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 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، ۲۰نمره‌ای 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:

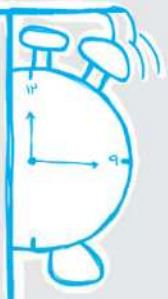
الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده: آزمون‌های شمارهٔ ۵ تا ۸ را که برای نوبت دوم طرح شده‌اند هم طبقه‌بندی کرده‌ایم. با این کار باز هم می‌توانید پس از خواندن هر فصل تعدادی سؤال مرتبط را پاسخ دهید. هر کدام از این آزمون‌ها هم، ۲۰ نمره دارند در واقع در این بخش، شما ۴ آزمون کامل را می‌بینید. این آزمون‌ها هم **نکات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



فهرست

	نوبت	آزمون	پاسخ‌نامه
آزمون شمارهٔ ۱ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۳	۲۸
آزمون شمارهٔ ۲ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۵	۲۹
آزمون شمارهٔ ۳ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۷	۳۰
آزمون شمارهٔ ۴ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۹	۳۱
آزمون شمارهٔ ۵ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۱	۳۲
آزمون شمارهٔ ۶ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۳	۳۳
آزمون شمارهٔ ۷ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۶	۳۳
آزمون شمارهٔ ۸ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۸	۳۴
آزمون شمارهٔ ۹ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۰	۳۵
آزمون شمارهٔ ۱۰ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۲	۳۶
آزمون شمارهٔ ۱۱ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۴	۳۷
آزمون شمارهٔ ۱۲ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۶	۳۸
درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان			۴۰

بارم‌بندی درس فیزیک ۲ ریاضی

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

فیزیک (۲)	رشته: ریاضی فیزیک	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) در سری الکتریسیتهٔ مالشی خاصیت الکترون‌خواهی موادی که به انتهای (منفی ــ مثبت) سری نزدیک‌تر هستند، بیشتر است.

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

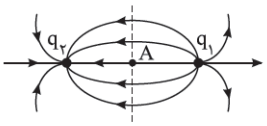
پ) یکی از یکاهایی که برای میدان الکتریکی به کار می‌رود (ولت بر متر ــ کولن بر ولت) است.

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

ب) دو کارکرد الکتروسکوپ را نام ببرید. **۰/۵**

بچه‌ها!!! براساس پرسش‌های مطرح‌شده در تمرین‌های پایان فصل سؤال مطرح می‌شود پرسش‌های پایان فصل را با دقت بررسی کنید.

۳ خط‌های میدان الکتریکی ناشی از دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 مطابق شکل روبه‌رو است: **۰/۷۵**



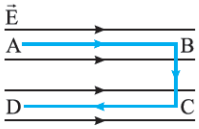
الف) نوع بار الکتریکی q_1 را تعیین کنید.

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.

اغلب یه سؤال از خطوط میدان الکتریکی در آزمون‌ها مطرح می‌شه. در پاسخ‌گویی به این‌گونه از سؤالات دقت کنید که خطوط از چه نوع باری خارج و به چه نوع باری وارد می‌شوند.

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



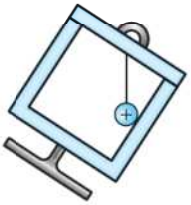
الف) در مسیر ..... انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون افزایش می‌یابد.

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**

(۱)



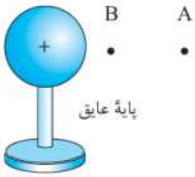
(۲)

الف) وضعیت بار الکتریکی در گلولهٔ فلزی چگونه می‌شود؟

ب) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟

در آزمون‌ها طرح سؤال از آزمایش‌ها الزامی است. مثلاً این سؤال از آزمایش فاراده طرح شده است که در متن کتاب به بررسی آن پرداخته شده است.

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 مسیر A تا B به حرکت درآید: **۱**

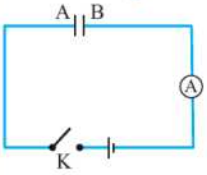


الف) در این جابه‌جایی کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟

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 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. **۰/۷۵**



متن کتاب را با دقت مطالعه کنید. بند الف و ب این سؤال براساس مطالب «باردارکردن خازن» در صفحه‌های ۳۲ و ۳۳ طرح شده است.

مثبت ــ بیشتر از ــ برابر با ــ کم‌تر از ــ 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.

۸ دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = -2/5\ mC$ و $q_2 = +8\ mC$ در فاصلهٔ $30\ m$ از یکدیگر قرار دارند. نوع و اندازهٔ نیروی الکتریکی برحسب نیوتون چیست؟ $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$ **۰/۷۵**

۹ دو بار نقطه‌ای $q_1 = +4\ nC$ و $q_2 = -6\ nC$ بر روی خط راستی به فاصلهٔ $6\ cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. برایند میدان الکتریکی حاصل از دو بار را در وسط خط واصل دو ذره به دست آورید. $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$ **۱/۵**

بچه‌ها این سؤال مشابه یکی از مثال‌های حل‌شدهٔ متن کتاب درسی. مثال‌های حل‌شدهٔ کتاب رو مطالعه کنید.

فیزیک (۲)	رشته: ریاضی فیزیک	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	
ردیف	آزمون شمارهٔ ۱	نوبت اول پایهٔ یازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم		نمره

۱۰ در یک میدان الکتریکی، بار $q = +۳\ \mu C$ از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل بار در نقطه‌های A و B به ترتیب $-۴\times۱۰^{-۵}\ J$ و $۵\times۱۰^{-۵}\ J$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطهٔ $(V_B - V_A)$ چند ولت است؟ — ۰/۷۵

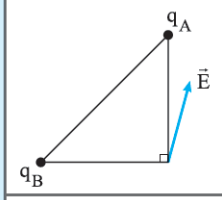
در حل این سؤال به این که $V_B - V_A$ خواسته شده یا $V_A - V_B$ دقت کنید.

۱۱ دو صفحهٔ مربعی‌شکل به ضلع ۱۰ cm در فاصلهٔ ۲ mm از یکدیگر قرار دارند. فضای بین دو صفحه از ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک ۵ پُر شده است. ظرفیت خازن حاصل را محاسبه کنید. $(\varepsilon_۰ = ۹\times۱۰^{-۱۲}\ \frac{C^۲}{N.m^۲})$ — ۰/۷۵

مسئله‌های مطرح‌شده در تمرین‌های پایان فصل، یکی از انتخاب‌های طراحان در طرح سؤال است.

۱۲ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید و علت را به اختصار توضیح دهید. — 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 $۲\times۱۰^{۴}\ N/C$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذرهٔ بارداری به جرم ۴ g معلق و در حال سکون قرار دارد. اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. $(g = ۱۰\ N/kg)$ — ۱

۱۴ به یک کرهٔ رسانا به شعاع ۱ cm، بار الکتریکی ۱۲۵۶ μC داده شده است. چگالی سطحی بار کره را حساب کنید. — ۱

فصل دوم

۱۵ مفاهیم زیر را تعریف کنید. — ۱

الف) جریان مستقیم

ب) سرعت سوق

۱۶ دربارهٔ ترمیستورها به سؤالات زیر پاسخ دهید: — ۱/۵

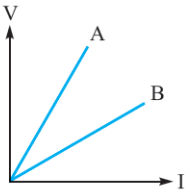
الف) تفاوت ترمیستورها با مقاومت‌های معمولی در چیست؟

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 دیودها» از بخش‌هایی است که طراحان حتماً از آن سؤال طرح خواهند کرد. 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 کدام‌یک از رساناها سطح مقطع بزرگ‌تری دارند؟ — ۰/۷۵



۱۸ با در اختیار داشتن وسایل زیر، آزمایشی طراحی کنید که به وسیلهٔ آن، دمای رشتهٔ سیم داخل لامپ روشن با ضریب دمایی معین را اندازه‌گیری نمایید. (شکل ـ شرح) — ۱

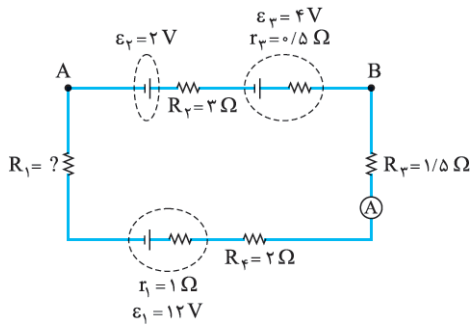
وسایل: اهم‌متر ـ ولت‌سنج ـ آمپرسنج ـ دماسنج ـ لامپ ـ باتری ـ سیم‌های رابط

طراحی آزمایش براساس فرمول‌ها و روابط یکی از انتخاب‌های طراحان است.

۱۹ در مدار شکل مقابل جریانی که از آمپرسنج می‌گذرد، ۰/۵ آمپر است. — ۱/۵

الف) مقاومت $R_۱$ چند اهم است؟

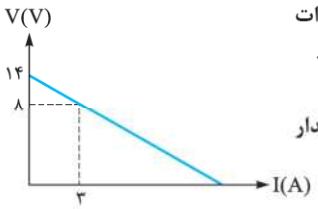
ب) اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B $(V_B - V_A)$ چند ولت است؟



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. — ۱/۵

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 رابطهٔ فیزیکی باید آزمایش طراحی کنید.

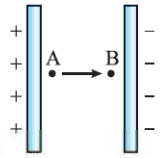
موفق باشید	جمع نمرات	۲۰

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

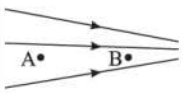
۱ (۱/۵)

به پرسش‌های زیر به صورت کوتاه پاسخ دهید.

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؟

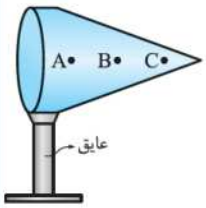


ب) شکل مقابل، خطوط میدان الکتریکی را در قسمتی از فضای اطراف یک بار الکتریکی نشان می‌دهد. میدان الکتریکی را در نقاط A و B مقایسه کنید؟



پ) اگر یک رسانای خنثی منزوی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار داده شود، میدان خالص درون رسانا چگونه است؟

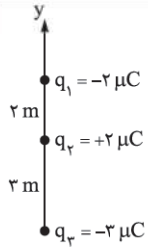
ت) در شکل روبه‌رو، مخروط فلزی باردار است. چگالی سطحی بار الکتریکی در نقاط C، B و A را مقایسه کنید.



ث) دو کاربرد الکتروسکوپ را فقط نام ببرید.

۲ (۱/۵)

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. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۳ (۱)

دو صفحهٔ رسانای موازی و هم‌اندازه به فاصلهٔ ۰/۰۲ m از هم واقع‌اند و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن‌ها ۱۲ V است. یک ذره با بار الکتریکی $q = -2\ \mu C$ از صفحهٔ مثبت تا صفحهٔ منفی جابه‌جا می‌شود.

الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره چند میکروژول تغییر می‌کند؟

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

۴ (۰/۷۵)

خازن تختی را به باتری وصل می‌کنیم و پس از پرشدن، از باتری جدا کرده و سپس فاصلهٔ 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.

A	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.

۵ (۱)

الف) چرا همهٔ چراغ‌های خودرو به طور موازی بسته می‌شوند؟

ب) قاعدهٔ انشعاب را بنویسید. این قاعده بیانی از پایستگی بار است یا پایستگی انرژی؟

پ) چرا از پلاتین در دماسنج مقاومتی استفاده می‌شود؟

۶ (۱/۲۵)

مقاومت الکتریکی یک سیم در دمای ۵۹۳ K برابر ۲۲Ω است. اگر طول سیم ۱/۱ m و سطح مقطع آن $3/4\times10^{-6}\ m^2$ باشد:

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

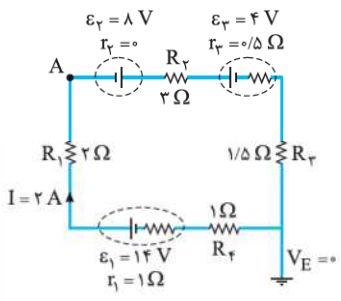
ب) در چه دمایی مقاومت سیم برابر ۴۴ Ω می‌شود؟ $(\alpha \simeq 2\times10^{-3}\ K^{-1})$

۷ (۱/۵)

در مدار شکل مقابل، شدت جریان در جهت نشان داده شده ۲ آمپر است.

الف) پتانسیل نقطهٔ A چند ولت است؟

ب) توان مصرف‌شده در مقاومت R_2 چند وات است؟



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

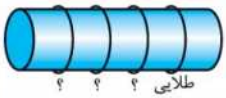
ردیف	آزمون شمارهٔ ۹	نوبت دوم پایهٔ یازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

۸ (۱/۵)

با توجه به شکل روبه‌رو:

الف) نوع مقاومت را بنویسید.

ب) اگر اندازهٔ این مقاومت $۴۶۰۰\ \Omega$ باشد، با توجه به جدول، حلقه‌های ؟ را به ترتیب از چپ به راست مشخص کنید.



رنگ حلقه	قهوه‌ای	قرمز	نارنجی	زرد	سبز	آبی
عدد	۱	۲	۳	۴	۵	۶

پ) اگر تلرانس رنگ طلایی ۵٪ باشد، حداکثر مقدار انحراف از مقدار دقیق مقاومت چند اهم است؟

۹ (۱)

الف) کدام دسته از مواد فرومغناطیس به آسانی آهن‌ربا 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؟

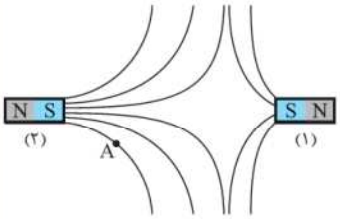
۱۰ (۰/۷۵)

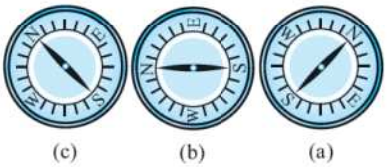
در شکل مقابل دو آهن‌ربای میله‌ای (۱) و (۲) در مقابل هم قرار گرفته‌اند.

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

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

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



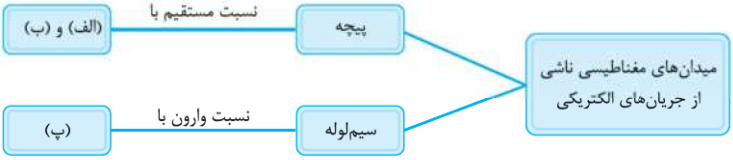


۱۱ (۰/۷۵)

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

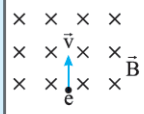
۱۲ (۱/۲۵)

نقشهٔ مفهومی روبه‌رو را کامل کنید.



۱۳ (۱/۲۵)

در شکل روبه‌رو، الکترونی با بار $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولن و با تندی ۲×۱۰^{۶} متر بر ثانیه وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۵۰۰ گاؤس 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 (۱)

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.

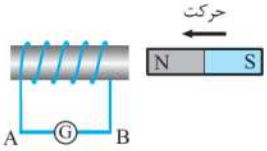
پ) رایج‌ترین راه ایجاد جریان القایی، تغییر میدان مغناطیسی است.

ت) در یک القاگر متصل به باتری، بخشی از انرژی‌ای که باتری به القاگر می‌دهد در مقاومت الکتریکی القاگر ذخیره می‌شود.

۱۵ (۱/۲۵)

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

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



۱۶ (۱/۵)

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

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

۱۷ (۱/۲۵)

الف) دو روش برای افزایش ضریب القاوری سیملوله بنویسید.

ب) پیچهٔ اولیه یک مبدل آرمانی با $N_۱$ دور سیم به یک مولد جریان متناوب و پیچهٔ ثانویه آن با $N_۲$ دور سیم به یک مصرف‌کننده وصل شده است. اگر $N_۱ > N_۲$ باشد، این مبدل ولتاژ را افزایش می‌دهد یا کاهش؟ چرا؟

۲۰	موفق باشید	جمع نمرات

پاسخ‌نامهٔ تشریحی

آزمون شمارهٔ ۱ (نوبت اول)

۱- الف) منفی ب) ظرفیت پ) ولت بر متر

۲- الف) 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 رباییشی 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 خارج‌شدن خطوط میدان الکتریکی از بار q_1)

ب) هم‌اندازه هستند. (با توجه به تقارن خطوط میدان)

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

۴- الف) $A \rightarrow B$ (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 مثبت‌بودن اندازهٔ $\cos\alpha$، مقدار W_E مثبت خواهد بود):

D $\vec{d}$ C

$\vec{F}_E$

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- جاذبه (چون بارها غیرهمنام هستند.)

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = 9\times10^9 \times \frac{2/5\times10^{-3}\times8\times10^{-3}}{30^2} = 200\ N$$

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

q_1 M $\vec{E}_2$ x

$\vec{E}_1$ q_2

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

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

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

$$\Rightarrow E_T = (4+6)\times10^4 = 10\times10^4 = 10^5\ N/C$$

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

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

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

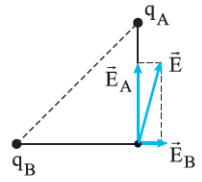
۱۱-

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

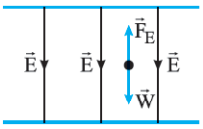
$$C = 2/25\times10^{-10}\ F$$

۱۲- ناهمنام ـ بزرگ‌تر

با تجزیهٔ E به $\vec{E}_A$ و $\vec{E}_B$ درمی‌یابیم که $q_A < 0$ و $q_B > 0$ است، پس دو بار ناهمنام هستند. هر چه برداری بزرگ‌تر باشد، بردار برایند به آن نزدیک‌تر است؛ یعنی $E_A > E_B$. با توجه به رابطهٔ $E = \frac{k|q|}{r^2}$ و یکسان‌بودن فاصلهٔ بارها از نقطهٔ موردنظر 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 $(q < 0)$.



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

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

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

۱۴- مساحت کره از رابطهٔ مقابل حاصل می‌شود:

$$A = 4\pi R^2 = 4\times3/14\times1\times10^{-4} = 12/56\times10^{-4}\ m^2$$

$$\sigma = \frac{|Q|}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{1256\times10^{-6}}{12/56\times10^{-4}} = 1\ C/m^2$$

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

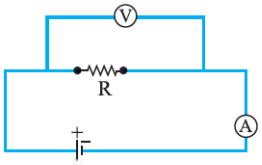
ب) هنگامی که اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر یک سیم رسانا اعمال و میدان الکتریکی درون آن ایجاد می‌کنیم، الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را کمی تغییر می‌دهند و با سرعتی موسوم به سرعت سوق بر خلاف جهت میدان به طور آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند.

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

۱۸- به کمک اهم‌متر، مقاومت الکتریکی رشتهٔ 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 رابطهٔ $R_2 = \frac{V}{I}$ مقاومت الکتریکی رشتهٔ سیم را در حالت روشن محاسبه می‌کنیم و در نهایت با استفاده از رابطهٔ $R_2 = R_1(1+\alpha\Delta\theta)$، دمای رشتهٔ سیم در حالت روشن (θ_2) را به دست می‌آوریم.



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

$$+\varepsilon_1 - Ir_1 - IR_4 - IR_3 - Ir_3 - \varepsilon_2 - IR_2 - \varepsilon_2 - IR_1 = 0$$

$$+12 - 0/5\times1 - 0/5\times2 - 0/5\times1/5 - 0/5\times0/5 - 4 - 0/5\times3 - 2 - 0/5R_1 = 0$$

$$\Rightarrow R_1 = 4\ \Omega$$

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

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

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

$$\Rightarrow V_B - V_A = 7/75\ V$$

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

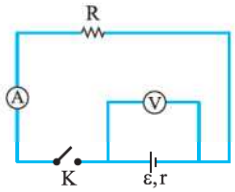
$$I = 0 \Rightarrow V = \varepsilon = 14\ V$$

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

$$\Rightarrow r = 2\ \Omega$$

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) کاهش می‌یابد.

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

ب) $E_B > E_A$

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

پ) صفر

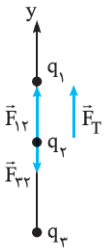
(میدان الکتریکی در داخل جسم رسانا صفر است.)

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:



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

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

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

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

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

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

۴- الف) ۳ ب) ۱ پ) ۲

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

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

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

۶- الف) $R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow 22=\rho\times\frac{1/1}{3/4\times10^{-6}}$

$$\rho=6/8\times10^{-5}\ \Omega.m$$

ب) $R=R_0[1+\alpha(T-T_0)]$

$$\Rightarrow 44=22[1+2\times10^{-3}(T-593)]\Rightarrow T=1093\ K$$

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

$$V_A+\varepsilon_2-IR_2-\varepsilon_3-Ir_3-IR_3=V_E$$

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

ب) $P=R_2I^2=3\times2^2=12\ W$

۸- الف) ترکیبی

ب) از چپ به راست به ترتیب: زرد، آبی و قرمز

$R=\overline{ab}\times10^n$

کد رنگ دوم ← آبی

$4600=46\times10^{\boxed{2}}$ → کد رنگ سوم ← قرمز

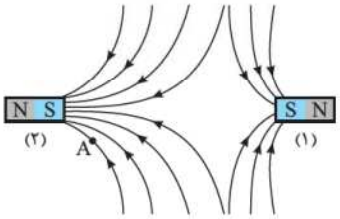
کد رنگ اول ← زرد

پ) تلرانس $=\frac{5}{100}\times4600=5\times46=230\ \Omega$

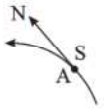
۹- الف) فرومغناطیس نرم ـ آهن خالص

ب) پارامغناطیس　　پ) دیامغناطیس

۱۰- الف)



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

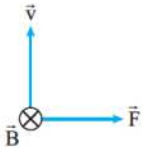


پ)

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) جریان　　ب) تعداد دور　　پ) طول سیملوله

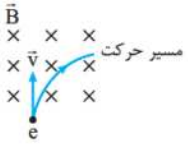
۱۳- الف) بزرگی نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:



$$F = |q| vB \sin\theta$$
$$= ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۲\times۱۰^{۶}\times۵۰۰\times۱۰^{-۴}\times۱$$
$$F = ۱/۶\times۱۰^{-۱۴}\ N$$

جهت نیروی وارد بر الکترون به کمک قاعدهٔ دست راست به دست می‌آید. تغییر ۱۸۰° در جهت $\vec{F}$ به دلیل منفی‌بودن علامت بار الکترون است.

ب)



۱۴- الف) درست　　ب) نادرست

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. (از A به B)

ب) جهت جریان تغییر نمی‌کند اما اندازهٔ آن بیشتر می‌شود.

۱۶- الف) $|\bar{\varepsilon}| = |-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}| \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = ۱۰۰۰\times۵\times۱۰^{-۴} = ۵\times۱۰^{-۱}$

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

$$\frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۰/۰۲} = ۱۰۰\pi$$

$$I = I_m \sin\frac{۲\pi}{T}t = ۶\sin ۱۰۰\pi t$$

۱۷- الف) با توجه به رابطه $L = \frac{\mu_۰ N^۲ A}{\ell}$ برای افزایش ضریب القاوری:

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

ب) کاهش ـ با توجه به رابطهٔ $\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{N_۲}{N_۱}$ چون $N_۲ < N_۱$ است، پس $V_۲ < V_۱$ خواهد شد. پس این مبدل ولتاژ را کاهش می‌دهد.

درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان

فصل ۱: الکتریسیتهٔ ساکن

واژهٔ الکتریسیته از واژهٔ یونانی **الکترون** گرفته شده است که به معنای 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 الکتریکی: 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 الکتریکی: بنا بر **اصل کوانتیده‌بودن** بار الکتریکی، بار الکتریکی همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است، یعنی: $q = \pm ne\ ,\ n = 0,1,2,\dots$

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

$$e = 1/6\times10^{-19}\,C$$

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

پاسخ: با توجه به اصل پایستگی بار الکتریکی داریم:

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

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

$$\Delta q = ne \Rightarrow 8\times10^{-9} = n\times1/6\times10^{-19} \Rightarrow n = 5\times10^{10}$$

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. در این سری هر چه ماده‌ای به انتهای منفی نزدیک‌تر باشد، خاصیت **الکترون‌خواهی** بیشتری دارد. در نتیجه، جسمی که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، الکترون می‌گیرد و دارای بار منفی می‌شود و جسمی که به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است، الکترون از دست می‌دهد و دارای بار مثبت می‌گردد.

نکته: **الکتروسکوپ (برق‌نما)** ابزاری است که به کمک آن می‌توانیم موارد زیر را تعیین کنیم:

۱) باردار بودن یک جسم
۲) نوع بار یک جسم
۳) رسانا یا عایق بودن یک جسم

قانون کولن

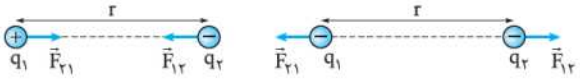
بیان قانون کولن: **اندازهٔ نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل‌ضرب بزرگی آن‌ها متناسب است و با مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت وارون دارد** و از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

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

در این رابطه k ثابت کولن است و اندازهٔ آن $9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$ 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 $q_2 = -18\,nC$ در فاصلهٔ ۳ سانتی‌متری از هم قرار گرفته‌اند. اندازهٔ نیروی میان دو ذره را (برحسب نیوتون) محاسبه کنید و نوع نیروی میان این دو بار را تعیین کنید.

پاسخ: فاصلهٔ میان دو نقطه را برحسب متر به دست می‌آوریم:

$$r = 3\,cm = 3\times10^{-2}\,m$$

اندازهٔ نیروی میان دو ذره با توجه به رابطهٔ کولن به صورت زیر است:

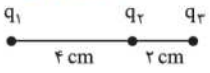
$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9\times10^9\times\frac{9\times10^{-3}\times18\times10^{-9}}{9\times10^{-4}} = 1620\,N$$

به علت ناهمنام بودن بار ذره‌ها، نیروی الکتریکی میان دو ذره جاذبه (ربایشی) است.

اصل برهم‌نهی نیروهای کولنی

این اصل که از آزمایش نتیجه شده است، بیان می‌کند: با وجود تعداد زیادی ذرهٔ باردار، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برایند (جمع برداری) نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها، بر آن وارد می‌کنند.

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:

$$F_{13} = k\frac{|q_1||q_2|}{r_{13}^2} = 9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{6^2\times10^{-4}} = 20\,N$$

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

$$F_{23} = k\frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = 9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{2^2\times10^{-4}} = 90\,N$$

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

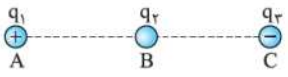
با توجه به اصل برهم‌نهی:

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

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_3 مثبت است یا منفی؟

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

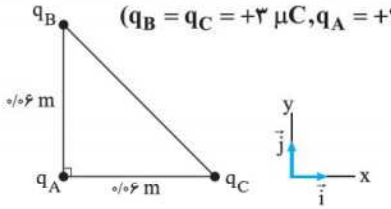


پاسخ: الف) بار q_3 منفی است. ب) $|q_1| > |q_2|$

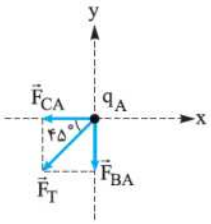
برای آن‌که برایند نیروهای وارد بر بار q_3 صفر شود، باید $\vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23}$ باشد. این یعنی این دو نیرو باید در خلاف جهت هم و هم‌اندازه باشند. چون نیروی میان q_1 و q_3 ربایشی است، پس نیروی بین q_2 و q_3 باید رانشی باشد، در نتیجه باید این دو بار هم‌علامت باشند؛ یعنی علامت بار q_2 منفی است. از 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 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. 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 آن‌که F برحسب نیوتون و q_0 برحسب کولن است، **واحد میدان الکتریکی در SI به صورت نیوتون بر کولن (N / C) 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 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:

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

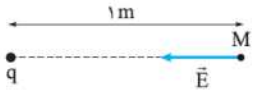
بزرگی این نیرو از $F = |q|E$ به دست می‌آید و جهت آن به علامت بار q بستگی دارد: اگر q مثبت باشد، جهت $\vec{F}$، هم‌جهت با $\vec{E}$ و اگر منفی باشد، در خلاف جهت $\vec{E}$ است.

مثال **در شکل زیر، میدان الکتریکی بار q در نقطهٔ M برابر $45000\ N/C$ است.** $k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$

الف) اندازهٔ بار q (برحسب میکروکولن) و علامت آن 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 نیرویی که بار q بر بار آزمون مثبت وارد می‌کند، ربایشی است، پس علامت بار q منفی است. برای محاسبهٔ اندازهٔ بار داریم:

$$E = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow 45000 = 9\times10^9 \times \frac{|q|}{1^2} \Rightarrow |q| = 5\times10^{-6} = 5\ \mu C$$

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

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

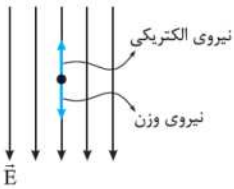
چون بار q' دارای علامت منفی است، پس با توجه به $\vec{F} = q'\vec{E}$، $\vec{F}$ خلاف جهت $\vec{E}$ است:

مثال **در آزمایش قطرهٔ روغن میلیکان، در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم رو به پایین به بزرگی $10^4\ N/C$ قطرهٔ روغنی به جرم 52 pg در حال تعادل است.**

الف) با استدلال علامت بار قطره را تعیین کنید.

ب) تعداد بار پایهٔ موجود در این قطره را محاسبه کنید.

پاسخ الف) قطرهٔ 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: $|q|E = mg$

$$|q| = \frac{mg}{E} = \frac{52\times10^{-12}\times10^{-3}\times10}{10^4} = 52\times10^{-18}\ C$$

$$|q| = ne \Rightarrow 52\times10^{-18} = 1/6\times10^{-19}\times n$$

$$n = \frac{52\times10^{-18}}{1/6\times10^{-19}} = 325$$

با توجه به منفی‌بودن 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 $q_1 = -3\ nC$ و $q_2 = -27\ nC$ مطابق شکل زیر در فاصلهٔ 24 cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را در نقطهٔ M به دست آورید.**

پاسخ

$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9\times10^9 \times \frac{3\times10^{-6}}{0/06^2} = 7/5\times10^6\ N/C$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1 = -7/5\times10^6\,\vec{i}$$

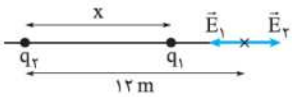
$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow E_2 = 9\times10^9 \times \frac{27\times10^{-6}}{18^2\times10^{-4}} = 7/5\times10^6\ N/C$$

$$\Rightarrow \vec{E}_2 = +7/5\times10^6\,\vec{i}$$

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

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



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

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

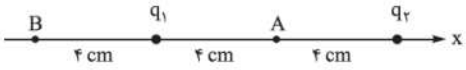
با توجه به $\vec{E}_1 = -\vec{E}_2$ درمی‌یابیم که نقطهٔ موردنظر باید روی خط واصل دو بار و خارج از دو بار قرار داشته باشد و به بار کوچک‌تر نزدیک‌تر باشد.

برای تعیین فاصلهٔ نقطهٔ موردنظر از $E_1 = E_2$ نتیجه می‌گیریم:

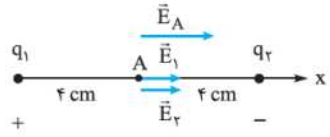
$$E = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{(12-x)^2} = \frac{|q_2|}{12^2} \Rightarrow \frac{3}{(12-x)^2} = \frac{27}{12^2} \Rightarrow x = 8\ m$$

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

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



پاسخ میدان الکتریکی در نقطهٔ A به صورت روبه‌رو است:



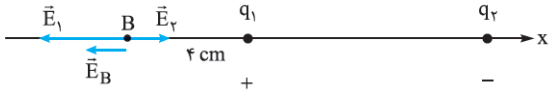
به دلیل یکسان‌بودن بارها و فاصلهٔ آن‌ها:

$$E_1 = E_2 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-9}}{4^2\times10^{-4}} = \frac{9}{4}\times10^4\ N/C$$

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:



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

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

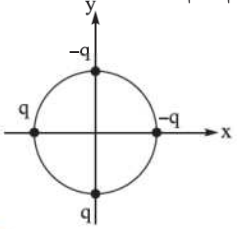
$\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ در خلاف جهت یکدیگر هستند و $E_1 > E_2$ است:

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

$\vec{E}_B$ 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.**

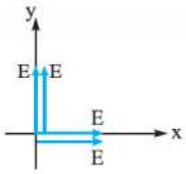
(ریاضی شهریور ۸۸)

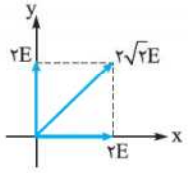


پاسخ میدان الکتریکی را که هر بار q در مرکز دایره ایجاد می‌کند، E در نظر می‌گیریم که اندازهٔ E برابر خواهد بود با:

$$E = k\frac{|q|}{r^2} = 9\times10^9 \times \frac{5\times10^{-6}}{1^2} = 4/5\times10^4\ N/C$$

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





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

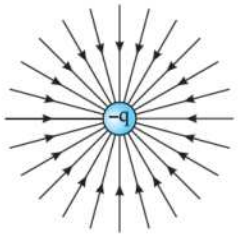
خطوط میدان الکتریکی

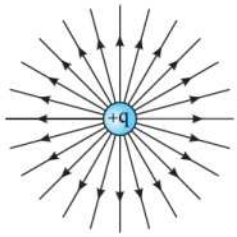
خطوط میدان الکتریکی، خط‌های جهت‌دار فرضی هستند که برای تجسم میدان الکتریکی ذره‌های باردار استفاده می‌گردند.

قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی: ۱ خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت شروع (خارج) و به بار منفی ختم (وارد) می‌شوند. 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.

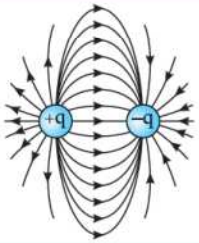
نکته خط‌های میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند چرا که با قطع خطوط میدان در یک نقطه، در آن نقطه دو بردار میدان الکتریکی خالص قابل ترسیم است. در حالی که از هر نقطه از فضا فقط یک بردار میدان الکتریکی خالص عبور می‌کند.

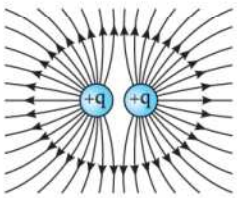
نمونه‌هایی از خطوط میدان الکتریکی در جدول زیر آمده است. توجه داشته باشید که تجسم واقعی خطوط میدان در فضا به صورت طراحی سه‌بعدی است.



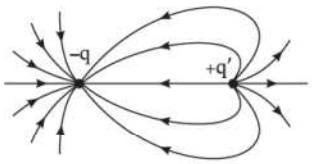


خطوط میدان الکتریکی ذره‌های باردار منزوی

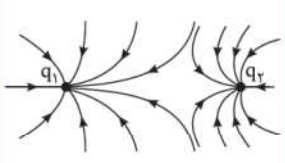




خطوط میدان الکتریکی دو بار هم‌اندازهٔ همنام (راست) و ناهمنام (چپ)



$|q| > |q'|$



$|q_1| > |q_2|$

خطوط میدان الکتریکی دو بار غیرهم‌اندازهٔ همنام (راست) و ناهمنام (چپ)