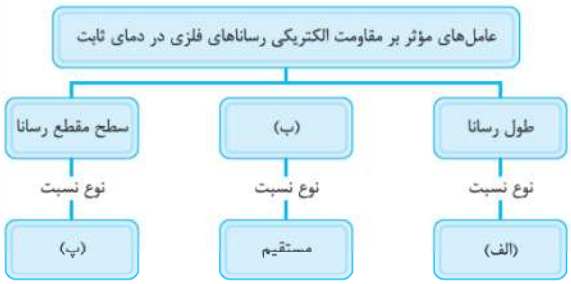
۱۳ در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $2\times10^4\ N/C$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذرهٔ بارداری به جرم $4\ g$ معلق و در حال سکون قرار دارد. اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. $(g = 10\ N/kg)$ **۱/۵**

۱۴ در شکل مقابل به دو جسم رسانا بار الکتریکی داده‌ایم. تراکم بار و پتانسیل الکتریکی را در هر جسم جداگانه در نقاط داده‌شده با یکدیگر مقایسه کنید. **۱**



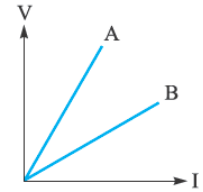
فصل دوم

۱۵ در نقشهٔ مفهومی مقابل، به جای حروف (الف)، (ب) و (پ) عبارت مناسب بنویسید. **۰/۷۵**

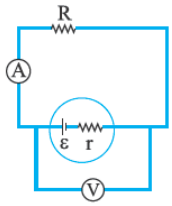


۱۶ الف) جریان الکتریکی متوسط را تعریف کنید. ب) سرعت سوق چیست؟ **۱**

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 کدام‌یک از رساناها سطح مقطع بزرگ‌تری دارند؟ **۰/۷۵**



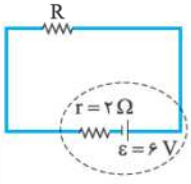
۱۸ در مدار روبه‌رو اگر مقاومت R را افزایش دهیم، عددهایی که ولت‌سنج و آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهند چه تغییری می‌کنند؟ (با ذکر دلیل) **۱**



۱۹ در مدار شکل روبه‌رو آمپرسنج عدد $0/5\ A$ را نشان می‌دهد. **۱**

الف) مقاومت R چند اهم است؟

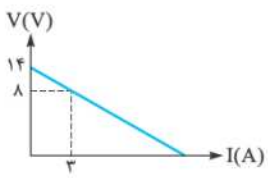
ب) اختلاف پتانسیل دو سر R چند ولت است؟



۲۰ دانش‌آموزی پس از ثبت نتایج به دست آمده در طراحی یک آزمایش، نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولد برحسب جریان عبوری از آن را به صورت روبه‌رو رسم می‌کند. **۱/۵**

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.



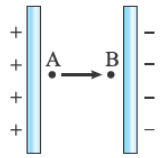
۲۰	موفق باشید	جمع نمرات

فیزیک (۲)	رشته: علوم تجربی	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com

ردیف	آزمون شمارهٔ ۹	نوبت دوم پایهٔ یازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

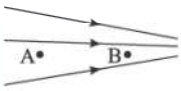
۱ با توجه به متن‌های زیر، گزینهٔ مناسب را انتخاب کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. — نمره: ۱

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.

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 E_A و E_B نشان دهیم:

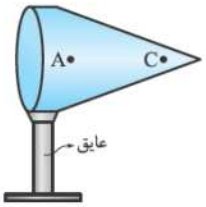


۱) $E_B > E_A$ ۲) $E_B = E_A$ ۳) $E_B < E_A$

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.

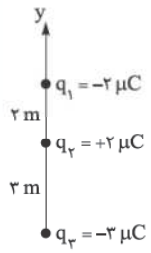
ت) تراکم بار در نقاط A و C چگونه است؟



۱) $A < C$
۲) $A = C$
۳) $A > C$

۲ چرا در فلاش دوربین‌ها از خازن استفاده می‌شود؟ — نمره: ۰/۵

۳ سه ذرهٔ باردار روی محور yها مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند. برایند نیروهای وارد بر بار q_2 را (در SI) برحسب بردارهای یکه محاسبه کنید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$ — نمره: ۱/۷۵



۴ دو صفحهٔ رسانای موازی و هم‌اندازه به فاصلهٔ $0/02\,m$ از هم واقع‌اند و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن‌ها $12\,V$ است. یک ذره با بار الکتریکی $q = -2\,\mu C$ از صفحهٔ مثبت تا صفحهٔ منفی جابه‌جا می‌شود. — نمره: ۱

الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره چند میکروژول تغییر می‌کند؟

ب) اندازهٔ میدان الکتریکی بین دو صفحه را حساب کنید.

۵ خازن تختی را به مولد وصل می‌کنیم و پس از پرشدن، از مولد جدا کرده و سپس فاصلهٔ صفحه‌های خازن را نصف می‌کنیم. — نمره: ۰/۷۵

در جدول زیر، هر عبارت از ستون A به یک عبارت از ستون B مرتبط است. آن‌ها را مشخص کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید.

ستون A	ستون B
الف) بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن	۱) نصف می‌شود.
ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن	۲) دو برابر می‌شود.
پ) ظرفیت خازن	۳) ثابت می‌ماند.
	۴) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.

۶ الف) چرا همهٔ چراغ‌های خودرو به طور موازی بسته می‌شوند؟ — نمره: ۱/۷۵

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؟

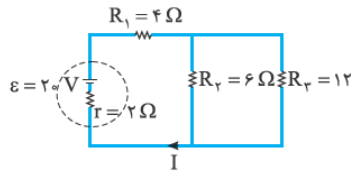
۷ مقاومت الکتریکی یک سیم برابر $22\,\Omega$ است. اگر طول سیم $1/1\,m$ و سطح مقطع آن $3/4\times10^{-6}\,m^2$ باشد: — نمره: ۱/۲۵

الف) مقاومت ویژهٔ سیم را در این دما محاسبه کنید.

ب) اگر جریان $I = 2\,A$ از این سیم عبور کند، انرژی مصرفی آن در مدت ۲ دقیقه چند ژول است؟

فیزیک (۲)	رشته: علوم تجربی	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	
ردیف	آزمون شمارهٔ ۹	نوبت دوم پایهٔ یازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم		نمره

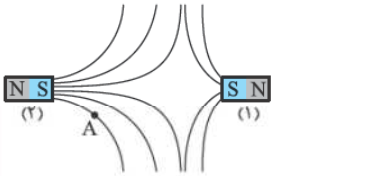
۸ در مدار شکل مقابل: **۱/۵**



الف) جریان I چند آمپر است؟

ب) توان مصرفی مقاومت R_1 چند وات است؟

۹ در شکل مقابل دو آهن‌ربای میله‌ای (۱) و (۲) در مقابل هم قرار گرفته‌اند. **۱**

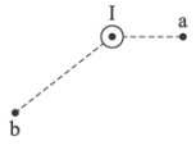


الف) با انتقال شکل به پاسخ‌برگ جهت خط‌های میدان مغناطیسی را مشخص کنید.

ب) میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب‌های کدام آهن‌ربا قوی‌تر است؟

پ) کدام‌یک از شکل‌های مقابل جهت‌گیری عقربهٔ مغناطیسی را در نقطهٔ A درست نشان می‌دهد؟

۱۰ بردار میدان مغناطیسی ناشی از یک سیم بسیار بلند حامل جریان (برون‌سو) را در نقاط نشان داده شده مشخص کنید. **۰/۵**



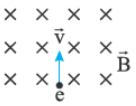
۱۱ فعالیت یا آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم‌لولهٔ حامل جریان الکتریکی مشاهده کرد. **۰/۷۵**

۱۲ الف) اندازهٔ میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله با جریان عبوری از آن چه رابطه‌ای دارد؟ **۲**

ب) تفاوت مواد دیامغناطیس و پارامغناطیس در چیست؟

پ) دو مادهٔ دیامغناطیس و دو مادهٔ پارامغناطیس و دو مادهٔ فرومغناطیس سخت نام ببرید؟

۱۳ در شکل روبه‌رو، الکترونی با بار $-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولن و با سرعت ۲×۱۰^{۶} متر بر ثانیه وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۵۰۰ گاوس می‌شود. **۱/۲۵**



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. **۱**

الف) یکی از برتری‌های جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم، ساده‌تر بودن تبدیل ولتاژ در آن است.

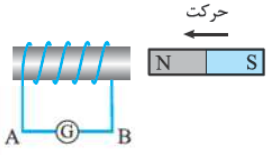
ب) یکای وبر بر ثانیه معادل ولت است.

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.

۱۵ الف) با ذکر دلیل تعیین کنید جهت جریان القایی در سیم AB به سمت راست است یا چپ؟ **۱/۲۵**

ب) اگر آهن‌ربا را با سرعت بیشتری به سیم‌لوله نزدیک کنیم، چه تغییری در جهت و اندازهٔ جریان ایجاد می‌شود؟



۱۶ الف) شار مغناطیسی عبوری از یک سیم‌لوله که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، با آهنگ $۵\times۱۰^{-۴}\ Wb/s$ افزایش می‌یابد. بزرگی نیروی محرکهٔ القاشده در سیم‌لوله چند ولت است؟ **۱/۵**

ب) در یک رسانای اهمی به مقاومت ۲۰ Ω، جریان متناوبی با بیشینهٔ نیروی محرکهٔ ۱۲۰ V می‌گذرد. اگر دورهٔ تناوب این جریان ۰/۰۲ s باشد، معادلهٔ شدت جریان را برحسب زمان در SI بنویسید.

۱۷ الف) ضریب القاوری یک القاگر به چه عواملی وابسته است؟ **۱/۲۵**

ب) یکای ضریب القاوری در SI چیست؟

	موفق باشید	جمع نمرات ۲۰

پاسخ‌نامهٔ تشریحی

آزمون شمارهٔ ۱ (نوبت اول)

۱- الف) واروُن ب) ظرفیت پ) ولت بر متر

۲- با نزدیک‌شدن میلهٔ باردار به خرده‌های کاغذ، باری مخالف با بار میله در دیوارهٔ نزدیک‌تر خرده‌های کاغذ قطبیده می‌شود. در نتیجه میان میلهٔ باردار و کاغذ ربایشی ایجاد می‌شود و میله کاغذ را می‌رباید.

۳- الف) مثبت (با توجه به خارج‌شدن 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 مثبت‌بودن اندازهٔ $\cos\alpha$، مقدار W_E مثبت خواهد بود):

D $\vec{d}$ C, $\vec{F}_B$

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 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 کرهٔ باردار حرکت کرده است.

۷- الف) منفی ب) برابر با پ) کم‌تر از

۸- $F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9\times10^{+9}\times\frac{3\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{4}$

$= 27\times10^{-3}\,N = 27\,mN$

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

q_1 — $\vec{E}_1$ — M — $\vec{E}_2$ — q_2 — x

$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9\times10^9\times\frac{4\times10^{-9}}{3^2\times10^{-4}} = 4\times10^4\ N/C$

$E_2 = 9\times10^9\times\frac{6\times10^{-9}}{3^2\times10^{-4}} = 6\times10^4\ N/C$

$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_T = E_1 + E_2 \Rightarrow E_T = (4+6)\times10^4 = 10^5\ N/C$

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

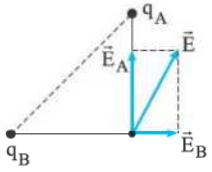
$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q}$

$V_B - V_A = \frac{5\times10^{-5} - (-4\times10^{-5})}{3\times10^{-6}} = 30\ V$

۱۱-

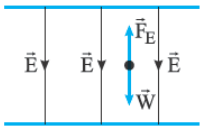
$C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d} \Rightarrow C = 5\times9\times10^{-12}\times\frac{10\times10\times10^{-4}}{2\times10^{-3}} = 2/25\times10^{-10}\ F$

۱۲- ناهم‌نام ـ بزرگ‌تر



با تجزیهٔ $\vec{E}$ 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 برایند به آن نزدیک‌تر است؛ یعنی $E_A > E_B$. با توجه به یکسان‌بودن فاصلهٔ بارها از نقطهٔ موردنظر: $|q_A| > |q_B|$.

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 ($q < 0$).



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

$\Rightarrow |q| = \frac{4\times10^{-3}\times10}{2\times10^4} = 2\,\mu C \Rightarrow q = -2\,\mu C$

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

دربارهٔ مقایسهٔ پتانسیل نقاط داریم: $V_A = V_B$ ، $V_C = V_D$

۱۵- با توجه به رابطهٔ $R = \rho\frac{L}{A}$ خواهیم داشت:

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

۱۶- الف) به نسبت $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ (بار خالص عبوری از هر مقطع رسانا در بازهٔ زمانی Δt) 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 رابطهٔ $R = \rho_0\frac{L}{A}$ مقاومت با سطح مقطع رابطهٔ عکس دارد، رسانای B سطح مقطع بیشتری دارد.

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

$I = \frac{\varepsilon}{r+R}$ $0/5 = \frac{6}{2+R} \Rightarrow R = 10\,\Omega$

ب) $V = \varepsilon - rI = 6 - 2\times0/5 = 5\,V$

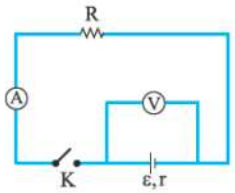
۲۰- الف) با توجه به رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$ برای دو سر مولد خواهیم داشت:

$I = 0 \Rightarrow V = \varepsilon = 14\,V$

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

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

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



آزمون شمارهٔ ۹ (نوبت دوم)

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

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

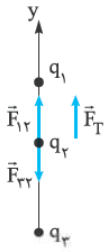
ب) گزینهٔ «۱» فشردگی بیشتر خطوط میدان یعنی قوی‌تر بودن میدان در آن نقطه (ناحیه)

پ) گزینهٔ «۱» میدان الکتریکی در داخل جسم رسانا صفر است.

ت) گزینهٔ «۱» $(A<C)$ تراکم بار در نقاط نوک‌تیز اجسام رسانا بیشتر است.

۲- چون خازن‌ها برخلاف باتری‌ها می‌توانند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی که موردنیاز در فلاش‌زدن هست، آماده کنند.

۳- با توجه به علامت بارها نیروهای وارد بر بار $q_۲$ به صورت زیر است:



$$\vec{F}_{12} = +F_{12}\vec{j}\ ,\ \vec{F}_{32} = -F_{32}\vec{j}$$

$$F_{12} = k\frac{|q_1\times q_2|}{r_{12}^2} \Rightarrow F_{12} = 9\times10^9\times\frac{2\times2\times10^{-12}}{4} = 9\times10^{-3}\ N$$

$$F_{32} = k\frac{|q_3\times q_2|}{r_{32}^2} \Rightarrow F_{32} = 9\times10^9\times\frac{3\times2\times10^{-12}}{9} = 6\times10^{-3}\ N$$

$$\vec{F}_T = (F_{12}-F_{32})\vec{j} \Rightarrow \vec{F}_T = 3\times10^{-3}\vec{j}$$

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

ب) $E = \frac{V}{d} = \frac{12}{0/02} = 6\times10^2\ V/m$

۵- الف) ۳ (ثابت می‌ماند.) ب) ۱ (نصف می‌شود.)

پ) ۲ (دو برابر می‌شود.)

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

ب) هنگامی که مقدار جریان عبوری از مقطع سیم ثابت بماند و جهت جریان با زمان تغییری نکند.

پ) مقاومت لامپ خاموش را با اهم‌سنج می‌توان اندازه‌گیری 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 می‌یابد.

۷- الف) $R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow ۲۲ = \rho\times\frac{1/1}{3/4\times10^{-6}} \quad \rho = 6/8\times10^{-5}\ \Omega.m$

ب) $U = RI^2t \Rightarrow U = 22\times3^2\times120 \Rightarrow U = 10560\ J$

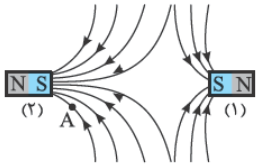
۸- الف) $R_{23} = \frac{R_2R_3}{R_2+R_3} = \frac{6\times12}{6+12} = 4\ \Omega$

$$R_{eq} = R_1 + R_{23} = 4+4 = 8\ \Omega$$

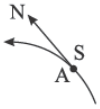
$$I = \frac{\varepsilon}{r+R_{eq}} = \frac{20}{2+8} = 2\ A$$

ب) $P_1 = I^2R_1 \Rightarrow P_1 = 2^2\times4 = 16\ W$

۹- الف)

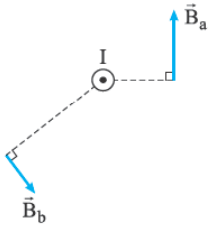


ب) فشردگی بیشتر خطوط میدان نشانگر قوی‌تر بودن میدان است. پس، آهن‌ربای (۲) قوی‌تر است.



پ) بردار میدان در نقطهٔ A به صورت شکل مقابل است. پس عقربهٔ مغناطیسی c جهت میدان در نقطهٔ A را درست نشان می‌دهد.

۱۰-



۱۱- یک سیم‌لوله را از یک صفحهٔ مقوایی یا پلاستیکی عبور می‌دهیم و هنگامی که از سیم‌لوله جریان الکتریکی می‌گذرد، بر روی مقوا برادهٔ 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) رابطهٔ مستقیم

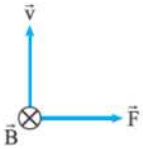
ب) مواد دیامغناطیس دوقطبی مغناطیسی ذاتی ندارند.

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

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

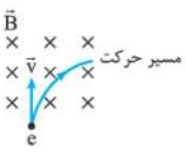
$$F = qvB\sin\theta = 1/6\times10^{-19}\times2\times10^6\times500\times10^{-4}\times1$$

$$\Rightarrow F = 1/6\times10^{-14}\ N$$



جهت نیروی وارد بر الکترون به کمک قاعدهٔ دست راست به دست می‌آید. تغییر 180° در جهت $\vec{F}$ به دلیل منفی‌بودن علامت بار الکترون است.

ب)



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

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

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

۱۶-

الف) $|\varepsilon| = |-N\frac{d\varphi}{dt}| \Rightarrow |\varepsilon| = ۱۰۰۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۴} = ۵ \times ۱۰^{-۱} V$

ب) $I_m = \frac{\varepsilon_m}{R} = \frac{۱۲۰}{۲۰} = ۶ A$

$\frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۰/۰۲} = ۱۰۰\pi \, rad/s \qquad I = I_m \sin\frac{۲\pi}{T} t = ۶\sin ۱۰۰\pi t$

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

ب) هانری (H)

درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان

فصل ۱: الکتریسیتهٔ ساکن

واژهٔ الکتریسیته از واژهٔ یونانی **الکترون** گرفته شده است که به معنی کهربا است.

در مورد بار الکتریکی که یکای آن در SI کُولن (C) است دو اصل **پایستگی بار** و **کوانتیده‌بودن بار** وجود دارد.

اصل پایستگی بار: بنا بر اصل پایستگی بار، مجموع جبری همهٔ 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 رابطهٔ زیر به دست می‌آیند:

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

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

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

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

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

مثال **دو کرهٔ فلزی یکسان دارای بار الکتریکی $q_1 = 12\,nC$ و $q_2 = -4\,nC$ روی دو پایهٔ عایق نصب شده‌اند. هرگاه 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 کرهٔ (۲) به کرهٔ (۱) منتقل می‌شود؟**

پاسخ با توجه به اصل پایستگی بار الکتریکی داریم:

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

$$\Delta q = q - q_2 = 4 - (-4) = 8\,nC$$

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

نکته به کمک سری **الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)** 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: ۱ باردار بودن یک جسم، ۲ نوع بار یک جسم و ۳ رسانا یا عایق‌بودن یک جسم را تعیین کنیم.

نیروی الکتریکی و قانون کولن

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

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

در این رابطه k ثابت کولن است و اندازهٔ آن $9 \times 10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$ در نظر گرفته می‌شود. بارهای q_1 و q_2 برحسب کولن (C) و r برحسب 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. همان‌گونه که در شکل زیر نشان داده شده است، با توجه به قانون سوم نیوتون، نیروی الکتریکی میان دو ذرهٔ 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 $q_1 = +9\,mC$ و $q_2 = -18\,nC$ به فاصلهٔ $30\,cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. نوع و اندازهٔ نیروی میان دو ذره (برحسب نیوتون) را تعیین کنید.**

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

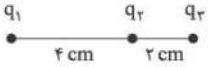
$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-3} \times 18 \times 10^{-9}}{(0/3)^2} = 16/2\,N$$

برایند نیروهای الکتریکی

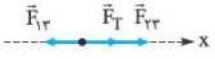
در صورتی که تعدادی ذرهٔ باردار داشته باشیم، نیروهای الکتریکی وارد بر هر کدام از ذره‌ها، برایند (جمع برداری) نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر به تنهایی بر آن ذره وارد می‌کند.

مثال **در شکل زیر نیروی وارد بر بار q_2 را به دست آورید.** *(تجربی دی ۹۲)*

$(q_1 = 4\,\mu C, q_2 = -2\,\mu C, q_3 = -2\,\mu C)$



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



$$F_{12} = k\frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{6^2 \times 10^{-4}} = 20\,N \Rightarrow \vec{F}_{12} = -20\vec{i}$$

$$F_{23} = k\frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{3^2 \times 10^{-4}} = 90\,N \Rightarrow \vec{F}_{23} = +90\vec{i}$$

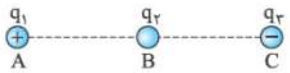
برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_2 عبارت است از:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} = +70\vec{i}$$

مثال **دو بار نقطه‌ای q_2 و q_1 مطابق شکل در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند و q_3 در نقطهٔ C در حال تعادل است.** *(ریاضی شهریور ۹۰)*

الف) نوع بار q_2 مثبت است و یا منفی؟

ب) مقادیر $|q_1|$ و $|q_2|$ را مقایسه کنید.



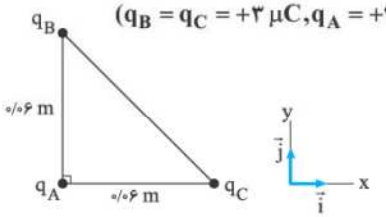
پاسخ الف) بار q_2 منفی است.

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

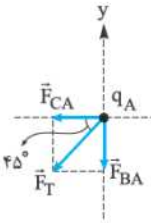
این یعنی این دو نیرو باید در خلاف جهت هم و هم‌اندازه باشند. چون نیروی میان q_1 و q_2 ربایشی است، پس نیروی بین q_2 و q_3 باید رانشی باشد، در نتیجه باید این دو بار هم‌علامت باشند، یعنی علامت بار q_2 منفی است. از طرفی فاصلهٔ بار q_1 از q_3 بیشتر از فاصلهٔ q_2 از q_3 است. برای آن‌که این دو نیرو با هم هم‌اندازه باشند، باید اندازهٔ بار q_1 بزرگ‌تر باشد.

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

(تجربی شهریور ۹۳ با کمی تغییر)



پاسخ



$$F_{BA} = k\frac{|q_B||q_A|}{r_{BA}^2} = 9\times10^9 \times \frac{3\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{0/06^2} = 30\ N$$

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

$$F_{CA} = k\frac{|q_C||q_A|}{r_{CA}^2} = 9\times10^9 \times \frac{3\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{0/06^2} = 30\ N$$

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

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

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 **بار الکتریکی آزمون $+2\ mC$ در یک نقطه از یک میدان الکتریکی، نیرویی برابر $5\times10^{-2}\ N$ به طرف غرب وارد می‌شود. جهت و بزرگی میدان الکتریکی را در این نقطه تعیین کنید.**

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

بزرگی میدان هم عبارت است از:

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{5\times10^{-2}}{2\times10^{-3}} = 25\ N/C$$

میدان الکتریکی یک ذرهٔ باردار

بزرگی میدان الکتریکی یک ذرهٔ باردار با بار q در فاصلهٔ r از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

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

بزرگی (اندازهٔ) میدان الکتریکی با اندازهٔ بار، نسبت مستقیم و با مربع فاصله از آن، نسبت وارون دارد. همان‌طور که در رابطهٔ بالا مشخص است، بزرگی میدان به اندازهٔ 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 دورشدن از بار الکتریکی، اندازهٔ میدان الکتریکی آن کاهش می‌یابد؟**

پاسخ دو شمع روشن را در فاصله‌های متفاوتی از یک مولد واندوگراف روشن قرار می‌دهیم. مشاهده می‌کنیم که شعلهٔ شمع نزدیک‌تر به سمت کلاهک مولد انحراف بیشتری پیدا می‌کند. علت آن است که بار منفی بزرگ ایجادشده در کلاهک مولد، یون‌های مثبت درون شعلهٔ شمع نزدیک‌تر را بیشتر به سمت خود می‌کشد و در نتیجه میدان الکتریکی در نقاط نزدیک‌تر، قوی‌تر و در نقاط دورتر، ضعیف‌تر است.

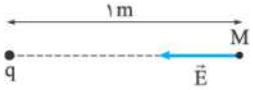
نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی

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

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

بزرگی این نیرو از رابطهٔ $F = |q|E$ 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، اندازهٔ میدان الکتریکی بار q در نقطهٔ M برابر $45000\ N/C$ 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 $q' = -2\mu C$ 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 آن‌که نیروی وارد بر بار آزمون مثبت، ربایشی است، پس علامت بار q منفی است. برای محاسبهٔ اندازهٔ بار داریم:

$$E = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow 45000 = 9\times10^9 \times \frac{|q|}{1^2}$$

$$\Rightarrow |q| = 5\times10^{-6}\ C = 5\ \mu C \Rightarrow q = -5\ \mu C$$

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

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

پ) $F = |q'|E \Rightarrow F = 2\times10^{-6}\times45000 = 0/09\ N$

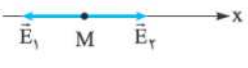
چون علامت بار q' منفی است، پس با توجه به $\vec{F} = q'\vec{E}$، $\vec{F}$ خلاف جهت $\vec{E}$ است:

برایند میدان‌های الکتریکی

برای یافتن میدان الکتریکی خالص حاصل از چند ذرهٔ 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 $q_1 = -3\ nC$ و $q_2 = -27\ nC$ مطابق شکل مقابل در فاصلهٔ ۲۴ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را در نقطهٔ M به دست آورید.**

پاسخ



$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9\times10^9 \times \frac{3\times10^{-9}}{0/06^2} = 7/5\times10^3\ N/C$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1 = -7/5\times10^3\,\vec{i}$$

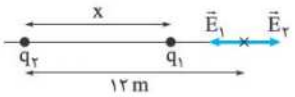
$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow E_2 = 9\times10^9 \times \frac{27\times10^{-9}}{18^2\times10^{-4}} = 7/5\times10^3\ N/C$$

$$\Rightarrow \vec{E}_2 = +7/5\times10^3\,\vec{i}$$

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

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

پاسخ

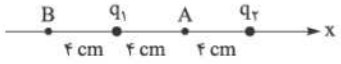


$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2 \Rightarrow E_1 = E_2$$

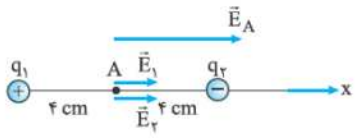
$$E = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{(12-x)^2} = \frac{|q_2|}{12^2} \Rightarrow \frac{3}{(12-x)^2} = \frac{27}{12^2} \Rightarrow x = 8\ m$$

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 (برایند) یک دوقطبی الکتریکی با بارهای $q_1 = 4\ nC$ و $q_2 = -4\ nC$ که در فاصلهٔ ۸ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند را در نقطه‌های **A** و **B** تعیین کنید.



پاسخ میدان الکتریکی در نقطهٔ A به صورت مقابل است:



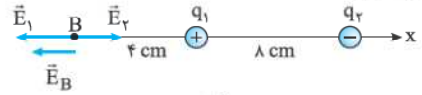
بارهای q_1 و q_2 هم‌اندازه هستند و فاصلهٔ آن‌ها تا نقطهٔ A یکسان است:

$$E_1 = E_2 = \frac{k|q|}{r^2} = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-9}}{4^2\times10^{-4}} = \frac{9}{4}\times10^4\ N/C$$

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

$$E_A = E_1 + E_2 = \frac{9}{2}\times10^4\ N/C$$

میدان الکتریکی در نقطهٔ B به صورت زیر است:



$$E_1 = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-9}}{4^2\times10^{-4}} = \frac{9}{4}\times10^4\ N/C$$

$$E_2 = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-9}}{12^2\times10^{-4}} = \frac{1}{4}\times10^4\ N/C$$

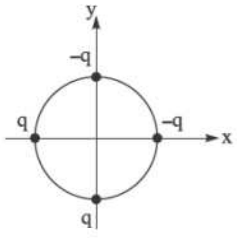
$\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ در خلاف جهت یکدیگر هستند و $E_1 > E_2$ است:

$$E_B = E_1 - E_2 = (\frac{9}{4} - \frac{1}{4})\times10^4 = 2\times10^4\ N/C$$

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

مثال در شکل روبه‌رو، شعاع دایره یک متر و $q = +5\ \mu C$ است. میدان الکتریکی برایند در مرکز دایره را محاسبه و ترسیم کنید.

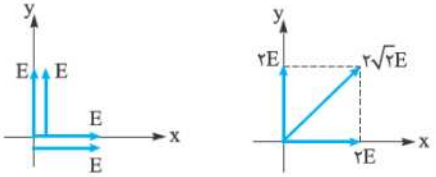
(ریاضی شهریور ۸۸)



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

$$E = k\frac{|q|}{r^2} = 9\times10^9 \times \frac{5\times10^{-6}}{1^2} = 45\times10^3\ N/C$$

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



$$E_T = \sqrt{(2E)^2 + (2E)^2} = 2\sqrt{2}E \Rightarrow E_T = 9\sqrt{2}\times10^4\ N/C$$

خطوط میدان الکتریکی

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

قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی:

۱ خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.

۲ بردار میدان الکتریکی در هر نقطه مماس بر خط میدانی است که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط میدان هم‌جهت است.

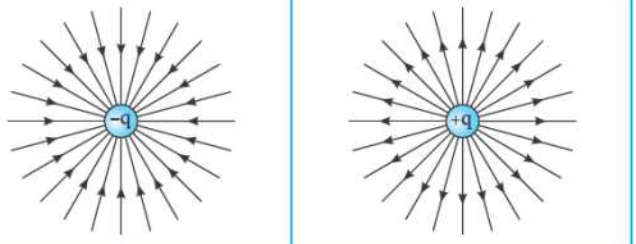
۳ در هر نقطه که میدان قوی‌تر است، خط‌های میدان به یکدیگر نزدیک‌تر و فشرده‌تر هستند.

۴ خط‌های میدان هیچ‌گاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند، چرا که از هر نقطه از فضا فقط یک بردار میدان الکتریکی خالص می‌گذرد.

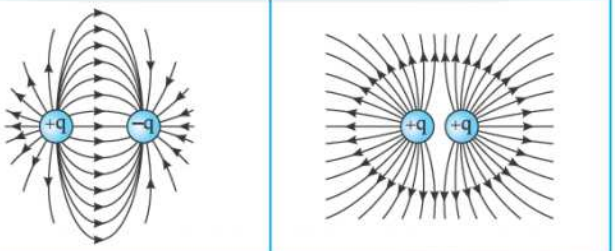
نکته خط‌های میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند چرا که با قطع خطوط میدان در یک نقطه، در آن نقطه دو بردار میدان الکتریکی برایند قابل ترسیم است. در حالی که از هر نقطه از فضا فقط یک بردار میدان الکتریکی عبور می‌کند.

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.

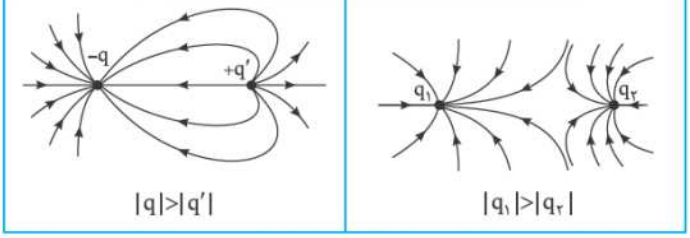
خطوط میدان الکتریکی ذره‌های باردار



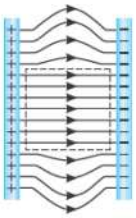
خطوط میدان الکتریکی دو بار هم‌اندازهٔ همنام (راست) و غیرهمنام (چپ)



خطوط میدان الکتریکی دو بار غیرهم‌اندازهٔ 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 صفحهٔ رسانای تخت موازی با هم داده شود. این کار با وصل‌کردن دو صفحهٔ 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.