فیزیک 2

PHYSICS 2

Iran Puyesh

ایران پویش

سامانه علمی، پژوهشی و کارآفرینی

مرجع تالیف و گرد آوری محتوای آموزشی

جزوات | درسنامه ها | نمونه سوالات | پکیج ارشد و دکتری

راه‌های تماس با ما:

وبسایت: iranpuyesh.ir

ایمیل: support@iranpuyesh.ir

تلگرام: @iranpuyesh

اینستاگرام: @iranpuyesh

واتس اپ: ۰۹۳۷۴۴۹۵۰۷۰

فیزیک 2

Physics 2

فهرست مطالب

فصل اول: بار الکتریکی و قانون کولن ۱۰
1-1- بار الکتریکی: 10
رسانا و عایق: 11
قانون کولن: 11
میدان الکتریکی 13
میدان الکتریکی بارهای نقطه‌ای: 14
دو قطبی الکتریکی: 15
خطوط نیرو: 17
میدان الکتریکی توزیع‌های بار پیوسته: 18
بار نقطه‌ای در میدان الکتریکی: 22
دوقطبی در میدان الکتریکی: 22
قانون گاوس 23
شار میدان الکتریکی: 24
قانون گاوس: 26
رسانای باردار منزوی: 26
کاربردهای قانون گاوس: 28
1) خط نامتناهی از بار: 28
2) ورقه نامتناهی از بار: 28
3) پوسته کروی باردار: 29
4- توزیع بار با تقارن کروی: 30
پتانسیل الکتریکی 31
انرژی پتانسیل الکتریکی 31
انرژی پتانسیل سیستمی از بارها: 32
پتانسیل الکتریکی: 32
محاسبه پتانسیل از میدان: 34
پتانسیل ناشی از یک بار نقطه‌ای: 34
پتانسیل ناشی از یک دوقطبی: 35
پتانسیل الکتریکی توزیع‌های پیوسته بار: 36
سطح‌های هم‌پتانسیل: 38
محاسبه میدان از پتانسیل: 38
رسانای منزوی: 40
تست های طبقه بندی شده فصل اول ۴۲
پاسخنامه تست های طبقه بندی شده فصل هشتم 59
فصل دوم: خازن – مقاومت و جریان ۷۹

خازن ، جریان و مقاومت: 79
2-2جریان : 87
2-3مقاومت ویژه : 88
2-4قانون اهم : 89
تست های طبقه بندی شده فصل نهم 92
پاسخنامه تست های طبقه بندی شده فصل دوم 104
فصل سوم :میدان مغناطیسی ۱۲۰
نیروی مغناطیسی وارد بر یک بار متحرک: 120
نیروی لورنتس: 121
بارهای چرخنده: 121
سیکلوترون و سینکروترون: 122
اثر هال: 123
نیروی مغناطیسی وارد بر جریان: 124
گشتاور نیروی وارد بر یک حلقه جریان: 125
دوقطبی مغناطیسی: 126
قانون آمپر 127
قانون بیوساوار: 127
کاربردهای قانون بیو-ساوار: 128
حلقه جریان دایره‌ای: 129
دو رسانای موازی: 130
قانون آمپر: 131
سیملوله‌ها و چنبره‌ها: 132
سیملوله‌ها: 132
چنبره‌ها: 133
قانون القای فارادی 134
قانون القای فارادی: 134
قانون لنز: 135
نیروی محرکه الکتریکی حرکتی: 136
میدان‌های الکتریکی القایی: 137
القاییدگی 138
محاسبه القاییدگی: 139
القاییدگی سیملوله: 140
القاییدگی چنبره: 140
القای متقابل: 141
مدارهای LR: 141
ذخیره انرژی در میدان مغناطیسی: 142
چگالی انرژی و میدان مغناطیسی: 143

نوسان‌های الکترومغناطیسی: 143
نوسان‌های میرا و واداشته: 145
مدارهای جریان متناوب 147
مدار RLC تک‌حلقه‌ای: 150
توان در مدارهای AC: 152
تست های طبقه بندی شده فصل سوم 154
پاسخنامه تست های طبقه بندی شده فصل سوم 174
منابع 202

فصل اول: بار الکتریکی و قانون کولن

نیروی الکترومغناطیسی نیروی موثر در ساختار اتم‌ها و در پیوند اتم‌ها در مولکول‌ها و جامدات است. بسیاری از خواص مواد از جمله کشسانی جامدات، کشش سطحی مایعات، نیروی فنر، اصطکاک و نیروی عمود بر سطح تماس همه از نیروی الکترومغناطیسی بین اتم‌ها سرچشمه می‌گیرند.

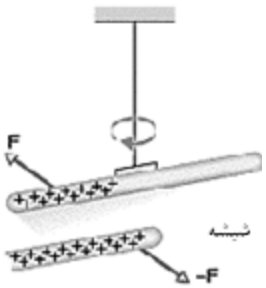
مبدا علم الکتریسیته به مشاهده فیلسوفان یونانی در حدود 600 سال قبل از میلاد برمی‌گردد که متوجه شدند قطعه‌ای از کهربای مالش داده شده، قطعات کوچک کاه را می‌رباید. مبدا علم مغناطیس به مشاهده این واقعیت بر می‌گردد که بعضی سنگ‌ها به طور طبیعی آهن را جذب می‌کنند. تلفیق دو علم الکتریسیته و مغناطیس به اورستد بر می‌گردد که مشاهده کرد جریان الکتریکی در یک سیم می‌تواند عقربه مغناطیسی قطب‌نما را منحرف کند.

در ارتباط با اهمیت الکترومغناطیس، از کاربرد عملی این علم در مهندسی می‌توان نام برد و از نظر تئوری بخشی از یک نظریه عمومی‌تر است که گرانش و کوانتوم را نیز در بر می‌گیرد.

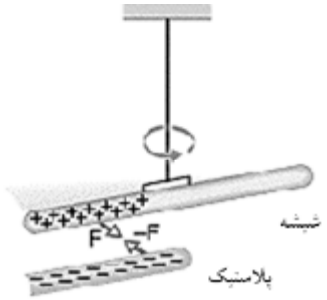
1-1- بار الکتریکی:

وقتی می‌گوییم جسمی باردار شده منظورمان این است که این جسم دارای نابرابری بار است. اجسام باردار بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. می‌توان نشان داد که دو نوع بار الکتریکی مثبت و منفی وجود دارد.

به عنوان مثال: دو میله شیشه ای مالش داده شده با ابریشم یکدیگر را می‌رانند. بار روی میله شیشه‌ای را بار مثبت می‌خوانیم:



اگر میله پلاستیکی مالش داده شده با پوست را به میله شیشه‌ای مالش داده شده به ابریشم نزدیک کنیم یکدیگر را جذب می‌کنند. بار روی میله پلاستیکی را بار منفی می‌نامیم.



بنابراین می‌توان گفت:

بارهای الکتریکی همنام همدیگر را دفع می‌کنند و بارهای الکتریکی غیرهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند.

هر ماده در حالت خنثی، دارای تعداد مساوی بار مثبت و منفی است. ماده دارای بار منفی، دچار افزایش الکترون و ماده دارای بار مثبت دچار کاهش الکترون است.

رسانا و عایق:

اجسام از نظر رسانایی به سه دستهٔ زیر تقسیم می‌شوند:

1) رسانا 2) نیمرسانا 3) عایق

در رساناها بارهای الکتریکی آزادانه حرکت می‌کنند. مس، فلزات و بدن انسان از نمونه‌های متداول رساناها هستند. در عایق‌ها بار الکتریکی آزاد بسیار کم است و بارها در اغلب شرایط نمی‌توانند جریان یابند. شیشه و انواع پلاستیک‌ها از نمونه‌های متداول عایق‌ها هستند. حامل‌های بار در فلزات الکترون‌های آزاد هستند. آن دسته از مواد که از نظر هدایت الکتریکی بین رساناها و عایق‌ها قرار می‌گیرند نیمرسانا نامیده می‌شوند.

قانون کولن:

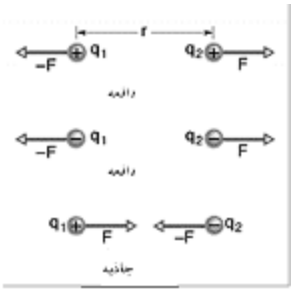
شارل آگوستن کولن نشان داد که اگر دو بار الکتریکی نقطه ای q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار داشته باشند بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند که اندازه آن برابر است با:

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

نیرویی که هر بار بر بار دیگر وارد می‌کند در امتداد خطی است که دو بار را به هم متصل می‌کند.

این دو نیرو، حتی اگر بارها متفاوت باشند، در جهت‌های مخالف هم و دارای اندازه برابر هستند.

در این رابطه مقدار k برابر است با:



$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8/99\times10^{9}\,\mathrm{N.m^2/C^2}$$

که در آن ε_0 نفوذ پذیری الکتریکی خلا است و مقدار آن برابر است با:

$$\varepsilon_0 = 8/85\times10^{-12}\,\mathrm{C^2/N.m^2}$$

شکل برداری قانون کولن بصورت زیر خواهد بود:

$$\mathbf{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12}$$

که در آن $\mathbf{F}_{12}$ نیروی وارد بر ذره 1 توسط ذره 2 و r_{12} اندازه بردار $\mathbf{r}_{12}$ و $\hat{r}_{12}$ بردار یکه در جهت $\mathbf{r}_{12}$ است. یعنی داریم:

$$\mathbf{r}_{12} = \frac{\mathbf{r}_{12}}{r_{12}}$$

اگر بیش از دو بار داشته باشیم و بخواهیم مثلاً نیروی وارد بر بار q_1 را به دست آوریم، در اینصورت نیروی وارد از طرف هر یک از بارها را بر بار q_1 رسم کرده و آن‌ها را با یکدیگر جمع برداری می‌کنیم:

$$\mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_{12} + \mathbf{F}_{13} + \mathbf{F}_{14} + \ldots$$

بار کوانتیده است:

وقتی یک کمیت فیزیکی مانند بار فقط بصورت بسته‌های گسسته وجود داشته باشد و نه بصورت مقادیر متغیر پیوسته، می‌گوییم که آن کمیت کوانتیده است.

آزمایش نشان می‌دهد که هر بار الکتریکی کوانتیده است، یعنی مضرب درستی از بار یک الکترون است یعنی:

$$q = ne$$
$$n = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \ldots$$

در این معادله، e، یکای بار بنیادی است که مقدار آن بطور تجربی مشخص شده است:

$$e = 1/60217733 \times 10^{-19} C$$

ماده ترکیبی از سه نوع ذره، پروتون، نوترون و الکترون است که خواص و جرم این ذرات در جدول زیر آمده است:

ذره	نماد	بار	جرم
پروتون	p	$+e$	۱٫۶۷۲۶۴۸۵ × ۱۰$^{-۲۷}$kg
نوترون	n	۰	۱٫۶۷۴۹۵۴۳ × ۱۰$^{-۲۷}$kg
الکترون	e^-	$-e$	۹٫۱۰۹۵۳۴ × ۱۰$^{-۳۱}$kg

بار پیوسته است:

بار الکتریکی موجود در جهان پایسته است. با مالش دادن دو جسم، بار الکتریکی از بین نمی‌رود بلکه تنها از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود و خنثایی الکتریکی هر یک از دو جسم را اندکی مختل می‌کند. این بیان قانون پایستگی بار می‌باشد. از قانون پایستگی بار بطور گسترده در فرایندهای هسته‌ای استفاده می‌شود.

میدان الکتریکی

به هر نقطه در فضای نزدیک به زمین می‌توان یک میدان گرانشی نسبت داد که شدت آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$g = \frac{F}{m}$$

که در آن F نیروی گرانشی وارد بر جسم m رها شده در میدان گرانشی است.

به همین ترتیب، میدان الکتریکی میدانی برداری است و مشابه میدان جاذبهٔ گرانشی و یا میدان جاذبه و دافعه مغناطیسی تعریف می‌شود؛ میدان الکتریکی، فضای اطراف یک بار الکتریکی است که اگر بار الکتریکی دیگری به آن وارد شود به آن نیرو وارد می‌شود.

در قیاس با معادله مربوط به میدان گرانشی، میدان الکتریکی E متناظر با توزیعی از بارها را بر حسب نیروی وارد بر یک بار مثبت آزمون q_0 در یک نقطه مشخص تعریف می‌کنیم، یا در واقع:

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

در این معادله جهت بردار E همان جهت بردار F است، زیرا q_0 یک کمیت نرده‌ای مثبت است. به لحاظ ابعادی، میـدان الکتریکی عبارت است از نیرو بر واحد بار الکتریکی، و بر حسب یکاهای SI برابر است با نیوتون بر کولن (N/C).

برای این که میدان حاصل از بار آزمون در میدان اصلی مؤثر نباشد، بار آزمون را بسیار کوچک یا باری نقطه‌ای (در حد بار الکترون) فرض می کنیم، بنابراین شکل بهتر معادله بالا برابر خواهد بود با:

$$E = \lim_{q_0 \to 0} \frac{F}{q_0}$$

میدان الکتریکی بارهای نقطه‌ای:

فرض می‌کنیم که بار آزمون مثبت q_0 را در فاصله r از بار q قرار می‌دهیم، نیروی وارد بر آن برابر است با:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q.q_0}{r^2}$$

بنابراین اندازه میدان الکتریکی در محل بار آزمون برابر است با:

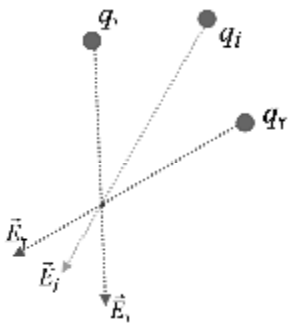
$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

نکته: جهت E همان جهت F است، در امتداد خط شعاعی از q به سوی خارج، اگر q مثبت باشد و به طرف داخل، اگـر q منفی باشد.

برای محاسبه میدان E هنگامی که گروهی از بارهای نقطه ای وجود دارد، از روش زیر استفاده می‌کنیم:

1) میدان E_i حاصل از هر بار را در یک نقطه معین بدست می آوریم.

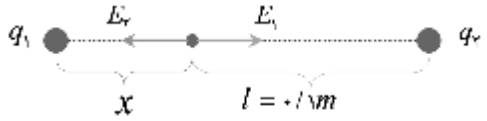
2) میدان برآیند E ،جمع بردارهای E_i ها است **یعنی:**



$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + ... + \mathbf{E}_i$$

$$\Rightarrow \mathbf{E} = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{E}_i$$

مثـال: در چـه نقطـه‌ای روی خـط واصـل دو بـار بـه فاصـلهٔ 10cm، میـدان الکتریکـی صـفر اسـت. در صـورتی کـه $q_1 = 10^{-6}\,C$ و $q_2 = 2\times 10^{-6}\,C$ باشد.



این نقطه باید بین دو بار قرار بگیرد زیرا تنها در این ناحیه است که نیروهای وارد بر یک بار آزمون از طرف بارهای q_1 و q_2 مخالف هم است. میدان ناشی از این دو بار باید برابر باشد یعنی:

$$E_1 = E_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{x^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{(1-x)^2}$$

از حل این معادله برای x بدست می‌آوریم:

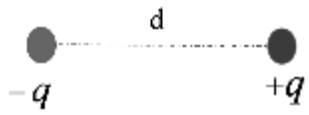
$$x = \frac{L}{1+\sqrt{\frac{q_2}{q_1}}}$$

بنابراین با جاگذاری مقادیر داریم:

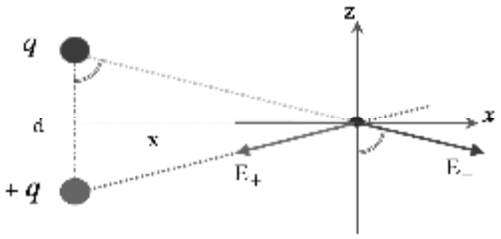
$$\Rightarrow x = 0/041m$$

دو قطبی الکتریکی:

دو بار نقطه‌ای با بارهای مخالف q و $-q$ که در فاصلهٔ کوچک d از یکدیگر قرار دارند دوقطبی الکتریکی نامیده می‌شوند.



برای بدست آوردن میدان الکتریکی E در نقطه P روی عمود منصف خط رابط دو بار و در فاصله x از این خط داریم:



میدان الکتریکی کل در نقطه p برابر مجموع میدان هر یک از بارها در نقطه p می‌باشد:

$$E = E_+ + E_-$$

مقدار میدان ناشی از هر کدام از بارها برابر است با:

$$E_+ = E_- = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{x^2+(\frac{d}{2})^2}$$

از روی تقارن شکل مشخص است که:

$$\sum E_x = 0$$

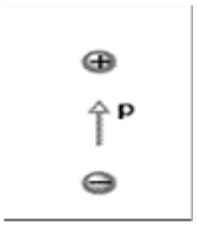
$$\sum E_z = 2E_+ \cos\theta$$

از طرفی از روی شکل داریم:

$$\cos\theta = \frac{\frac{d}{2}}{\sqrt{x^2+(\frac{d}{2})^2}}$$

با قرار دادن این رابطه در رابطه بالا داریم:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qd}{[x^2+(\frac{d}{2})^2]^{3/2}}$$



حاصل ضرب qd را گشتاور دو قطبی الکتریکی نامند و با p نمایش می‌دهند. گشتاور دو قطبی الکتریکی یک بردار است که جهت آن از بار منفی به بار مثبت است.

با استفاده از بسط زیر معادله بالا را می‌توان ساده‌تر کرد:

$$(1+y)^n = 1+ny+\frac{n(n-1)}{2!}y^2+\dots$$

$$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{x^3}\frac{1}{[1+(\frac{d}{2x})^2]^{3/2}}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{x^3}[1+(\frac{d}{2x})^2]^{-3/2}$$

$$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{x^3}[1+(-\frac{3}{2})(\frac{d}{2x})^2+\dots]$$

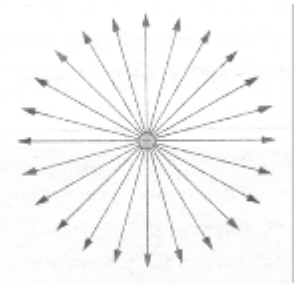
با در نظر گرفتن فقط جمله اول از بسط داریم:

$$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{x^3}$$

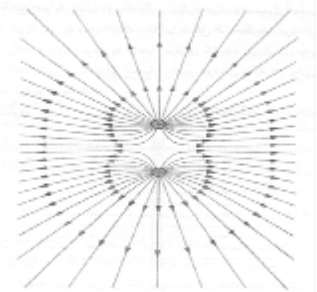
نکته: تغییرات میدان در نقطه‌های دور و در فاصله r از دوقطبی به شکل $\frac{1}{r^3}$ است.

خطوط نیرو:

بر اساس اندیشهٔ فارادی، میدان الکتریکی با خطوطی فرضی به نام خطوط میدان الکتریکی نشان داده می‌شوند. مماس بر این خطوط، امتداد بردار شدت میدان و تراکم آنها در واحد سطح با شدت میدان متناسب است. در شکل زیر خطوط نیروی مربوط به توزیع بارهای مختلف آمده است:



خطوط نیروی بار نقطه‌ای مثبت



خطوط نیروی مربوط به دو بار مثبت مساوی