



برگی از درخت المپیاد شیمی

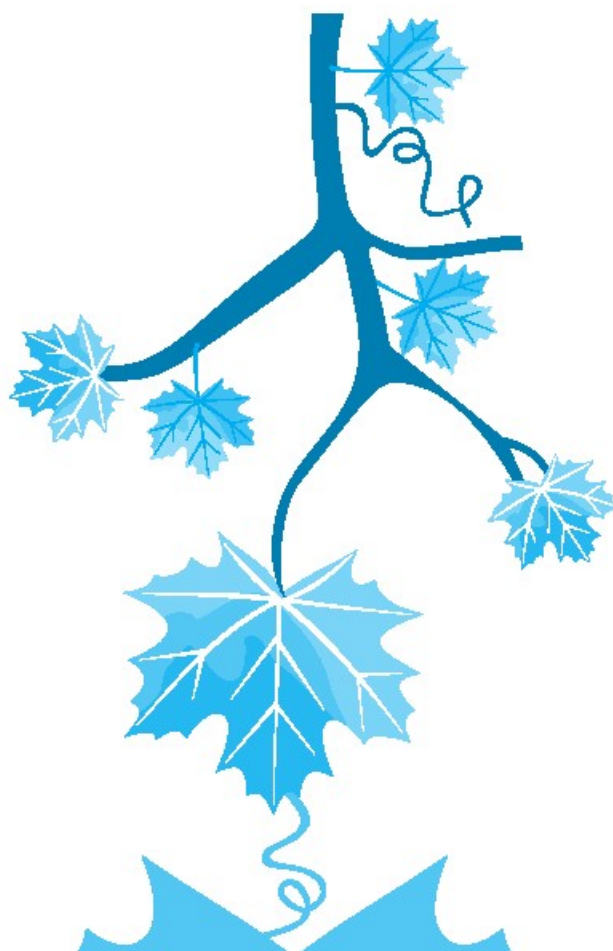
سافتار اتم

مؤلف

محمد عین علی



مركز تطوير النصوص الوطنية



درخت المپیاد درختی است که توسط  
انتشارات خوشخوان کاشته شده و هر یک  
از کتاب های این پروژه برگگی از آن است.  
وظیفه ما نگهداری و آبیاری این درخت است. امیدواریم  
با عنایات حضرت حق این درخت، تنومند شده  
و به بار واقعی بنشیند. فراموش نکنید که بار و میوه ی

این درخت شما  
عزیزان می باشید.

التماس دعا



## پروژهی درخت المپیاد

اعتقاد بر این است که شروع فعالیت‌های المپیاد به صورت حرفه‌ای، باید از ابتدای دوره‌ی دبیرستان شروع شود. اکثر المپیادهای علمی در زمستان سال سوم دبیرستان تعیین تکلیف می‌شوند. بنابراین از شروع دبیرستان تا اواسط سال سوم حدوداً ۸ ترم تحصیلی می‌شود (با احتساب فصل و ترم تابستان) که لازم است برنامه‌ریزی دقیقی برای این چند ترم انجام شود.

انتشارات خوشخوان این برنامه‌ریزی را در قالب پروژهی درخت المپیاد انجام داده است که هر شاخه از درخت، مبحثی از آن المپیاد و هر برگ از آن شاخه شماره‌ای از آن مبحث می‌باشد.

به عنوان مثال اپتیک (۱) کتابی است که در یک ترم تحصیلی در یک کلاس ممتاز می‌توان برای داوطلبان المپیاد فیزیک تدریس کرد.

با عنایات حضرت حق و با کمک تکی چند از همکاران گرامی کتب مربوط به این درخت در هر رشته‌ای از المپیاد معرفی خواهد شد. منتظر پیشنهادات و نظرات شما سروران هستیم.

گروه المپیاد

انتشارات خوشخوان

مسابقه‌ها، کنکورها و المپیادهای علمی همایش‌هایی هستند که کم و بیش در سراسر دنیای پهناور به صورت داخلی و بین‌المللی برگزار می‌شود و سال به سال به تنوع، جذبه و عظمت آن‌ها افزوده می‌شود. یکی از این همایش‌های باشکوه که هر سال در چندین رشته در سطح دانش‌آموزان سنوات آخر دوره متوسطه برگزار می‌شود المپیادهای علمی می‌باشد که قدیمی‌ترین آن المپیاد ریاضی بوده و از سال ۱۹۵۹ آغاز و تا به حال ادامه داشته است.

در حال حاضر نتیجه‌ی کسب شده در المپیادهای علمی برای هر کشوری یکی از شاخص‌های قدرت علمی آن کشور محسوب شده و نفرات ممتاز این المپیادها به راحتی جذب دانشگاه‌ها و آکادمی‌های ممتاز جهان شده و پس از گذشت سنواتی چند به موفقیت‌های چشم‌گیری نایل می‌شوند چنانچه بسیاری از دانشمندان حال حاضر در رشته‌های مختلف از جمله شیمی، فیزیک، IT و ... در سال‌های نه‌چندان دور از مدال‌آوران این المپیادها بوده‌اند.

جمهوری اسلامی ایران برای اولین بار در سال ۱۳۶۶ در المپیاد ریاضی جهان که در کشور کوبا برگزار می‌شد شرکت کرده و با کسب یک مدال برنز به مقام ۲۶ جهان نقل آمد که تعجب همگان را برانگیخت چرا که در آن سال ایران درگیر جنگ تحمیلی بوده و جهانیان به غیر از جنگ و درگیری چینی از ایران سراغ نگرفتند و درخشش دانش‌آموزان ایران در آن سال و سنوات بعد نگاه‌ها را به سمت ایران معطوف کرده و چشم‌خفته آن‌ها را تا حدود زیادی بیدار کرد. همانطور که از رسانه‌های گروهی مطلع شده‌ایم در تمام المپیادهای علمی تیم اعزامی کشور عزیزمان در سنوات گذشته جز کشورهای برتر بوده و ضمن کسب مدال‌های رنگارنگ رتبه‌های بسیار درخشانی از جمله رتبه اول را حاز شده‌اند.

نحوه‌گزینش نفرات اعزامی به المپیادهای جهانی تا حدود زیادی مشابه یکدیگرند به این صورت که در ابتدا در مسابقه‌ای سراسری تحت عنوان مرحله اول که معمولاً به صورت پرسش‌های چندگزینه‌ای مطرح می‌شود حدوداً هزار نفر پذیرفته شده و در رقابتی معمولاً تشریحی که مرحله‌ی دوم نامیده می‌شود شرکت می‌کنند. در این مرحله در هر رشته حدوداً چهل نفر پذیرفته شده و در دوره‌ی تابستانی در باشگاه دانش‌پژوهان جوان که متولی برگزاری تمام المپیادهای علمی می‌باشد شرکت کرده و پس از گذراندن این دوره مرحله‌ی سوم آزمون برگزار شده و علاوه‌بر (در حدود ده نفر) مدال طلا، علاوه‌بر مدال نقره و علاوه‌بر دیگر مدال برنز

کسب می کنند (در این مرحله معمولاً همگی افراد شرکت کننده در دوره مدال کسب می کنند) دارندگان مدال طلا حدود یک سال در آن باشگاه آموزش دیده و پس از آن اعضای تیم اعزامی شناسایی می شوند. دارندگان مدال طلا همگی بدون کنکور و در رشته و دانشگاه دلخواه خود پذیرفته شده و ادامه ی تحصیل می دهند اما دارندگان مدال های نقره و برنز همانند سایر داوطلبان در کنکور سراسری شرکت کرده و برای کسب رتبه دلخواه جهت پذیرفته شدن در رشته و دانشگاه مورد علاقه خود در رقابت می کنند یا این تفاوت که این افراد سهمیه ویژه ای در پذیرفته شدن در رشته و دانشگاه مورد علاقه ی خود دارند که جزئیات آن در سایت باشگاه دانش پژوهان جوان تشریح شده است.

متأسفانه در سال های اخیر در بعضی از مدارس افرادی مثلاً لباس کارشناسی به تن کرده و علیه فعالیت های المپیاد جبهه می گیرند و ادعا می کنند فعالیت برای المپیادهای علمی مانع موفقیت در کنکور سراسری بوده و هرچه دانش آموز به سمت المپیاد سوق پیدا کند از کنکور فاصله گرفته و در صورت عدم کسب مدال طلا (که بسیار محتمل است) آینده ی خود را تباه کرده است در حالی که با تحقیقی که در سال های گذشته انجام شده است فعالیت در زمینه المپیادهای علمی نه تنها مانع فعالیت برای کنکور نیست بلکه مسیر فعالیت برای کسب رتبه مناسب در کنکور را بسیار هموارتر می سازد به عنوان مثال می توانید تمام مدال آوران نقره و برنز و یا حتی آن هایی که در مرحله اول پذیرفته شده ولی به دوره تابستانی راه پیدا نکرده اند را در یک رشته شناسایی کرده و موفقیت های تحصیلی آن ها را در دانشگاه ها جویا شوید که نگارنده ی این متن بارها این تحقیق را انجام داده و به مثبت بودن آن یقین پیدا کرده است.

**نکته** به هر حال ادعا این است که فعالیت دانش آموز در یک رشته از رشته های المپیاد فواید بسیاری دارد که به تعدادی از آن ها به صورت گذرا اشاره می شود:

۱. همان طور که خلاصه به بشر تن سالم داده و انتظار می رود با ورزش ها و نرمش های مناسب از این نعمت خلقاتی محافظت شود به هر دانش آموزی نیز استعدادی داده است که باید شکوفا و بهره ور شود. اغلب باشگاه های کشورهای اعم از خصوصی و دولتی دلوطلب زیادی در رشته های متفاوت ورزشی دارند که مشغول فعالیت در یکی از رشته های ورزشی مانند کشتی، تکواندو، بدن سازی و ... می باشند که وقتی از آن افراد راجع به اهدافشان از این فعالیت سؤال می شود سالم نگه داشتن بدن را عنوان داشته و انتخاب شدن در تیم ملی را در نهایت عنوان می کنند. چه بسا افرادی که در این رشته ها فعالیت می کنند و هرگز به تیم ملی راه پیدا

نمی‌کنند که وقتی از این افراد راجع به موفقیت‌هایشان سؤال می‌شود هرگز خود را ناموفق معرفی نمی‌کنند و همین‌که توانسته‌اند از بلدان سالم خود به روش مناسب محافظت کنند را پیروزی بزرگی می‌دانند بنابراین فعالیت‌های آموزشی در یکی از زمینه‌های المپیاد چه در نهایت به کسب مدال منجر شود و یا نشود همین‌که استعداد خدادادی پرورش می‌یابد موفقیتی است پس بزرگ.

۲. کتب درسی به اذعان اکثر کارشناسان و اساتید سال به سال ساده‌تر شده و برای عموم دانش‌آموزان دلچسب هستند ولی برای دانش‌آموزان ممتاز و تیزهوش به هیچ‌عنوان اغناکننده نمی‌باشند لذا لازم است این سری از دانش‌آموزان فعالیت ویژه‌ای را در رشته‌ی مورد علاقه‌ی خود داشته باشند تا احساس کنند این فعالیت‌ها برای آن‌ها اغناکننده است.

۳. فعالیت‌های المپیادی که در نهایت به حل سوالات پیچیده و عمیق در رشته‌ی مربوطه می‌شود باعث می‌شود تا فرد به تمام مسائل جامعه و پیش‌آمده در زندگی به دید یک مسأله‌ی المپیاد نگاه کرده و در حل آن نسبت به سایر رقبا موفق‌تر باشند. تحقیقات نشان می‌دهد افرادی که با علاقه و اشتیاق حل‌مسئله‌ی یکی از شاخه‌های المپیاد را دنبال می‌کنند (نه به نیت کسب مدال بلکه به نیت پرورش ذهن) نسبت به سایر افراد در زندگی موفق‌ترند.

۴. زیربنای اکثر دروس پیش‌دانشگاهی در دروس المپیاد بنا نهاده می‌شود بنابراین افرادی که به سبک المپیادی دروس خود را مطالعه می‌کنند در دوره پیش‌دانشگاهی با پایه‌ی بسیار قوی‌تری با دروس مواجه می‌شوند و نسبت به رقبای خود راحت‌تر از عهده آن‌ها بر می‌آیند.

۵. با توجه به مصوبه‌های موجود، کسب مدال در یکی از المپیادهای علمی (حتی مدال برنز) باعث اعطای امتیازهای ویژه‌ای برای داوطلبان کنکور در ورود به دانشگاه‌های سراسری می‌شود که جزئیات آن در سایت‌های معتبر مخصوصاً سایت باشگاه دانش‌پژوهان جوان موجود است.

۶. همچنین با توجه به مصوبه‌های موجود اکثر داوطلبان المپیادها به عضویت نهادهای مختلف از جمله بنیاد ملی نخبگان در می‌آیند که با رجوع به سایت‌های مرتبط با این نهادها و بنیادها امتیازات تعلق‌یافته به اعضا را مشاهده خواهید کرد.

انتشارات خوشخوان مفتخر است از بنیاد تأسیس به فکر تدوین و تألیف منابعی مناسب برای دانش آموزان ممتاز و داوطلبان المپیاد بوده است که خوشبختانه با یاری خداوند متعال و با بهره گیری از اساتید مجربی که خود در سنواتی نه چندان دور مدال آوریکی از المپیادهای علمی بوده اند، کتب متعددی به بازار عرضه شده است که مورد توجه داوطلبان قرار گرفته است. بعد از کسب تجربیات لازم به این نتیجه رسیده ایم که لازم است کتبی به صورت کار تدوین و تألیف شود که در آن هر کتاب مخصوص یک ترم تحصیلی باشد. این پروژه به نام درخت المپیاد نام گرفته است و هر کتاب از این پروژه که در اختیار دارید برگگی از آن درخت خواهد بود.

بدیهی است انجام چنین پروژه ی عظیمی نظر و همت دسته جمعی می طلبد لذا لازم است از تمام دوستان و همکارانی که ما را در انجام این پروژه یاری نموده اند، تشکر و قدر دانی می نمایم و در نهایت نیز از عوامل زحمات گش انتشارات اعم از مشاورین، حروف چین ها، طراحان و کارمندان و کارگران عزیز کمال امتنان را دارم.



باتشکر

رَسُول حَاجِي زَادَه مَدِيرِ اِنْتِشَارَاتِ خُوشْخَوَان



کتابی که پیش رو دارید، جلد نخست از مجموعه‌ی کتاب‌های موضوعی با عنوان برگ‌ی از درخت المپیاد است. انگیزه‌ی تألیف این مجموعه کتاب‌ها، خلأیی بود که برای کتب آموزشی المپیاد شیمی احساس میشد. چرا که بالاتر بودن سطح آزمون‌های مرحله‌ی اول و خصوصاً مرحله‌ی دوم المپیادهای شیمی ایران نسبت به کتاب‌های درس شیمی دبیرستان، دانش‌آموزان را برای آمادگی مطلوب، مجبور به مراجعه و مطالعه‌ی کتاب‌های دانشگاهی شیمی می‌کند. از طرفی سیر این کتاب‌ها مطابق با المپیاد شیمی دانش‌آموزی نبوده و برخی از مباحث مطرح شده در آنها دشوار و حتی مورد نیاز نمی‌باشد. همچنین فهم ادبیات و جمله‌بندی این کتاب‌ها نیز برای بسیاری از دانش‌آموزان مشکل است.

در این مجموعه، طرح مباحث بر مبنای آمادگی برای مراحل اول و دوم المپیادهای ایران هدف‌گذاری شده است و تلاش بر این بوده است که مباحث قابل فهم برای دانش‌آموزان حتی کسانی که به معلم دسترسی ندارند، باشد. البته در موارد لازم مباحث بیشتر و در سطح بالاتر نیز بیان شده است که متن آنها با زمینه رنگی از متن اصلی جدا شده است. این کتاب شامل ۶ فصل می‌باشد که در تدوین هر فصل، علاوه بر بیان مطالب از شکل‌های متناسب و نیز مثال‌های حل شده برای فهم بهتر خواننده استفاده شده است. همچنین در پایان هر فصل مسائل نمونه (شامل سؤالات تألیفی و برخی سؤالات کنکور) و سپس سؤالات مراحل اول و دوم المپیاد ایران (تا دوره بیستم) برای آشنایی با نمونه مسائل قابل طرح و تثبیت یادگیری هر مبحث با پاسخ تشریحی آورده شده است. نهایتاً برای هر فصل بخشی به عنوان تمارین در نظر گرفته شده است که شامل سؤالات مختلف تستی و تشریحی آن مبحث ولی بدون پاسخ می‌باشد. هدف از این بخش در نظر گرفتن سؤالاتی برای تکلیف دانش‌آموزان و سپس حل آنها در کلاس یا به صورت مباحثه با یکدیگر است.

در تهیه این مجموعه سعی زیادی برای عدم وجود اشکالات نگارشی یا علمی کتاب صورت گرفته است. ولی از آن جاکه هیچ کاری خالی از اشکال نیست، از اساتید محترم و دانش‌آموزان عزیز خواهشمندیم، پیشنهادات و انتقادات خود را برای ویرایش‌های بعدی به نگارنده و یا انتشارات ارسال نمایند. در پایان از تلاش‌های تمام کسانی که بنده را در آماده‌سازی این کتاب یاری کرده‌اند، خصوصاً آقایان پیمان اکبری، احسان عزیزآبادی و همچنین خانواده عزیزم تشکر و قدردانی می‌کنم.

محمد عین‌علی

mohammad.einali@gmail.com



# فهرست مطالب

نظریه‌ی اتمی (۱): ذرات زیراتمی . . . . . ۱

## فصل ۱

۱	۱-۱ مدل اتمی دالتون
۳	۲-۱ الکتروسیسٔه و کشف الکترون
۵	۳-۱ لامپ پرتوی کاتدی
۶	۴-۱ اندازه‌گیری بار و جرم الکترون
۸	۵-۱ مدل اتمی تامسون
۹	۶-۱ پرتوزایی
۱۰	۷-۱ مدل اتمی هسته‌دار
۱۲	۸-۱ دیگر ذرات زیراتمی
۱۵	مسائل نمونه
۱۷	پاسخ مسائل نمونه
۱۹	سؤالات المپیادهای ایران
۲۱	پاسخ سؤالات المپیادهای ایران
۲۲	تمارین

مبانی اتم‌ها و عناصر . . . . . ۲۵

## فصل ۲

۲۵	۱-۲ نمادهای اتمی
۲۷	۲-۲ ایزوتوپ‌ها
۲۸	۳-۲ جرم اتمی
۳۰	۴-۲ جدول تناوبی عناصر
۳۴	مسائل نمونه
۳۶	پاسخ مسائل نمونه
۳۹	سؤالات المپیادهای ایران
۴۳	پاسخ سؤالات المپیادهای ایران

امواج الکترومغناطیس و طیف‌های اتمی . . . . ۵۱

### فصل ۳

۵۱	۱-۳ ذره و موج
۵۲	۲-۳ مشخصات موج
۵۴	۳-۳ طیف امواج الکترومغناطیس
۵۵	۴-۳ خاصیت ذره‌ای نور دوگانگی (موج - ذره)
۵۶	۵-۳ طیف‌های اتمی
۵۸	۶-۳ طیف اتمی هیدروژن
۶۰	مسائل نمونه
۶۲	پاسخ مسائل نمونه
۶۴	سؤالات المپیادهای ایران
۶۶	پاسخ سؤالات المپیادهای ایران
۶۷	تاریخ

نظریه‌ی اتمی (۲): دنیای کوانتومی اتم‌ها . . . . ۶۹

### فصل ۴

۶۹	۱-۴ مدل اتمی بور
۷۱	۲-۴ انتقالات الکترونی و توجیه طیف اتمی هیدروژن
۷۴	۳-۴ مکانیک موجی
۷۶	۴-۴ مدل کوانتومی اتم
۷۸	مسائل نمونه
۸۰	پاسخ مسائل نمونه
۸۴	سؤالات المپیادهای ایران
۸۶	پاسخ سؤالات المپیادهای ایران
۸۸	تاریخ

مدل کوانتومی اتم (۱): اعداد کوانتومی . . . . ۹۱

### فصل ۵

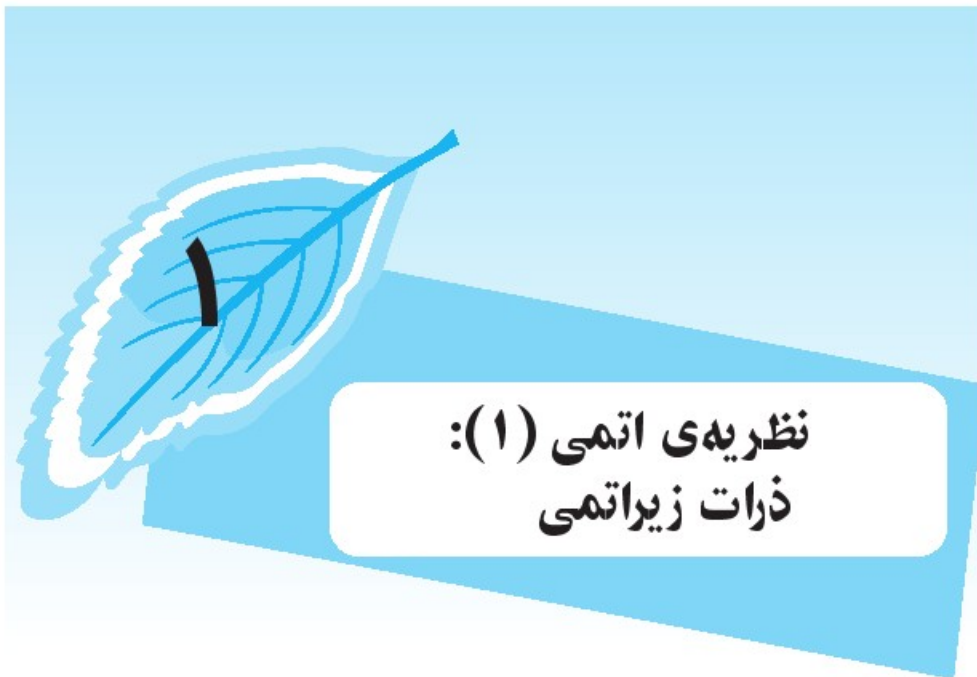
۹۱	۱-۵ آدرس‌دهی الکترون در مدل کوانتومی
----	--------------------------------------

۹۱	۲-۵ عدد کوانتومی اصلی (n)
۹۲	۳-۵ عدد کوانتومی فرعی (l)
۹۲	۴-۵ عدد کوانتومی مغناطیسی (ml)
۹۳	۵-۵ عدد کوانتومی اسپین (ms)
۹۵	۶-۵ اصل طرد پائولی
۹۶	۷-۵ زیرلایه‌های الکترونی
۱۰۱	مسائل نمونه
۱۰۲	پاسخ مسائل نمونه
۱۰۴	سؤالات المپیادهای ایران
۱۰۷	پاسخ سؤالات المپیادهای ایران
۱۰۹	تمارین

۱۱۳ . . مدل کوانتومی اتم (۲): آرایش الکترونی

 فصل ۶ 

۱۱۳	۱-۶ نمایش آرایش الکترونی
۱۱۵	۲-۶ سطح انرژی اوربیتال‌ها
۱۱۶	۳-۶ اصل بناگذاری (آفبا)
۱۱۸	۴-۶ قاعده‌ی هوند
۱۱۹	۵-۶ ترازهای پر و نیمه‌پر
۱۲۱	۶-۶ آرایش‌هایی که از اصل آفبا تبعیت نمی‌کنند
۱۲۳	مسائل نمونه
۱۲۵	پاسخ مسائل نمونه
۱۲۹	سؤالات المپیادهای ایران
۱۳۵	پاسخ سؤالات المپیادهای ایران
۱۴۱	تمارین



## نظریه‌ی اتمی (۱): ذرات زیراتمی

همانند بسیاری از علوم دیگر اولین بحث و نظرات پیرامون ساختار ماده و اجزای سازنده‌ی آن به یونان باستان نسبت داده می‌شود. البته بعید نیست که خاستگاه این نظریات به تمدن‌هایی قبل از یونان برگردد که اخبار آن‌ها در دست ما نیست. نظریه‌ی عناصر چهارگانه‌ی ارسطو فیلسوف مشهور یونانی، بیان می‌کند که جهان و تمامی مواد موجود در آن از چهار عنصر آب، خاک، باد و آتش شکل گرفته است و خود این عناصر از جزء دیگری تشکیل شده‌اند. همچنین بر طبق نظر او فرآیند ریز و خرد کردن ماده بی‌پایان قابل انجام است. در مقابل فیلسوف دیگری به نام دموکریت همه‌ی مواد را متشکل از ذرات بسیار ریز و غیر قابل تقسیمی می‌دانست که بعدها «اتم» به معنای تجزیه‌ناپذیر نام گرفتند. وی خواص مواد مختلف را به شکل اتم‌های تشکیل دهنده‌ی آن مرتبط می‌دانست. البته اساس این نظریات کم‌تر مبنای تجربی داشت و غالباً عقلی و فلسفی بود.

نظریه‌ی عناصر چهارگانه‌ی ارسطو - مانند بسیاری از نظریات وی در علوم تجربی - تا قرن‌ها نظریه‌ی غالب بر جوامع علمی بود. می‌توان نخستین بار تشکیک ورد این نظر را در آثار دانشمندان تمدن اسلامی یافت. به طوری که کشف و جداسازی بسیاری از عناصر و ترکیبات توسط جابرین حیان و زکریای رازی، دسته‌بندی مواد از منظر ایشان با مدل ارسطویی مطابقت نداشت. علاوه بر آن نظریه‌ی زکریای رازی در رابطه با ساختار ماده شباهت بسیاری با «نظریه‌ی اتمی» مطرح شده توسط جان دالتون انگلیسی در قرون بعدی داشت.



### مدل اتم دالتون

۱-۱

رابط بویل و ایزاک نیوتون در کتاب‌های خود وجود اتم‌ها را پذیرفتند. اما امروزه نخستین نظریه‌ی اتمی مدون را به جان دالتون نسبت می‌دهند. او توانست در نظریه‌ی خود قوانین واکنش‌ها و تغییرات شیمیایی

را توضیح دهد. اصول نظریه‌ی دالتون را می‌توان در ۵ بند زیر خلاصه کرد:

۱. مواد از ذرات بسیار کوچک تجزیه‌ناپذیری به نام اتم تشکیل شده‌اند.
۲. اتم‌های یک عنصر با یکدیگر مشابه و با اتم‌های عناصر دیگر متفاوتند.
۳. از به هم پیوستن اتم‌ها، مولکول‌ها به وجود می‌آیند. یک واکنش شیمیایی، تغییر در شیوه‌ی اتصال اتم‌ها به یکدیگر است.
۴. در یک واکنش، نه اتمی به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود و اتم هیچ عنصری به عنصر دیگر تبدیل نمی‌شود.
۵. یک ترکیب شیمیایی معین، از عناصری تشکیل یافته است که همواره نوع و میزان نسبی آن‌ها یکسان است. (قانون نسبت‌های معین)

**مثال ۱-۱** با توجه به قانون نسبت‌های معین، اگر در  $100$  گرم نمک طعام،  $39$  گرم سدیم و  $61$  گرم کلر موجود باشد. در  $58.5$  گرم نمک، چه مقدار از هر یک از عناصر موجود است؟  
**پاسخ:** با استفاده از قانون نسبت‌های معین، در نمک طعام همواره نسبت سدیم به کلر مقدار ثابتی است. بنابراین با یک تناسب ساده می‌توان مقادیر این عناصر به دست آورد. با فرض پارامترهای  $X$  و  $Y$  به ترتیب برای جرم سدیم و جرم کلر در  $58.5$  گرم نمک داریم:

$$\frac{\text{جرم سدیم}}{\text{جرم نمک}} = \frac{39 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{x}{58.5 \text{ g}} \Rightarrow x = 22.8 \text{ g}$$

$$\Rightarrow y = 58.5 - 22.8 = 35.7 \text{ g}$$

بنابراین در  $58.5$  گرم نمک،  $22.8$  گرم سدیم و  $35.7$  گرم کلر وجود دارد.

اگرچه امروزه هنوز چهارچوب کلی نظریه‌ی دالتون مورد قبول است، اما برخی از اصول آن رد شده و یا تغییر یافته است. مهم‌ترین این موارد به شرح زیر است:

- مشخص شده است اتم‌ها خود متشکل از ذرات کوچک‌تری هستند. در این فصل این ذرات زیراتمی را معرفی خواهیم کرد.
- کشف ایزوتوپ‌ها<sup>۱</sup> نشان داد که اتم‌های یک عنصر لزوماً یکسان نیستند و می‌توانند دارای جرم‌های متفاوتی باشند.
- اصل شماره ۴ نظریه دالتون، برگرفته از قانون پایستگی جرم است. امروزه مشخص شده است که این قانون به طور مطلق صحیح نیست. از موارد نقض آن می‌توان به پرتوزایی برخی مواد و همچنین واکنش‌های هسته‌ای اشاره کرد. البته در واکنش‌های شیمیایی معمول، هنوز این قانون قابل استفاده است و موازنه‌ی یک واکنش شیمیایی مبتنی بر آن است.<sup>۲</sup>

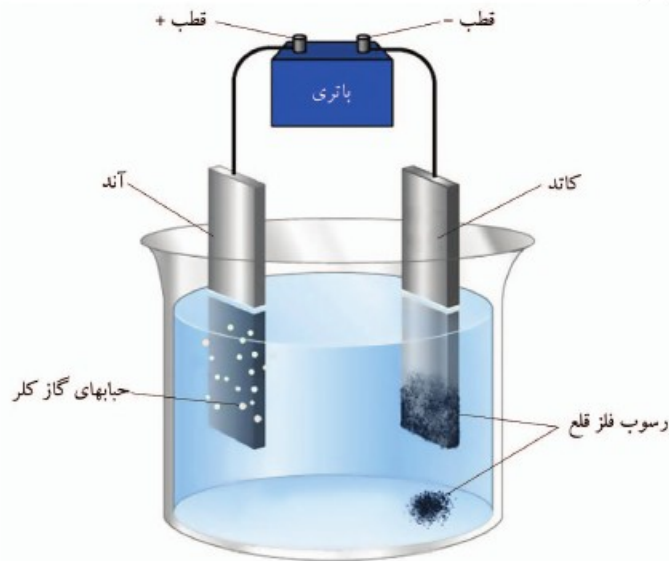
(۱) بخش ۲-۲

(۲) رجوع شود به مبحث «استوکیومتری»



در مدل اتمی دالتون، اتم یک ذره‌ی یکپارچه و بدون تغییر فرض شده است. اما آزمایشات مرتبط با الکتروسیسته‌ی ساکن و بیش از آن آزمایشات بر روی الکتروسیسته‌ی جاری نشان داد که این مدل، مدل کاملی برای تبیین ساختار اتم نیست. این آزمایشات نشان می‌داد اتم‌ها با جاذبه‌هایی که ماهیت الکتریکی دارند به هم متصل هستند و همچنین اتم‌ها قادر به جذب و یا تخلیه‌ی الکتروسیسته می‌باشند.

آزمایشات مربوط به «برقکافت» در همین راستا بود. در این فرآیند با قرار دادن دو الکتروود<sup>۳</sup> یکی مثبت (آند) و دیگری منفی (کاتد) درون محلی از یک ترکیب یونی فلزدار (نمک) و برقراری جریان برق مستقیم، نمک تجزیه شده و فلز موجود در ترکیب روی کاتد و کف ظرف ته‌نشین می‌شود. در شکل ۱-۱-۱- مثالی از یک فرآیند برقکافت نشان داده شده است. از جمله کاربردهای فراوان برقکافت، آبکاری فلزات و ایجاد روکشی از فلز است.



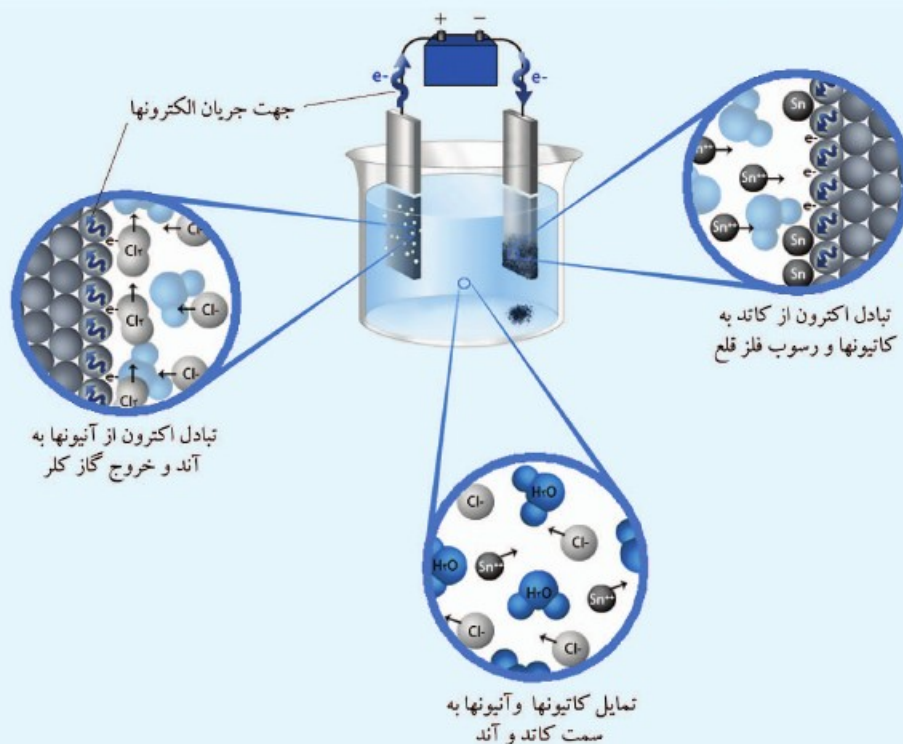
شکل ۱-۱ برقکافت محلول غلیظ قلع (II) کلرید ( $\text{SnCl}_2$ )

مایکل فارادی با برقکافت محلول ترکیب فلزهای مختلف مشاهده کرد که در شرایط یکسان، میزان رسوب فلزهای مختلف با یکدیگر متفاوت است. این بدان معنا بود که اتم‌های فلزات مختلف هنگام رسوب کردن مقدار یکسانی الکتروسیسته جذب نمی‌کنند. بنابراین الکتروسیسته می‌بایست ماهیتی گسسته داشته باشد؛ یعنی از واحدهای باری تشکیل شده است که به آن «الکترون» می‌گوییم. نتیجه‌ی مهم دیگر این بود که الکترون‌ها قادر به ورود در اتم‌ها و خروج از آن‌ها هستند.

### در فرآیند برقکافت چه رخ می‌دهد؟

همان‌طور که می‌دانید محلول برخی ترکیبات از جمله نمک‌ها، اسیدها و بازها رسانای جریان الکتریسیته‌اند. این رسانایی به دلیل ایجاد یون‌های مثبت و منفی هنگام انحلال این مواد در آب است. هنگامی که دو الکترود مثبت و منفی در محلول قرار گیرد، کاتیون‌ها (یون‌های مثبت) به سمت کاتد منفی و آنیون‌ها (یون‌های منفی) به سمت آند مثبت جذب می‌شوند و با تبادل الکترون باعث انتقال جریان برق می‌شوند. اساس برقکافت یا الکترولیز همین تبادل الکترون‌ها و خشی شدن کاتیون‌ها و آنیون‌ها در کاتد و آند است که سبب تجزیه‌ی ترکیب موجود در محلول می‌شود.

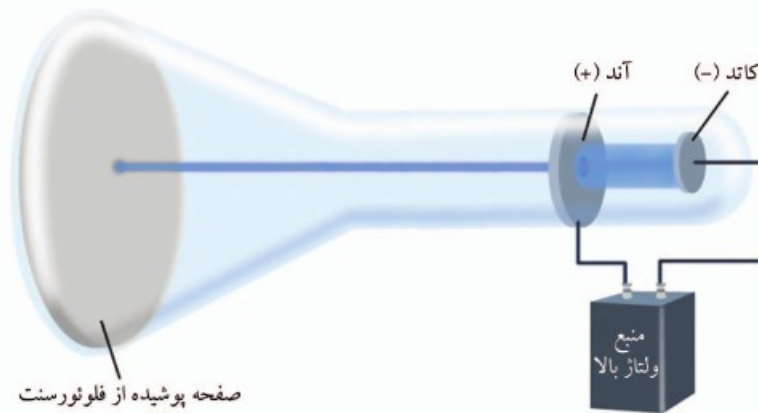
برای مثال شکل ۱-۲، برقکافت محلول غلیظ  $\text{SnCl}_2$  را از دید مولکولی نشان می‌دهد. با برقراری جریان یون‌های مثبت قلع در اطراف کاتد یا جذب الکترون از آن، خشی شده و فلز قلع رسوب می‌کند. در طرف دیگر یون‌های منفی کلر در اطراف آند با از دست دادن الکترون خشی شده و به صورت حباب‌های گازی کلر از محلول خارج می‌شوند.



شکل ۱-۲ فرآیند برقکافت محلول غلیظ  $\text{SnCl}_2$  از دید مولکولی



پرتوهای کاتدی در پی کوشش برای عبور جریان برق در خلأ کشف شدند. به این صورت که دو الکتروود در یک لوله‌ی شیشه‌ای قرار می‌دهند و هوا درون آن را تقریباً به‌طور کامل خارج می‌کنند. هنگامی که یک ولتاژ زیاد بین دو الکتروود برقرار شود پرتوهایی از الکتروود منفی (کاتد) به سمت الکتروود مثبت (آند) جریان می‌یابد. شکل زیر نمایی از لامپ پرتوی کاتدی را نشان می‌دهد. پرتوهای کاتدی نامرئی هستند. بنابراین معمولاً در وسط آند سوراخی ایجاد می‌کنند و انتهای لوله را با مواد فلئورسنت می‌پوشانند. این مواد تابش‌های نامرئی را جذب و نور مرئی ساطع می‌کنند. به این ترتیب با عبور باریکه‌ای از پرتوها و برخورد با ماده‌ی فلئورسنت محل برخورد مشخص می‌شود.



شکل ۳-۱ لامپ پرتوی کاتدی

آزمایشات و مطالعات گسترده‌ی جوزف تامسون، ویژگی‌های زیر را برای پرتوهای کاتدی نشان داده است:

۱. پرتوی کاتدی در خط راست سیر می‌کند.
  ۲. این پرتوها برخلاف امواج نور دارای جرم می‌باشند.
  ۳. جنس پرتوی کاتدی همواره یکسان است و به جنس کاتد بستگی ندارد.
  ۴. پرتوی کاتدی بسیار پراثری است و باعث یونش<sup>۴</sup> و التهاب<sup>۵</sup> گاز اندک درون لوله می‌شود.
  ۵. پرتوهای کاتدی با عبور از میدان الکتریکی از مسیر مستقیم به سمت قطب مثبت منحرف می‌شوند، بنابراین ذرات آن یعنی همان الکترون‌ها دارای بار الکتریکی منفی می‌باشند.
- میزان انحراف یک ذره‌ی متحرک باردار در میدان الکتریکی یا مغناطیسی، به دو عامل بستگی دارد: الف) هرچه بار ذره بیش‌تر باشد، انحراف آن بیش‌تر خواهد بود. پس میزان انحراف ذره با بار آن  $(q)$  متناسب است.

---

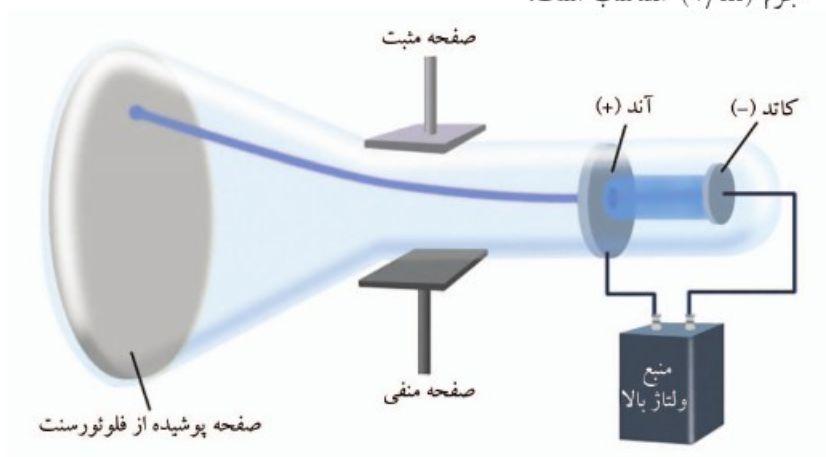
۴) جدایش الکترون

۵) انتشار نور





ب) هرچه جرم ذره ( $m$ ) بیش‌تر باشد، انحراف آن کم‌تر خواهد بود. پس میزان انحراف ذره با معکوس جرم ( $1/m$ ) متناسب است.



شکل ۴-۱ انحراف پرتوی کاتدی در میدان الکتریکی

بنابراین ترکیب این دو عامل یعنی نسبت بار به جرم ( $q/m$ ) تعیین‌کننده‌ی میزان انحراف یک ذره‌ی متحرک در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی است. تاسمون با انحراف پرتوی کاتدی در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و اندازه‌گیری میزان انحراف آن، توانست نسبت بار به جرم الکترون را محاسبه کند. این مقدار برابر است با  $g = 1.76 \times 10^8 \text{ C/g}$ . به طوری که  $C$  (کولن) واحد اندازه‌گیری بار الکتریکی و  $g$  (گرم) واحد اندازه‌گیری جرم است.



## اندازه‌گیری بار و جرم الکترون

۴-۱

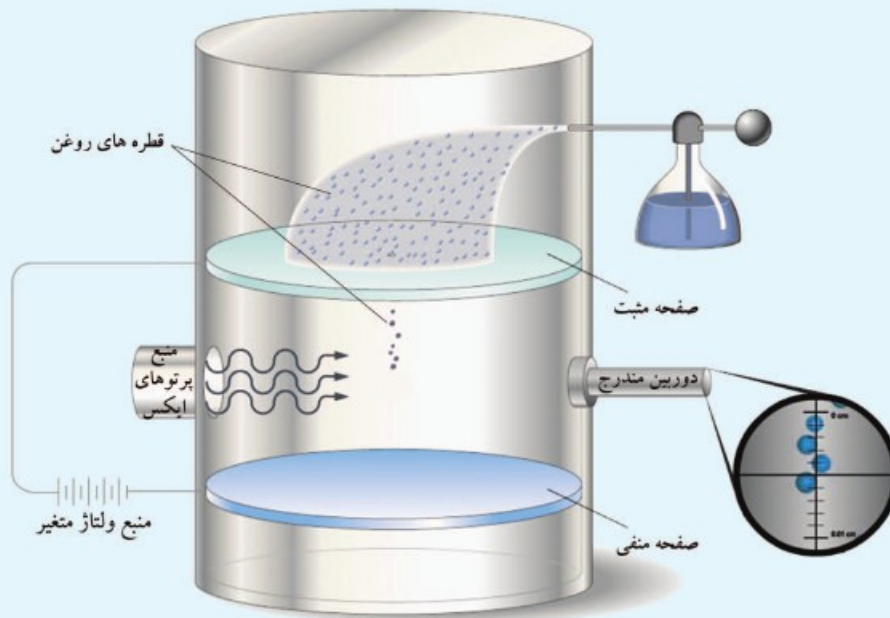
تاسمون توانست با استفاده از پرتوهای کاتدی نسبت بار به جرم الکترون را به دست آورد. اما نخستین اندازه‌گیری بار الکترون به طور جداگانه توسط رابرت میلیکان با انجام آزمایش زیر صورت گرفت.

### آزمایش قطرات روغن

در این آزمایش دو صفحه‌ی موازی به یک منبع با ولتاژ قابل تنظیم متصل هستند. به این صورت که با برقراری جریان صفحه‌ی بالایی دارای بار مثبت و صفحه‌ی پایینی دارای بار منفی می‌شود. هوای میان دو صفحه به وسیله‌ی پرتوهای پر انرژی ایکس یونیزه می‌شوند. به این معنا که برخی الکترون‌های مولکول‌های هوا از آن‌ها کنده می‌شوند. به وسیله‌ی یک روغن پاش قطرات بسیار ریز روغن روی صفحه‌ی بالایی که دارای یک سوراخ است، اسپری می‌شود. این قطرات از درون سوراخ سقوط می‌کنند و در هنگام عبور از فضای بین دو صفحه با جذب الکترون‌ها دارای بار منفی می‌شوند. حال جریان برقرار می‌شود و قطره‌های روغن از طرف صفحه‌ی بالا جذب و از طرف صفحه‌ی پایین دفع می‌شوند.



بنابراین با صرف نظر از اصطکاک دو نیرو به هر قطره‌ی روغن وارد می‌شود؛ نیروی وزن قطره که به سمت پایین است و نیروی الکتریکی که به سمت بالاست. با تغییر ولتاژ صفحات می‌توان طوری نیروی الکتریکی را طوری تنظیم کرد که با نیروی وزن قطره برابر شود و قطره در هوا معلق بماند. نیروی وزن قطره‌ی روغن به دو روش قابل محاسبه است. با اندازه‌گیری قطر قطره به وسیله‌ی دوربین مندرج و یا اندازه‌گیری زمان سقوط قطره. در نتیجه نیروی الکتریکی معادل با وزن به دست می‌آید. نیروی الکتریکی متناسب با بار قطره‌ی روغن است. قطرات مختلف می‌توانند تعداد متفاوتی الکترون جذب کنند و بار متفاوتی داشته باشند. میلیکان با تکرار این آزمایش روی چندین قطره، بارهای آن‌ها را محاسبه نمود. او فهمید که تمامی این بارها مضربی ساده از یک عدد معین هستند که همان بار الکترون خواهد بود.



شکل ۵-۱ نمایی از دستگاه آزمایش میلیکان

**مثال ۲-۱** اگر در یک آزمایش قطره‌ی روغن میلیکان مقادیر زیر برای بارهای سه قطره‌ی روغن به دست آمده باشد، مقدار بار الکترون را محاسبه کنید.

قطره‌ی روغن	بار الکتریکی بر حسب $(10^{-20} \text{ کولن})$
الف	-۳۲
ب	-۴۸
ج	-۸۰



**پاسخ:** با توجه به توضیحات متن، بار الکترون برابر می‌شود با بزرگ‌ترین مقسوم‌علیه مشترک (ب.م.م) بارهای قطرات روغن. با کمی دقت مشخص می‌شود:  $۱۶ \times ۲ = ۳۲$ ،  $۱۶ \times ۳ = ۴۸$  و  $۱۶ \times ۵ = ۸۰$  بنابراین ب.م.م این سه عدد برابر است با ۱۶ و بار الکترون برابر می‌شود با  $۱۶ \times ۱۰^{-۲۰} \text{ C}$ .

بار تک الکترون به عنوان واحد بار الکتریکی، با نماد  $-e$  نشان داده می‌شود:

$$q = -e = -۱.۶۰ \times ۱۰^{-۱۹}$$

با محاسبه‌ی بار الکترون و داشتن نسبت بار به جرم، جرم الکترون نیز قابل محاسبه است.

$$m = \frac{q}{q/m} = \frac{-۱.۶۰ \times ۱۰^{-۱۹}}{-۱.۷۶ \times ۱۰^۸ \text{ C/g}} = ۹.۱ \times ۱۰^{-۲۸} \text{ g}$$

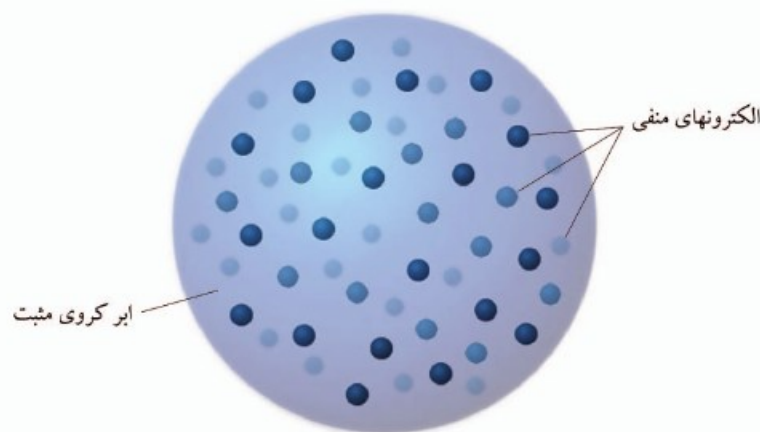


### مدل اتمی تامسون

۵-۱

با کشف الکترون به عنوان اولین ذره‌ی زیر اتمی جوزف تامسون مدل اتمی جدیدی به شرح زیر ارائه نمود:

۱. اتم متشکل از الکترون‌هایی با بار منفی است که در فضای ابرگونه‌ای با بار مثبت پراکنده‌اند.
۲. مجموع بار منفی الکترون‌ها برابر با بار مثبت ابرکروی است.
۳. جرم اتم، ناشی از تعداد بسیار زیاد الکترون‌های آن است و ابرکروی جرمی ندارد.



شکل ۶-۱ مدل اتمی تامسون

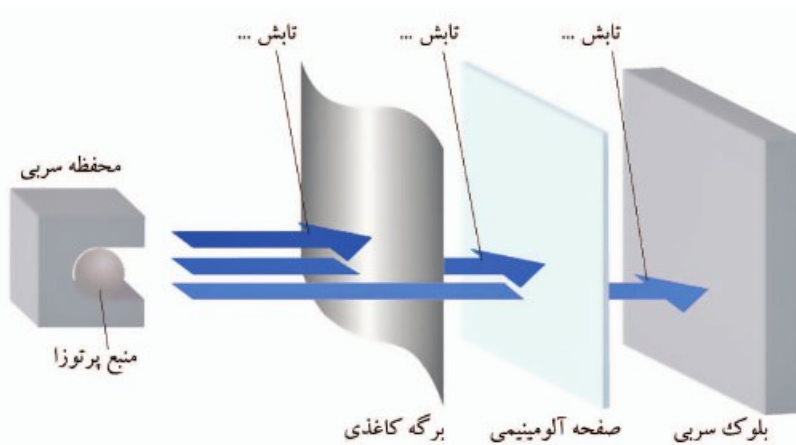
این مدل اتمی به «مدل کیک کشمش‌ی» یا «مدل هندوانه‌ای» شهرت دارد. مطالعات بعدی روی اتم - از جمله آزمایش رادرفورد - نشان داد که مدل تامسون نمی‌تواند تصویر درستی از ساختار اتم ارائه دهد.



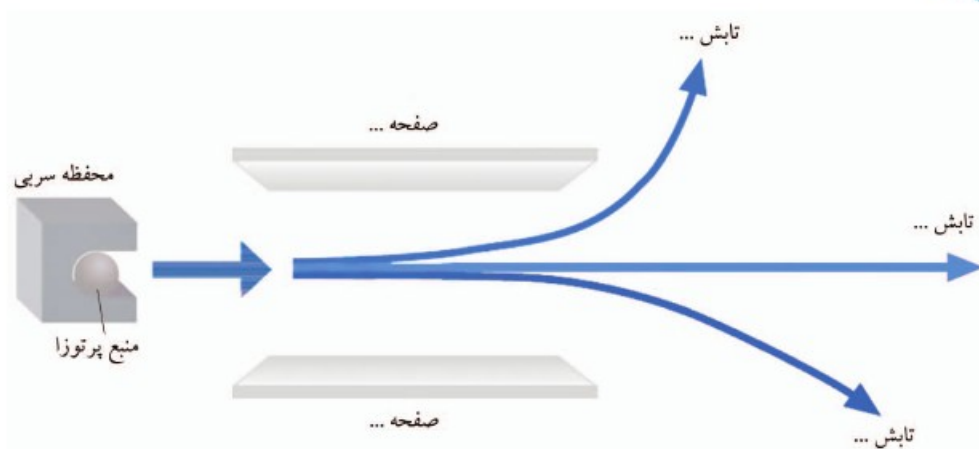
اتم‌های برخی از عناصر به علت ناپایداری، به اصطلاح پرتوزا هستند. این اتم‌ها با منتشر کردن پرتوهایی تغییر ماهیت داده و به اتم پایدار عنصری دیگر تبدیل می‌شوند. این خاصیت که تصادفاً توسط هانری بکرل کشف شده است «پرتوزایی» یا «رادیواکتیویته» نام دارد. ارنست رادرفورد متوجه شده به طور طبیعی سه نوع تابش می‌تواند از مواد پرتوزا ساطع شود:

۱. پرتوی آلفا ( $\alpha$ ): این تابش از ذراتی با بار  $+2$  تشکیل شده است که جرم نسبتاً سنگینی دارند. سرعت این تابش حدود  $16000 \text{ km/s}$  (۵ درصد نور) و نفوذپذیری آن پایین است.
۲. پرتوی بتا ( $\beta$ ): ذرات این تابش دارای بار  $-1$  هستند. تابش بتا نسبت به آلفا بسیار سبک‌تر و دارای نفوذپذیری بیشتری می‌باشد. سرعت این تابش  $130000 \text{ km/s}$  (۴۰ درصد سرعت نور) است.
۳. پرتوی گاما ( $\gamma$ ): این تابش بدون بار و بدون جرم است. تابش  $\gamma$  پراثرترین و نفوذپذیرترین پرتوی شناخته شده در طبیعت است. سرعت این تابش برابر با سرعت نور است.

**مثال ۳-۱** سه تابش منتشر شده از مواد پرتوزا را با آزمایشات مختلفی می‌توان از یکدیگر تفکیک نمود. شکل‌های زیر به ترتیب دو آزمایش (الف) قابلیت عبور از مواد و (ب) میزان انحراف در میدان الکتریکی را روی این پرتوها نشان می‌دهد. در هر دو آزمایش تابش‌های  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  را تعیین و همچنین در آزمایش دوم بار صفحات را نیز مشخص نمایید.



شکل ۷-۱ قابلیت عبور پرتوهای رادیواکتیو



شکل ۸-۱ میزان انحراف پرتوهای رادیواکتیو در میدان الکتریکی

**پاسخ:** با توجه به متن، بیشترین نفوذپذیری مربوط به تابش گاما و کمترین مربوط به آلفاست. بنابراین در آزمایش اول (شکل ۷-۱)، پرتوی بالایی  $\alpha$ ، پرتوی وسط  $\beta$  و پرتوی پایینی  $\gamma$  خواهد بود. همچنین در بخش ۴-۱ بیان کردیم میزان انحراف یک ذره باردار در میدان الکترومغناطیس متناسب با نسبت بار به جرم ( $q/m$ ) آن است. بر این اساس ذره آلفا با اینکه بار بیشتری به ذره بتا دارد اما به علت جرم بسیار بالا انحراف کمتری در میدان الکتریکی خواهد داشت. همچنین برای تابش گاما به سبب نداشتن بار هیچگونه انحرافی رخ نمی‌دهد. پس در آزمایش دوم (شکل ۸-۱)، پرتوی بالایی  $\beta$ ، پرتوی وسط  $\gamma$  و پرتوی پایینی  $\alpha$  می‌باشد. همچنین صفحه‌ی بالایی می‌بایست منفی باشد تا تابش مثبت آلفا را جذب کند و صفحه‌ی پایینی مثبت است که تابش منفی بتا را جذب کرده است.

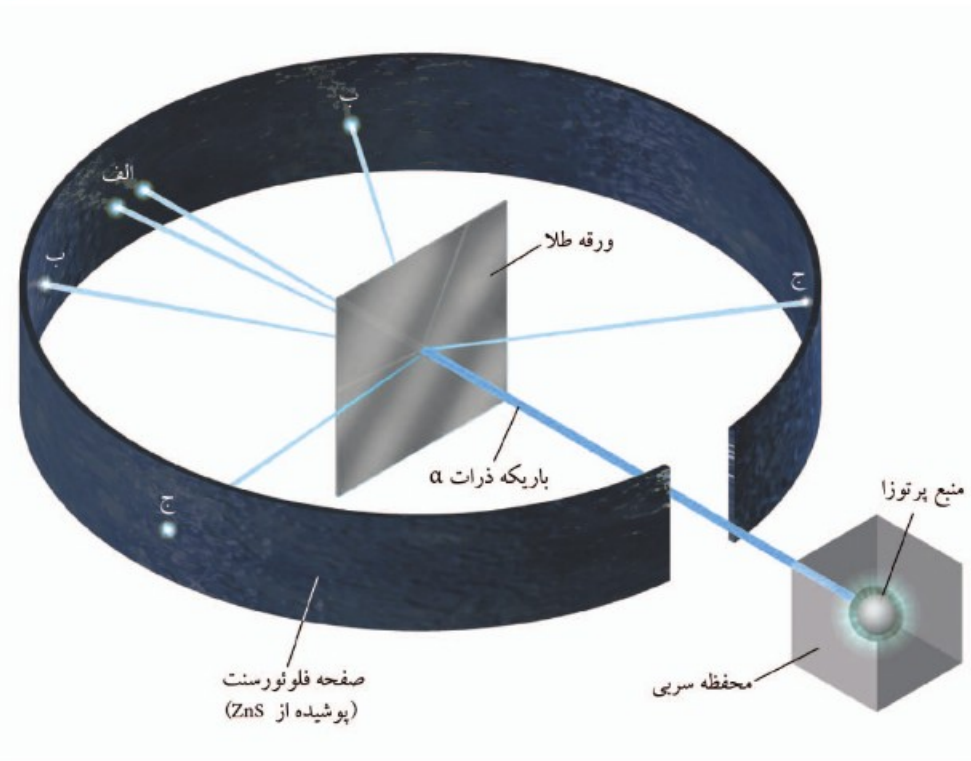


### مدل اتمی هسته‌دار

۷-۱

رادرفورد در آزمایش خود، پرتوهای آلفا را برای مطالعه‌ی ساختار اتم به کار گرفت. آزمایش از این قرار بود که با استفاده از ماده‌ای پرتوزا، باریکه‌ای از ذرات آلفا به ورقه‌های بسیار نازک از طلا با ضخامت تقریبی ۴ میکرون<sup>۶</sup> (حدود ۲۰۰۰ اتم) تابانده شد (شکل ۹-۱).

۶ هر میکرون ( $\mu\text{m}$ ) برابر  $10^{-6}$  است.



شکل ۹-۱ انحراف پروتهای آلفا هنگام عبور از ورقه‌ی طلا

الف) بدون انحراف موثر، ب) انحراف با زاویه‌ی کم‌تر از  $90^\circ$  درجه، ج) بازگشت با زاویه‌ی بیش از  $90^\circ$  درجه

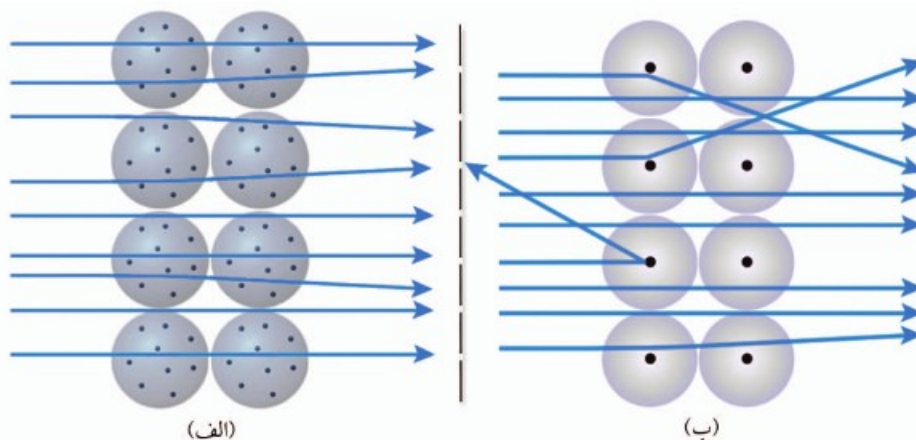
با در نظر گرفتن مدل تامسون انتظار این بود که تمامی ذرات سنگین آلفا بدون انحراف قابل توجهی از ورقه‌ی طلا عبور کنند. (چرا؟) اما برخلاف انتظار نتایجی از این آزمایش به دست آمد که بسیار شگفت‌آور بود. این نتایج به شرح زیر است:

۱. اکثر ذرات آلفا، بدون انحراف موثری نسبت به مسیر اولیه از ورقه‌ی طلا عبور کردند.
  ۲. تعدادی از ذرات آلفا، با زاویه‌ی کم‌تر از  $90^\circ$  درجه نسبت به مسیر اولیه منحرف شدند.
  ۳. تعداد بسیار معدودی از ذرات آلفا، با زاویه انحراف بیش از  $90^\circ$  درجه بازگشتند.
- رادرفورد آزمایش خود را ورقه‌های فلزات دیگری تکرار کرد و نتایج مشابهی به دست آورد. این نتایج باعث شد تا او مدل جدیدی برای اتم پیشنهاد دهد که «مدل اتم هسته‌دار» نامیده می‌شود.
- براساس این مدل، اتم متشکل از یک هسته در مرکز و الکترون‌های اطراف آن است. تمامی بار مثبت اتم که برابر با مجموع بار منفی الکترون‌هاست و همچنین اکثر جرم اتم در هسته متمرکز است. به طوری که جرم الکترون‌ها در برابر جرم هسته قابل چشم‌پوشی است. از طرفی فضای اشغال شده توسط هسته

نسبت به حجم اتم بسیار ناچیز است. بنابراین اکثر حجم اتم فضای خالی است.

### مثال ۴-۱

با توجه به شکل زیر که مقایسه‌ی آزمایش عبور پرتوهای آلفا را برای دو مدل اتمی تامسون و رادرفورد نشان می‌دهد، توضیح دهید؛ الف) با فرض مدل اتمی تامسون چرا ذرات آلفا می‌بایست بدون انحراف قابل توجهی از اتم‌ها عبور کنند؟ ب) هریک از سه بند نتایج آزمایش رادرفورد، با کدام قسمت از مدل اتم هسته‌دار قابل توجیه است؟



شکل ۱-۱۰ مقایسه‌ی عبور پرتوهای آلفا با فرض دو مدل اتمی؛

الف) مدل کیک کشمش (تامسون)، ب) مدل اتم هسته‌دار (رادرفورد)

### پاسخ:

الف) مدل تامسون تنها ذرات درون اتم را الکترون‌ها می‌داند که دارای جرم بسیار کم و همچنین بار منفی می‌باشند. بنابراین توانایی دفع و انحراف آلفا را نخواهند داشت.

ب)

نتیجه آزمایش	تحلیل	توجیه (مدل اتم هسته‌دار)
۱ عبور اکثر پرتوهای آلفا بدون انحراف	نبودن مانعی در راه پرتوها	خالی بودن اکثر فضای اتم
۲ انحراف برخی ذرات آلفا	دفع ذرات آلفا توسط یک میدان الکتریکی قوی	تمرکز بار مثبت اتم در هسته
۳ بازگشت تعداد اندکی از پرتوها	برخورد با یک جرم سنگین	تمرکز جرم اتمی در هسته‌ای بسیار کوچک



## دیگر ذرات زیراتمی (اجزای هسته)

۸-۱

مطالعات و آزمایشات بعدی روی اتم و به خصوص هسته نشان داد که هسته خود از ذراتی تشکیل شده است. هنری موزلی یکی از دانشجوهایی رادرفورد با مطالعه روی فرکانس پرتوهای ایکس تولید شده از



فلزات مختلف به نتایج مهمی دست یافت که منجر به کشف ذره‌ی زیر اتمی دیگر شد.<sup>۷</sup> این ذره که «پروتون» نام دارد دارای بار مثبتی برابر با بار الکترون و جرمی حدود ۱۸۳۶ برابر الکترون است. چون اتم از نظر الکتریکی خنثی است، بنابراین لزوماً تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها در یک اتم برابر است. ولی جرم کل اتم‌ها با مجموع پروتون‌ها و الکترون‌ها تطابق ندارد. به همین دلیل رادرفورد وجود ذراتی بدون بار، علاوه بر پروتون‌ها را در هسته ضروری دانست. اما اثبات وجود این ذره یعنی «نوترون»، ۱۲ سال بعد توسط شاگرد دیگر وی، جیمز چادویک انجام گرفت. او توانست با استفاده از داده‌های به دست آمده از برخی واکنش‌های هسته‌ای مولد نوترون، جرم نوترون را محاسبه کند. نوترون ذره‌ای خنثی و دارای جرم کمی بیش‌تر از پروتون است. جدول زیر ویژگی‌های سه ذره‌ی زیراتمی سازنده‌ی اتم را فهرست کرده است؛

جدول ۱-۱ ذرات سازنده‌ی اتم

ذره‌ی زیراتمی	نماد	مکان حضور	بار الکتریکی		جرم	
			واحد C	واحد e	واحد g	واحد amu <sup>۸</sup>
الکترون	e	فضای اطراف هسته	$-۱٫۶۰ \times ۱۰^{-۱۹}$	-۱	$۹٫۱۱ \times ۱۰^{-۲۸}$	$\approx ۰٫۰۰۰۰۵$
پروتون	p	هسته	$۱٫۶۰ \times ۱۰^{-۱۹}$	+۱	$۱٫۶۷۳ \times ۱۰^{-۲۴}$	$\approx ۱$
نوترون	n	هسته	صفر	صفر	$۱٫۶۷۵ \times ۱۰^{-۲۴}$	$\approx ۱$

**مثال ۵-۱** مشخص شده است که منشأ پرتوهای رادیواکتیو هسته‌ی ناپایدار است. رادرفورد نشان داد که ذره‌ی تابش آلفا متشکل از دو پروتون و دو نوترون است. همچنین تابش بتا از جنس الکترون می‌باشد. محاسبه کنید:

الف) جرم یک ذره‌ی آلفا چند برابر یک ذره بتاست؟

ب) انرژی جنبشی یک ذره‌ی آلفا چند برابر انرژی یک ذره‌ی بتا است؟

$$\left(\frac{1}{4}\right) \times \text{جرم} \times (\text{سرعت})^2 = (K) \text{ انرژی جنبشی}$$

پاسخ:

الف) با استفاده از جدول ۱-۱ داریم:

$$\begin{cases} \alpha \text{ جرم} = (2 \times 1.673 \times 10^{-24}) + (2 \times 1.675 \times 10^{-24}) = 6.696 \times 10^{-24} \text{ g} \\ \beta \text{ جرم} = 9.11 \times 10^{-27} \text{ g} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \alpha \text{ جرم} / \beta \text{ جرم} = 7350$$

(۷) رجوع شود به مبحث «خواص تناوبی عناصر»  
 (۸) واحد بار الکتریکی معادل اندازه‌ی بار تک‌الکترون  
 (۹) واحد جرم اتمی (بخش ۲-۳)



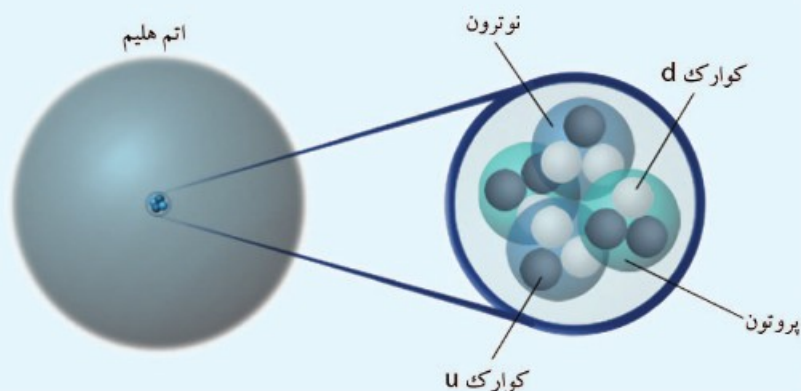
(ب)

$$\begin{cases} K_{\alpha} = \frac{1}{2} \times 6,696 \times 10^{-27} \times (1,6 \times 10^7)^2 = 8,57 \times 10^{-13} \text{ J} \\ K_{\beta} = \frac{1}{2} \times 9,11 \times 10^{-31} \times (1,3 \times 10^8)^2 = 7,70 \times 10^{-15} \text{ J} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{K_{\alpha}}{K_{\beta}} = 111$$

### ذرات بنیادی

امروزه ثابت شده است که پروتون و نوترون خود از ذرات کوچک‌تری به نام «کوارک» تشکیل یافته‌اند. به طوری که هر پروتون یا نوترون از سه کوارک تشکیل شده است. دو نوع کوارک u (بالا) و کوارک d (پایین) سازنده ذرات هسته هستند. دانشمندان کوارک را به همراه الکترون ذرات بنیادی می‌دانند. به این معنا که این ذرات خود از ذره‌ی دیگری تشکیل نشده‌اند. البته هنوز نمی‌توان کاملاً مطمئن بود که کوارک‌ها و الکترون نیز قابل تجزیه هستند یا خیر. برخی دانشمندان به دنبال ذره‌ای هستند که سازنده‌ی همه‌ی ذرات ماده باشد. اما علم نتوانسته است، وجود یا عدم آن را ثابت کند. حال شما فکر می‌کنید در رابطه با تجزیه‌ی ماده، در نهایت نظریه‌ی ارسطو صحیح است یا نظریه‌ی دموکریت؟!



شکل ۱-۱۱ کوارک‌ها، ذرات تشکیل‌دهنده‌ی پروتون و نوترون

## مسائل نمونه

- ۱ کدام بخش از نظریه‌ی اتمی دالتون با دانش امروزی مطابقت کامل ندارد؟  
 (۱) در واکنش‌های شیمیایی اتم‌ها به وجود نمی‌آیند و از بین نمی‌روند.  
 (۲) اتم‌های عنصرهای مختلف به هم متصل می‌شوند و مولکول‌ها را به وجود می‌آورند.  
 (۳) همه‌ی اتم‌های یک عنصر، جرم یکسان و خواص شیمیایی مشابه دارند.  
 (۴) در هر مولکول از یک ترکیب معین، همواره نوع و شمار نسبی اتم‌های سازنده‌ی آن یکسان است.
- ۲ با استفاده از قانون نسبت‌های معین در نظریه‌ی دالتون تعیین کنید؛ اگر ۹۰ گرم شکر حاوی ۳۶ گرم کربن، ۴۸ گرم اکسیژن و مابقی هیدروژن باشد. چند گرم شکر حاوی ۱۰ گرم هیدروژن است؟
- ۳ کدام مورد جزء نتایج به دست آمده از بررسی علمی تامسون نیست؟  
 (۱) همه‌ی مواد دارای الکترون می‌باشند.  
 (۲) پرتوهای کاتدی در مسیر مستقیم حرکت می‌کنند.  
 (۳) پرتوهای کاتدی دارای بار الکتریکی منفی هستند.  
 (۴) پدیده‌ی پرتوزایی، با کاهش جرم ماده‌ی پرتوزا همراه است.
- ۴ هریک از آزمایشات زیر روی لامپ پرتوی کاتدی و مشاهدات مربوط، چه نتیجه‌ای در مورد ویژگی این پرتو نشان می‌دهد؟

## آزمایش

## مشاهده

- |   |  |
|---|--|
| الف) ایجاد سوراخ در آند و پوشش انتهای لوله با مواد فلزورنست | تشکیل نقطه‌ای نورانی روی صفحه‌ی فلزورنست |
| ب) برقراری میدان مغناطیسی در مسیر پرتوها                    | جابجایی محل انتشار نور در انتهای لوله    |
| ج) تعویض کاتد آهنی با کاتد مسی                              | تغییری رخ نمی‌دهد                        |
| د) قرار دادن پرده‌ی بسیار سبک در مسیر پرتوها                | حرکت پرده                                |
| ه) باقی گذاشتن مقدار بسیار اندکی گاز هیدروژن درون لوله      | انتشار نوری صورتی رنگ هنگام عبور پرتوها  |

- ۵ چرا تامسون در مدل خود، اتم را شامل تعداد بسیار زیادی الکترون می‌دانست؟
- ۶ کدام دو نوع از پرتوهای منتشر شده از مواد پرتوزا به ترتیب، به وسیله‌ی یک ورق کاغذ و یک ورق آلومینیومی جذب می‌شوند و از آن نمی‌گذرند؟

(۱) آلفا - بتا (۲) آلفا - گاما (۳) بتا - گاما (۴) بتا - آلفا

۷ فرآیند پرتوزایی کدامیک از اصول نظریه‌ی دالتون را نقض می‌کند؟

۸ آزمایش انحراف ارنست رادرفورد، وجود چه چیزی را ثابت کرد؟

۱ ذره‌ی الفا      ۲ الکترون      ۳ نوترون      ۴ هسته

۹ رادرفورد طی آزمایش خود توانست قطر هسته و قطر اتم طلا را به ترتیب حدود در  $1.5 \times 10^{-13}$  cm و  $3 \times 10^{-8}$  cm محاسبه نماید. با فرض کروی بودن اتم و هسته محاسبه کنید.

الف) اگر قطر هسته را ۱ cm می‌بود به همان نسبت قطر اتم چند Km خواهد بود؟

ب) چند درصد از حجم اتم توسط هسته اشغال شده است؟ (حجم کره برابر است با:  $\frac{4}{3} \times 3.14 \times r^3$  شعاع)

۱۰ آزمایش رادرفورد روی ورقه‌های مختلفی علاوه بر طلا تکرار شد. میزان انحراف پرتوهای آلفا برای هر عنصر به اندازه‌ی اتم و اندازه‌ی هسته‌ی آن بستگی دارد. اگر قطر اتم کربن را  $1.5 \times 10^{-8}$  cm و قطر هسته‌ی آن  $6 \times 10^{-14}$  cm باشد. با استفاده از داده‌های مساله‌ی قبل به سؤالات زیر در مقایسه‌ی آزمایش رادرفورد روی دو ورقه‌ی طلا و کربن (گرافیت) پاسخ دهید:

الف) اگر باریکه‌ی پرتوهای آلفا از  $1 \text{ mm}^2$  مساحت ورقه عبور کند و ضخامت ورقه  $0.004 \text{ mm}$  باشد. با صرف نظر از فضای خالی میان اتم‌ها، در هریک از ورقه‌ها چند اتم در معرض عبور

پرتوهای آلفا قرار می‌گیرند؟ (حجم یک اتم با فرض کروی بودن برابر است با:  $\frac{4}{3} \times 3.14 \times r^3$  شعاع)

ب) میزان پرتوهای آلفای منحرف شده با زاویه‌ی باز، متناسب با مجموع مساحت هسته‌ی اتم‌های در معرض پرتوها می‌باشد. در کدام ورقه انحراف پرتوهای آلفا بیش‌تر خواهد بود، (مساحت یک هسته با فرض کروی

بودن برابر است با:  $\frac{4}{3} \times 3.14 \times r^3$  شعاع)



گزینه‌ی «۳» پاسخ صحیح است.

کشف ایزوتوپ‌ها نشان داد که اتم‌های یک عنصر لزوماً یکسان نیستند و می‌توانند دارای جرم‌های متفاوتی باشند.

ابتدا جرم هیدروژن را در ۹۰ گرم شکر محاسبه می‌کنیم؛

$$\text{جرم شکر} = \text{جرم کربن} + \text{جرم اکسیژن} + \text{جرم هیدروژن}$$

$$X + 48 \text{ g} + 36 \text{ g} = 90 \text{ g} \Rightarrow X = 6 \text{ g}$$

با توجه به قانون نسبت‌های معین، همواره نسبت جرمی عناصر در یک ترکیب ثابت است. پس؛

$$\frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم شکر}} = \frac{6 \text{ g}}{90 \text{ g}} = \frac{10 \text{ g}}{y} \Rightarrow y = 150 \text{ g}$$

گزینه‌ی «۴» پاسخ صحیح است.

مطالعات تامسون روی پرتوهای کاتدی و خواص آن بوده است.

الف) پرتوی کاتدی در خط راست جریان می‌یابد.

ب) ذرات پرتوی کاتدی دارای بار الکتریکی هستند.

ج) پرتوی کاتدی به جنس کاتدی بستگی ندارد.

د) ذرات پرتوی کاتدی دارای جرم می‌باشند.

ه) پرتوی کاتدی بسیار پراثری است.

فرض مدل تامسون این بود که تمامی جرم اتم تنها ناشی از جرم الکترون‌ها است و چون جرم

الکترون بسیار کوچک است (حدود  $\frac{1}{1836}$  جرم سبک‌ترین اتم). بنابراین می‌بایست هر اتم حاوی تعداد بی‌شماری الکترون باشد تا جرم اتمی را تامین کند.

گزینه‌ی «۱» پاسخ صحیح است.

با مراجعه به مثال ۱-۳ و شکل ۱-۷، پرتوهای آلفا و بتا به ترتیب به وسیله‌ی برگه‌ی کاغذی و

صفحه‌ی آلومینیومی قابل جذب هستند.

در واکنش پرتوزایی، قسمتی از اتم به صورت پرتویی تجزیه و منتشر می‌شود و همچنین اتم

عنصری به اتم عنصر دیگر تبدیل می‌شود. بنابراین پرتوزایی با اصل ۱ و ۳ نظریه‌ی دالتون در تناقض است.

گزینه‌ی «۴» پاسخ صحیح است.

آزمایش انحراف پرتوهای آلفای رادرفورد وجود هسته‌ی اتم را نشان می‌داد.



$$\frac{\text{قطر هسته}}{\text{قطر اتم}} = \frac{1,5 \times 10^{-13} \text{ cm}}{3 \times 10^{-8} \text{ cm}} = \frac{1 \text{ cm}}{x} \Rightarrow x = 2 \times 10^5 \text{ cm} = 2 \text{ Km} \quad \text{الف)}$$

ب)

$$\frac{\text{حجم هسته}}{\text{حجم اتم}} \times 100 = \text{درصد فضای اشغالی}$$

$$\text{حجم اتم طلا} = \frac{4}{3} \times 3,14 \times \left(\frac{3 \times 10^{-8}}{2}\right)^3 = 1,413 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

$$\text{حجم هسته‌ی طلا} = \frac{4}{3} \times 3,14 \times \left(\frac{1,5 \times 10^{-13}}{2}\right)^3 = 1,766 \times 10^{-39} \text{ cm}^3$$

$$\Rightarrow \text{درصد فضای اشغالی} = \frac{1,766 \times 10^{-39}}{1,413 \times 10^{-23}} \times 100 = 1,25 \times 10^{-14} \%$$

$$= 0,00000000000000125 \%$$



الف)

$$\text{حجم ورقه} = 1 \text{ mm}^2 \times 0,004 \text{ mm} = 0,004 \text{ mm}^3 = 4 \times 10^{-6} \text{ cm}^3$$

$$\text{حجم اتم طلا} = \frac{4}{3} \times 3,14 \times \left(\frac{3 \times 10^{-8}}{2}\right)^3 = 1,413 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

$$\text{حجم اتم طلا} \div \text{تعداد اتم‌های ورقه} = \text{حجم ورقه}$$

$$= 4 \times 10^{-6} \div 1,413 \times 10^{-23} = 2,831 \times 10^{17}$$

$$\text{حجم اتم کربن} = \frac{4}{3} \times 3,14 \times \left(\frac{1,5 \times 10^{-8}}{2}\right)^3 = 1,766 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$$

$$\text{حجم اتم کربن} \div \text{تعداد اتم‌های ورقه} = \text{حجم ورقه}$$

$$= 4 \times 10^{-6} \div 1,766 \times 10^{-24} = 2,265 \times 10^{18}$$

ب)

$$\text{مساحت هسته‌ی طلا} = 4 \times 3,14 \times \left(\frac{1,5 \times 10^{-13}}{2}\right)^2 = 7,064 \times 10^{-26} \text{ cm}^2$$

$$\text{مساحت مجموع هسته‌های طلا} = (2,831 \times 10^{17}) \times (7,064 \times 10^{-26}) = 2 \times 10^{-8}$$

$$\text{مساحت هسته‌ی کربن} = 4 \times 3,14 \times \left(\frac{6 \times 10^{-14}}{2}\right)^2 = 11,304 \times 10^{-27} \text{ cm}^2$$

$$\text{مساحت مجموع هسته‌های کربن} = (2,265 \times 10^{18}) \times (11,304 \times 10^{-27}) = 2,56 \times 10^{-8}$$

بنابراین چون مساحت هسته‌های کربن بیش‌تر است میزان انحراف پرتوهای آلفا برای ورقه‌ی

گرافیت بیش‌تر از ورقه‌ی طلا است.

## سؤالات المپیادهای ایران

## سؤالات مرحله اول



نفوذپذیری کدام یک از پرتوهای زیر بیشتر است؟

- ۱) آلفا      ۲) بتا      ۳) گاما      ۴) پرتوی کاتدی

## «مرحله‌ی اول هجدهمین دوره و مرحله دوم هفدهمین دوره»



وجود هسته اتم با کدام آزمایش به اثبات رسید؟

- ۱) آزمایش صفحه طلا (رادرفورد)      ۲) آزمایش تامسون  
۳) آزمایش میلیکان      ۴) آزمایش اشعه‌ی کاتدی

## «مرحله‌ی اول شانزدهمین دوره»



کدام یک از نتایج زیر مربوط به آزمایش رادرفورد است؟

- ۱) جرم زیاد اتم از وجود تعداد بسیار زیادی الکترون در آن ناشی می‌شود.  
۲) بیشتر جرم اتم در هسته بسیار کوچکی متمرکز است.  
۳) اتم فضای خالی ندارد.  
۴) قطر اتم حدود  $10^{-13}$  cm است.

## «مرحله‌ی اول پانزدهمین دوره»



نوترون توسط کدام دانشمند کشف شد؟

- ۱) رادرفورد      ۲) بوهر      ۳) هانری بکرل      ۴) چادویک

## «مرحله‌ی اول هشتمین دوره»




در یک اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها با تعداد ..... برابر است.

- ۱) لایه‌های الکترونی اتم      ۲) پروتون‌ها  
۳) اوربیتال‌های اتم      ۴) نوترون‌ها

## «مرحله‌ی اول هشتمین دوره»




### سؤالات مرحله دوم

مقدار بار الکتریکی الکترون توسط کدام دانشمند اندازه‌گیری شد؟ 

۱) رابرت میلیکان    ۲) جوزف تامسون    ۳) ویلیام رونگتن    ۴) ارنست رادرفورد

#### «مرحله‌ی دوم پانزدهمین دوره»

رادرفورد به کمک کدام یک از مشاهدات خود توانست قطر اتم و قطر هسته‌ی اتم طلا را به طور تقریبی محاسبه کند؟ 

۱) عبور و انحراف ذره‌های آلفا ( $\alpha$ ) از ورق نازک طلا

۲) انحراف پرتو کاتدی در میدان مغناطیسی

۳) انحراف پرتو کاتدی در میدان الکتریکی

۴) التهاب گاز درون لوله پرتو کاتدی

#### «مرحله‌ی اول نوزدهمین دوره»

## پاسخ سؤالات المپیادهای ایران

- گزینه‌ی «۳» پاسخ صحیح است. 
- در بین تابش‌های فرآیند پرتوزایی،  $\gamma$  نفوذپذیرترین تابش است. نفوذپذیری پرتوی کاتدی در حد تابش  $\beta$  است.
- گزینه‌ی «۱» پاسخ صحیح است. 
- رادرفورد با انجام آزمایش انحراف پرتوهای آلفا توانست وجود هسته‌ی اتم را اثبات کند.
- گزینه‌ی «۲» پاسخ صحیح است. 
- از نتایج آزمایش رادرفورد تمرکز جرم اتم در هسته بود. (بخش ۱-۷)
- گزینه‌ی «۴» پاسخ صحیح است. 
- وجود نوترون توسط چادویک به اثبات رسید. (بخش ۱-۸)
- گزینه‌ی «۲» پاسخ صحیح است. 
- برای خنثی بودن اتم می‌بایست تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر باشد.
- گزینه‌ی «۱» پاسخ صحیح است. 
- آزمایش میلیکان با انجام آزمایش قطرات روغن بار الکترون را محاسبه نمود.
- گزینه‌ی «۱» پاسخ صحیح است. 
- رادرفورد با انجام آزمایش انحراف پرتوهای آلفا توانست قطر اتم و هسته‌ی طلا را محاسبه نماید.



تمارین

سوالات تستی

- ۱ تئوری اتمی دالتون شامل کدام یک از موارد زیر نیست؟
- ۱) عناصر تشکیل شده از ذرات نامرئی به نام اتم می‌باشند.
  - ۲) اتم‌های عنصرهای مختلف خواص متفاوتی دارند.
  - ۳) اتم‌ها با نسبت ثابتی با یک‌دیگر ترکیب می‌شوند.
  - ۴) اتم‌ها با جاذبه‌ی الکتریکی با هم پیوند دارند.

«آمریکا ۱۹۸۸ با تغییر»

- ۲ پرتوهای کاتی عبارتند از:
- ۱) دسته‌ای از ذرات با بار مثبت
  - ۲) هسته‌ی اتم هلیم
  - ۳) نوترون‌های سریع
  - ۴) جریانی از الکترون‌ها

«آمریکا ۱۹۸۸»

- ۳ کشف هسته‌ی اتم به چه کسی نسبت داده می‌شود؟
- ۱) نیلز بوهر
  - ۲) لویی دوبروی
  - ۳) رابرت میلیکان
  - ۴) ارنست رادرفورد

«آمریکا ۲۰۱۳»

- ۴ کدام عبارت نادرست است؟
- ۱) بار الکتریکی، توسط رابرت میلیکان محاسبه شد.
  - ۲) نسبت بار الکترون به جرم آن، توسط تامسون اندازه‌گیری شد.
  - ۳) جیمز چادویک توانست مقدار بار هسته و عدد اتمی عنصرها را تعیین کند.
  - ۴) ارنست رادرفورد، نشان داد که تابش‌های پرتوزا، خود شامل سه نوع تابش متمایزند.

- ۵ کدام مطلب درست است؟
- ۱) قطر اتم طلا حدود  $۱۰^۵$  برابر قطر هسته‌ی آن است.
  - ۲) قدرت نفوذ سه جزء تشکیل دهنده‌ی تابش‌های پرتوزا، به ترتیب  $\beta > \alpha > \gamma$  است.
  - ۳) پرتوهای گاما، جریانی از الکترون‌های پر انرژی با قدرت نفوذ بسیار زیادند.
  - ۴) ذره‌های آلفا و بتا در میدان الکتریکی، در یک جهت اما با زوایای متفاوت منحرف می‌شوند.



در نشر خودبه‌خودی ذره‌ی بتا، عامل تولید الکترون‌های منتشر شده کدام است؟

۱) هسته

۲) لایه‌ی اول الکترونی

۳) بیرونی‌ترین لایه‌ی اشغال شده توسط الکترون

۴) هر لایه‌ی اتفاقی در اتم

«آمریکا ۱۹۸۹ با تغییر»