



خزوه درس

فیزیک الکتريسته و معنا طيس

تدوين و کرد آوري: مهدي جعفري تيده نوئي



امام خمینی (ره):

شما خودتان جوان‌هایی هستید که می‌توانید همه کارها را انجام بدهید. مخترعین مایمی توانند در سطح بالا اختراع بکنند، مبتکرین مایمی توانند در سطح بالا ابتکار بکنند به شرط این که اعتماد به نفس خودشان داشته باشند.

مقام معظم رهبری:

ما به علم احتیاج داریم، اما به پنجه کارآمد هم احتیاج داریم.
کار بدون علم، کم اثر است؛ علم بدون کار، بی اثر است.

فصل ۱: مقدمه	۶	فصل ۳: میدان الکتریکی	۱۶
۱-۱- کمیت	۷	۳-۱- میدان الکتریکی	۱۷
۱-۲- یکاها	۷	۳-۲- تجسم میدان الکتریکی	۱۷
۱-۳- تبدیل یکا	۷	۳-۳- محاسبه میدان الکتریکی	۱۷
۱-۴- نمادگذاری علمی اعداد	۹	۳-۴- دوقطبی الکتریکی	۱۹
۱-۵- تجزیه بردارها	۹	۳-۵- چگالی بار	۱۹
۱-۶- بردار یکه	۱۰	فصل ۴: قانون گاوس	۲۰
۱-۷- برآیند دو بردار	۱۰	۴-۱- مقدمه	۲۱
۱-۸- اندازه برآیند	۱۰	۴-۲- شار میدان الکتریکی	۲۱
۱-۹- جدول زاویه‌ها	۱۰	۴-۳- قانون گاوس	۲۱
۱-۱۰- ضرب نرده‌ای	۱۱	۴-۴- خط نامتناهی بار	۲۳
۱-۱۱- ضرب برداری	۱۱	۴-۵- ورقه نامتناهی بار	۲۴
۱-۱۲- رابطه مشتق	۱۱	فصل ۵: پتانسیل الکتریکی	۲۵
۱-۱۳- رابطه‌های انتگرال	۱۱	۵-۱- پتانسیل الکتریکی	۲۶
فصل ۲: بار و ماده	۱۲	۵-۲- پتانسیل و میدان الکتریکی	۲۶
۲-۱- بار الکتریکی	۱۳	۵-۳- پتانسیل حاصل از یک بار نقطه‌ای	۲۷
۲-۲- تقسیم‌بندی اجسام از لحاظ میزان رسانش الکتریکی	۱۳	۵-۴- پتانسیل حاصل از گروه بار نقطه‌ای	۲۸
۲-۳- گاف انرژی (نوار ممنوعه)	۱۳	۵-۵- انرژی پتانسیل الکتریکی	۲۸
۲-۴- ساختار نواری جسم	۱۳	فصل ۶: خازن	۲۹
۲-۵- روش‌های افزایش رسانش الکتریکی در نیم‌رساناها	۱۳	۶-۱- خازن	۳۰
۲-۶- انواع نیم رسانا	۱۳	۶-۲- ظرفیت خازن	۳۰
۲-۷- انواع آرایش نیم‌رساناها	۱۳	۶-۳- محاسبه ظرفیت خازن برحسب کمیت‌های A و d	۳۰
۲-۸- قانون کولن	۱۴	۶-۴- اتصال خازن‌ها	۳۱

۴۷	۳-۹- $\vec{B}$ در اطراف سیم دراز	۳۲	۵-۶- انباشت انرژی در میدان الکتریکی
۴۸	۴-۹- $\vec{B}$ در داخل سیم لوله	۳۳	۶-۶- چگالی انرژی
۴۸	۵-۹- قانون بیو-ساوار	۳۴	فصل ۷: جریان و چگالی جریان
۴۹	۶-۹- $\vec{B}$ در مرکز حلقه	۳۵	۱-۷- مقدمه
۵۰	فصل ۱۰: قانون القای فاراده	۳۵	۲-۷- چگالی جریان
۵۱	۱-۱۰- آزمایش‌های فاراده	۳۵	۳-۷- سرعت سوق (v_d)
۵۱	۲-۱۰- قانون القای فاراده	۳۶	۴-۷- مقاومت و مقاومت ویژه
۵۲	۳-۱۰- قانون لنز	۳۶	۵-۷- رابطه بین R و ρ
۵۲	۴-۱۰- میدان‌های مغناطیسی متغیر نسبت به زمان	۳۶	۶-۷- انتقال انرژی در مدار الکتریکی
۵۴	فصل ۱۱: القائیدگی (ضریب خود القایی یا اندوکتانس)	۳۸	۷-۷- مدار تک حلقه
۵۵	۱-۱۱- خود القایی	۳۸	۸-۷- اتصال مقاومت‌ها
	۲-۱۱- محاسبه ضریب خود القایی بر حسب ابعاد	۴۰	۹-۷- قوانین کیرشهف
۵۵	هندسی سیم لوله	۴۰	۱۰-۷- مدارهای RC
۵۶	۳-۱۱- مدار RL	۴۱	فصل ۸: میدان مغناطیسی
۵۶	۴-۱۱- انرژی میدان مغناطیسی	۴۲	۱-۸- میدان مغناطیسی
۵۸	فصل ۱۲: جریان متناوب	۴۲	۲-۸- القای مغناطیسی
۵۹	۱-۱۲- جریان متناوب	۴۲	۳-۸- نیروی مغناطیسی وارد بر بار آزمون متحرک
۵۹	۲-۱۲- دوره تناوب (T)	۴۲	در میدان مغناطیسی
۵۹	۳-۱۲- فرکانس یا بسامد (f)	۴۲	۴-۸- جهت‌ها و علامت‌ها
۵۹	۴-۱۲- طول موج (λ)	۴۳	۵-۸- نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان
۵۹	۵-۱۲- بسامد زاویه‌ای یا سرعت زاویه‌ای (ω)	۴۵	۶-۸- اثر هال
۶۰	۶-۱۲- یک‌سو کننده‌های جریان متناوب (دیودها)	۴۶	فصل ۹: قانون آمپر
۶۰	۷-۱۲- ترانسفورماتورها (مبدل‌ها)	۴۷	۱-۹- مقدمه
		۴۷	۲-۹- قانون آمپر

٦٦	١٤-٤ - طيف موج الكترومغناطيس	٦٢	فصل ١٣: معادلات ماكسول
٦٧	١٤-٥ - سرعت انتشار امواج الكترومغناطيس	٦٣	١٣-١ - معادلات ماكسول
٦٨	فصل ١٥: خواص مغناطيسي ماده	٦٥	فصل ١٤: امواج الكترومغناطيس
٦٩	١٥-١ - خواص مغناطيسي ماده	٦٦	١٤-١ - امواج الكترومغناطيس
٧٠	منايع	٦٦	١٤-٢ - تابش
		٦٦	١٤-٣ - انتشار

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کمیت: به هر چیز قابل اندازه‌گیری در فیزیک، کمیت می‌گویند.

انواع کمیت‌های فیزیکی از لحاظ محتوا:

- کمیت نرده‌ای (عددی-اسکالر): کمیتی که فقط دارای اندازه باشد (فقط با عدد بیان شود). مانند: جرم-طول-زمان.
- کمیت برداری: کمیتی که علاوه بر اندازه، دارای جهت نیز باشد. مانند: سرعت-شتاب-نیرو.

۲-۱- یکاها

یکا (واحد): چیزی که نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها را بتوان توسط آن مقایسه کرد.

انواع کمیت‌های فیزیکی از لحاظ شکل:

- کمیت اصلی: کمیتی که یکای آن به‌طور مستقل بیان شود. مانند: جرم-طول-زمان-دما. به یکاهای این کمیت‌ها نیز، یکاهای اصلی گویند.
- کمیت فرعی: کمیتی که یکای آن به‌طور مستقل بیان نشود. مانند: سرعت-شتاب-نیرو-فشار-توان. به یکاهای این کمیت‌ها نیز، یکاهای فرعی گویند.

نام کمیت	نماد کمیت	نام یکا	نماد یکا
جرم	m	کیلوگرم	kg
زمان	t	ثانیه	s
طول	l	متر	m
سرعت	v	متر بر ثانیه	$\frac{m}{s}$
شتاب	a	متر بر مجذور ثانیه	$\frac{m}{s^2}$
نیرو	F	نیوتن	N

جدول ۱-۱- کمیت‌ها و یکاها

۳-۱- تبدیل یکا

جدول ۲-۱- ضرایب افزایشده

ضرایب (پیشوندهای) افزایشده		
نام	نماد	ضریب
کیلو	K	۱۰^3
مگا	M	۱۰^6
گیگا	G	۱۰^9
ترا	T	۱۰^{12}

جدول ۱-۳- ضرایب کاهنده

ضرایب (پیشوندهای) کاهنده		
نام	نماد	ضریب
سانتی	c	10^{-2}
میلی	m	10^{-3}
میکرو	μ	10^{-6}
نانو	n	10^{-9}

- ضرایب دو جدول فوق برای حالتی است که این ضرایب در سمت چپ تساوی قرار گیرند. اگر این ضرایب در سمت راست تساوی قرار بگیرند، علامت توان عوض می شود.

مثال ۱-۱- تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید.

a: $1\text{ cm} = ?\text{ m} = 10^{-?}\text{ m}$

b: $1\text{ m} = ?\text{ cm} =$

c: $1\text{ }\mu\text{s} = ?\text{ s} =$

d: $1\text{ s} = ?\text{ }\mu\text{s} =$

- اگر هیچ یک از یکاهای دو طرف تساوی، یکای استاندارد نباشد، ابتدا یکای سمت چپ تساوی را به یکای استاندارد و سپس یکای استاندارد را به یکای خواسته شده سمت راست تبدیل می نماییم.

مثال ۲-۱- تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید.

a: $1\text{ nJ} = ?\text{ KJ}$

$1\text{ nJ} = 10^{-9}\text{ J} = 10^{-9}(10^{-3}\text{ KJ}) = 10^{-12}\text{ KJ}$

b: $1\text{ Ms} = ?\text{ ms}$

$1\text{ Ms} =$

c: $1\text{ }\mu\text{m} = ?\text{ cm}$

$1\text{ }\mu\text{m} =$

تمرین ۱-۱- تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید.

a: $1\text{ g} = ?\text{ Kg}$

b: $1\text{ Kg} = ?\text{ ng}$

c: $1\text{ MW} = ?\text{ }\mu\text{W}$

d: $1\text{ mJ} = ?\text{ GJ}$

۴-۱- نمادگذاری علمی اعداد

نکته: برای نمادگذاری، مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

- ۱- هر عدد را به صورت حاصل ضرب عددی بین ۱ و ۱۰ ($1 \leq x < 10$) و توان صحیحی از ۱۰ ($10^{\pm n}$) می‌نویسیم یعنی: $x \times 10^{\pm n}$
- ۲- به تعداد رقم‌هایی که اعشار عقب کشیده می‌شود برای ۱۰، توان مثبت (10^{+n}) می‌گذاریم.
- ۳- به تعداد رقم‌هایی که اعشار جلو کشیده می‌شود برای ۱۰، توان منفی (10^{-n}) می‌گذاریم.

مثال ۱-۳- اعداد زیر را نمادگذاری کنید.

$$a: 1000 = 1000 / 0 = 1 / 0.000 \times 10^{+3} = 10^3$$

$$b: 900 =$$

$$c: 10010 =$$

$$d: 35/09 = 3/509 \times 10^{+1}$$

$$e: 0/0809 =$$

تمرین ۱-۲- اعداد زیر را نمادگذاری کنید.

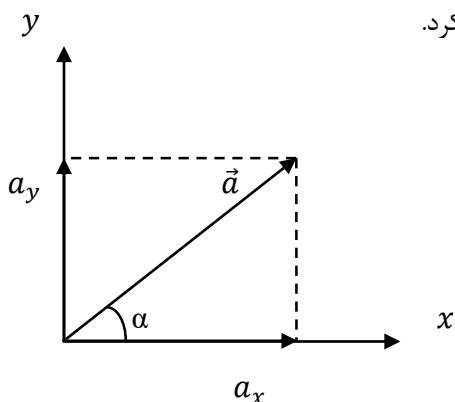
$$a: 10900 =$$

$$b: 9999 =$$

$$c: 0/00010 =$$

۵-۱- تجزیه بردارها

طبق شکل ۱-۱، بردار $\vec{a}$ را می‌توان به دو مؤلفه a_x و a_y تجزیه کرد.



a_x : مؤلفه افقی بردار $\vec{a}$

a_y : مؤلفه عمودی بردار $\vec{a}$

شکل ۱-۱- مؤلفه‌های افقی و عمودی بردار $\vec{a}$

روابط:

$$\sin \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{a_y}{a} \Rightarrow a_y = a \sin \alpha \quad \bullet$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{a_x}{a} \Rightarrow a_x = a \cos \alpha \quad \bullet$$

$$\tan \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{a_y}{a_x} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{a_y}{a_x} \quad \bullet$$

۱-۶- بردار یکه: برداری است به طول واحد و در جهت مؤلفه‌های بردار اصلی.
نکته: بردار یکه در جهت مؤلفه افقی را با $\vec{i}$ و بردار یکه در جهت مؤلفه قائم را با $\vec{j}$ نمایش می‌دهند و داریم:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j}$$

• به a_x و a_y ، مؤلفه‌های بردار $\vec{a}$ گویند.

۱-۷- برآیند دو بردار: به جمع دو بردار گویند و داریم:

$$\vec{r} = \vec{a} + \vec{b}$$

مثال ۱-۴- بردار برآیند را بر حسب مؤلفه‌ها و بردارهای یکه بنویسید.

۸-۱- اندازه برآیند:

الف) اندازه برآیند دو بردار هم جهت a و b : $r = |a + b|$

ب) اندازه برآیند دو بردار خلاف جهت a و b : $r = |a - b|$

ج) اندازه برآیند دو بردار زاویه دار a و b : $r = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha}$

د) اندازه برآیند دو بردار عمود بر هم a و b : $r = \sqrt{a^2 + b^2}$

هـ) اندازه برآیند دو بردار زاویه‌دار و هم اندازه a و b : $r = 2a \cos \frac{\alpha}{2}$

۹-۱- جدول زاویه‌ها

جدول ۱-۱- سینوس، کسینوس و تانژانت بعضی از زوایای خاص

α	۰	۳۰	۴۵	۶۰	۹۰	۱۸۰
sin	۰	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	۱	۰
cos	۱	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	۰	-۱

مثال ۱-۵- اندازه برآیند دو نیروی $\vec{F}_1 = 5\vec{i} - 2\vec{j}$ و $\vec{F}_2 = 3\vec{i} + 8\vec{j}$ را محاسبه کرده و زاویه بین نیروی برآیند با محور x را محاسبه کنید.

تمرین ۱-۳- اگر $\vec{a} = 2\vec{i} - 5\vec{j}$ و $\vec{r} = -3\vec{i} + 4\vec{j}$ و $\vec{r} = \vec{a} + \vec{b}$ باشد، b با محور x چه زاویه ای می‌سازد؟

تمرین ۱-۴- مجموع دو بردار $\vec{a}$ و $\vec{b}$ برداری در جهت مثبت محور Y و هم اندازه با بردار $\vec{a}$ است. اگر $\vec{a} = 9\vec{i} + 12\vec{j}$ باشد، اندازه $\vec{a} - \vec{b}$ را بدست آورید.

۱۰-۱- ضرب نرده ای (عددی - اسکالر): حاصل ضرب نرده ای دو بردار، یک کمیت نرده ای است.

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta$$

• $\cos \theta$ در ناحیه‌های ۱ و ۴ دایره مثلثاتی، مثبت است.

۱۱-۱- ضرب برداری: حاصل ضرب برداری دو بردار $\vec{a}$ و $\vec{b}$ بردار دیگری است مانند $\vec{c}$.

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} = ab \sin \theta$$

• $\sin \theta$ در ناحیه‌های ۱ و ۲ دایره مثلثاتی، مثبت است.

۱۲-۱- رابطه مشتق

اگر $y = ax^n$ باشد، مشتق y نسبت به x عبارتست از:

$$\frac{dy}{dx} = nax^{n-1}$$

مثال ۱-۶- اگر $y = 5x^3 - 2x^2 + 4x - 6$ باشد، مشتق y نسبت به x را بنویسید.

۱۳-۱- رابطه‌های انتگرال

جدول ۱-۲- بعضی از انتگرال‌های کاربردی

$\int dx = x$	$\int x dx = \frac{1}{2} x^2$	$\int \frac{1}{x^2} dx = -\frac{1}{x}$
$\int \frac{1}{x^2} dx = -\frac{1}{x^2} = -\frac{1}{\sqrt{x}}$	$\int \frac{1}{\sqrt{x}} dx = 2\sqrt{x}$	$\int_{-\infty}^{+\infty} dx = 2 \int_0^{\infty} dx$
	$\int \frac{1}{x} dx = \ln x$	

فصل دوم

بار و ماده

۲-۱- بار الکتریکی

- بارهای هم‌نام همدیگر را دفع می‌کنند و نیروی بین آن‌ها از نوع دافعه است.
- بارهای غیر هم‌نام همدیگر را جذب می‌کنند و نیروی بین آن‌ها از نوع جاذبه است.

۲-۲- تقسیم‌بندی اجسام از لحاظ میزان رسانش الکتریکی:

الف- رسانا: حامل‌های بار آزادانه در جسم حرکت می‌کنند مانند فلزات.

ب- نارسانا: حامل‌های بار عملاً در جسم حرکت نمی‌کنند مانند شیشه و پلاستیک.

ج- نیم‌رسانا: حالتی بین رسانا و نارسانا است مانند سلیسیم و ژرمانیوم.

- یکی از کاربردهای نیم‌رسانا در ساخت ترانزیستورها می‌باشد.
- برخلاف رساناها، در نیم‌رساناها با افزایش دما، مقاومت ویژه الکتریکی کاهش می‌یابد.

۲-۳- گاف انرژی (نوار ممنوعه): فاصله بین بالاترین تراز انرژی در یک نوار و پایین‌ترین تراز انرژی در نوار دیگر را گویند.

۲-۴- ساختار نواری جسم:

- در رسانا نوار بخشی پر وجود دارد.
- در نارسانا نوار بخشی پر وجود ندارد و گاف انرژی تقریباً 5 eV است.
- در نیم‌رسانا نوار بخشی پر وجود ندارد و گاف انرژی تقریباً 1 eV است.

۲-۵- روش‌های افزایش رسانش الکتریکی در نیم‌رساناها:

- افزایش دمای نیم‌رسانا
- آلودگی نیم‌رسانا (اضافه کردن ناخالصی)

۲-۶- انواع نیم رسانا:

- ذاتی: نیم‌رسانای بدون ناخالصی
- غیرذاتی: نیم‌رسانای ناخالص

۲-۷- انواع آلودگی نیم‌رساناها:

- نوع n: اتم ناخالصی، یک الکترون ظرفیت بیش‌تر از اتم‌های نیم‌رسانای ذاتی داشته باشد.
- در نوع n: اضافه کردن اتم ناخالصی پنج ظرفیتی As به چهار ظرفیتی Si را می‌توان مثال زد. (به As ناخالصی دهنده می‌گویند).

- نوع p: اتم ناخالصی، یک الکترون ظرفیت کم‌تر از اتم‌های نیم‌رسانای ذاتی داشته باشد.
در نوع p: اضافه کردن اتم ناخالصی سه ظرفیتی Al به چهار ظرفیتی Si را می‌توان مثال زد. (به Al ناخالصی پذیرنده می‌گویند).

۸-۲- قانون کولن: کولن با استفاده از ترازوی پیچشی نشان داد که نیروی میان دو ذره باردار با حاصل ضرب بارشان نسبت مستقیم و بامجدور فاصله دو ذره از یکدیگر نسبت عکس دارد:

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

- $\vec{F}_{12}$: نیروی وارد از طرف ذره ۱ به ذره ۲
- $\vec{F}_{21}$: نیروی وارد از طرف ذره ۲ به ذره ۱
- در هر شرایطی، اندازه نیروهایی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند با هم برابر می‌باشد. یعنی:

$$F_{12} = F_{21} = F$$

مثال ۲-۱- فاصله دو ذره باردار هم اندازه q_1 و q_2 از یکدیگر 20 cm است. اگر نیرویی که دو ذره بر یکدیگر وارد می‌کنند 360 نیوتن باشد، اندازه بار q_1 و q_2 را حساب کنید.

اگر دوبار q_1 و q_2 هم‌نام باشند، بار q_3 را باید بین دو بار (روی خط واصل دوبار و نزدیک به بار با اندازه کوچکتر) قرار داد تا برآیند نیروهای وارد بر آن از سوی دو ذره q_1 و q_2 صفر شود.

اگر دوبار q_1 و q_2 ناهم‌نام باشند، بار q_3 را باید خارج دو بار (روی خط واصل دوبار و نزدیک به بار با اندازه کوچکتر) قرار داد تا برآیند نیروهای وارد بر آن از سوی دو ذره q_1 و q_2 صفر شود.

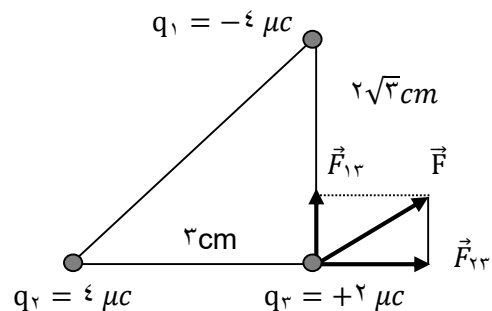
$$\vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \quad \text{در هر دو حالت فوق داریم:}$$

$$F_R = 0 \Rightarrow F_{13} - F_{23} = 0 \Rightarrow F_{13} = F_{23}$$

مثال ۲-۲- دو ذره باردار $2\text{ }\mu\text{C}$ و $8\text{ }\mu\text{C}$ به فاصله 100 cm از یکدیگر واقعند. بار q_3 را در چه مکانی قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود؟

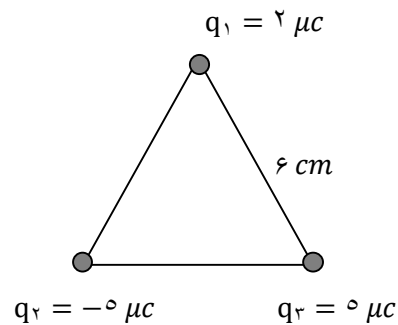
تمرین ۱-۲- دو ذره باردار $4 \mu C$ و $36 \mu C$ به فاصله 20 cm از یکدیگر واقعند. بار q_3 را در چه مکانی قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود؟

مثال ۳-۲- طبق شکل ۱-۲، سه بار در سه رأس مثلث قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار q_3 را رسم کرده و اندازه آنرا محاسبه کنید.



شکل ۱-۲- قرار گرفتن سه بار در سه رأس مثلث

تمرین ۲-۲- طبق شکل ۲-۲، سه بار در سه رأس مثلث متساوی الاضلاع قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار q_3 را رسم کرده و اندازه آنرا محاسبه کنید.



شکل ۲-۲- قرار گرفتن سه بار در سه رأس مثلث متساوی الاضلاع

فصل سوم

میدان الکتریکی

۳-۱- میدان الکتریکی: اگر بار مثبت آزمون در ناحیه‌ای از فضا که نیروی $\vec{F}$ بر آن وارد می‌شود، قرار داده شود، میدان الکتریکی $\vec{E}$ در این نقطه عبارتست از:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_o}$$

به عبارتی دیگر، به فضای اطراف یک ذره بارداری مانند q که در آن بر بار آزمون نیروی $\vec{F}$ وارد شود، میدان الکتریکی گویند.

- نیروی وارد بر بار مثبت، در جهت میدان الکتریکی و نیروی وارد بر بار منفی، در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

رابطه دقیق‌تر به جهت جلوگیری از آشفتگی بار اصلی توسط بار آزمون بزرگ عبارتست از:

$$\vec{E} = \lim_{q_o \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q_o}$$

۳-۲- تجسم میدان الکتریکی

ویژگی‌های خطوط میدان در اطراف یک جسم باردار:

- خطوط میدان در هر نقطه، جهت میدان را در آن نقطه نشان می‌دهد.
- میدان در هر نقطه، برداری مماس بر خط میدان گذرنده از آن نقطه است.
- هر چه میدان قوی‌تر باشد، خطوط میدان به هم نزدیک‌تر هستند.
- از هر نقطه فقط یک خط میدان می‌گذرد (خطوط میدان همدیگر را قطع نمی‌کنند).
- خطوط میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند.

تمرین ۳-۱- با توجه به موارد فوق، خطوط میدان الکتریکی را در موارد زیر رسم کنید.

الف- مجموعه دو بار $+q$ و $-q$

ب- مجموعه دو بار $+q$ و $+q$

ج- مجموعه دو بار $+2q$ و $-4q$

۳-۳- محاسبه میدان الکتریکی

نیروی وارد بر بار q_o از جانب q در فاصله r :

$$F = K \frac{qq_o}{r^2}$$

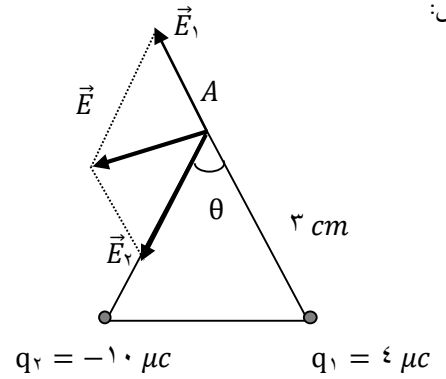
میدان الکتریکی در محل بار آزمون:

$$E = \frac{F}{q_o} = \frac{K \frac{qq_o}{r^2}}{q_o} = K \frac{q}{r^2}$$

- برای توزیع گسسته (منفصل) بار داریم: $\vec{E} = \sum \vec{E}_n$ به ازای $n = 1, 2, 3, \dots$
- برای توزیع پیوسته (متصل) بار داریم: $\vec{E} = \int d\vec{E}$

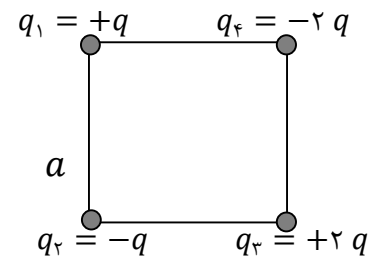
مثال ۱-۳- طبق شکل ۱-۳، میدان الکتریکی حاصل از دو ذره باردار q_1 و q_2 را در نقطه A (رأس مثلث متساوی الاضلاع) رسم و محاسبه کنید.

حل:



شکل ۱-۳- تعیین میدان الکتریکی در نقطه A

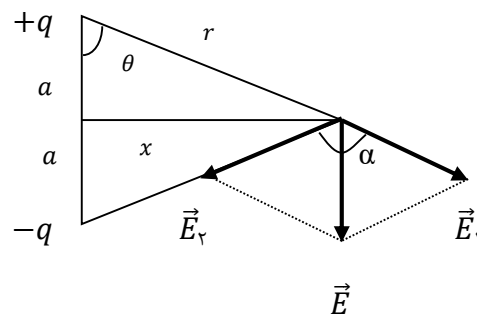
تمرین ۲-۳- در شکل ۲-۳ جهت میدان الکتریکی را در مرکز مربع به ضلع a تعیین کرده و اندازه آن را بر حسب q و a بدست آورید.



شکل ۲-۳- تعیین میدان الکتریکی در مرکز مربع

۳-۴- دوقطبی الکتریکی: دو ذره باردار مساوی غیر همنام که در فاصله‌ای نزدیک هم قرار گیرند، تشکیل یک دو قطبی الکتریکی می‌دهند.

مثال ۳-۲- میدان الکتریکی حاصل از یک دو قطبی الکتریکی را که به فاصله $2a$ از یکدیگر واقعند، در نقطه‌ای واقع بر عمود منصف خط واصل دو بار و به فاصله x از این خط محاسبه کنید.



شکل ۳-۳- میدان الکتریکی حاصل از یک دو قطبی الکتریکی

۳-۵- چگالی بار

- چگالی خطی بار: بار موجود در واحد طول:

$$\lambda = \frac{q}{\ell}$$

- چگالی سطحی بار: بار موجود در واحد سطح:

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

- چگالی حجمی بار: بار موجود در واحد حجم:

$$\rho = \frac{q}{V}$$

فصل چہارم

قانون گاؤس

قانون کولن را می‌توان به شکل دیگری که قانون گاوس نامیده می‌شود بیان کرد. با این قانون حل بسیاری از مسایل آسان‌تر خواهد شد.

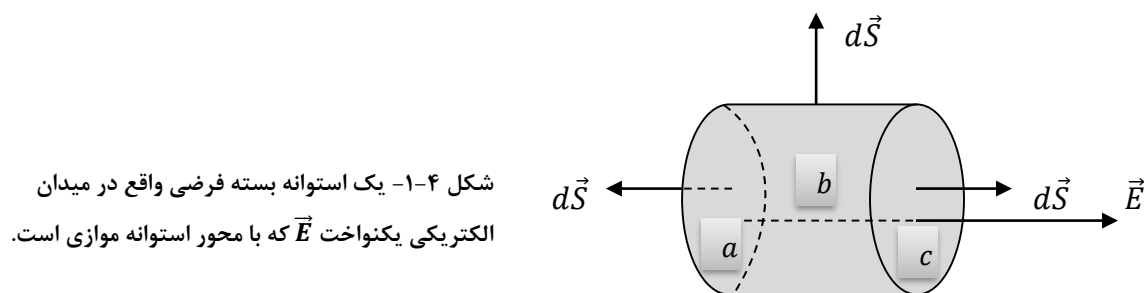
۴-۲- شار (فلو) میدان الکتریکی

تعریف دقیق شار عبارت است از: تعداد خطوط میدان الکتریکی که از یک سطح بسته می‌گذرد و داریم:

$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

- ϕ_E کمیتی است نرده‌ای و یکای آن، وِبر (Wb) یا ($\frac{Nm^2}{C}$) است.
- علامت دایره روی انتگرال، بیانگر انتگرال گیری روی سطح بسته است.
- راستای $d\vec{S}$ عمود بر سطح و جهت آن به‌طرف خارج سطح اختیار می‌شود.

مثال ۴-۱- یک استوانه بسته فرضی به شعاع R واقع در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ مفروض است. شار الکتریکی مربوط به این سطح بسته را محاسبه کنید.



۴-۳- قانون گاوس

این قانون که در مورد هر سطح بسته فرضی (سطح گاوسی) به‌کار می‌رود، رابطه بین ϕ_E سطح و بار خالص (q) محصور شده توسط آن سطح را مشخص می‌کند و عبارت است از:

$$\epsilon_0 \phi_E = q \Rightarrow \phi_E = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

- اگر بار q در خارج از سطح S قرار گیرد، داریم:

$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$$

- برای مجموعه بارهای منفصل (گسسته) داریم:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i$$

- برای مجموعه بارهای متصل (پیوسته) داریم:

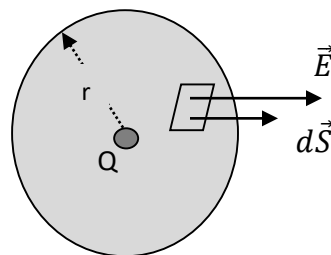
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho(\vec{x}) d^3x \equiv \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho(\vec{x}) dV$$

به $\rho(\vec{x})$ چگالی حجمی بار گویند.

- در حالت تعادل الکترواستاتیکی، میدان $\vec{E}$ در داخل رسانا صفر است. این بدان معنا است که بار الکتریکی در خارج سطح رسانا قرار دارد.
- توزیع بار با تقارن کروی: یعنی چگالی بار (ρ)، در هر نقطه فقط به فاصله آن نقطه تا مرکز کره بستگی دارد نه به راستا.
- کره باردار یکنواخت حالت خاصی از توزیع بار با تقارن کروی است.

مثال ۴-۲- با استفاده از قانون گاوس، بزرگی میدان الکتریکی را در نقطه‌ای به فاصله r از بار منزوی Q تعیین کنید.

سطح گاوسی به شعاع r را در نظر می‌گیریم.



شکل ۴-۲- سطح گاوسی کروی به شعاع r که بار نقطه‌ای Q را احاطه کرده است.

مثال ۴-۳- دو کره باردار به شعاع R که هر یک دارای بار کل Q هستند، مفروض می‌باشند. قضیه گاوس را برای تعیین میدان الکتریکی، هم در درون ($r < R$) و هم در بیرون ($r > R$) از کره‌ها در موارد زیر مورد استفاده قرار دهید:

الف- کره رسانا

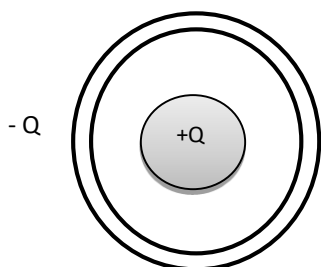
ب- کره نارسا (کره‌ای با توزیع بار حجمی یکنواخت و متقارن کروی)

جمله آخر نشان می‌دهد که میدان الکتریکی یک توزیع متقارن کروی به شعاع R همانند میدان الکتریکی یک بار نقطه‌ای است که در مرکز توزیع واقع شده است.

تمرین ۱-۴- کره نارسانایی به شعاع a مطابق شکل ۳-۴، در مرکز یک پوسته رسانای کروی به شعاع داخلی b و شعاع خارجی c قرار دارد. بار $+Q$ به‌طور یکنواخت در کره داخلی با چگالی ρ توزیع شده است و پوسته خارجی حامل بار $-Q$ است.

با استفاده از قانون گاوس، میدان الکتریکی را بر حسب r در موارد زیر تعیین کنید:

الف- داخل کره ب- میان کره و پوسته ج- در داخل پوسته د- در خارج پوسته



شکل ۳-۴- کره نارسانایی به شعاع a مطابق شکل، در مرکز

یک پوسته رسانای کروی به شعاع داخلی b و شعاع خارجی c قرار دارد.

۴-۴- خط نامتناهی بار

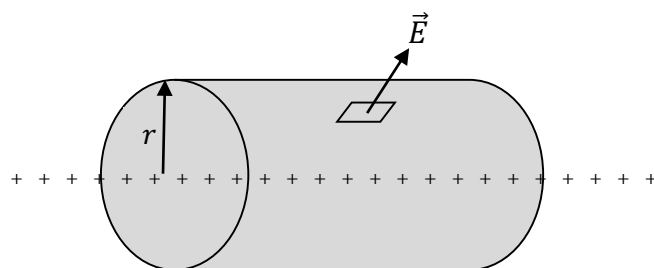
مثال ۴-۴- شکل زیر بخشی از یک خط نامتناهی بار را نشان می‌دهد. چگالی خطی بار (λ) در تمام نقاط روی خط، ثابت است. رابطه مربوط به میدان الکتریکی را در فاصله r از این خط به‌دست آورید.

طبق تقارن، میدان حاصل از یک بار خطی

یکنواخت فقط می‌تواند در راستای شعاع باشد.

استوانه بسته‌ای به طول ℓ و شعاع r را به عنوان

سطح گاوسی انتخاب می‌کنیم.



l .

شکل ۴-۴- بخشی از یک خط نامتناهی بار با چگالی خطی

۴-۵- ورقه نامتناهی بار

تمرین ۴-۲- بخشی از یک ورقه نارسانای نازک و نامتناهی بار را که چگالی سطحی بار آن σ است در نظر بگیرید. میدان الکتریکی را در فاصله r در جلو ورقه محاسبه کنید.