

سرشناسه	: سلطاندوست، محمد رضا، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پندآور	: برق برای تهویه مطبوع، تالیف محمدرضا سلطاندوست.
وضعیت ویراست	: [ویراست ۲].
مشخصات نشر	: تهران: یزدا، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۵۱۶ ص: ۲۲ × ۲۹ س.م.
وضعیت فهرست نویسی	: فبا
یادداشت	: چاپ قبلی: یزدا: نشر کتاب دانشگاهی، ۱۳۸۶.
موضوع	: تهویه مطبوع - تجهیزات برقی
موضوع	: تهویه مطبوع - کنترل
موضوع	: گرمایش - کنترل
موضوع	: تهویه - کنترل
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۲ س.۸۵۳/THYPA۷
رده بندی دیویی	: ۹۳/۶۹۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۳۵۴۲۸۶

برق برای تهویه مطبوع

(ویرایش دوم)

تألیف: محمدرضا سلطاندوست

ناشر: یزدا / چاپ اول: ۱۳۹۲ / قطع: رحلی / تعداد صفحات: ۵۱۶ صفحه /
آساده سازی قبل از چاپ: نشریه حرارت و برودت /
صفحه آرا: قاسم حسینی / طراحی لوح فشرده و طرح روی جلد: سهند سلطاندوست /
چاپ و صحافی: یزدا / شمارگان: ۱۱۰۰ نسخه / بهای: ۴۰۰۰۰ تومان /

ISBN: 978-600-165-356-8

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۳۵۶-۸

نشر یزدا و گروه نشریات

دفتر نشر و نمایندگی دائمی: تهران، سیدخندان، خیابان ارسباران، کوچه ی ستاری،
شماره ۲۲، ساختمان یزدا دورنگار: ۲۲۸۸۵۶۵۱ (۰۲۱) تلفن: ۵۰-۲۲۸۸۵۶۴۷ (۰۲۱)
نماینده انحصاری بخش: تهران، خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منیری جاوید)، سین خیابان
لیافی یزدا و جمهوری اسلامی، ساختمان شماره ۱۰، انتشارات فدک ایستاس تلفن: ۶۶۴۸۲۲۲۱

توجه: به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱/۱۱ و همچنین قانون
ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی مصوب سال ۱۳۵۰ تمام حقوق این اثر به هر نحو برای مؤلف محفوظ
است. نشر و پخش تمام یا قسمتی از این کتاب بدون اجازه از مؤلف، باعث پیگرد قانونی خواهد شد.

WWW.YAZDAPUB.IR / WWW.HVAC.IR / WWW.KHAYETASISAT.IR

فهرست

۳۵.....	مدارهای سری.....	۱۱.....	مقدمه.....
۳۶.....	مدارهای موازی.....	۱۳.....	مبانی و مفاهیم اولیه.....
۳۸.....	مدارهای مرکب.....	۱۳.....	ساختار اتمی.....
۳۹.....	مدارهای تقسیم ولتاژ.....	۱۶.....	کولن.....
۴۱.....	قانون ولتاژ کیرشهف.....	۱۶.....	آمپر.....
۴۱.....	تحلیل مدار.....	۱۶.....	ولتاژ.....
۴۴.....	بارهای مدار متناوب.....	۱۷.....	اهم.....
۴۹.....	اختلاف فاز ولتاژ و جریان در بارهای خازنی.....	۱۸.....	وات.....
۵۰.....	اصلاح ضریب توان.....	۱۹.....	قانون اهم.....
۵۳.....	روابط محاسباتی توان.....	۲۱.....	توان تلف شده در مدار.....
۵۴.....	توانهای تک فاز و سه فاز.....	۲۱.....	جریان مستقیم و متناوب.....
۵۵.....	اتصال ستاره.....	۲۳.....	تولید الکتریسیته.....
۵۶.....	اتصال مثلث.....	۲۵.....	تولید برق مستقیم.....
۵۶.....	روابط محاسباتی توان در برق تک فاز و سه فاز.....	۲۸.....	تولید برق متناوب.....
۵۹.....	ترانسفورمر.....	۳۲.....	مقایسه جریان برق با جریان آب.....
۵۹.....	ترانسفورمر.....	۳۵.....	مدارها و بارهای الکتریکی.....

۱۰۵.....	روش‌های راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون	۶۴.....	افت ترانس
۱۰۶.....	موتورهای القایی با روتور سیم‌پیچی شده	۶۵.....	ترانس‌های ایزوله
۱۰۷.....	موتورهای دو ولتاژ	۶۶.....	ترانس چندولتاژی
۱۱۰.....	موتور سنکرون	۶۷.....	اتوترانسفورمر
۱۱۱.....	موتورهای چند سرعت	۶۸.....	ترانس‌های جریان
۱۱۳.....	تغییر دور موتور با تغییر فرکانس	۷۰.....	ترانسفورمر تثبیت ولتاژ
۱۱۵.....	موتور پله‌ای	۷۱.....	ترانس مدار کنترل
۱۱۶.....	سروو موتور	۷۲.....	ترانسفورمر سه‌فاز
۱۱۶.....	راه‌اندازی موتور سه فاز با برق تک‌فاز	۷۴.....	طرح‌واره‌های انواع ترانسفورمرها
۱۱۷.....	جریان راه‌اندازی و پلاک موتور	۷۷.....	نیمه‌هادی‌ها
۱۱۸.....	تعیین توان موتور تجهیزات تهویه مطبوع	۷۷.....	نیمه‌هادی‌ها
۱۱۸.....	محاسبه الکتروموتور پمپ	۷۹.....	دیود
۱۲۰.....	محاسبه الکتروموتور فن	۸۱.....	دیود پیوندی
۱۲۱.....	محاسبه توان الکتروموتور کمپرسور چیلر تراکمی	۸۲.....	دیود زنر
۱۲۱.....	ضریب تصحیح فرکانس موتورهای الکتریکی	۸۲.....	دیود نوری
۱۳۳.....	تجهیزات عمومی مدارها	۸۲.....	دیود تونل
۱۳۳.....	سیم و کابل	۸۳.....	دیود و اراکتور
۱۳۴.....	اندازه سیم و افت ولتاژ	۸۴.....	دیود با اتصال نقطه‌ای
۱۴۱.....	فیوزها	۸۴.....	فتودیود
۱۴۸.....	کاپاسیتورها	۸۴.....	تریستور
۱۴۸.....	کلیه‌های ماتیک	۸۶.....	ترانزیستور
۱۵۲.....	کلیه‌های تست	۸۷.....	ترانزیستور اثر میدانی (FET)
۱۵۸.....	رله	۸۸.....	مدارهای مجتمع (IC)
۱۶۰.....	رله الکترونیکی	۸۹.....	ترمیستور
۱۶۱.....	کنتاکتور	۹۰.....	سلول نوری
۱۶۴.....	رله‌ی حرارتی اضافه‌بار	۹۰.....	سلول خورشیدی
۱۶۶.....	رله‌ی حفاظت ترمیستوری	۹۳.....	موتورهای الکتریکی
۱۶۷.....	رله‌ی زمانی	۹۳.....	موتورهای الکتریکی
۱۷۰.....	مقاومت‌ها	۹۷.....	موتور تک‌فاز با سیم‌پیچ راه‌انداز
۱۷۳.....	نقشه‌ها و طرح‌واره‌های الکتریکی	۹۹.....	موتور تک‌فاز قطب چاکدار
۱۷۳.....	نقشه‌خوانی	۱۰۰.....	موتور یونیورسال
۱۷۷.....	نمادها	۱۰۱.....	موتور ریولسیون
۱۸۱.....	چگونگی خواندن نقشه‌ها و طرح‌واره‌ها	۱۰۱.....	موتورهای سه‌فاز

مثالی از عملکرد تایمر در مدار فرمان..... ۱۹۳

نمونه‌هایی از مدارهای الکتریکی..... ۱۹۴

مدار شماره یک: کنترل از چند نقطه..... ۱۹۴

مدار شماره دو: روشن شدن چراغ راهنما به نشانه راهاندازی..... ۱۹۵

مدار شماره سه: روشن شدن چراغ راهنما به نشانه قطع کار موتور..... ۱۹۵

مدار شماره چهار: روشن شدن چراغ راهنما با امکان آزمایش آن..... ۱۹۵

مدار شماره پنج: حفاظت هر دو سمت ترانسفورمر فرمان... ۱۹۵

مدار شماره شش: راهاندازی چند موتور به طور همزمان..... ۱۹۵

مدار شماره هفت: راهاندازی دو موتور دنبال هم و با تاخیر زمانی..... ۱۹۶

مدار شماره هشت: راهاندازی دو موتور با دنبال هم به شرط به روشن شدن موتور اول..... ۱۹۶

مدار شماره نه: راهاندازی موتور سه فاز با کلید سه حته..... ۱۹۶

مدار شماره ده: راهاندازی موتور سه فاز با مقاومت..... ۱۹۶

مدار شماره یازده: تغییر جهت موتور سه فاز به صورت دستی..... ۱۹۷

مدار شماره دوازده: تغییر جهت موتور تک فاز به صورت دستی..... ۱۹۸

مدار شماره سیزده: مدار موتور دوسرعه با دو سیم پیچ مجزا..... ۱۹۹

مدار شماره چهارده: تغییر دور موتور از کند به تند به صورت اجباری..... ۱۹۹

مدار شماره پانزده: راهاندازی موتور سه فاز با روتور سیم پیچی شده به وسیله مقاومت..... ۲۰۰

مدار شماره شانزده: راهاندازی موتور سه فاز با اتوترانسفورمر..... ۲۰۰

مدار شماره هفده: راهاندازی موتور سه فاز به روش ستاره- مثلث..... ۲۰۱

مدار شماره هجده: راهاندازی موتور چپ گرد- راست گرد

به صورت ستاره - مثلث..... ۲۰۴

مدار شماره نوزده: راهاندازی موتور به صورت ترتیبی دواستاره..... ۲۰۵

مدار شماره بیست: راهاندازی موتور دوسرعه دالاندر..... ۲۰۶

نگاهی به سیستم‌های کنترل..... ۲۰۹

حلقه کنترل..... ۲۱۳

نقطه تنظیم..... ۲۱۴

نقطه کنترل..... ۲۱۴

انحراف..... ۲۱۴

خطا..... ۲۱۵

کنش یا تاثیر کنترل کننده..... ۲۱۵

تنظیم مجدد خودکار..... ۲۱۵

دامنه حساسیت..... ۲۱۵

سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال..... ۲۱۶

شیوه کنترل دو وضعیتی..... ۲۱۷

شیوه کنترل سه وضعیتی..... ۲۱۷

شیوه کنترل نسبی..... ۲۱۸

شیوه کنترل نسبی خودتنظیم..... ۲۱۹

کنترل کننده‌های الکتریکی..... ۲۲۱

کنترل مستقیم دیجیتال..... ۲۲۵

شبکه‌های ارتباطی کنترل کننده‌ها..... ۲۲۶

تجهیزات کنترلی راهانده الکتریکی..... ۲۳۱

رله‌های راهاندازی موتورهای تک فاز..... ۲۳۵

رله سیم- داغ..... ۲۳۵

رله جریان‌ی..... ۲۳۶

رله ولتاژی..... ۲۳۶

رله راهانداز الکترونیکی..... ۲۳۷

کنترل کننده‌های دما..... ۲۳۷

ترموستات بی متالی..... ۲۳۷

ترموستات با سوئیچ جیوه‌ای..... ۲۳۸

ترموستات با سیال منبسط شونده..... ۲۳۹

ترموستات با حسگر لوله - میله..... ۲۳۹

ترموستات با حسگر الکترونیکی..... ۲۴۰

۲۹۰	کنترل کننده های احتراق و سوخت رسانی
۲۹۰	ترانس جرقه
۲۹۱	حسگر شعله
۲۹۲	شیرهای خودکار کنترل سوخت
۲۹۵	شمعک
۲۹۵	الکتروموتور مشعل
۲۹۵	دمپر تنظیم هوا
۲۹۵	کلید کنترل کننده فشار گاز و هوا
۲۹۵	کنترل کننده اصلی
۳۰۲	کلید حرارتی فن کوره هوای گرم
۳۰۴	تایمر برفک زدا
۳۰۸	شیر انبساطی الکترونیکی
۳۱۱	کنترل کننده های قابل برنامه ریزی
۳۱۱	سیستم های عددی
۳۱۳	دروازه های منطقی
۳۱۷	نکاتی درباره ی جبر بولی
۳۲۰	مثالی از یک فرآیند برنامه ریزی شده
۳۲۳	کنترل کننده های قابل برنامه ریزی (PLC)
۳۳۵	مدارهای الکتریکی تجهیزات گرمایش و تهویه مطبوع
۳۳۵	فشارسنج
۳۴۱	یونیت های برقی
۳۴۴	کولر آبی
۳۴۶	کوره هوای گرم
۳۴۹	کولرگازی
۳۵۵	پمپ حرارتی
۳۵۸	واحد یکپارچه سرمایشی - گرمایشی
۳۵۸	(ترکیب واحد تراکمی سرمایشی با کوره هوای گرم)
۳۶۶	چیلر تراکمی
۳۶۸	مدار چیلر تراکمی مجهز به یک کمپرسور سیلندر- پیستونی
۳۶۸	مدار چیلر تراکمی مجهز به چند کمپرسور سیلندر- پیستونی
۳۷۱	

۲۴۳	دامنه دمایی ترموکوپل ها
۲۴۴	مقایسه حسگر های گرمایی
۲۴۷	ترموستات قابل برنامه ریزی
۲۴۷	ترموستات چند مرحله ای
۲۴۸	ترموستات دو فصلی
۲۴۸	ترموستات خط
۲۴۸	ترموستات فن کوئل
۲۴۹	ترموستات تفاضلی
۲۴۹	آکوستات
۲۵۰	ترموستات یا مقاومت بیش بینی کننده
۲۵۱	ترموستات ضد یخ
۲۵۱	ترموستات جداری
۲۵۱	ترموستات کانالی هوای رفت
۲۵۲	کنترل کننده های فشار
۲۵۶	کنترل کننده فشار روغن
۲۵۶	کنترل کننده رطوبت
۲۶۰	کنترل کننده های مرکب دما و رطوبت
۲۶۰	کنترل کننده حساس به جریان
۲۶۲	شیرهای برقی
۲۶۹	راه انداز شیرها و دمپرها
۲۷۰	عملکرد راه انداز با کنترل کننده دو وضعیتی
۲۷۲	عملکرد راه انداز با کنترل کننده سه وضعیتی
۲۷۳	عملکرد راه انداز با کنترل کننده پتانسیومتری
۲۷۵	عملکرد راه انداز با کنترل کننده پتانسیومتری و کنترل کننده حد
۲۷۷	انتقال کنترل یک راه انداز از یک ترموستات به ترموستات دیگر
۲۷۸	تعویض معکوس کنترل گرمایش و سرمایش
۲۷۸	انتقال کنترل کننده از یک راه انداز به راه انداز دیگر
۲۷۹	کنترل هماهنگ و هم زمان چند راه انداز
۲۷۹	تنظیم دستی دمپر برای تامین حداقل هوای تازه
۲۷۹	کنترل چند مرحله ای
۲۸۰	کنترل کننده سطح

۴۴۳	تعیین سرسیم‌های یک کمپرسور تک‌فاز
۴۴۴	آزمایش رله راه‌انداز الکترونیکی
۴۴۴	آزمایش رله‌ی اضافه‌بار داخلی موتورها
۴۴۵	آزمایش ترانسفورمر
۴۴۶	آزمایش کلید و فیوز
۴۴۶	آزمایش دیود
۴۴۷	آزمایش ترانزیستور
۴۴۸	آزمایش SCR
۴۴۹	آزمایش تریاک
۴۵۱	عیب‌یابی براساس تحلیل مدار
۴۵۴	اصول کلی عیب‌یابی
۴۵۹	پیوست ۱: جداول مفید
۴۷۵	پیوست ۲: واژه‌نامه
۵۰۵	نمایه
۵۱۳	منابع و مراجع

۳۷۸	چیلر جذبی
۳۸۷	پالاینده‌های الکتریکی هوا
۳۹۲	تجهیزات رطوبت‌زنی و رطوبت‌گیری
۳۹۲	رطوبت‌زنی
۴۰۴	رطوبت‌گیری
۴۰۷	هواساز
۴۳۱	آزمایش و عیب‌یابی
۴۳۱	مقدمه‌ای بر عیب‌یابی
۴۳۹	آزمایش افت ولتاژ
۴۳۹	آزمایش خازن
۴۳۹	آزمایش موتور سه‌فاز
۴۴۰	آزمایش موتور بلاموتور سیم‌پیچ شده
۴۴۰	آزمایش موتور سنکرون
۴۴۱	آزمایش سلامت سیم‌پیچ کمکی
۴۴۱	آزمایش موتور به‌وسیله لامپ
۴۴۱	آزمایش رله جریان‌ی
۴۴۳	آزمایش رله ولتاژی

مقدمه

چنین مسیری، دایره شناخت هر یک از حوزه‌ها توسعه یافته و به سطح همپوشانی که جلوه‌گاه تداخل متناسب و منطقی می‌باشد، منتهی می‌گردد. مکانیکی و مکانیکی است خود به خود پدیدار می‌شوند. در این کتاب نیز بر اساس چنین دیدگاهی نخست به اجزاء و سیستم‌هایی پرداخته شده است که گرد آمدن آن‌ها در ارتباطی منطقی، شالوده کلیس راهبری سیستم‌های تهویه مطبوع را شکل می‌دهند و سپس به بررسی بیشتر بر موارد مشترک، زمینه طرح و بررسی مدارهای الکتریکی تجهیزات تهویه مطبوع فراهم آمده است. از این حیث فصل یازدهم کتاب حاضر، نقطه کانونی و اوج تطابق و هم‌آمیزی این‌گونه مباحث است.

ویرایش نخست این کتاب در بهمن ۱۳۸۶ منتشر شد و اکنون دومین ویرایش آن با اعمال پارهای تغییرات و اصلاحات تقدیم علاقه‌مندان می‌شود.

محمدرضا سلطان‌دوست

مهر ۱۳۹۲

نقش تعیین‌کننده و پراهمیت برق در تامین انرژی، کنترل و راهبری تجهیزات گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع، آن‌چنان بارز و آشکار است که ضرورت هر شرح و توضیحی را برای به‌خ کشیدن تأثیرات انکار ناپذیرش کمرنگ می‌کند.

چگونگی عملکرد تجهیزات مکانیکی و شیوه‌های تامین انرژی و کنترل الکتریکی در سازوکاری مشترک، ضمن همسویی، از نظر مباحث تئوریک نیز در دامنه‌های نسبتاً گسترده‌ای بر هم منطبق شده و در هم تنیدگی کارکرد آن‌ها، مباحثی ویژه با شخصیتی دوگانه و متفاوت را پدید می‌آورند که فهم آن‌ها منوط به شناخت نسبی از هر دو مقوله فرایندهای مکانیکی و الکتریکی است. بنابراین فارغ از شناخت تجهیزات گرمایش و تهویه مطبوع می‌باید از مبانی، مفاهیم، تجهیزات و مدارهای الکتریکی نیز اطلاعات کافی در اختیار داشت. برای دستیابی به چنین شناختی ضروری است که هر یک از تجهیزات و سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی ابتدا در حوزه‌های اختصاصی خود و با کمترین تداخل موضوعی مورد بحث و بررسی قرار گیرند. در این روند و در ادامه

مبانی و مفاهیم اولیه

- ساختار اتمی
- کولن / آمپر / ولتاژ / اهم / وات
- قانون اهم
- توان تلف شده
- جریان مستقیم و متناوب
- تولید الکتریسیته
- تولید برق مستقیم
- تولید برق متناوب
- مقایسه جریان برق با جریان آب

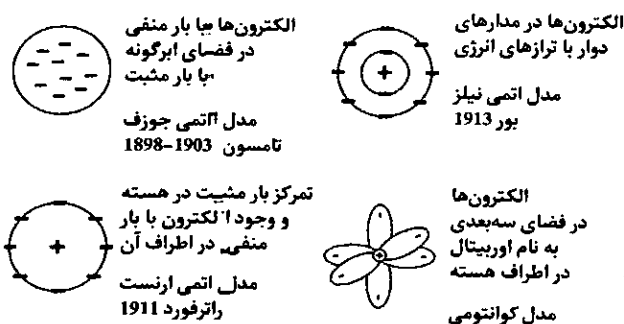
ساختار اتمی

ای درک بهتر الکتریسیته و رفتار آن، بهتر است مطالعات خود را با مبانی آن آغاز کنیم. اگر چه امروزه ذرات بنیادین بسیاری کشف شده اند، اما هنوز هم می توان از اتم به عنوان سنگ بنای ساختمان هم عالم نام برد. بحث پیرامون تاریخچه تئوری اتمی به طور معمول با نام دموکریت آغاز می شود؛ زیرا این دموکریت بود که برای اولین بار نام اتم به معنای تجزیه ناپذیر را بر ذراتی گذاشت که معتقد بود کوچک تر از ذرات غیر قابل تقسیم همه مواد هستند. اما تا سال 1803 جان دالتون تئوری اتمی خود را ارائه نمود، چندان پژوهش چشمگیر و شگرفی برای اثبات این نظریه صورت نگرفت.

دالتون با آزمایش های متعدد، تئوری اتمی خود را با محوریت همان نظریه دموکریت، یعنی تشکیل ماده از ذرات تجزیه ناپذیری به نام اتم ارائه نمود و چیزچندانی به آن نیفزود. اما در ادامه این مسیر، یعنی تئوری تجزیه ناپذیری اتم به ذرات کوچک تر، پژوهش ها و آزمایش های که با به کارگیری الکتریسیته همراه بود، شکل دیگری به خود گرفت و سرانجام تابوی تجزیه ناپذیری شکسته شد و با آزمایش های گوناگون آشکار شد که اتم نیز خود

عنوان هسته در میان اتم قرار می‌گیرد و الکترون با فاصله نسبتاً زیادی در اطراف آن واقع می‌شود. بنابراین بخش زیادی از اتم فضای خالی در نظر گرفته شد.

نیلز بور در تکامل مدل راترفورد، مدل دیگری را پیشنهاد نمود که در آن الکترون‌ها در مدارهای مشخصی به دور هسته می‌گردند. او هر یک از مدارها را تراز انرژی نامید. بعدها با توجه به حرکت الکترون به دور هسته و نیز به دور خود و رفتار دوگانه موجی و ذره‌ای آن، اروین شرودینگر مدل کوانتومی اتم را پیشنهاد کرد. در این مدل، الکترون در فضایی سه بعدی به نام اوربیتال حرکت می‌کند و هر اتم دارای لایه‌های الکترونی است که پیرامون هسته قرار گرفته‌اند.



تصویر (1-1): مدل‌های اتمی

بهترین نقطه اشتراک بین همه مدل‌های اتمی، بار منفی الکترون و بار مثبت پروتون است و در عین حال در تمامی مدل‌های اتمی به جز مدل اتمی تامسون، بر گردش الکترون به دور هسته تاکید شده است.

با توجه به قانون بارها می‌گویید، بارهای همنام یکدیگر را دفع و بارهای غیرهمنام هم یکدیگر را جذب می‌کنند، انتظار می‌رود که الکترون با بار منفی جذب هسته یا بار مثبت شود. اما همین که الکترونی وجود دارد و حول هسته به گشت و گذار مشغول است، نشان می‌دهد که پای عامل دیگری نیز در میان است. آنچه الکترون را از فرو غلطیدن و سقوط در هسته باز می‌دارد، نیرویی است که برخلاف نیروی جاذبه بین بارهای غیرهمنام عمل می‌کند. هر جسم در حال گردش مایل به خروج و فاصله گرفتن از نقطه مرکزی است که حول آن می‌چرخد و هر چه سرعت گردش بیشتر باشد، مقدار این نیرو نیز بیشتر خواهد بود. اعمال نیروی جاذبه بین بارهای مخالف و نیز نیروی گریز از مرکز

از ذرات کوچک‌تری به نام الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده است. اما این ذرات در زمانی واحد مورد شناسایی قرار نگرفتند، بلکه سالیانی دراز طول کشید تا هر یک از این ذرات طی آزمایش‌های مختلف کشف شوند.

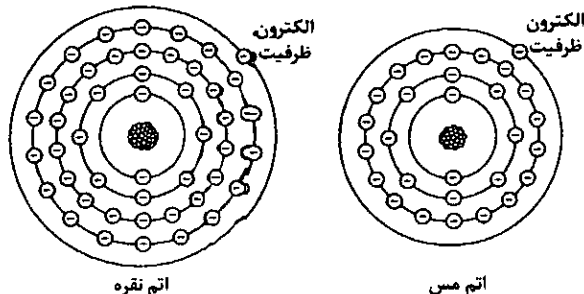
از دیرباز و پیش از کشف ساختار اتم، الکتریسیته ساکن و وجود بارهای مثبت و منفی به صورت پدیده‌ای تجربی، امری شناخته شده بود و کشف ماهیت آن یکی از مهم‌ترین زمینه‌های آزمایش‌ها و پژوهش‌های دانشمندان را تشکیل می‌داد. فیزیک‌دانان قرن نوزدهم، بی‌خبر از ساختار اتم، الکتریسیته را ناشی از وجود ذره بنیادی به نام الکترون می‌دانستند و در عین حال قائل به وجود هیچ‌گونه ارتباطی بین الکترون و اتم نبودند.

مایکل فارادی در آزمایش‌های خود به وجود الکترون پی برد، اما نه به عنوان یکی از ذرات تشکیل‌دهنده اتم، بلکه به عنوان ذره بنیادی الکتریسیته و این جوزف تامسون بود که با تحقیقات خود در زمینه پرتوهای کاتدی (پرتوی بار الکتریکی منفی) و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون، افتش کشف اولین ذره سازنده اتم را به نام خود ثبت نمود.

مدل اتمی تامسون علی‌رغم تائید وجود الکترون و پروتون و بار منفی آن، پاسخگوی بسیاری از مسائل، از جمله تابش‌ها حاصل از مواد پرتوزا که هانری بکرل و ارنست راترفورد روی آن کار می‌کردند، نبود. زیرا اصولاً در این مدل هیچ اشاره‌ای به وجود هسته اتم نشده بود. تامسون اتم را همچون ابر کروی با بار مثبت می‌پنداشت که الکترون‌ها با بار منفی در زمینه آن جای گرفته‌اند. کشف خواص پرتوزایی توسط ماری کوری و بکرل و تعیین سه نوع پرتو آلفا، بتا و گاما توسط راترفورد، این امکان را فراهم آورد که او با انجام آزمایشی به وجود هسته در اتم پی برد. راترفورد با بمباران یک ورقه نازک طلا توسط اشعه آلفا، مشاهده کرد که بیشتر ذرات، بدون انحراف از میان ورقه طلا عبور می‌کنند و تعداد کمی از آن‌ها با زاویه 90 درجه از مسیر اصلی منحرف می‌شوند. چنین مشاهداتی تنها می‌توانست مبین وجود یک هسته کوچک در اتم و فضای نسبتاً بزرگی در اطراف آن باشد.

راترفورد در سال 1919، در پی اثبات وجود هسته، به وجود پروتون با بار مثبت پی برد و سپس در سال 1932، جمیز چادویک، وجود سومین ذره سازنده اتم یعنی نوترون را به اثبات رسانید. با کشف پروتون مدل اتمی تامسون به صورت دیگری درآمد. در مدل جدید که می‌توان آن را مدل راترفورد نامید، پروتون به

وارد شود، این الکترون با انرژی بیشتری نسبت به الکترون آزاد مس از مدار یا لایه خود خارج می‌شود. هادی مسی نیز بنا به همین دلیل قابلیت هدایت الکتریکی بهتری نسبت به آلومینیوم دارد.



تصویر (1-2): مقایسه ساختمان اتمی مس و نقره

با اعمال نیرو، الکترون آزاد اتم از مدار خود خارج شده و با برخورد به الکترون آزاد دیگر، یک زنجیره کامل حرکت الکترونی یا جریان الکتریسیته به وجود می‌آید. مانند آنچه در تصویر (1-3) نمایش داده شده است، لوله‌ای را در نظر بگیرید که سرتاسر آن توسط گوی یا تپله‌هایی پر شده است. چنانچه یک گوی آزاد و سرگردان به طور ناگهانی از سمت چپ به گوی‌های داخل لوله اصابت کند؛ بلافاصله گوی آخر از دهانه لوله به خارج پرتاب می‌شود و گوی تازه وارد و ضارب قورا جای خالی آن را پر می‌کند. ضارب گوی اولیه و پر کردن جای خالی گوی بیرون پریده و همسکانی همگام کلی آن‌ها شرایطی را ایجاد می‌کند که تصور کنیم گوی ضارب طولاً کل لوله را پیموده و از سر دیگر آن خارج شده است.



تصویر (1-3): حرکت دسته جمعی الکترون‌ها

در واقع الکترون‌ها به صورت گروهی جای خالی یکدیگر را پر می‌کنند و به همین دلیل است که سرعت حرکت الکترونی یا الکتریسیته نزدیک به سرعت نور است. نکته مهم دیگر اینجاست که انرژی از گوی اول به مجموعه گوی‌های دیگر به طور کامل منتقل نمی‌شود؛ بلکه بخشی از آن به صورت گرما تلف می‌شود. این واقعیت در مورد حرکت، و ضربه خوردن الکترون‌ها و تصادم آن‌ها با هم نیز صادق است. به همین دلایل سیم‌ها به

بر یکدیگر اثر گذارده و برآیند آن‌ها حفظ فاصله الکترون از هسته است.

اتم‌ها دارای تعدادی الکترون هستند که در یک یا چند لایه قرار می‌گیرند. تعداد الکترون‌ها هر مدار از رابطه $2(N)^2$ به دست می‌آید. در این رابطه، N نماینده مدار است. بر همین اساس در مدار اول یک اتم تنها دو الکترون قرار می‌گیرد:

$$2N^2 = 2(1)^2 = 2$$

و در مدار دوم، 8 الکترون جای می‌گیرد، زیرا:

$$2N^2 = 2(2)^2 = 8$$

در سومین مدار تعداد الکترون، حداکثر 18، خواهد بود.

چون:

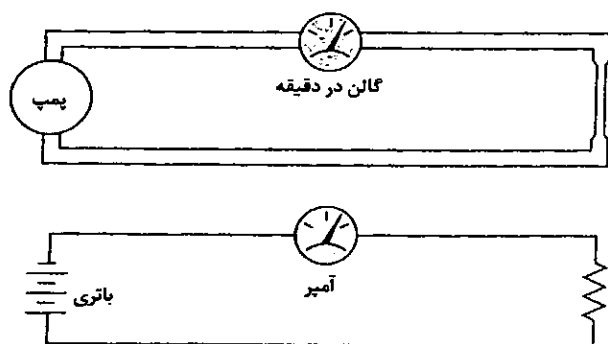
$$2N^2 = 2(3)^2 = 18$$

و در مدار چهارم، تعداد الکترون حداکثر برابر 32 خواهد بود. آخرین مدار یا لایه اتم‌ها، لایه ظرفیت نامیده می‌شود یا به اختصار، لایه ظرفیت خوانده می‌شود. الکترون‌های لایه ظرفیت ترکیبات شیمیایی، نقش اصلی را بازی می‌کنند، زیرا الکترون ظرفیت یا الکترون آزاد نامیده می‌شوند. در برقراری جریان الکتریسیته، الکترون‌های آزاد نقش اصلی را بر عهده دارند.

یک رسانای الکتریسیته، در واقع ماده‌ای است که اتم‌های آن در لایه آخر خود دارای یک یا دو یا بیشتر الکترون آزاد باشد. در این گونه مواد، الکترون‌های آزاد با اعمال نیرویی کوچک به راحتی از جاذبه هسته رها شده و لایه خود را ترک می‌کنند و با راه افتادن در مسیری، موجب برقراری جریان الکترونی یا همان الکتریسیته می‌شوند. نقره، مس و آلومینیوم از جمله مواد هادی یا رسانایی هستند که در لایه آخر دارای یک الکترون آزاد هستند. اگرچه سه عنصر یاد شده دارای الکترون آزاد هستند، اما نقره خاصیت هدایت بهتری نسبت به آن دو دیگر دارد و همین طور رسانش مس بهتر از آلومینیوم است. زیرا تعداد مدارهای اتم نقره بیشتر از اتم مس و به همین ترتیب تعداد مدارهای اتم مس نیز بیشتر از اتم آلومینیوم است. (تصویر 1-2). بنابراین فاصله الکترون آزاد نقره از هسته خود بیشتر از الکترون آزاد مس از هسته است، و از آنجا که سرعت هر الکترون تابعی از فاصله آن نسبت به هسته است؛ الکترون آزاد نقره در لایه آخر با سرعت بیشتری نسبت به الکترون آزاد مس به دور هسته‌اش می‌گردد. براین اساس، الکترون آزاد نقره دارای انرژی بیشتری نسبت به الکترون آزاد مس است. حال چنانچه بر الکترون آزاد نقره، نیرویی

نیز بیانگر گذر حجمی یا جرمی سیالی در واحد زمان است و با واحدهایی همچون گالن در دقیقه (GPM) و یا لیتر بر ثانیه (L/S) سنجیده می‌شود. در الکتریسیته نیز، آمپر به معنای کولن در ثانیه و یا گذر 6.25×10^{18} الکترون در ثانیه است:

$$I = \frac{q}{t}$$



تصویر (1-4): مقایسه شدت جریان الکتریکی با دسی در یک شبکه مدار بسته آب

ولتاژ

ولتاژ که آن را نیروی الکتروموتوری^۱ نیز می‌خوانند، در واقع تأمین‌کننده نیروی لازم برای حرکت الکترون‌ها و یا برقراری جریان است. از این رو می‌توان ولتاژ را فشار الکتریکی نیز خواند. در سیستم‌های هیدرولیکی، گاهی اوقات عامل فشار، اختلاف سطح دو منبع نسبت به یکدیگر است. ممکن است منبعی در بالا و منبع دیگری در فرودست قرار گیرند. در این صورت اختلاف سطح، اختلاف پتانسیل آب، موجب رانده شدن آن از نقطه مرتفع به سمت کم ارتفاع می‌شود. همان‌طور که در سیستم‌های هیدرولیک می‌توانیم فشار را ناشی از اختلاف پتانسیل بدانیم، می‌توانیم در مدارهای الکتریکی هم‌ارز استفاده از اصطلاحاتی همچون نیروی الکتروموتوری، فشار الکتریکی و ولتاژ از اصطلاح اختلاف پتانسیل الکتریکی نیز استفاده کنیم.

در سیستم‌های هیدرولیکی چنانچه اختلاف سطح فیزیکی وجود نداشته باشد، ناچار هستیم به طریقی این اختلاف را به وجود آوریم، بنابراین باید برای به حرکت درآوردن آب در مدار، از پمپ استفاده کنیم. پمپ با ایجاد اختلاف در سمت دهش و مکش، فشار و نیروی لازم برای گردش آب را تأمین می‌کند.

هنگام عبور جریان الکتریکی گرم می‌شوند. چنانچه جریان یا ضربات الکترونی در سیم بیش از تحمل آن باشد، سیم در اثر گرمای زیاد خواهد سوخت.

چنانچه یک اتم شامل دو الکترون آزاد باشد، انرژی ناشی از الکترون اولیه یا الکترون ضارب بین دو الکترون آزاد تقسیم می‌شود. الکترون‌های آزاد دوتایی تحت تاثیر انرژی الکترون اولیه، حداکثر دارای تیمی از انرژی منتقل شده خواهند بود. موادی که دارای هفت یا هشت الکترون ظرفیت هستند، مواد عایق یا نارسانا محسوب می‌شوند، زیرا انرژی ناشی از الکترون ضارب را به طور کلی مستهلک می‌کنند و در مقابل حرکت الکترونی از خود مقاومت زیادی نشان می‌دهند. چوب، لاستیک، پلاستیک و شیشه مثال‌های خوبی از این‌گونه مواد هستند.

کولن

براساس قانون کولن، دو نوع بار الکتریکی مثبت و منفی وجود دارد که بر هم نیرو وارد می‌کنند که این نیرو با مجذور فاصله بین دو بار نسبت عکس و با حاصل ضرب اندازه بارها نسبت مستقیم دارد. به عبارت دیگر بارهای همنام با یکدیگر مشخصی یکدیگر را دفع و بارهای غیر همنام با نیروی مشخصی همدیگر را جذب می‌کنند:

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

$$K = \text{ثابت کولن } (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{c}^2)$$

این قانون بسیار شبیه به قانون جاذبه نیوتن است. اما واحد کولن به پاس خدمات شارل آگوستین کولن به عنوان کمیت اندازه‌گیری الکترون نیز به کار می‌رود. در واقع یک کولن برابر با 6.25×10^{18} الکترون است:

$$1 \text{ کولن} = 6.250.000.000.000.000.000$$

همانگونه که مشاهده می‌کنید، واقعا عدد بزرگی است.

آمپر

جریان یک کولن در ثانیه، یک آمپر است. آمپر واحد اندازه‌گیری شدت جریان الکترون‌ها و یا به عبارت دیگر، الکتریسیته در یک مدار است. کمیتی همچون آمپر در برگیرنده دو کمیت مقدار و زمان است و از این نظر قابل مقایسه با دبی حجمی یا جرمی در سیستم‌های هیدرولیکی است. زیرا دبی