

فیزیک ۲

یازدهم

رشته ریاضی
دوره دوم متوسطه

مؤلف: غلامعلی محمودزاده

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست

عنوان	صفحه	عنوان	صفحه
فصل سوم: میدان‌های مغناطیسی و نیروهای مغناطیسی		فصل اول: الکتریسته ساکن	
پرسش‌های مفهومی	۲۱۲.....	پرسش‌های مفهومی	۹.....
پاسخ پرسش‌های مفهومی	۲۱۴.....	پاسخ پرسش‌های مفهومی	۱۲.....
درسنامه	۲۲۱.....	درسنامه‌ها	۳۶.....
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۲۴۷.....	پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول	۷۱.....
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۲۶۵.....	پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش اول	۷۸.....
فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی		پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم	۸۹.....
پرسش‌های مفهومی	۲۸۸.....	پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش دوم	۹۴.....
پاسخ پرسش‌های مفهومی	۲۹۰.....	پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم	۱۰۱.....
درسنامه‌ها	۲۹۵.....	پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم	۱۰۷.....
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۳۱۳.....	پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش چهارم	۱۱۴.....
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۳۲۵.....	پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش چهارم	۱۱۹.....
		فصل دوم: جریان‌های الکتریکی	
		پرسش‌های مفهومی	۱۲۶.....
		پاسخ پرسش‌های مفهومی	۱۲۹.....
		درسنامه‌ها	۱۳۹.....
		پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۱۶۴.....
		پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۱۸۳.....

فهرست درسامه‌ها

عنوان	صفحه	عنوان	صفحه
درسنامه ۳، مدار تک‌حلقه.....	۱۴۷	فصل اول: الکتريسته ساكن	
درسنامه ۴، انرژی در مدارهای الکتریکی.....	۱۵۳	درسنامه ۱، بار الکتریکی کمیته ناپیوسته.....	۳۶
درسنامه ۵، به هم بستن مقاومت‌ها.....	۱۵۶	درسنامه ۲، نیروی الکتریکی.....	۳۶
فصل سوم: میدان‌های مغناطیسی و نیروهای مغناطیسی		درسنامه ۳، پایداری بار الکتریکی.....	۳۶
درسنامه ۱، آهنربا، میدان مغناطیسی.....	۲۲۱	درسنامه ۴، رسانا، نارسانا و نیم‌رسانا.....	۳۸
درسنامه ۲، نیروهای مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی.....	۲۲۵	درسنامه ۵، القای الکتریکی.....	۳۸
درسنامه ۳، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم‌های حامل		درسنامه ۶، قانون کولن.....	۳۹
جریان الکتریکی.....	۲۲۸	درسنامه ۷، چگالی سطحی بار.....	۴۰
درسنامه ۴، اثر مغناطیسی جریان الکتریکی.....	۲۳۳	درسنامه ۸، برآیند نیروهای الکتریکی.....	۴۱
درسنامه ۵، خاصیت مغناطیسی ماده.....	۲۴۴	درسنامه ۹، قطبش بار الکتریکی.....	۴۱
فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی		درسنامه ۱۰، میدان الکتریکی.....	۴۲
درسنامه ۱: القای الکترومغناطیسی.....	۲۹۵	درسنامه ۱۱، انرژی پتانسیل الکتریکی.....	۴۷
درسنامه ۲، خودالقایی.....	۳۰۷	درسنامه ۱۲، اختلاف پتانسیل الکتریکی.....	۵۳
درسنامه ۳، جریان متناوب.....	۳۱۰	درسنامه ۱۳، خازن.....	۶۲
درسنامه ۴، مبدل (ترانسفورماتور).....	۳۱۱	درسنامه ۱۴، ظرفیت خازن.....	۶۴
		درسنامه ۱۵، انرژی خازن.....	۶۸
		فصل دوم: جریان‌های الکتریکی	
		درسنامه ۱، شدت جریان الکتریکی.....	۱۳۹
		درسنامه ۲، مقاومت الکتریکی، قانون اهم.....	۱۴۱

به نام خدا

سخنی با دانش آموزان

کتاب فیزیک ۲ - یازدهم شامل چهار فصل به شرح زیر است:

۱- فصل اول: الکتریسته ساکن

۲- فصل دوم: جریان الکتریکی

۳- فصل سوم: میدان‌های مغناطیسی و نیروهای مغناطیسی

۴- فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی

هر یک از فصل‌های این کتاب شامل چهار بخش زیر است:

الف) پرسش‌های مفهومی

ب) پاسخ پرسش‌های مفهومی

پ) درسنامه‌ها

ت) پرسش‌های چهارگزینه‌ای (تستی)

ث) پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

الف

در این بخش، عنوان‌های اصلی و کلیدی هر فصل کتاب را با طرح پرسش‌هایی مورد بررسی قرار داده‌ام تا شما درباره آن‌ها فکر کرده و تلاش به پاسخ دادن کنید. در هر جا لازم بوده، راهنمایی انجام شده است.

ب

در این بخش، ضمن پاسخ به هر پرسش، مطلب درسی به طور مختصر و مفید بیان کرده‌ام تا شما با مفهوم مطلب درسی آشنا شده و آن را فراگیرید. در جای لازم، شماره درسنامه مربوط به آن مطلب درسی بیان شده که شما با مراجعه به آن، با تشریح بیشتر و کامل‌تر، مطلب درسی را بیاموزید. این پاسخ‌ها شبیه به پاسخی است که شما در امتحان‌های دبیرستانی باید به پرسش‌ها جواب دهید.

پ

درسنامه‌های هر فصل، بعد از پاسخ به پرسش‌های مفهومی آورده شده‌اند. مطلب‌های هر فصل کتاب به چند درسنامه تقسیم شده به طوری که هر قسمت در یک جلسه درسی دبیرستانی قابل تدریس باشند. هر درسنامه با شماره و عنوان اصلی آن قسمت، مشخص شده است. مطلب هر درسنامه به طور کامل و در حد لازم بیان شده و شما را برای گذراندن امتحان تشریحی در دبیرستان و آزمون‌های تستی، آماده می‌کند.

با مثال‌های حل شده، شما با کاربرد مطلب یا فرمول‌های ذکر شده، در پاسخ به پرسش‌های تشریحی و تستی آشنا می‌شوید.

ت

این قسمت با طرح پرسش‌های تستی و نیز نمونه تست‌های کنکور سراسری در سال‌های گذشته، شما را برای گذراندن این گونه آزمون‌ها و نیز کنکورهای سراسری، آماده می‌کند. ابتدا خود به پاسخ‌گویی پردازید. اگر پاسخ تستی برای شما مشخص نبود، به

درسنامهٔ مربوط به آن رجوع کنید و پاسخ تست را مشخص کنید. در انتها به پاسخ من هم رجوع کنید، شاید نکتهٔ تستی در آنجا ذکر کرده باشم.

توجه کنید که تست‌های دشوار یا اختیاری یا با حل طولانی عمداً آورده شده‌اند. زیرا این‌گونه تست‌ها برای تشخیص دانش‌آموزان ممتاز، ساعی و تیزهوش در کنکورهای سراسری گنجانده می‌شود. علاوه بر آن، این تست‌ها شامل مطلب‌های کتاب درسی‌اند که در مدرسه‌های برتر و تیزهوشان تدریس می‌شوند. حتماً این‌گونه تست‌ها را نیز حل کنید.

فراموش نکنید که فراگیری این‌گونه مطلب‌ها باعث می‌شود که تست‌ها را خیلی سریع‌تر حل کنید. در کنکور شما باید پاسخ درست را مشخص کنید. کسی از شما راه‌حل نمی‌خواهد.

- برای مطالعهٔ مطلب‌های درسی در سطح بالاتر و تشریح بیشتر چهار فصل اول به کتاب فیزیک ۳ و آزمایشگاه تألیف خودم از انتشارات مبتکران رجوع کنید. موفقیت شما را در تمام مراحل زندگی، آرزو می‌کنم.

سخنی با همکاران

در تألیف این کتاب، مطلب‌های درسی و نکته‌های مربوط به آن‌ها را تا آنجا که لازم است و در بضاعت من بوده، که حاصل بیش از چهار سال تدریس و تألیف کتاب‌های درسی دبیرستانی و کمک آموزشی است، آورده‌ام. امیدوارم مانند کتاب‌های قبلی اینجانب، مورد اقبال همکاران گرامی قرار گیرد.

خواهشمندم، دانش‌آموزان را در استفادهٔ درست و بهینه از کتاب، راهنمایی کنید و مرا از نظرها و راهنمایی‌های خود، بی‌نصیب نفرمایید، متشکرم.

سخن آخر

خدای بزرگ را شکر گزارم که مرا یاری و توان آن داد که با تألیف کتابی جدید در خدمت سرمایه‌ها و امیدهای آیندهٔ کشور و در خدمت آموزش و پرورش کشورم، ایران عزیز باشم.

لازم می‌دانم از تمام کسانی که مرا در آماده‌سازی کتاب یاری داده‌اند، تشکر کنم.

- از یار دیرین، جناب آقای یحیی دهقانی مدیرعامل شرکت آموزشی فرهنگی مبتکران به خاطر همراهی مداومشان.

- از آقای خدایار مبین مدیر واحد حروف‌چینی و گرافیک به خاطر سرپرستی در تایپ و صفحه‌آرایی کتاب.

- از خانم ملیحه محمدی آندرس به خاطر پشتکار و همراهی صبورانه در تایپ و صفحه‌آرایی کتاب

- از خانم نرگس سربندی برای رسم شکل‌ها

- از خانم مهسا بیدمشکی به خاطر طراحی جلد

- از خانم کبری مرادی مقدم مدیر واحد تولید و همکاران ایشان به خاطر فراهم کردن زمینهٔ چاپ کتاب.

- از آقای محسن انصاری مدیر واحد پخش و همکاران ایشان به خاطر معرفی و پخش کتاب

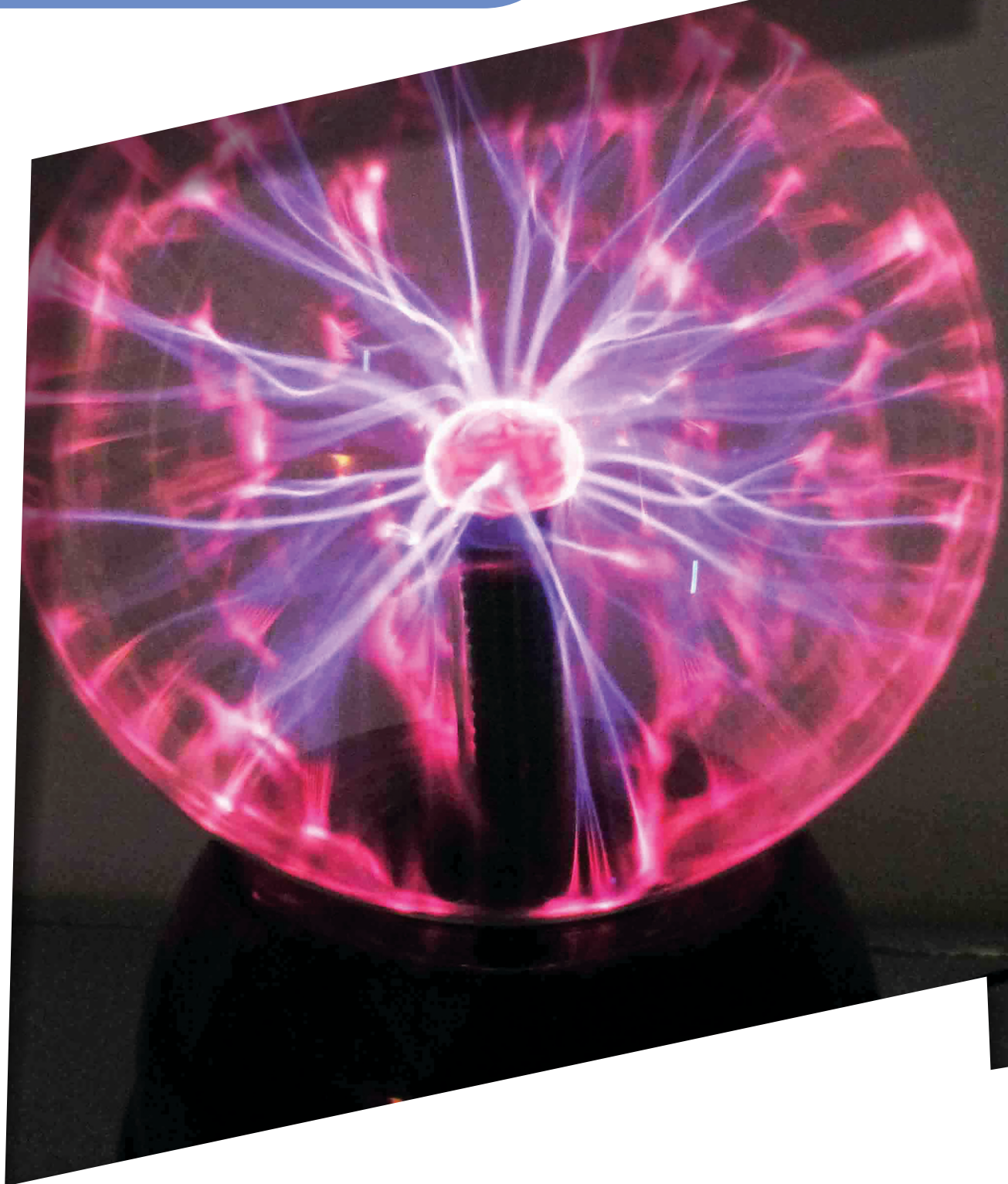
با سپاس بیکران از رحمت‌های بی‌پایان خداوند

غلامعلی محمودزاده

بهار ۱۳۹۶

فصل اول

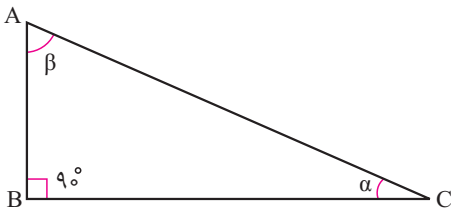
الكتريسيته ساكن



رابطه‌های مثلثاتی مورد نیاز در فیزیک

الف) در یک مثلث قائم‌الزاویه مانند شکل روبه‌رو، بنا به تعریف داریم:

۱- سینوس هر زاویه برابر نسبت طول ضلع روبه‌رو به آن زاویه به طول وتر است.



$$\sin \alpha = \frac{AB}{AC} \quad \text{و} \quad \sin \beta = \frac{BC}{AC}$$

۲- کسینوس یک زاویه برابر نسبت طول ضلع مجاور به آن زاویه به طول وتر است.

$$\cos \alpha = \frac{BC}{AC} \quad \text{و} \quad \cos \beta = \frac{AB}{AC}$$

۳- تانژانت هر زاویه برابر نسبت طول ضلع مقابل به آن زاویه به طول ضلع مجاور آن است.

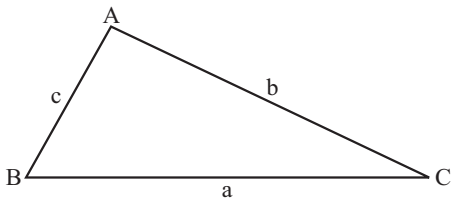
$$\tan \alpha = \frac{AB}{BC} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \quad \text{و} \quad \tan \beta = \frac{BC}{AB} = \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$$

۴- کتانژانت هر زاویه برابر نسبت طول ضلع مجاور به آن زاویه به طول ضلع مقابل آن است.

$$\cot \alpha = \frac{BC}{AB} \quad \text{و} \quad \cot \beta = \frac{AB}{BC}$$

ب) قانون کسینوس‌ها در مثلث

در هر مثلث، مجذور طول یک ضلع برابر مجموع مجذورهای طول دو ضلع دیگر، منهای دو برابر حاصل ضرب طول دو ضلع دیگر در کسینوس زاویه روبه‌رو به آن ضلع است.



$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

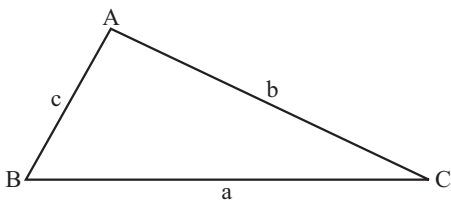
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$$

ب) قانون سینوس‌ها

در هر مثلث، نسبت طول هر ضلع به سینوس زاویه روبه‌رو به آن ضلع، مقداری است ثابت.

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$



پرسش‌های مفهومی

بخش اول: بار الکتریکی – نیروی الکتریکی

- ۱- ماده دارای چه خاصیت‌های بنیادی است؟ آن‌ها را نام ببرید.
- ۲- بار الکتریکی چیست؟
- ۳- بار الکتریکی از کجا می‌آید؟
- ۴- چند نوع بار الکتریکی داریم؟ چرا نوع‌های بار الکتریکی، کم‌تر یا بیش‌تر از تعدادی که معین کرده‌اید، نیست؟
- ۵- بارهای الکتریکی چه تأثیری بر هم دارند؟ شرح دهید.
- ۶- الکترون آزاد یعنی چه؟ چگونه به کمک الکترون آزاد، جسم‌ها را دسته‌بندی می‌کنند؟ برهمین اساس، چند نوع جسم داریم، آن‌ها را فقط نام برده و برای هر نوع، مثال بیاورید.
- ۷- بار پایه چیست؟
- ۸- آیا یک جسم در حالت طبیعی بار الکتریکی دارد؟ بار خالص چه‌طور؟
- ۹- به چند روش می‌توان بار الکتریکی خالص در یک جسم ایجاد کرد؟ آن‌ها را نام ببرید.
- ۱۰- منظور از این بیان «بار الکتریکی کمیتی ناپیوسته است.» را شرح دهید.
- ۱۱- به یک جسم که بار خالص ندارد، چند الکترون بدهیم یا بگیریم تا بار خالص آن $+165 \text{ nC}$ شود؟
- ۱۲- باردار کردن یک جسم به روش «القای الکتریکی» را شرح دهید. با این روش، در چه جسمی (رسانا، نارسانا یا هر دو) می‌توان بار الکتریکی ایجاد کرد؟ شرح دهید.
- ۱۳- چگونه می‌توان با کمک روش القای الکتریکی، در یک جسم بار الکتریکی دائمی ایجاد کرد؟ شرح دهید.
- ۱۴- مجموع بار الکتریکی جسم‌های شرکت‌کننده در یک فعل و انفعال، قبل و بعد از فعل و انفعال با هم چه رابطه‌ای دارند؟ چرا؟
- ۱۵- منظور از بیان «بار الکتریکی پایسته است.» چیست؟
- ۱۶- نیروهای الکتریکی که دو جسم باردار بر هم وارد می‌کنند، به چه عامل‌هایی بستگی دارد، قانون حاکم بر نیروی الکتریکی و عامل‌های مؤثر بر آن چه نام دارد؟ به طور خلاصه بیان کنید.
- ۱۷- آیا اندازه نیروهایی که دو ذره باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند به جنس محیط نارسانایی که در آن واقع‌اند، بستگی دارد؟ مثلاً بزرگی این نیرو در هوا بیش‌تر است یا در آب؟
- ۱۸- یک جسم باردار مانند خودکار پلاستیکی که با موهای تمیز مالش داده شده است، تکه‌های کوچک کاغذ بدون بار را به خود جذب می‌کند، با توجه به این که کاغذ نارسانای الکتریکی است، علت را توضیح دهید.

این مسأله‌ها را حل کنید:

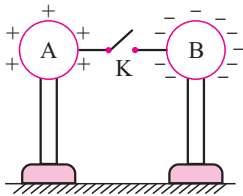
- ۱۹- به یک جسم که بار الکتریکی خالص ندارد، چه تعداد الکترون بدهیم تا بار الکتریکی آن برابر « -1 C » شود؟ $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- ۲۰- در یک گرم مس چه مقدار بار الکتریکی مثبت وجود دارد؟ جرم اتمی مس ۶۴ و عدد اتمی آن ۲۹ است. عدد آووگادرو

$$e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ و } N_A = 6/02 \times 10^{23}$$

۲۱- می‌خواهیم به یک جسم بار الکتریکی « $+0.000001nC$ » بدهیم. برای این کار چه تعداد الکترون باید از جسم گرفته شود؟

$$e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

۲۲- در شکل زیر $q_A = +8\mu C$ و $q_B = -15\mu C$ و دو کره رسانا و هم‌اندازه‌اند. کلید K را لحظه‌ای وصل و سپس قطع می‌کنیم.



الف) توضیح دهید که در هنگام وصل کلید، چه رخ می‌دهد؟

ب) بار هر کره بعد از قطع کلید چه قدر می‌شود؟

۲۳- دو بار الکتریکی هر یک به اندازه یک کولن از فاصله یک کیلومتری، نیروی چند نیوتونی بر یکدیگر وارد می‌کنند؟

$$k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

۲۴- فرض کنید که اتم هیدروژن از دو ذره، یکی الکترون با بار « $-e$ » و دیگری پروتون با بار « $+e$ » تشکیل شده و الکترون روی

دایره‌ای به شعاع 0.5 آنگستروم به دور پروتون (هسته اتم) می‌چرخد (نظریه بور درباره ساختار اتم هیدروژن). اگر جرم الکترون

$9.1 \times 10^{-31} kg$ ، جرم پروتون $1.6 \times 10^{-27} kg$ و $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ باشد، کدام یک از دو نیروی الکتریکی یا گرانشی در پایداری

اتم هیدروژن مؤثر است؟ $k = 9 \times 10^9 SI$ و نیروی گرانشی از رابطه $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ به دست می‌آید که در آن

$G = 6.6 \times 10^{-11} SI$ ، ثابت جهانی گرانش نام دارد.

۲۵- دو کره که فاصله مرکزهای آنها از هم برابر r است، دارای بارهای الکتریکی q_1 و q_2 اند. کدام گزینه زیر، درباره نیروی

الکتریکی که به هم وارد می‌کنند، درست است؟

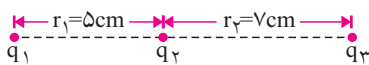
۱) الزاماً برابر $f = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}$ است.

۲) الزاماً کوچک‌تر از $f = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}$ است.

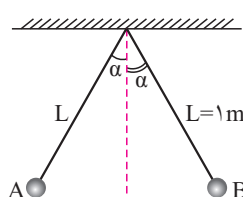
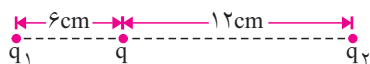
۳) الزاماً بزرگ‌تر از $f = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}$ است.

۴) هر یک از گزینه‌های قبلی می‌توانند درست باشند.

۲۶- در شکل زیر، نیروی الکتریکی وارد بر بار q_1 را محاسبه کنید. $q_1 = \frac{2}{3} q_2 = \frac{4}{5} q_3 = 8\mu C$ و $k = 9 \times 10^9 SI$



۲۷- در شکل زیر، بار q آزاد و به حال سکون است. در این صورت بار q_1 چه نوع و اندازه آن چه قدر است؟ $q_2 = -24\mu C$



۲۸- در شکل روبه‌رو، دو گلوله کوچک و رسانای A و B مشابه و جرم هر یک $12g$ و اندازه بار آنها

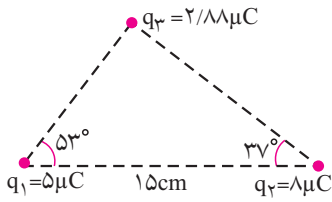
q_A و q_B است. $\alpha = 37^\circ$ است. دو گلوله را به یکدیگر تماس داده و رها می‌کنیم. زاویه α به

$\theta = 53^\circ$ می‌رسد. نیروی الکتریکی که هر گلوله به دیگری وارد می‌کند را قبل و بعد از تماس به هم،

محاسبه کنید. $g = 10 \frac{N}{kg}$ ، $\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0.6$ ، و $k = 9 \times 10^9 SI$

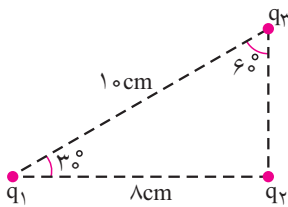
۲۹- در شکل روبه‌رو، برآیند نیروهای وارد بر q_1 از طرف دو بار دیگر چه قدر است؟

$$\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0/6, \quad \cos 37^\circ = \sin 53^\circ = 0/8$$



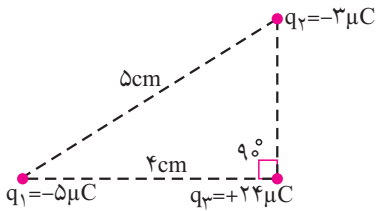
۳۰- سه ذره باردار $q_1 = \frac{4}{3} \mu C$ و $q_2 = 8 \mu C$ و $q_3 = 2/5 \mu C$ مطابق شکل روبه‌رو ثابت شده‌اند.

برآیند نیروهای وارد بر q_3 از طرف دو بار دیگر چه اندازه است؟



۳۱- در شکل روبه‌رو، بارهای الکتریکی ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 را

$$محاسبه کنید. \quad k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$



پاسخ پرسش‌های مفهومی

- ۱- هر ماده دارای سه خاصیت است که عبارت‌اند از «جرم، حجم و بار الکتریکی». این به معنای آن است که هیچ ماده‌ای وجود ندارد که یکی از این سه خاصیت را نداشته باشد. هر یک از این سه خاصیت، یک کمیت فیزیکی‌اند. به درسنامه شماره ۱ رجوع کنید.
- ۲- بار الکتریکی یکی از خاصیت‌های ذاتی و بنیادی ماده است. یک جسم به علت داشتن بار الکتریکی، به جسم‌های باردار دیگر نیروی الکتریکی (ربایشی یا رانشی) وارد می‌کند.
- ۳- هر جسم از اتم‌ها درست شده و در هر اتم، تعدادی الکترون و پروتون وجود دارد. الکترون‌ها و پروتون‌ها دارای بار الکتریکی‌اند؛ یعنی بار الکتریکی در الکترون و پروتون‌هاست و جدا از ماده نیست.
- ۴- دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. بار الکترون را منفی و پروتون را مثبت نام‌گذاری کرده‌اند. علت آن که دو نوع بار الکتریکی داریم آن است که بارهای منفی یک‌دیگر را می‌رانند، همان‌طور که بارهای مثبت هم‌دیگر را می‌رانند. اما بار منفی و مثبت یک‌دیگر را می‌ربایند. اگر بار منفی (بار الکترون) و بار مثبت (بار پروتون) از یک نوع بودند، باید هم‌دیگر را می‌رانند.
- اگر نوع سوم بار الکتریکی وجود داشت، باید هم بار الکتریکی منفی و هم بار الکتریکی مثبت را می‌رانند. تاکنون چنین باری یافت نشده است.
- ۵- بارهای الکتریکی بر یک‌دیگر نیرو وارد می‌کنند. به این نیرو، نیروی الکتریکی گفته می‌شود. نیروهای الکتریکی یا ربایشی (جاذبه‌ای) یا رانشی (دافعه‌ای) هستند. بارهای الکتریکی هم‌نام (مثبت و مثبت یا منفی و منفی) یک‌دیگر را می‌رانند (دفع می‌کنند). اما بارهای ناهم‌نام (مثبت و منفی) هم‌دیگر را می‌ربایند.
- ۶- هر اتم دارای تعدادی الکترون است که در لایه‌های مختلف انرژی‌اند، به بیان دیگر با انرژی‌های مختلفی به اتم وابسته‌اند. الکترون‌های آخرین لایه اتم، با انرژی کمی به اتم (به هسته اتم) وابسته‌اند؛ در نتیجه این الکترون‌ها به راحتی و با جذب انرژی، از اتم جدا شده و درون جسم از یک اتم به اتم دیگر جهش می‌کنند. به این‌گونه الکترون‌ها «الکترون آزاد یا غیرمستقر» می‌گوییم. جسم‌ها را براساس تعداد الکترون‌های آزاد آن‌ها به سه دسته «رسانا، نارسانا و نیم‌رسانا» دسته‌بندی می‌کنیم. به درسنامه شماره ۴ رجوع کنید.
- ۷- کم‌ترین بار الکتریکی که به حالت آزاد یافت می‌شود، «بار پایه» گفته می‌شود. بار پایه با نماد «e» نشان داده می‌شود که $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ است.
- ۸- هر اتم دارای بار الکتریکی مثبت و منفی است و بار خالص اتم در حالت طبیعی صفر است. یک جسم از اتم‌ها ساخته شده و دارای دو نوع بار الکتریکی مثبت و منفی است. اما در حالت طبیعی، بار خالص آن صفر است.
- ۹- به سه روش می‌توان در یک جسم بار الکتریکی خالص ایجاد کرد که عبارت‌اند از «تماس، مالش و القای الکتریکی». به درسنامه شماره ۵ رجوع کنید.
- ۱۰- برای آن که به یک جسم بار الکتریکی داده شود، باید از آن تعدادی الکترون گرفته شود یا به آن تعدادی الکترون داده شود. بار الکتریکی الکترون «-e» است، بنابراین اندازه بار الکتریکی یک جسم « $q = ne$ » خواهد بود که n عددی درست است؛ یعنی بار الکتریکی یک جسم، همواره مضرب درستی از بار پایه است. به همین دلیل گفته می‌شود که بار الکتریکی «کمیتی ناپیوسته» است. بار یک جسم می‌تواند e ، $2e$ ، $3e$ و ... و ne باشد. امکان ندارد بار یک جسم $1/5e$ یا $2/75e$ یا $259/63C$ باشد. به درسنامه شماره ۳ نیز رجوع کنید.
- ۱۱- برای آن که بار خالص جسم، مثبت شود باید از آن الکترون گرفته شود، به طوری که داریم:
- $$q = ne \Rightarrow 165 \times 10^{-9} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 1/0.3125 \times 10^{12}$$
- ۱۲- به کمک روش القای الکتریکی می‌توان بارهای مثبت و منفی را در یک جسم رسانا از هم جدا کرد. در این روش، جسم بارداری را مطابق شکل‌های روبه‌رو (الف و ب) به جسم رسانا نزدیک می‌کنیم. تأثیر بارهای الکتریکی جسم باردار بر الکترون‌های آزاد جسم رسانا باعث می‌شود که تعدادی از این الکترون‌ها از یک سمت به سمت دیگر جسم رسانا جابه‌جا شوند؛ در نتیجه در جسم رسانا دو نوع بار مثبت و منفی ایجاد می‌شود. روشن است که با دور شدن جسم باردار اولیه، جسم رسانا بدون بار الکتریکی می‌شود. به درسنامه شماره ۵ رجوع کنید.
- ۱۳- برای ایجاد بار الکتریکی دائم در جسم رسانای بدون بار با روش القای الکتریکی، مطابق شکل‌های روبه‌رو به ترتیب از الف تا ت عمل می‌کنیم. توجه کنید که در این روش، ابتدا باید تماس جسم رسانا را با زمین قطع کرد (شکل پ) و سپس جسم باردار اولیه را دور کرد. (شکل ت). برای ایجاد بار منفی در جسم رسانا باید بار جسم باردار اولیه مثبت و برای ایجاد بار مثبت، بار آن منفی باشد.
- (الف)
- | | | |
|------------|---|---|
| جسم رسانا | + | + |
| جسم باردار | + | + |
- (ب)
- | | | |
|------------|---|---|
| جسم رسانا | + | - |
| جسم باردار | - | - |
- (پ)
- | | | |
|------------|---|---|
| جسم رسانا | - | + |
| جسم باردار | - | + |
- (ت)
- | | | |
|-----------|---|---|
| جسم رسانا | - | - |
|-----------|---|---|

۱۴- جمع جبری بار الکتریکی جسم‌ها قبل از فعل و انفعال، برابر جمع جبری بار آن‌ها بعد از فعل و انفعال است، زیرا بار الکتریکی در الکترون‌ها و پروتون‌هاست و الکترون یا پروتون، به وجود نمی‌آید و نابود هم نمی‌شود. به درسنامه ۳ رجوع کنید.

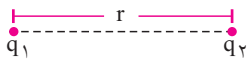
بعد از تماس قبل از تماس

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots = q'_1 + q'_2 + q'_3 + \dots$$

۱۵- بار الکتریکی در الکترون‌ها و پروتون‌ها وجود دارند. چون الکترون و پروتونی نابود نشده و خلق هم نمی‌شود، در هر کنش و واکنشی، بار الکتریکی موجود در جسم‌ها نه از بین می‌رود و نه خلق می‌شود. بیان «بار الکتریکی پایسته است» نیز به همین معنا اشاره می‌کند. این جمله به صورت زیر و با نام «قانون پایستگی بار الکتریکی» بیان می‌شود:

قانون پایستگی بار الکتریکی: بار الکتریکی نه به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود، بلکه از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود.

۱۶- قانون حاکم بر نیروی الکتریکی که دو ذره باردار بر هم وارد می‌کنند، **قانون کولن** نام دارد. بنا به این قانون، بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذره با بارهای q_1 و q_2 که در فاصله r از هم قرار دارند، از رابطه زیر به دست می‌آید. در این رابطه، بارهای q_1 و q_2 برحسب کولن (C) و r برحسب متر (m) و نیروی الکتریکی (F_e) برحسب نیوتون (N) است.



$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2} = k \times \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

قانون کولن را در درسنامه شماره ۶ مطالعه کنید.

۱۷- همان‌گونه که در بیان قانون کولن آمده است، نیرویی که دو ذره باردار به یکدیگر وارد می‌کنند، به دو عامل حاصل ضرب بارها ($q_1 q_2$) و مجذور فاصله آن‌ها از هم ($\frac{1}{r}$) بستگی دارد و به عامل دیگری وابسته نیست، در نتیجه اندازه این نیرو به جنس محیط بستگی ندارد و در تمام محیط‌های نارسانا (مثل هوا یا آب) بستگی ندارد.

۱۸- جذب شدن تکه‌های کوچک کاغذ توسط خودکار پلاستیکی باردار، نشان می‌دهد که با نزدیک شدن خودکار باردار به تکه کاغذ، کاغذ باردار شده و توسط خودکار جذب می‌شود. باردار شدن کاغذ به روش القای الکتریکی نیست، زیرا القای الکتریکی خاص جسم‌های رساناست و کاغذ نارسانای الکتریکی است. مولکول‌های کاغذ به علت نزدیک شدن خودکار باردار، قطبیده می‌شوند. قطبش بار الکتریکی را در درسنامه شماره ۹ مطالعه کنید.

پاسخ مسئله‌ها

۱۹- تعداد الکترون‌ها را از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم:

$$q = \pm ne \Rightarrow -1 = -n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 6.25 \times 10^{18}$$

آیا بزرگی این عدد را درک می‌کنید؟ برای رفع خستگی، فکر کنید همین مقدار تومان پول داشته باشید. اگر روزی هزار میلیارد تومان (10^{12} تومان) آن را خرج کنید، چند سال طول می‌کشد تا تمام پولتان را خرج کنید؟ هر سال را ۴۰۰ روز بگیرید.

پاسخ: ۱۵۶۲۵ سال

۲۰- جرم اتمی هر عنصر یعنی «جرم تعداد N_A اتم از آن عنصر». اگر جرم یک اتم را m در نظر بگیریم، جرم اتمی عنصر که با نماد «A» نشان داده می‌شود، برابر است با:

$$A = mN_A$$

به کمک این رابطه، جرم یک اتم مس را محاسبه می‌کنیم.

$$64 = m_{Cu} \times 6.02 \times 10^{23} \Rightarrow m_{Cu} = \frac{64}{6.02 \times 10^{23}} \Rightarrow m_{Cu} = 1.06 \times 10^{-22} \text{ g}$$

تعداد اتم‌های مس در یک گرم آن (N) را به روش زیر به دست می‌آوریم:

$$M = Nm_{Cu} \text{ و } M = 1 \text{ g} \Rightarrow N = \frac{M}{m_{Cu}} \Rightarrow N = \frac{1}{1.06 \times 10^{-22}} \Rightarrow N = 9.43 \times 10^{21}$$

عدد اتمی برابر تعداد پروتون‌های موجود در هسته اتم و بار هر پروتون برابر «+e» است؛ بنابراین بار مثبت موجود در یک گرم مس (q) برابر می‌شود با:

$$q = ZNe \Rightarrow q = +29 \times 9 / 43 \times 10^{21} \times 1 / 6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = +43755 / 2C$$

پرسش: این مقدار بار الکتریکی، بسیار بسیار زیاد است. چرا این بار الکتریکی، آسبیدی به محیط اطراف خود وارد نمی‌کند؟

-۲۱

$$q = \pm ne \Rightarrow 0.00000170 \times 10^{-9} = +n \times 1 / 6 \times 10^{-19} \Rightarrow$$

$$n = \frac{1 / 70 \times 10^{-15}}{1 / 6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 10625$$

مشاهده می‌کنید که با وجود بسیار بسیار کوچک بودن بار الکتریکی (0.00000170C)، باز هم مقدار این بار الکتریکی، مضرب درستی از بار پایه است.

۲۲- الف) در هنگام وصل کلید، الکترون‌ها از B (که بار منفی دارد) به A (که بارش مثبت است)، شارش می‌کنند. چون اندازه بار B بیش‌تر است، این شارش آن قدر ادامه می‌یابد تا بار هر دو کره منفی شود و چون دو کره هم‌اندازه‌اند، بار دو کره در پایان شارش الکترون‌ها، یکسان می‌شود.

توجه:

اگر دو کره هم‌اندازه نباشند، بار دو کره در پایان یکسان نمی‌شود و باید به کمک پتانسیل الکتریکی رابطه بین بار دو کره را محاسبه کرد.

ب) بار کره‌ها بعد از شارش $q'_B = q'_A$ و $q'_B = q'_A$ می‌شود. با توجه به قانون پایستگی بار الکتریکی، داریم:

$$q_A + q_B = q'_A + q'_B = 2q'_A \Rightarrow +8 + (-15) = 2q'_A \Rightarrow q'_A = q'_B = -3 / 5 \mu C$$

پرسش: با فرض آن که در مسئله قبل، $q_A = +12 \mu C$ و $q_B = +20 \mu C$ باشد، به پرسش‌های الف و ب پاسخ دهید.

-۲۳

$$|q_1| = |q_2| = 1C \text{ و } r = 1km = 10^3 m \Rightarrow F = ?$$

$$F = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2} \Rightarrow F = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 1}{(10^3)^2} \Rightarrow F = 9000N$$

توجه کنید که این مقدار نیرو به اندازه وزن ۱۵ نفر انسان است که جرم هر یک ۶۰kg باشد. آن هم از فاصله یک کیلومتری! در واقع بار الکتریکی یک کولن، بار بسیار بزرگی است.

۲۴- نسبت نیروی الکتریکی به نیروی گرانشی وارد بر الکترون را محاسبه می‌کنیم.

$$F_e = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2} \text{ و } F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{k}{G} \times \frac{|q_1| \times |q_2|}{m_1 m_2}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{9 \times 10^9}{6 / 6 \times 10^{-11}} \times \frac{(1 / 6 \times 10^{-19})^2}{9 / 1 \times 10^{-31} \times 1 / 6 \times 10^{-27}} \Rightarrow \frac{F_e}{F_g} = \frac{16}{6 / 6} \times 10^{39} = 2 / 4 \times 10^{39}$$

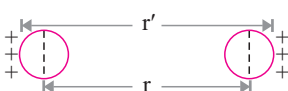
یعنی نیروی الکتریکی حدود 10^{39} برابر نیروی گرانشی وارد بر الکترون است؛ بنابراین نیروی گرانشی نقشی در پایداری اتم هیدروژن ندارد.

۲۵- گزینه ۴ درست است.

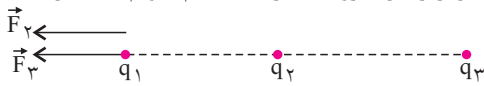
- اگر دو کره نارسانا و پخش بار روی آن‌ها یکنواخت باشد، گزینه ۱ درست است.

- در صورتی که دو کره رسانا باشند، اندازه نیرو به نوع بار دو کره بستگی دارد. در حالتی که بار کره‌ها هم‌نام باشند، به علت نیروی رانشی، بارها از یکدیگر دور شده و مانند شکل روبه‌رو فاصله آن‌ها از هم زیاد شده و گزینه ۲ درست خواهد بود و اگر بار دو کره رسانا هم‌نام باشند، گزینه ۳ درست است (چرا؟)؛

بنابراین گزینه ۴ پاسخ این پرسش است.



۲۶- بارها هم نام‌اند؛ در نتیجه نیروهایی که q_2 و q_3 بر q_1 وارد می‌کنند، رانشی‌اند. در شکل زیر این نیروها به ترتیب با \vec{F}_2 و \vec{F}_3 نشان داده شده‌اند، داریم:



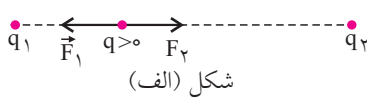
$$r_{21} = r_1 = 5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m} \quad \text{و} \quad r_{31} = r_1 + r_2 = 12 \text{ cm} = 12 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$F = k \frac{|q| \times |q'|}{r^2} \Rightarrow F_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 12 \times 10^{-12}}{25 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_2 = 345/6 \text{ N}$$

$$F_3 = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10 \times 10^{-12}}{144 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_3 = 50 \text{ N}$$

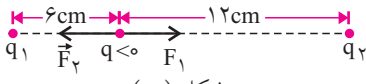
چون \vec{F}_2 و \vec{F}_3 هم‌جهت‌اند، برآیند آن‌ها (\vec{F}_1) برابر می‌شود با:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \Rightarrow F_1 = F_2 + F_3 \Rightarrow F_1 = 345/6 + 50 = 395/6 \text{ N}$$



شکل (الف)

۲۷- چون بار q ساکن است، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر آن از طرف دو بار دیگر، هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند (شکل روبه‌رو را ببینید). در شکل الف، q را مثبت فرض کرده‌ایم. در این صورت، q_2 آن را می‌رباید و q_1 نیز باید را برآید. در این صورت q_1 نیز منفی خواهد بود. در شکل ب،



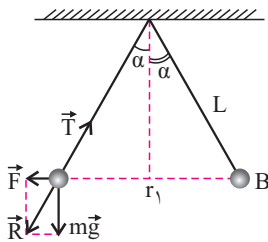
شکل (ب)

q را منفی فرض کرده‌ایم. q_2 آن را می‌راند و q_1 نیز باید آن را براند تا نیروهای \vec{F}_2 و \vec{F}_1 خلاف جهت هم شوند؛ در نتیجه q_1 باز هم باید منفی باشد؛ یعنی در هر حال، q_1 منفی است و حل مسأله به مثبت یا منفی بودن q بستگی ندارد، داریم:

$$F_1 = F_2 \quad \text{و} \quad F = k \frac{|q| \times |q'|}{r^2} \Rightarrow \frac{k |q_1| \times |q|}{r_1^2} = \frac{k |q_2| \times |q|}{r_2^2}$$

$$\frac{|q_1|}{6^2} = \frac{24}{12^2} \Rightarrow |q_1| = 6 \mu\text{C} \Rightarrow q_1 = -6 \mu\text{C}$$

۲۸- چون دو گلوله از هم دور شده‌اند، بار الکتریکی آن‌ها، هم‌نام است. به هر گلوله سه نیروی وزن mg ، رانش الکتریکی \vec{F} و کشش نخ \vec{T} وارد می‌شود که برآیند آن‌ها صفر است (چرا؟)؛ بنابراین برآیند \vec{F} و mg یعنی \vec{R} ، هم‌اندازه و در خلاف جهت \vec{T} می‌شود و زاویه \vec{R} با mg برابر α خواهد بود. با توجه به شکل، خواهیم داشت:



$$\tan \alpha = \frac{F}{mg} \Rightarrow F = mg \tan \alpha \quad \text{و} \quad \alpha = 37^\circ$$

$$\sin 37^\circ = 3/5 \Rightarrow \cos 37^\circ = 4/5 \Rightarrow \tan 37^\circ = \frac{3}{4}$$

$$F = (12 \times 10^{-3}) \times 10 \times \frac{3}{4} \Rightarrow F = 0.9 \text{ N}$$

بعد از تماس دو گلوله به هم، بار آن‌ها برابر شده و به روش مشابه با قسمت قبل داریم:

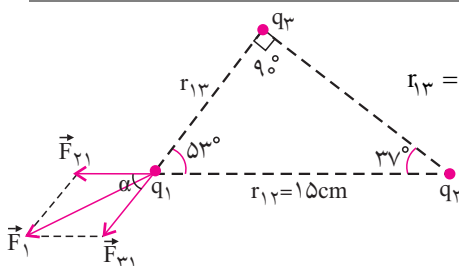
$$F' = mg \tan \theta \quad \text{و} \quad \alpha + \theta = 90^\circ \Rightarrow \tan \theta = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{4}{3}$$

$$F' = (12 \times 10^{-3}) \times 10 \times \frac{4}{3} \Rightarrow F' = 0.16 \text{ N}$$

پرسش: اگر حوصله دارید، بار هر یک از دو گلوله را بعد از تماس به هم محاسبه کنید.

$$q'_A = q'_B = \frac{32\sqrt{3}}{3} \mu\text{C} \approx 18.4 \mu\text{C} \quad \text{این هم جوابش!}$$

۲۹- در شکل زیر، نیروهای وارد بر q_1 و برآیند آن‌ها نشان داده شده‌اند.



$$F = k \frac{|q| \times |q'|}{r^2}$$

$$F_{21} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 5 \times 10^{-12}}{(15 \times 10^{-2})^2} = 16 \text{ N}$$

$$F_{31} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 / 88 \times 5 \times 10^{-12}}{(9 \times 10^{-2})^2} = 16 \text{ N}$$

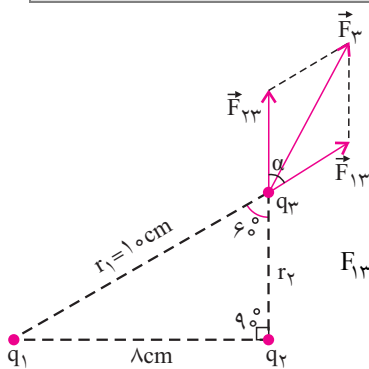
$$F_{21} = F_{31} \Rightarrow F_1 = 2F_{21} \cos \frac{\alpha}{2} \Rightarrow F_1 = 2 \times 16 \cos \frac{53^\circ}{2} \Rightarrow F_1 = 32 \times 0 / 89 = 28 / 48 \text{ N}$$

توجه کنید که داریم:

$$\cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$$

پرسش: در مثال قبل، اندازه نیروی الکتریکی وارد بر q_3 را محاسبه کنید. ($\sqrt{10} \approx 3/16$)

جواب: ۱۵۸ N



۳۰- در شکل روبه‌رو نیروهای الکتریکی وارد بر q_3 و برآیند آن‌ها نشان داده شده‌اند. داریم:

$$r_2 = \sqrt{100 - 64} = 6 \text{ cm} = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$$

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

$$F_{13} = \frac{9 \times 10^9 \times \frac{4}{3} \times 2 / 5 \times 10^{-12}}{(0 / 10)^2} = 30 \text{ N} \quad \text{و} \quad F_{23} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 2 / 5 \times 10^{-12}}{36 \times 10^{-4}} = 50 \text{ N}$$

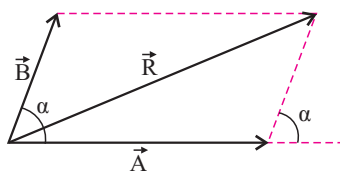
زاویه بین این دو نیرو $\alpha = 60^\circ$ درجه است. برآیند دو نیروی متقاطع به روش دوزنقه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F_3^2 = F_{13}^2 + F_{23}^2 + 2F_{13} \times F_{23} \cos \alpha \quad \text{و} \quad \alpha = 60^\circ \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2}$$

$$F_3^2 = 900 + 2500 + 2 \times 30 \times 50 \times \frac{1}{2} \Rightarrow F_3^2 = 3400 + 1500 = 4900 \Rightarrow F_3 = 70 \text{ N}$$

توجه:

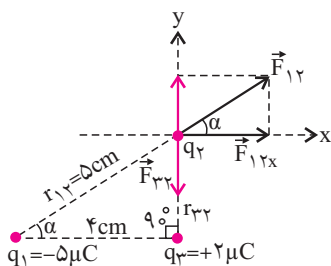
اگر دو بردار \vec{A} و \vec{B} با هم زاویه α بسازند، برآیند آن‌ها، \vec{R} قطر متوازی‌الاضلاعی است که روی دو بردار ساخته می‌شود و اندازه آن از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$R^2 = A^2 + B^2 + 2A \times B \cos \alpha$$

در حالت خاصی که دو بردار هم‌اندازه باشند ($A = B$)، اندازه برآیند برابر می‌شود با:

$$R = 2A \cos \frac{\alpha}{2}$$



۳۱- بر q_2 دو نیروی الکتریکی \vec{F}_{12} و \vec{F}_{32} وارد می‌شود که باید ابتدا اندازه آن‌ها را محاسبه کنیم.

$$r_{23} = \sqrt{25 - 16} = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m} \quad \text{و} \quad q_3 = -3 \mu\text{C}$$

$$F = k \frac{|q| |q'|}{r^2} \Rightarrow F_{12} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 3 \times 10^{-12}}{25 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{12} = 54 \text{ N}$$

$$F_{32} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 3 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{32} = 60 \text{ N}$$

اکنون برآیند دو نیروی محاسبه شده را باید به دست آوریم تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر q_2 (F_2) مشخص شود. برای این کار، محور x را مطابق شکل بالا، موازی خط واصل q_1 و q_3 و محور y را عمود بر آن انتخاب کرده‌ایم. با این انتخاب، \vec{F}_{32} در خلاف جهت محور y می‌شود. \vec{F}_{12} را در امتداد دو محور تصویر کرده و مؤلفه‌های آن را محاسبه می‌کنیم.

$$F_{12x} = F_{12} \cos \alpha \Rightarrow F_{12x} = 54 \times \frac{4}{5} = 43/2 \text{ N}$$

$$F_{12y} = F_{12} \sin \alpha \Rightarrow F_{12y} = 54 \times \frac{3}{5} = 32/4 \text{ N}$$

مؤلفه‌های برآیند \vec{F}_{12} و \vec{F}_{32} در امتداد دو محور را F_x و F_y می‌نامیم. خواهیم داشت:

$$F_x = F_{12x} = 43/2 \text{ N}$$

$$F_y = F_{12y} - F_{32} \Rightarrow F_y = 32/4 - 60 \Rightarrow F_y = -27/6 \text{ N}$$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$F_r = F_x^2 + F_y^2 \Rightarrow F_r = 1866/24 + 761/76 = 2628$$

$$F_r = \sqrt{2628} \approx 51/26 \text{ N}$$

زاویه برآیند (\vec{F}_2) با محور x (θ) را به روش زیر محاسبه می‌کنیم:

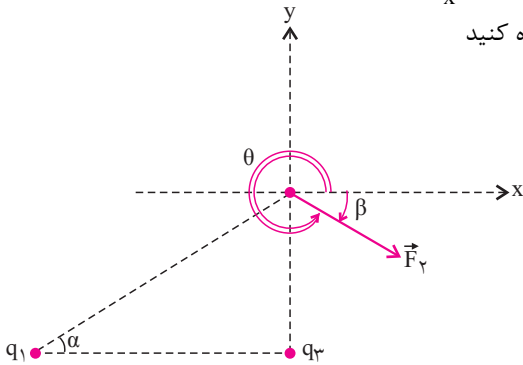
$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x} \Rightarrow \tan \theta = \frac{-27/6}{43/2} = -0/638 \Rightarrow \theta = 327/5 \text{ درجه}$$

زاویه \vec{F}_2 با محور x را می‌توان « $-32/5$ » درجه نیز در نظر گرفت. به شکل روبه‌رو نگاه کنید

$$\theta - \beta = 360 \text{ درجه}$$

$$\theta + |\beta| = 360 \text{ درجه}$$

یا:



بخش دوم: میدان الکتریکی

- ۱- یک جسم باردار، از راه دور و بدون تماس با جسم باردار دیگر، به آن نیروی الکتریکی وارد می‌کند. این پدیده را چگونه توجیه می‌کنید؟
- ۲- برای زمین (و هر جسم دیگر) میدان گرانش تعریف می‌شود که با نماد \vec{g} نشان می‌دهیم. نیروی گرانش زمین بر جسمی به جرم m برابر $\vec{F}_g = m\vec{g}$ می‌شود. آیا برای نیروی الکتریکی که جسمی به بار q بر جسم‌های دیگر وارد می‌کند، نیز می‌توان تعریف مشابهی ارائه داد؟
- ۳- در واقع، میدان الکتریکی بخش نادیدنی جسم است. برای تجسم میدان الکتریکی در اطراف یک جسم باردار، چه راهکاری پیشنهاد شده و مورد استفاده است؟
- ۴- تصور کنید بار الکتریکی نقطه‌ای و مثبت q_1 را در نقطه‌ای از میدان الکتریکی حاصل از بار q رها کرده‌ایم. با چشم‌پوشی از تأثیر نیروهای وزن و اصطکاک، راستا، جهت و اندازه نیروی میدان بر آن را مشخص کنید.
- ۵- به شکل روبه‌رو نگاه کنید، میدان الکتریکی بار q در نقطه A برابر \vec{E} است. اگر بار الکتریکی q' در نقطه B قرار دهیم، میدان بار q در نقطه A چه تغییری می‌کند؟ بار الکتریکی q' چه تغییری در میدان الکتریکی نقطه A ایجاد می‌کند؟
- ۶- بر بار الکتریکی $3/5 \text{ nC}$ در یک نقطه از فضا نیروی الکتریکی $1/75 \times 10^{-2} \text{ N}$ به طرف شمال وارد می‌شود. بزرگی و جهت میدان الکتریکی را در این نقطه مشخص کنید.
- ۷- در نقطه‌ای از فضا میدان الکتریکی به بزرگی $4/5 \times 10^4$ نیوتون بر کولن در جهت 45° درجه به طرف شمال شرقی وجود دارد. در این نقطه بر بار q نیروی $9/9 \times 10^{-2} \text{ N}$ در جهتی که با مشرق زاویه 225° درجه می‌سازد، از طرف میدان الکتریکی وارد می‌شود. نوع و اندازه بار q را مشخص کنید.
- ۸- بر بار الکتریکی $q = -3/2 \mu\text{C}$ در یک نقطه از میدان الکتریکی نیروی $\vec{F}_e = 1/6 \vec{i} - 1/2 \vec{j}$ برحسب نیوتون وارد می‌شود. میدان الکتریکی را در این نقطه برحسب بردارهای یک‌محورها به دست آورده و سپس اندازه و جهت آن را معلوم کنید.
- ۹- در شکل روبه‌رو، میدان الکتریکی بار نقطه‌ای $q = +9/6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ در نقطه B برابر $5/4 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ است. اگر از B به اندازه $2/5 \text{ cm}$ به نزدیک شویم، میدان الکتریکی بار q چه تغییری می‌کند؟
- ۱۰- بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = +4/5 \mu\text{C}$ و $q_2 = -18 \mu\text{C}$ در فاصله $22/5 \text{ cm}$ از هم قرار دارند. میدان الکتریکی حاصل از این دو بار را در نقطه‌های زیر محاسبه کنید:
- (الف) نقطه M در $4/5$ سانتی‌متری q_1 و 18 سانتی‌متری q_2
- (ب) نقطه N در $13/5$ سانتی‌متری q_1 و 18 سانتی‌متری q_2
- ۱۱- دو بار الکتریکی $q_1 = -q_2 = 16 \mu\text{C}$ را که به فاصله 12 cm از یک‌دیگر قرار دارند، دو قطبی الکتریکی می‌نامند. میدان الکتریکی حاصل از دو قطبی الکتریکی را در نقطه‌های زیر به فاصله 8 cm از مرکز دوقطبی محاسبه کنید:
- (الف) نقطه روی محور دو قطبی (خط واصل دو بار)
- (ب) نقطه روی عمودمنصف خط واصل بارها
- ۱۲- منظور از میدان الکتریکی یکنواخت چیست؟ خط‌های چنین میدانی چگونه‌اند؟ رسم کنید.

۱۳- ذره‌ای با بار الکتریکی q را در نقطه‌ای درون میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. اگر میدان در آن نقطه برابر \vec{E} باشد، نیرویی که میدان بر این ذره وارد می‌کند، چه اندازه و در چه جهتی است؟

۱۴- ذره‌ی بارداری را به حال سکون در یک نقطه درون میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. به علت تأثیر میدان، ذره شروع به حرکت می‌کند. با چشم‌پوشی از وزن ذره، آیا ضمن حرکت، ذره روی خط میدان گذرنده از آن نقطه، می‌ماند؟ بحث کنید.

۱۵- ذره‌ای به جرم $0.4g$ و بار q در میدان الکتریکی یکنواختی که قائم و جهت آن رو به پایین است، معلق و به حال سکون قرار دارد. الف) با استدلال، نوع بار ذره را مشخص کنید.

ب) اگر بزرگی میدان $\frac{N}{C} \times 10^5 \times 6/4$ باشد، اندازه بار ذره را به دست آورید. $g = 10 \frac{N}{kg}$

۱۶- گلوله کوچکی به جرم $25g$ که دارای بار الکتریکی $q = +0.75 \mu C$ است را به نخ سبکی بسته و در میدان الکتریکی یکنواخت و افقی $E = 2/5 \times 10^5 \frac{N}{C}$ آویزان می‌کنیم. بعد از آن که گلوله به حال تعادل رسید

الف) زاویه نخ با راستای قائم چند درجه می‌شود؟

ب) کشش نخ چه قدر می‌شود؟ $g = 10 \frac{N}{kg}$ ، $\sin 37^\circ = 0.6$ ، $\sin 45^\circ$

۱۷- به یک جسم بار الکتریکی می‌دهیم، این بار در جسم جابه‌جا می‌شود یا ساکن می‌ماند؟ اگر جابه‌جا می‌شود، پخش آن در جسم چگونه است؟

۱۸- به جسم رسانایی بار الکتریکی داده می‌شود. چگالی سطحی بار در نقطه‌های مختلف جسم چگونه است، در صورتی که جسم:

الف) کروی شکل باشد.

ب) دوکی شکل باشد.

پاسخ پرسش‌های مفهومی

۱- دو بار الکتریکی، بدون آن که با هم در تماس باشند، به هم نزدیک یا از هم دور باشند، بین دو جسم محیط نارسائیی باشد یا نباشد و بدون هیچ وسیله‌ای، بر یکدیگر نیرو وارد می‌کند. درست مانند آن است که هر جسم باردار، دست‌های نامرئی دارد که به کمک آن‌ها به جسم‌های باردار دیگر، نیرو وارد می‌کند. در واقع، جسم باردار در اطراف خود خاصیتی دارد که جزیی از جسم باردار است و جسم، محدود به ماده سازنده خود نیست. به این خاصیت که جسم باردار در اطراف خود دارد، **میدان الکتریکی** می‌گوییم.

۲- پاسخ، مثبت است. برای هر جسم باردار، میدانی به نام **میدان الکتریکی** تعریف می‌شود که با نماد « \vec{E} » نشان می‌دهیم. میدان الکتریکی به صورت زیر تعریف می‌شود:

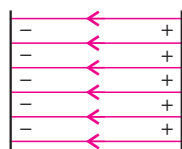
«میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا (\vec{E})، نیرویی است که در آن نقطه بر یکای بار الکتریکی مثبت واقع در آن نقطه وارد می‌شود.»
اگر بار الکتریکی مثبت q در یک نقطه فضا نیروی الکتریکی \vec{F}_e وارد شود، با توجه به تعریف بالا، خواهیم داشت:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q} \Rightarrow \vec{F}_e = q\vec{E}$$

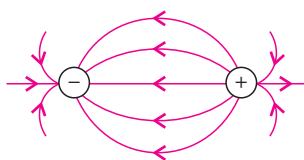
در رابطه بالا، نیرو برحسب نیوتون (N) و بار الکتریکی برحسب کولن (C) است. در این صورت، یکای میدان الکتریکی در SI، نیوتون بر کولن ($\frac{N}{C}$) می‌شود. توضیح بیش‌تر را در درسنامه شماره ۱۰ مطالعه کنید.

۳- برای نشان دادن و تجسم میدان الکتریکی در اطراف یک جسم باردار، از خط‌های میدان استفاده می‌کنیم. به این ترتیب که میدان الکتریکی را با خط‌های جهت‌داری که در اطراف جسم باردار رسم می‌شود، نشان می‌دهیم. جهت این خط‌ها بنا به قرارداد از بار مثبت به طرف بار منفی است. برای رسم خط‌های میدان الکتریکی مربوط به یک جسم باردار منفرد، فرض می‌کنیم بار الکتریکی ناهم‌نام با آن در بی‌نهایت دور واقع باشد و به این ترتیب خط‌های میدان مربوط به جسم باردار منفرد را رسم می‌کنیم.

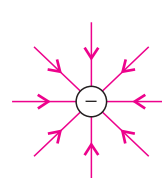
ویژگی‌های خط‌های میدان الکتریکی را در درسنامه شماره ۱۰ مطالعه کنید. در شکل‌های زیر، خط‌های میدان الکتریکی در چند مورد، رسم شده‌اند.



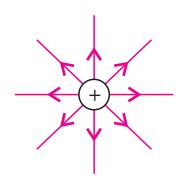
ت) میدان الکتریکی
یکنواخت



پ) دوقطبی الکتریکی



ب) بار الکتریکی منفی
و منفرد



الف) بار الکتریکی مثبت
و منفرد

۴- فرض کنید که بار مثبت q_1 مطابق شکل روبه‌رو، در نقطه A از میدان رها شده و خط میدان الکتریکی رسم شده، از آن نقطه می‌گذرد. میدان الکتریکی در نقطه A با توجه به ویژگی‌های خط میدان که در درسنامه ۱۰ بیان شده و همان‌گونه که این شکل نشان می‌دهد، با بردار \vec{E}_A مماس بر خط میدان مشخص می‌شود.
از تعریف میدان الکتریکی معلوم می‌شود که نیروی الکتریکی وارد بر q_1 در نقطه A از رابطه $\vec{F}_e = q_1 \vec{E}_A$ به دست می‌آید. اندازه این نیرو $F_e = |q_1| E_A$ است. چون q_1 مثبت فرض شده، از رابطه $\vec{F}_e = q_1 \vec{E}_A$ معلوم می‌شود که این نیرو در جهت میدان الکتریکی است.

پرسش: اگر بار q_1 منفی باشد، پاسخ این پرسش چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

۵- میدان بار q در نقطه A به مشخصه‌های بار q (اندازه آن، مثبت یا منفی بودن، نحوه پخش بار در جسم با بار q) و فاصله نقطه A از بار q بستگی دارد. بنابراین، حضور بار q' در مشخصه‌های میدان بار q در A (بزرگی و جهت آن) تأثیری ندارد و در نتیجه میدان بار q در A تغییری نمی‌کند.

اما حضور بار q' در نقطه B باعث ایجاد میدان الکتریکی دیگری در A می‌شود. بنابراین، میدان الکتریکی در نقطه A تغییر می‌کند. اگر میدان بار q در A برابر \vec{E} و میدان بار q' در همین نقطه برابر \vec{E}' باشد، میدان الکتریکی در A از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\vec{E}_A = \vec{E} + \vec{E}'$$