به نام خدا

آموزش نکته به نکته تکنسین الکترونیک

- دانش فنی پایه
- طراحی و سیم‌کشی برق ساختمان‌های مسکونی
- طراحی و نصب تأسیسات جریان ضعیف
- کابل‌کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی
- طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند
- دانش فنی تخصصی
- طراحی و اجرای رله‌های قابل برنامه‌ریزی
- نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف
- ریاضی ۳

کد: ۲۰۸۰۶

سرشناسه : آموزش نکته به نکته کنکور الکتروتکنیک / پدیدآورندگان گروه طراحان.
عنوان و نام پدید آور : تهران : چهارخونه ، ۱۴۰۲
مشخصات نشر : ۳۱۸ ص. : جدول ، نمودار؛ ۲۲×۲۹ س م.
مشخصات ظاهری
شابک :978-600-305-188-1
وضعیت فهرست نویسی : فیپای مختصر
شناسه افزوده : انتشارات چهارخونه
شماره کتابشناسی ملی :۵۶۴۲۸۲۹

آموزش نکته به نکته کنکور الکترو تکنیک

ناشر: انتشارات چهارخونه
پدید آورندگان: گروه طراحان
ویراستار: مینا فراهانی
صفحه‌آرایی: محبوبه شریفی
حروفچینی: ندا ایمنی
لیتوگرافی: امیر گرافیک
چاپ و صحافی: یگانه
ناظر چاپ: فتوحی
نوبت چاپ: ششم ـ پاییز ۱۴۰۲
شمارگان: ۵۰۰ جلد
قیمت: ۳۸۰۰۰۰ تومان

فروشگاه اینترنتی: www.4Khooneh.org

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است و هرگونه نسخه‌برداری پیگرد قانونی دارد.

تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۶۲۰۰۰۲۶ ـ ۶۶۹۲۷۷۹۶ ـ ۶۶۹۲۸۱۷۱

جهت دریافت کتاب از طریق پست به سایت www.4Khooneh.orgمراجعه نموده و یا با شماره تلفن ۶۶۹۲۸۰۲۹(۰۲۱) تماس حاصل فرمایید.

شابک:۱-۱۸۸-۳۰۵-۶۰۰-۹۷۸

ISBN: 978-600-305-188-1

بخش اول: دانش فنی پایه

پودمان اول: تولید انرژی الکتریکی ۵
پودمان دوم: کار و توان الکتریکی ۲۳
پودمان سوم: اتصالات سری و موازی الکتریکی ۲۸
پودمان چهارم: مدارهای جریان متناوب ۴۲
پودمان پنجم: اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی ۷۰

بخش دوم: طراحی و سیم‌کشی برق ساختمان‌های مسکونی

پودمان اول: سیم و اتصالات آن ۷۷
پودمان دوم: نقشه‌خوانی و زیرسازی سیم‌کشی توکار ... ۸۱
پودمان سوم: سیم‌کشی و نصب تجهیزات الکتریکی ۸۶
پودمان چهارم: زیرسازی سیم‌کشی روکار ۸۹
پودمان پنجم: تعمیر و نگهداری تأسیسات الکتریکی ... ۹۲

بخش سوم: طراحی و نصب تأسیسات جریان ضعیف

پودمان اول: اتصالات و دربازکن تصویری ۹۳
پودمان دوم: اعلام حریق ۹۶
پودمان سوم: نصب آنتن مرکزی، تلفن و اعلام سرقت ۹۹
پودمان چهارم: نصب دوربین‌های مدار بسته ۱۰۴
پودمان پنجم: نصب سیستم صوتی، یو پی اس، درهای خودکار ۱۰۶

بخش چهارم: کابل‌کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی

پودمان اول: شبکه برق و مصرف‌کننده‌های سه‌فاز ۱۰۹
پودمان دوم: کابل‌کشی ۱۱۶
پودمان سوم: سیم‌پیچی ترانسفورماتور ۱۱۹
پودمان چهارم: سیم‌پیچی الکتروموتورهای سه‌فاز .. ۱۲۵
پودمان پنجم: سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز ۱۲۹

بخش پنجم: طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند

پودمان اول: برق اضطراری و پشتیبان ۱۳۷
پودمان دوم: خانه هوشمند ۱۴۶
پودمان سوم: همبندی و صاعقه‌گیر ۱۴۸
پودمان چهارم: نگهداری و حفاظت سامانه فتوولتاییک ... ۱۵۱
پودمان پنجم: نقشه‌کشی و نرم‌افزار ۱۵۳

بخش ششم: دانش فنی تخصصی

پودمان اول: تحلیل مدارهای الکتریکی ۱۵۷
پودمان دوم: تحلیل ماشین‌های الکتریکی (ترانسفورماتورهای تک فاز) ۱۷۳
پودمان سوم: تحلیل ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز (موتورهای القایی) ۱۸۶
پودمان چهارم: کاربرد اتوماسیون صنعتی (اینورتر) ... ۲۰۳
پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی (زبان فنی) .. ۲۱۵

بخش هفتم: طراحی و اجرای رله‌های قابل برنامه‌ریزی

پودمان اول: توابع ساده رله قابل برنامه‌ریزی ۲۱۸
پودمان دوم: راه‌اندازی موتورالکتریکی با PLR .. ۲۲۸
پودمان سوم: PLR در تأسیسات صنعتی ۲۳۳
پودمان چهارم: امکانات آنالوگ PLR ۲۳۸
پودمان پنجم: کاربردهای خاص PLR ۲۴۰

بخش هشتم: نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف

پودمان اول: تابلو برق ساده کارگاهی ۲۴۲
پودمان دوم: تابلو برق تأسیسات کارگاهی ۲۴۷
پودمان سوم: تابلو برق دستگاه‌های صنعتی ۲۵۸
پودمان چهارم: نقشه‌کشی تابلوهای برق صنعتی ... ۲۶۵
پودمان پنجم: تابلو برق مطلوب شبکه ۲۶۸

بخش نهم: ریاضی ۳

پودمان اول: کاربرد برخی تابع‌ها در زندگی روزمره ... ۲۷۵
پودمان دوم: درک مفهوم حد ۲۸۹
پودمان سوم: مقایسه حدهای یک‌طرفه و دوطرفه و پیوستگی تابع‌ها ۲۹۵
پودمان چهارم: درک مفهوم مشتق ۳۰۳
پودمان پنجم: محاسبات مشتق و کاربردها ۳۰۸

مقدمه ناشر

با توجه به تغییرات سیستم آموزش دانش‌آموزان هنرستانی و عدم وجود یک منبع مفید درسی، بر آن شدیم تا یک مجموعه‌ی کامل نکته به نکته‌ای از دروس تخصصی پایه‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ تهیه نمائیم تا خلاء به وجود آمده در مقطع فنی حرفه‌ای و کاردانش برای دانش‌آموزان رشته الکتروتکنیک مرتفع گردد.

این کتاب مکمل مجموعه سؤالات چهارگزینه‌ای کنکور الکتروتکنیک می‌باشد.

عناوین دروس

دروس سال دهم

دانش فنی پایه

طراحی و سیم‌کشی برق ساختمان‌های مسکونی

طراحی و نصب تأسیسات جریان ضعیف

دروس سال یازدهم

کابل‌کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی

طراحی و نصب تأسیسات حفاظتی

و ساختمان‌های هوشمند

دروس سال دوازدهم

دانش فنی تخصصی

طراحی و اجرای رله‌های قابل برنامه‌ریزی

نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف

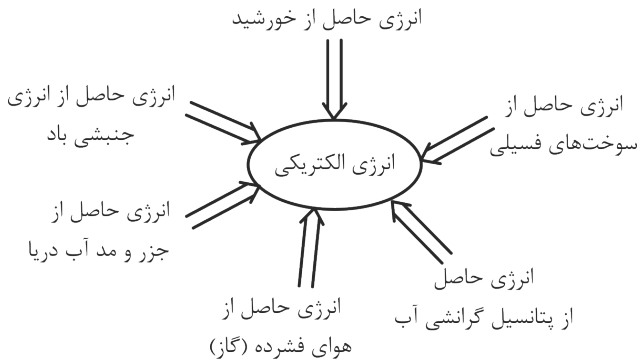
ریاضی ۳

ضمناً یادآوری می‌شود که برای مشاهده کارنامه‌های رتبه‌های قبولی، آزمون‌های خودسنجی رایگان و ... می‌توانید به سایت **www.4khooneh.org** مراجعه فرمایید.

پودمان ۱
«تولید انرژی الکتریکی»

پایستگی انرژی بیان می‌کند انرژی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود بلکه از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌شود، پس انرژی‌های دیگر می‌توانند به انرژی الکتریکی تبدیل شوند.

چند نمونه از تبدیل انرژی‌های مختلف به انرژی الکتریکی در شکل زیر مشخص شده است.



ژنراتور: برای تبدیل انرژی‌های دیگر به انرژی الکتریکی از وسیله‌ای به نام ژنراتور استفاده می‌شود.

نیروگاه: محل نصب ژنراتور و تجهیزات مربوط به آن را نیروگاه می‌نامند. نیروگاه در دو نوع جریان متناوب (AC) و جریان مستقیم (DC) می‌باشد.

نیروگاه جریان متناوب

۱ـ نیروگاه حرارتی: انرژی نهفته در سوخت‌های جامد، مایع ، گاز، هسته‌ای و ... دمای آب را بالا برده و به بخار تبدیل می‌کند و توربین را می‌گرداند و در ژنراتور انرژی الکتریکی تولید می‌شود.

۲ـ نیروگاه آبی: انرژی پتانسیل گرانشی ذخیره شده در آب پشت سد، توربین را می‌گرداند و در ژنراتور انرژی الکتریکی تولید می‌شود.

۳ـ نیروگاه گازی: از سوختن بعضی گازها مانند متان دمای گاز بالا رفته و با فشرده‌سازی آن انرژی لازم برای گرداندن توربین و تولید برق در ژنراتور ایجاد می‌شود.

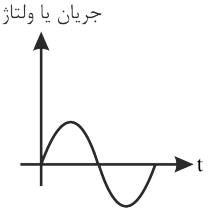
۴ـ نیروگاه سیکل ترکیبی: راندمان نیروگاه‌های گازی و حرارتی کم است. آنها را نزدیک هم می‌سازند تا گرمای خروجی (هدر رفته) نیروگاه گازی در نیروگاه حرارتی استفاده شود.

> **نکته:**
> **راندمان نیروگاه سیکل ترکیبی از هر کدام از نیروگاه‌های حرارتی و گازی بیشتر است.**

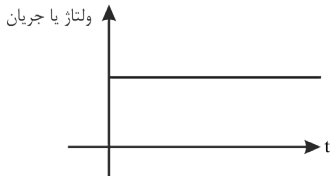
۵ـ نیروگاه بادی: در این نیروگاه انرژی جنبشی باد توسط توربین به ژنراتور منتقل شده و انرژی الکتریکی تولید می‌شود.

> **نکته:**
> **مدت زمان کم احداث نیروگاه بادی و رایگان بودن انرژی باد از مزایای مهم نیروگاه بادی است.**

۶ـ نیروگاه دیزلی: انرژی سوخت فسیلی (گازوئیل و ...) توسط ماشین درونسوز به انرژی مکانیکی تبدیل شده و در ژنراتور انرژی الکتریکی تولید می‌شود. به دو صورت نصب ثابت و سیار استفاده می‌شوند. شکل موج خروجی همه نیروگاه‌های جریان متناوب به صورت رو به رو است:



نیروگاه جریان مستقیم: شکل موج خروجی نیروگاه‌های جریان مستقیم به صورت زیر است:



روش‌های تولید انرژی الکتریکی جریان مستقیم:

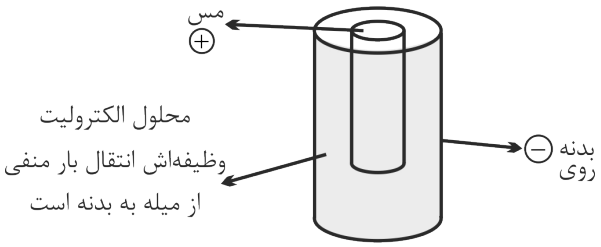
۱) تریبوالکتریک: باردار کردن یک جسم در اثر مالش یا اصطکاک را تریبوالکتریک می‌گویند.

نکته‌ها:

*** در اثر مالش میله شیشه‌ای و پلاستیکی به پارچه ابریشمی بین میله‌ها و پارچه الکترون مبادله می‌شود و میله پلاستیکی بار منفی و میله شیشه‌ای بار مثبت پیدا می‌کند.**

*** تانکرهای حامل سوخت در ایستگاه‌های تخلیه سوخت با یک اتصال به زمین متصل می‌شوند تا الکتریسیته ساکن تولید شده در اثر مالش مایع و بدنه مخزن تخلیه شود. در غیر این صورت خطرناک خواهد بود.**

۲) روش شیمیایی: انتقال الکترون در اثر واکنش شیمیایی نیز صورت می‌گیرد این پدیده براساس قانون الکتروشیمی می‌باشد.



۳) روش پیزوالکتریک: در بعضی از سرامیک‌ها و کریستال‌ها در اثر اعمال نیرو و ایجاد فشار الکترون‌ها جابه‌جا می‌شوند. به اثر فشار برای تولید انرژی الکتریکی جریان مستقیم پیزوالکتریک گفته می‌شود.

نکته: در بعضی میکروفون‌ها کریستال پیزوالکتریک استفاده می‌شود. در بعضی از فندک‌ها نیز برای ایجاد جرقه از کریستال پیزوالکتریک استفاده می‌شود.

۴) روش ترموالکتریک: تولید انرژی الکتریکی از طریق گرما دادن به محل اتصال دو فلز غیر هم‌جنس روش ترموالکتریک نام دارد.

نکته: به اتصال دو فلز غیر هم‌جنس ترموکوپل گفته می‌شود. با اتصال چندین ترموکوپل به یکدیگر ترموپیل (باتری حرارتی) ایجاد می‌شود. کاربرد ترموکوپل در دماسنج‌های الکتریکی می‌باشد که با آن دمای خیلی زیاد مثلاً دمای کوره‌ها را اندازه می‌گیرند.

۵) روش فوتوولتائیک: نور از ذرات حامل انرژی به نام فوتون تشکیل شده است. تولید انرژی الکتریکی حاصل از پرتوهای نور روش فوتوولتائیک نام دارد.

۶) الکتریسیته حاصل از مغناطیس: حرکت هادی (رسانا) داخل میدان مغناطیسی باعث تراکم بارهای منفی و مثبت در دو سر هادی می‌شود که نتیجه آن تولید الکتریسیته می‌باشد. به این روش الکتریسیته مغناطیسی می‌گویند.

انتقال انرژی الکتریکی: در انتقال انرژی الکتریکی از محل تولید به مصرف، بخشی از انرژی الکتریکی در مسیر انتقال به حرارت تبدیل می‌شود که به آن تلفات انرژی الکتریکی در شبکه انتقال نیرو گفته می‌شود.

نکته:

برای کاهش تلفات انرژی، ولتاژ انتقال زیاد می‌شود (پست افزاینده) و در انتهای شبکه کاهش می‌یابد. (پست کاهنده)

توزیع انرژی الکتریکی: شبکه‌های توزیع، انرژی الکتریکی را از شبکه انتقال نیرو دریافت می‌کنند و با ولتاژ مناسب به مصرف‌کننده‌ها می‌رسانند.

نکته:

تغییر ولتاژ توسط پست توزیع صورت می‌گیرد.

مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی: در مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی تبدیل انرژی صورت می‌گیرد و انرژی الکتریکی به صورت دیگر که موردنیاز است تبدیل می‌شود.

۱ـ مصارف خانگی ، ۲ـ مصارف صنعتی و تجاری ، ۳ـ مصارف کشاورزی ، ۴ـ مصارف عمومی شامل مراکز فرهنگی هنری و تفریحی

مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی شامل تجهیزات زیر می‌باشند:

۱ـ موتورهای الکتریکی (یخچال‌ها ـ کولرها ـ پمپ‌های صنعتی) **۲ـ** روشنایی **۳ـ** گرمازا

ساعت اوج مصرف انرژی (پیک مصرف): به ساعاتی که مصرف انرژی الکتریکی در کل کشور زیاد باشد ساعت پیک مصرف می‌گویند. ساعت پیک مصرف در شبکه سراسری برق به زمان غروب آفتاب و تاریک شدن هوا و مصرف‌کنندگان روشنایی بستگی دارد.

برچسب انرژی: برچسب انرژی روی وسایل برقی نصب می‌شود که از طریق آزمایش لوازم برقی و تعیین رتبه کارایی آنها مشخص می‌شود و مصرف‌کنندگان را با میزان مصرف انرژی آشنا می‌کند.

نکته: استفاده از برچسب انرژی مزایای گوناگونی دارد:

۱ـ انتخاب آگاهانه **۲ـ آشنا شدن با کارایی وسایل**

۳ـ کاهش مصرف انرژی **٤ـ بهینه‌سازی مصرف انرژی**

۵ـ کاهش آلودگی محیط‌زیست **۶ـ اطلاعات اختصاصی وسایل برقی**

الکتریسیته ساکن

نکته‌ها:

*** در حدود ۲۰۰۰ سال پیش یونانی‌ها پی بردند که ماده‌ای به نام کهربا در مالش با ماده دیگر می‌تواند برگ خشک و براده‌های چوب را جذب کند. کلمه الکتریسیته از کهربا گرفته شده است.**

*** در سال ۱۷۳۳ شارل دوفه از فرانسه کشف کرد که بارها بر دو نوع هستند.**

*** در اواسط ۱۷۰۰ بنجامین فرانکلین دو نوع الکتریسیته را مثبت و منفی نامگذاری کرد.**

ساختمان اتم : اتم هر عنصر از یک هسته با بار مثبت (پروتون) و اطراف آن با بار منفی (الکترون) تشکیل شده است در حالت عادی تعداد آنها با هم برابر است.

نکته‌ها:

*** بار الکتریکی نوترون که درون هسته قرا ردارد خنثی می‌باشد.**

*** بار هر پروتون و الکترون با هم برابر است ولی قطر پروتون $\frac{۱}{۳}$ الکترون و جرم آن ۱۸۳۰ برابر الکترون است.**

*** الکترون‌ها در اطراف هسته روی مدارهای مشخصی قرار دارند که لایه نام دارد و هر چه لایه به هسته نزدیکتر باشد برای جداسازی الکترون از آن انرژی بیشتری موردنیاز است و الکترون‌هایی که از هسته دورتر هستند انرژی کمتری برای جداسازی نیاز دارند.**

*** هر چه الکترون به هسته نزدیکتر باشد انرژی کمتر و هر چه از هسته دورتر باشد انرژی بیشتری دارد.**

*** آخرین لایه بیش از هشت الکترون نمی‌تواند داشته باشد ولی حداکثر الکترون هر لایه از رابطه $N=۲n^۲$ به دست می‌آید. n شماره لایه و N حداکثر الکترون هر لایه است.**

مثال: در لایه سوم برای یک اتم که تعداد پروتون‌های هسته ۲۹ می‌باشد چند الکترون وجود دارد؟

حل:

$$N = ۲n^۲ \Rightarrow N = ۲(۳)^۲ = ۱۸$$

مثال: در کدام لایه اطراف هسته ۵۰ الکترون وجود دارد؟

حل:

$$N = ۲n^۲ \Rightarrow ۵۰ = ۲n^۲ \Rightarrow n^۲ = ۲۵ \xrightarrow{\text{جذر}} n = \sqrt{۲۵} = ۵$$

مثال: الکترون‌های یک لایه از اطراف هسته اتمی از لایه قبلی ۱۴ الکترون بیشتر دارد تعداد الکترون لایه را بیابید.

حل:

$N = ۲n^۲$ الکترون‌های لایه n ام

$N = ۲(n-۱)^۲$ الکترون‌های لایه قبل از لایه n ام

$$۲n^۲ - ۲(n-۱)^۲ = ۱۴ \xrightarrow{\text{تقسیم بر ۲}} n^۲ - (n-۱)^۲ = ۷$$

$$n^۲ - (n^۲ - ۲n + ۱) = ۷ \longrightarrow n^۲ - n^۲ + ۲n - ۱ = ۷ \Rightarrow ۲n = ۸ \Rightarrow \boxed{n = ۴}$$

$$N = ۲n^۲ \longrightarrow N = ۲(۴)^۲ = ۳۲$$

رفتار مواد در مقابل عبور جریان الکتریکی

- هادی: اگر لایه آخر کمتر از چهار الکترون باشد.
- عایق: اگر لایه آخر بیش از چهار الکترون باشد.
- نیمه هادی: اگر لایه آخر فقط ۴ الکترون باشد.

نکته‌ها:

* **اگر لایه آخر کمتر از چهار الکترون باشد رسانا و هر چه تعداد الکترون لایه آخر کمتر باشد رسانای بهتری است.**
* **اگر لایه آخر بیش از چهار الکترون داشته باشد عایق است و هر چه تعداد الکترون بیشتر باشد تا رسیدن به مقدار هشت عایق بهتری است.**
* **اگر تعداد الکترونهای اطراف هسته اتم با پروتون‌های داخل هسته برابر باشد اتم خنثی است و در غیر این صورت یون نام دارد که می‌تواند یون مثبت یا یون منفی باشد.**

$x \rightarrow$ اتم خنثی است $\Rightarrow$ ۴ پروتون: داخل هسته، ۴ الکترون: اطراف هسته

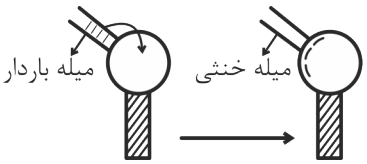
$x^+ \rightarrow$ اتم، یون مثبت است $\Rightarrow$ ۴ پروتون: داخل هسته، ۳ الکترون: اطراف هسته

$x^- \rightarrow$ اتم، یون منفی است $\Rightarrow$ ۴ پروتون: داخل هسته، ۵ الکترون: اطراف هسته

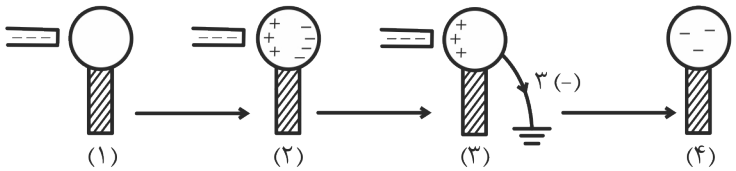
روش‌های باردار کردن اجسام

۱ـ اصطکاک (مالش): میله شیشه‌ای یا پلاستیکی را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم، پس از مالش شیشه بار مثبت و پلاستیک بار منفی دارد.

۲ـ تماس: یک میله باردار با کره رسانا روی پایه عایق تماس می‌دهیم. بار میله به کره منتقل می‌شود.



۳ـ القاء : یک میله باردار را در نزدیکی کره رسانا که روی پایه عایق است نگه می‌داریم، کره به صورت زیر از طریق القا باردار می‌شود.



پس از دور کردن میله

قانون کولن: هرگاه دو بار الکتریکی در فاصله‌ای از هم باشند بر هم نیرو وارد می‌کنند که مقدار نیروی بین دوبار با حاصلضرب دوبار رابطه مستقیم و با مجذور فاصله آنها رابطه عکس دارد.

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

q_1 و q_2 : بارهای الکتریکی برحسب «c»

d : فاصله دو بار از هم «m»

شدت میدان الکتریکی: نیروی وارد بر واحد بار آزمون (بار ⊕ بسیار ناچیز) در هر نقطه، شدت میدان الکتریکی آن نقطه نام دارد.

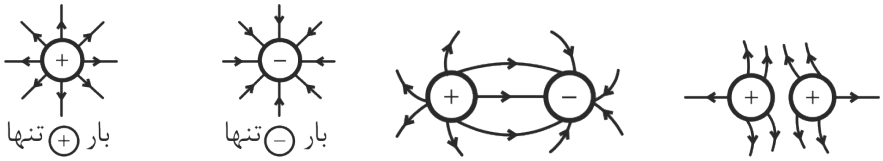
$$E = \frac{F}{q_0}$$

E: شدت میدان الکتریکی $(\frac{N}{C})$

F: نیرو (N)

q_0 : بار الکتریکی (c)

خطوط میدان الکتریکی



نکته: در هر نقطه جهت خطوط میدان هم جهت است با نیروی وارد بر بار آزمون از طرف باری که می‌خواهیم برای آن، خطوط میدان رسم کنیم.

پتانسیل الکتریکی یک جسم

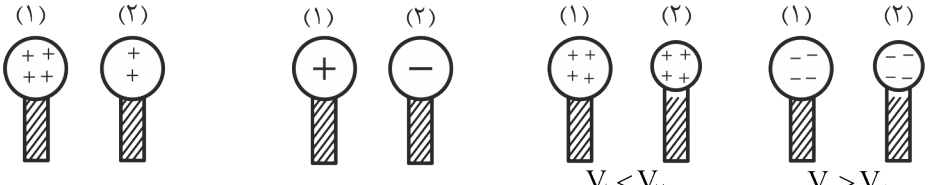
کاری که انجام می‌شود تا واحد بار⊕ از زمین به جسم منتقل شود را با V نشان می‌دهیم و واحد آن ولت است.

نکته: پتانسیل الکتریکی یک جسم به سه عامل زیر بستگی دارد:

۱ـ نوع بار الکتریکی

۲ـ مقدار بار الکتریکی

۳ـ شکل هندسی جسم



$V_1 > V_2$ کره ۲ شعاع کمتری دارد

$V_1 < V_2$ کره ۲ شعاع کمتری دارد

$V_1 > V_2$ کره‌ها مشابه

$V_1 > V_2$ کره‌ها مشابه

محاسبه پتانسیل الکتریکی جسم

V: پتانسیل الکتریکی (V)

w: کار انجام شده (j)

q: بار الکتریکی (c)

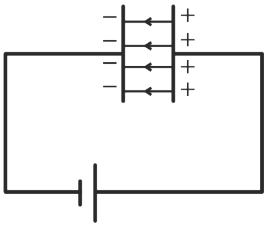
$$V = \frac{W}{q}$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو جسم

عاملی است که باعث شارش بار الکتریکی بین دو جسم می‌شود. همیشه بار ⊕ طبق قرارداد از جسم با پتانسیل بیشتر به طرف جسم با پتانسیل کمتر می‌رود. مانند سقوط جسم از ارتفاع، شارش مایعات از فشار زیاد به کم و انتقال گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر.

میدان الکتریکی یکنواخت

میدان الکتریکی که اندازه و جهت آن ثابت باشد مانند میدان الکتریکی داخل دو صفحه رسانا که به یک باتری متصل هستند از رابطه زیر به دست می‌آید:



v: اختلاف پتانسیل (v)

d: فاصله دو صفحه

E: شدت میدان الکتریکی $(\frac{v}{m})$ یا $(\frac{N}{c})$

$$E = \frac{V}{d}\ (m)$$

مثال: دوبار الکتریکی $q_1 = 4\mu c$ **و** $q_2 = 5\mu c$ **در فاصله ۲۰cm از هم قرار دارند. چه نوع و چه مقدار نیرو بر هم وارد می‌کنند؟**

$$k = 9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{c^2}$$

حل:

$q_1 = 4\mu c$
$q_2 = 5\mu c$
$d = 20cm$
$F = ?$

→ مرحله اول: تبدیل واحد →

$q_1 = 4\times10^{-6} c$
$q_2 = 5\times10^{-6} c$
$d = 20\times10^{-2} m$

→ مرحله دوم: جاگذاری فرمول →

$$F = \frac{kq_1q_2}{d^2}$$

$$F = \frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-6}\times5\times10^{-6}}{(20\times10^{-2})^2}$$

$$F = \frac{9\times4\times5\times10^{-3}}{4\times10^{-2}}$$

$\boxed{F = 4/5N}$ چون هر دو بار هم علامت هستند نیروی بین آنها دافعه است.

مثال: بار الکتریکی $q_1 = 4\mu c$ **و** $q_2 = 5\mu c$ **را در چه فاصله از هم قرار دهیم تا نیروی 4/5 N بر هم وارد کنند؟**

$(K = 9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{c^2})$

حل:

$q_1 = 4\mu c = 4\times10^{-6} c$

$q_2 = 5\mu c = 5\times10^{-6} c$

$F = 4/5N$

$d = ?$

$$F = \frac{kq_1q_2}{d^2}$$

$$4/5 = \frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-6}\times5\times10^{-6}}{d^2}$$

$$d^2 = \frac{9\times4\times5\times10^{-3}}{4/5} = 40\times10^{-3}$$

$$d^2 = 4\times10^{-2} \Rightarrow d = \sqrt{4\times10^{-2}} = 0/2m$$