علم در قرن بیستم

هندرسون، هری، ۱۹۵۱ ـ م. Henderson, Harry
علم در قرن بیستم / هری هندرسون و لیزا یونت؛ ترجمهٔ رضا یاسائی. تهران: ققنوس، ۱۳۸۱.
۱۵۹ ص.: مصور، عکس. ـ (مجموعه تاریخ جهان) ISBN 964-311-364-7
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
عنوان اصلی: *Twentieth Century Science*
واژه‌نامه.
کتابنامه: ص. ۱۴۹ـ۱۵۲.
نمایه.
۱. علوم ـ تاریخ ـ ادبیات نوجوانان. ۲. علوم ـ تاریخ. الف. یونت، لیزا، ۱۹۴۴ـ م. Yount, Lisa ب. یاسائی، رضا، ۱۳۴۴ ـ ، مترجم. ج. عنوان.
۸ع۹هـ/۴/Q۱۲۶ ۵۰۹/۰۴ [ج]
۱۳۸۱
کتابخانه ملی ایران ۸۱-۱۵۵۷۳م

علم در قرن بیستم

هری هندرسون و لیزا یونت

ترجمهٔ رضا یاسائی

این کتاب ترجمه‌ای است از:

Twentieth Century Science

Harry Henderson and Lisa Yount

Lucent Books, 1997

انتشارات ققنوس

تهران، خیابان انقلاب، خیابان شهدای ژاندارمری

شمارهٔ ۲۱۵، تلفن ۴۰ ۸۶ ۴۰ ۶۶

* * *

هری هندرسون و لیزا یونت

علم در قرن بیستم

ترجمهٔ رضا یاسائی

چاپ‌پنجم

۳۰۰۰ نسخه

اسفند ماه ۱۳۸۶

چاپ شمشاد

حق چاپ محفوظ است

شابک: ۳ ـ ۳۶۴ ـ ۳۱۱ ـ ۹۶۴ ـ ۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 311 - 364 - 3

info@qoqnoos.ir

www.qoqnoos.ir

Printed in Iran

فهرست

مقدمه : علم قرن را شکل می‌دهد ۷

۱. در درون اتم ۱۳
۲. عالم در حال انبساط ۳۱
۳. رمز حیات ۵۱
۴. گلوله‌های جادویی ۷۱
۵. بازسازی بدن ۸۹
۶. انقلاب اطلاعات ۱۰۷
۷. آینده‌ای پیش‌بینی‌ناپذیر ۱۲۵

یادداشت‌ها ۱۳۵
اصطلاح‌نامه ۱۳۹
برای مطالعهٔ بیش‌تر ۱۴۷
منابع ۱۴۹
نمایه ۱۵۳

تاریخ‌های مهم در تحولات تاریخی علم در قرن بیستم

۱۹۰۰
بار دیگر به نتایج آزمایش‌های مِندِل در خصوص اثبات قوانین وراثت بیولوژیکی، پی برده می‌شود.

۱۹۰۵
اینشتین نظریهٔ خود را در خصوص امکان تبدیل جرم به انرژی منتشر می‌کند.

۱۹۰۷
ارلیش فرمول نخستین داروی کشندهٔ میکروب‌های درون بدن انسان را تدوین می‌کند.

۱۹۱۳
بور آرایش الکترون‌ها در درون اتم را توضیح می‌دهد.

۱۹۱۴
آغاز جنگ جهانی اوّل؛ تولید انبوه جنگ‌افزارها برای نخستین بار در تاریخ.

۱۹۲۸
فلمینگ پنی‌سیلین را کشف می‌کند.

۱۹۲۹
هابل پی می‌برد که عالم در حال انبساط است.

۱۹۳۸
اتو هان، مایتنر، فریش و اشتراسمان، شکافت هسته‌ای را کشف می‌کنند.

۱۹۴۳
کولف در درمان آدمی، برای نخستین بار از کلیهٔ مصنوعی بهره می‌گیرد.

۱۹۴۵
با پرتاب کردن بمب‌های اتمی بر روی شهرهای هیروشیما و ناکازاکی در ژاپن، جنگ جهانی دوم به پایان می‌رسد.

۱۹۴۶
اولین کامپیوتر الکترونیکی (ENIAC) ساخته می‌شود.

۱۹۵۱
هاپر اولین کامپایلر (مترجم) برنامه‌های کامپیوتری را می‌نویسد.

۱۹۵۳
واتسون و کریک ساختمان DNA را کشف می‌کنند؛ رزرپین و کلرپرومازین برای اولین‌بار در درمان بیماری‌های روانی به‌کار برده می‌شوند.

۱۹۵۵
واکسیناسیون (مایه‌کوبی) فراگیر علیه بیماری فلج اطفال آغاز می‌شود.

۱۹۵۷
اسپوتنیک ۱، نخستین ماهواره در مداری به دور زمین به حرکت درمی‌آید؛ کریک ماهیت رمز DNA را تشریح می‌کند.

۱۹۶۴
کشف تابش زمینه، نظریهٔ مهبانگ (انفجار بزرگ) عالم را تأیید می‌کند.

۱۹۶۷
نخستین پیوند قلب موفقیت‌آمیز در انسان انجام می‌شود.

۱۹۶۹
موشک‌ها آدمی را به کرهٔ ماه می‌برند.

۱۹۷۳
دانشمندان ژن‌های گونه‌های مختلف موجودات زنده را ترکیب می‌کنند.

۱۹۷۷
آپل II، یک ریزکامپیوتر با کاربری آسان، به مشتریان عرضه می‌شود.

۱۹۸۲
قلب مصنوعی به انسان پیوند زده می‌شود.

۱۹۸۳
HIV، به عنوان عامل بیماری ایدز، شناسایی می‌شود.

۱۹۸۹
پروژه ژنوم (مجموعهٔ ژن‌ها روی کروموزوم) انسانی آغاز می‌شود.

۱۹۹۰
تلسکوپ فضایی هابل به فضا پرتاب می‌شود؛ اولین ژن‌درمانی موفق در مورد انسان آغاز می‌شود؛ برای نخستین‌بار شبکهٔ جهانی (وب) به‌کار گرفته می‌شود.

مقدمه

علم قرن را شکل می‌دهد

تقریباً در سپیده‌دم قرن بیستم، لُرد آرتور بالفور، سیاست‌پیشهٔ انگلیسی، در مورد دانشمندان گفت: «آنان کسانی‌اند که دارند جهان را تغییر می‌دهند... و امّا سیاستمداران لنگر (وسیله‌ای برای کنترل سرعت) بر روی چرخ‌هایند ــ مردان دانش، نیروی محرکه‌اند.»[۱]

گفته‌های بالفور حتی بیش از آنچه خودش فکر می‌کرد به حقیقت نزدیک بود. انسانی که از نیمهٔ قرن نوزدهم به بعد تولّد یافته، به یاری علم و تکنولوژی (یعنی، بهره‌برداری از علم به نفع آدمی)، عامل بیماری‌های کشنده را شناخته است، نیروی برق را مهار کرده و نخستین آرایهٔ خیره کنندهٔ ترکیبات شیمیایی مصنوعی (انسان ساخت) را به وجود آورده است، با همهٔ این‌ها، این کامکاری‌ها در برابر آنچه بعداً روی داد بسی رنگ باختند. در طی صدسال بعدی، دانشمندان دل آتشین اتم‌ها را شکافته، ریسمان‌های شیمیایی را که بافتهٔ حیات از آن‌ها تنیده شده است، شناخته‌اند و انسان‌ها را به فضا پرتاب می‌کنند. به قول تِروور ویلیامز، تاریخ‌نگار انگلیسی علم، «در این قرن بیش از کل تاریخ گذشته، تحولات علمی رخ داده است.»[۲]

دوران بیم و امید

در آغاز قرن بیستم، بسیاری از مردم، به‌خصوص افراد متعلق به طبقات متوسط و بالا، بر این باور بودند که علم و فنّاوری جامعه را بی‌وقفه به سوی زندگی بهتر هدایت می‌کنند. در شماره اول ژانویهٔ ۱۹۰۰ روزنامهٔ نیویورک تایمز به قلم سردبیر آن چنین آمده است:

> سال ۱۸۹۹ سالی سرشار از شگفتی‌ها... درکسب و کار و تولید بود... می توانیم در خصوص دوازده ماه گذشته به آسانی به عنوان بهترین سال صحبت کنیم، هرچند که هم‌اکنون اطمینان نداریم که حدّ نصاب‌های کنونی به سال ۱۹۰۰ هم خواهد رسید... افق در آستانهٔ سال آتی بسیار روشن است.[۳]

عظمت سرنوشت انسان

اچ. جی. ولز نویسنده، در آغاز قرن بیستم آینده را با بیم و امید می‌نگریست. در این نقل قول از وی که پیتر ونسیتارت ویراستار کتاب صداها ۱۸۷۰-۱۹۱۴[1] آن را آورده، امید پیروز شده است.

اچ. جی. ولز بسیاری از پیشرفت‌های علمی از جمله انرژی اتمی، ظهور کامپیوتر و مسافرت به فضا را پیشگویی کرد.

«باید پذیرفت که نشان دادن این‌که چرا بعضی چیزها، بنی‌آدم را به تمامی نابود نمی‌کند و به داستان بشر خاتمه نمی‌دهد نامیسر است؛... مثلاً مصیبتی که از فضا نازل شود، یا همه‌گیری طاعون، یا فروافتادن بیماری سختی از جوّ... یا نوعی دارو یا افتادن دیوانگی ویرانگری در دِماغ آدم‌ها... من به چیزهای دیگری اعتقاد پیدا کرده‌ام: به هماهنگی (نظم) و هدف در جهان و به عظمت سرنوشت آدمی... من ایمان آورده‌ام که در حال حاضر، چیزی درون ما در حال جنبیدن است که هیچ‌گاه نابود نمی‌شود.

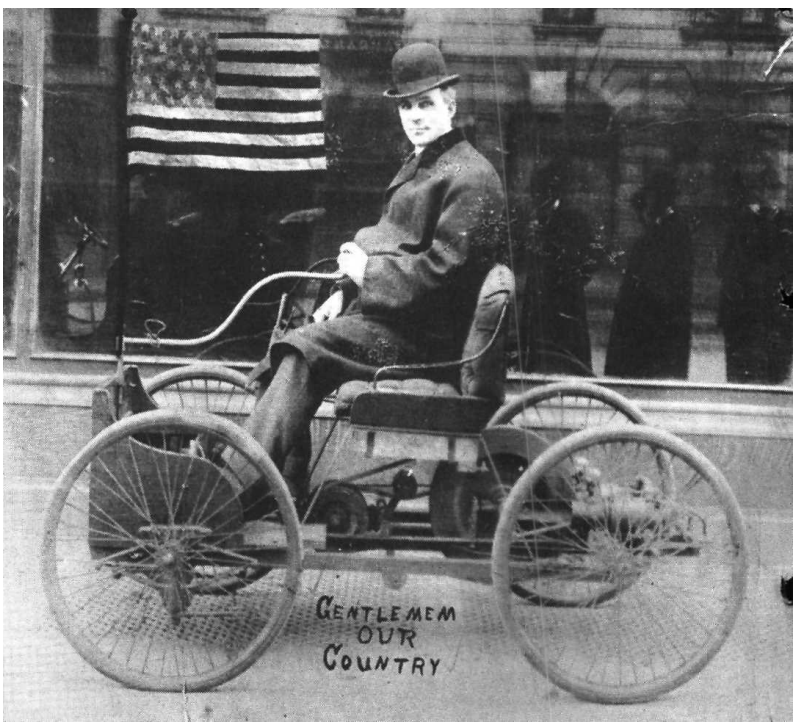
... روزی فرا خواهد رسید که موجوداتی که اکنون در ژرفای اندیشهٔ ما نهانند و درکمرگاه ما پنهان شده‌اند (هنوز به دنیا نیامده‌اند) پای بر این زمین خواهند نهاد، همان‌گونه که شخصی پای بر چارپایه می‌گذارد، و لبخند می‌زند و دستانش را به میانهٔ ستارگان دراز می‌کند.»

البته، همگان تا این حد خوش‌بین نبودند. صنایع پررونق برای افرادی که روزانه ده تا دوازده ساعت در کارخانه‌ها کار می‌کردند یا آن‌ها که با راه افتادن کارخانه‌ها شغل و کاشانهٔ خود را از کف دادند، تنها نکبت و افلاس به بار آورد. برخی هنرمندان و نویسندگان نیز پیش از آن‌که قرن آینده را با امید بنگرند، با بیم و نگرانی به آن چشم دوخته بودند. نقاشان ناظر بر آغاز قرن جدید، چون جیمز اِنسور و ادوارد مونش، بوم‌های خود را با اشکال متزلزل و سست و چهره‌های واپیچیدهٔ کابوس انباشته بودند. ماکس نوردا نویسندهٔ آن روزگار اهل مجارستان نوشت: «احساس چیره، زوال قریب‌الوقوع (لعنت الهی) و انقراض است.»(۴)

کسانی که در پی دلیلی برای احساسشان مبنی بر نابودی قریب‌الوقوع بودند، به تنش‌های سیاسی رو به فزونی در اروپا اشاره می‌کردند. احساسات ملی‌گرایی ــ اعتقاد بر این‌که

1. *Voices 1870-1914*

تکنولوژی با آغاز جنگ جهانی اول، زمانی که هواپیماها (بالا) برای جنگ تولید شدند تکوین یافت. پس از جنگ، اتومبیل‌های ارزان‌قیمت که توسط هنری‌فورد (پایین) ساخته شده بود، به تولید انبوه رسید.



سرزمین، مردم و فرهنگ من بر دیگران برتری دارد ــ و رقابت بر سر مستعمرات ارزشمند در سرزمین‌های دوردست و آن سوی دریاها به پیدایش فضای بی‌اعتمادی در بین ملل جهان انجامید، که آن‌ها را به تشکیل اتحادهای پیچیده و گردآوری تسلیحات فراوان ترغیب و هدایت کرد.

به نظر می‌رسد پیش‌بینی‌های بدبینانهٔ آغاز قرن، زمانی مُهر تأیید خوردند که تنش‌های ملی‌گرایانه در سطح اروپا در سال ۱۹۱۴ به جنگ منجر شد. بسیاری از تاریخ‌نگاران بر این باورند که این جنگ، که بعدها آن را جنگ جهانی اول نامیدند، آغاز حقیقی قرن بیستم را نشانه گذاشت. مانند بقیهٔ چیزهای قرن نو، شکل و شمایل جنگ هم از دستاوردهای علم و تکنولوژی متأثر شد. مثلاً، جنگ‌افزار برای اولین بار به تولید انبوه رسید، و جنگ‌افزارهای جدیدی از جمله گاز سمی، تانک و هواپیما، از دل تکنولوژی بیرون آمد.

در سال ۱۹۱۸ که جنگ خاتمه یافت، کارخانه‌های تولیدکنندهٔ ماشین‌آلات جنگی، به تولید کالاهای مصرفی روی آوردند. اتومبیل‌های ارزان‌قیمت در تولید انبوه، که در سال ۱۹۰۸ توسط هنری فورد به بازار عرضه شدند، خطوط مونتاژ باز پیکربندی شده را راه‌اندازی کردند و در تعداد چشمگیری به زندگی خانواده‌های آمریکایی راه یافتند. یخچال، جاروبرقی و سایر لوازم خانگی، روش کار زنان در ادارهٔ خانه‌هایشان را به کلی متحول کرد.

در این میان، دانشمندان در دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰، فهم آدمی را از عالم تغییر دادند و ــ اغلب ناآگاهانه ــ اساس تکنولوژی آتی را بنیاد نهادند. اخترشناسان نشان دادند که منظومهٔ شمسی، در پهنهٔ نظام ستارگان، یا کهکشان، صرفاً یک نقطه است و این کهکشان نیز صرفاً یکی از هزاران کهکشان در جهان هستی یا عالم است. پژوهشگران موادی را کشف کردند که می‌توانستند موجودات ذرّه‌بینی عامل بیماری‌های مهلک را از میان بردارند. در آلمان، در زمانی که آدولف هیتلر و ناسیونال سوسیالیست‌ها (نازی‌ها) اریکهٔ قدرت را به چنگ خود گرفتند، دانشمندان دیگری بودند که داشتند شکافتن اتم‌ها را فرا می‌گرفتند.

در خلال جنگ جهانی دوم، تمامی اکتشاف‌های علمی پیشین، برای ساختن ابزاری تکنولوژیکی دارای قدرتی حیرت‌آور، از همه طرف به‌کار گرفته شد. داروهای میکروب‌کش به تولید انبوه رسید. موشک‌ها، طلایه‌داران همان پرتاب‌هایی که بعدها آدمی را به فضا بردند، بمب‌ها را از یک سوی اروپا به سوی دیگر پرتاب کردند. کشف روشی برای شکافتن اتم، به منظور ساختن عظیم‌ترین بمب مورد استفاده قرار گرفت ــ بمب اتمی که خط خاتمه جنگ را ترسیم و شکل نوین موازنهٔ وحشت را در جهان برقرار کرد.

دستاوردهایی که جهان را متحول کردند

به نظر می‌رسید، سرعت دستاوردهای علمی و تکنولوژیکی در طول پانزده سال پس از پایان جنگ جهانی دوم اوج گرفتند و شکوفا شدند. اقبال همگان به علم، به خصوص در ایالات متحده، هم در این دوران به حد اعلا رسید.

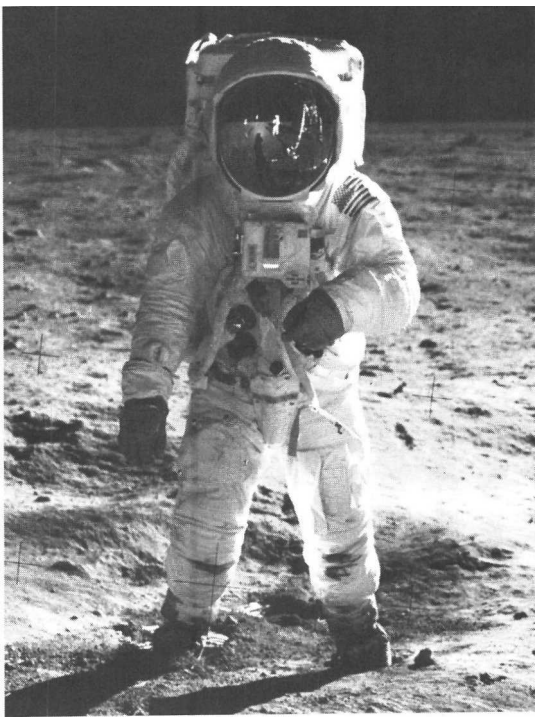
به نوشتهٔ تروور ویلیامز، در این دوران در ایالات متحده:

> به نظر می‌رسید که علم، نویدبخش دارویی برای همهٔ دردها (راه‌حلّی برای همهٔ مشکلات) بود؛ قافلهٔ علم آغاز به حرکت کرده بود و همه برای سوار شدن به آن در تقلاً بودند... سیاستمداران از تمام احزاب در وعده‌های خود برای حمایت از تحقیقات و آموزش با یکدیگر به رقابت برخاسته بودند. (۵)

انسانِ دههٔ ۱۹۵۰ دلیل خوبی برای تقدیر از علم و تکنولوژی در اختیار داشت. آنتی‌بیوتیک‌ها و واکسن‌هایی که به تازگی ساخته شده بودند، نویدبخش نابودی موجودات ذره‌بینی بیماریزا بودند. برای اولین بار داروها، بر بیماری‌های روانی عمده، تأثیرهای درمانی گذاشتند. قدرت هولناک اتم برای این‌که به منبع انرژی ارزان تبدیل شود، مهار شده بود. دانشمندان، با کشف «رمز» ژنتیکی که عامل انتقال خصوصیات موجودات زنده از نسلی به نسل دیگر است، گام اول را به سوی تغییر آن «رمز» به دلخواه خود، برداشتند. در دههٔ ۱۹۶۰ با انتقال انسان توسط موشک به فضا، و سرانجام به کرهٔ ماه در سال ۱۹۶۹، آدمی کماکان به ستایش از علم ادامه داد.

شکل‌گیری یک قرن

پیشرفت‌هایی که در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ دست داد، جامعه را حتی بیش از پیش دگرگون کرد. مهندسان ژنتیک، اطلاعات وراثتی را از یک موجود زنده یا حتی یک گونه، به موجود دیگری انتقال دادند و منابع جدیدی از داروهای حیاتی به وجود آوردند و راه را برای تولید محصولات غذایی فراوان و دام‌های اصلاح‌شده هموار کردند و حتی به درمان قطعی برخی بیماری‌های انسانی نائل آمدند. کامپیوتر کوچک شد ــ در ابتدا تا ابعاد یک میز و بعد یک کتاب بزرگ ــ و چندان ارزان و استفاده از آن آسان شد که اکثر مردم می‌توانستند از آن استفاده کنند. پزشکان از تکنیک‌های جدیدی برای تشخیص انواع سرطان در اعماق بدن یا هدایت دستانشان در حین اعمال جراحی بهره جستند.



علم با پشتیبانی سیاسی و همگانی بعد از جنگ جهانی دوم شکوفا شد، و تکنولوژی جدید امکان مسافرت به کرهٔ ماه را در سال ۱۹۶۹ به انسان ارزانی داشت.

انسان امروزی در دنیایی زندگی می‌کند که به کمک دانش و تکنولوژی مدرن شکل گرفته است. وی، گزارش‌های خبری پیشرفت در حوزه‌های علم، مانند مکانیک کوانتومی و زیست‌شناسی مولکولی را، که صدسال پیش حتی وجود هم نداشتند، می‌خواند یا می‌شنود. وی دارو مصرف می‌کند یا از ابداعاتی فنی چون لیزر و رایانه بهره می‌گیرد که در دوران پدرانشان کسی چیزی از آن‌ها نمی‌دانست. بسیاری از پیشه‌ها، چون طراحی نرم‌افزار یا بیوتکنولوژی، در بستر پیشرفت‌های علمی به وجود آمدند. جوانان در جریان آموزش علم در قرن بیستم، در بارهٔ یکی از نیروهای عظیمی که این قرن را شکل داد، بسیار چیزها فرا می‌گیرند.

۱

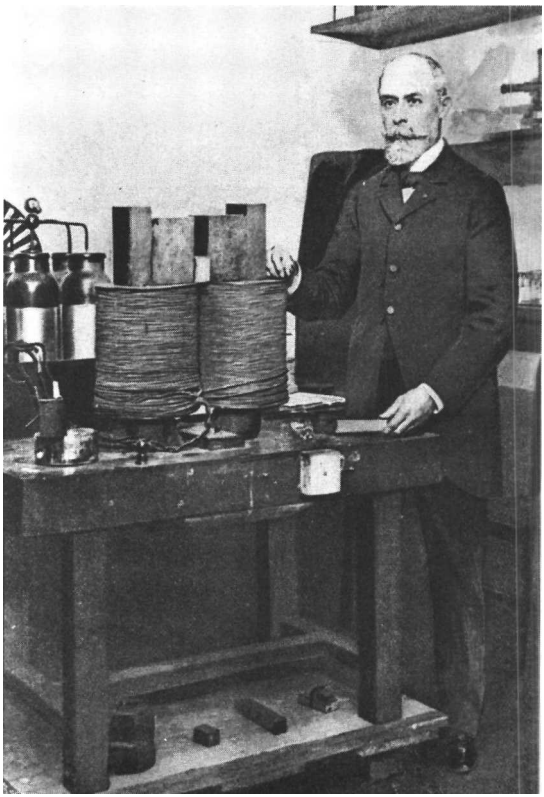
در درون اتم

در ابتدای قرن بیستم، لرد کلوین فیزیکدان پرآوازهٔ انگلیسی نوشت: «فیزیک بـه پـایان راه خود رسیده است.»[۶] به نظر وی، علمی که به اعتبار اکتشاف‌های پیشاهنگ وی دربارهٔ دما و جریان گرما، برایش شهرت به ارمغان آورده است، چـیز دیگـری در چـنته نـدارد تـا بـه جهانیان بیاموزد.

کلوین سخت در اشتباه بود. حتی پیش از ادعای وی، اکتشاف‌هایی در حال تکوین بود که یکی از اساسی‌ترین باورهای فیزیکدانان را، مبنی بر این‌که اتم‌ها کـوچک‌ترین بـلوک‌های ساختمانی ماده‌اند و تقسیم‌ناپذیرند، در هم ریخت.

پرتوی از نوع جدید

در ۱۸۹۵ فیزیکدانی آلمانی به نام ویلهلم رونتگن، شکل مرموز و جدیدی از پرتو را که آن را پرتو X (ایکس) نام نهاد، کشف کرد. فیزیکدانانی دیگر برای کاوش در احوال این پرتوهای شگفت شتافتند. چند ماه پس از کشف رونتگن، آنتون هانری بکرل، فیزیکدان فرانسوی، شروع به مطالعه دربارهٔ برخی کانی‌ها کرد که با قرارگرفتن در معرض آفتاب، می‌درخشیدند. به نظر او، این مواد ممکن است در حین درخشیدن، پرتو ایکس تولید کنند. روزی؛ یکی از این کانی‌ها، یعنی پیچبلند (سنگی معدنی محتوی اورانیوم، رادیوم و غیره) را در حالی که بر روی فیلم عکاسی قرار داشت که لای کاغذ سیاه پیچیده شده بود، در معرض تابش آفتاب قرار داد. کاغذ در برابر تابش نور آفتاب مانع ایجاد مـی‌کرد ولی نـمی‌توانست تـابش پـرتو ایکس را متوقف کند. بکرل به این نتیجه رسید که اگر این کانی پرتوهای ایکس به وجـود آورد، این پرتوها باید فیلم را سیاه کنند، که رونتگن نیز نشان داده بود که پـرتوهای ایکس چنین اثری دارند. بکرل مشاهده کرد که مطابق پیش‌بینی‌اش فیلم سیاه شده است.



آنتوان ـ هانری بکرل، این نظریه را ارائه داد که کانی‌هایی که در مقابل نور آفتاب می‌درخشیدند، اشعهٔ ایکس می‌تاباندند.

روز بعد هوا ابری بود، بنابراین بکرل نمونه‌های مواد معدنی و فیلمش را جمع کرد. پس‌از این‌که آسمان چند روزی ابری ماند، تصمیم گرفت که فیلم پیچیده شده را باز کند تا ببیند آیا با وجودی که نور آفتابی برای تابانده شدن به کانی یاد شده وجود نداشته است، پرتو ایکس ضعیف از پوشش عبور کرده است یا خیر. در کمال حیرت پی برد که فیلم شدیداً سیاه شده است. پس از بررسی‌های بیش‌تر، به این نتیجه رسید که این کانی، چه در معرض نور آفتاب قرار بگیرد یا خیر، از خود پرتو تولید می‌کند.

کانی پیچبلند حاوی عنصر اورانیوم است. بکرل پی برد که هرچه مقدار اورانیوم نمونهٔ این کانی افزایش یابد، تابش گسیلی هم شدیدتر می‌شود. بنابراین، به این نتیجه رسید که عامل تابش اورانیوم است. علاوه بر این، پی برد پرتوهای ناشی از ترکیبات اورانیوم‌دار با پرتوهای ایکس فرق می‌کنند. کوتاه زمانی نگذشت که این پرتو نوع دوّم را «پرتوهای بکرل» نام نهادند.

کارهای ماری و پیر کوری

توجه پیر و ماری کوری، دو دانشمند برجسته، به پرتوهای بکرل جلب شد. پیر کوری، شیمیدان فرانسوی، و همسر فیزیکدان و لهستانی‌تبارش، ماری، در اواخر دههٔ ۱۸۹۰ در دانشگاه سوربن پاریس به تحقیق مشغول بودند. این دو نفر دریافتند که ترکیبات حاوی عنصر دیگری به نام توریوم، درست مثل ترکیبات حاوی اورانیوم به‌طور طبیعی از خود تابش

ماری کوری و همسرش، پیر، انرژی گسیل شده از برخی مواد را پرتوزایی (رادیواکتیویته) نام نهادند، و عناصر پرتوزای پولونیوم و رادیوم را جدا کردند.

گسیل، یا انرژی (یعنی پرتوهای بکرل) آزاد می‌کنند. آنان این پدیده را پرتوزایی نام نهادند. هرچه مقدار انرژی گسیل شده از ماده‌ای زیادتر می‌شد، می‌گفتند پرتوزاتر است.

روزی از روزهای ۱۸۹۸، ماری کوری، نمونه‌هایی از کانی پیچبلند را یافت که پرتوزایی آن‌ها از اورانیوم خالص بیش‌تر بود. این اتفاق نشان داد که پیچبلند باید علاوه بر اورانیوم، حاوی یک عنصر ناشناختهٔ فوق‌العاده پرتوزا باشد. پیر و ماری کوری با زحمت‌های توانفرسا چندین تن پیچبلند را آزمایش کردند تا این عنصر جدید را استخراج کنند.

بعدها، در ۱۸۹۸ این زوج پودر سیاهی را جدا کردند که پرتوزایی آن تقریباً چهارصد برابر پرتوزایی اورانیوم بود. عنصر همان بود که آنان به دنبالش می‌گشتند. آن‌ها این عنصر را به افتخار زادگاه ماری، پولونیوم[1] نام نهادند.

با همهٔ این‌ها، حتی پولونیوم چندان پرتوزا نبود که انرژی شدیدی را که از بعضی نمونه‌های آن‌ها گسیل می‌شد، توجیه کند. آنان پس از چند ماه دیگر فعالیت، عنصری را جدا کردند که پرتوزایی باز هم بیش‌تری داشت و آن را رادیوم نام نهادند. ماری و پیر کوری و بکرل به خاطر فعالیتشان در زمینهٔ پرتوزایی (رادیواکتیویته) جایزهٔ نوبل سال ۱۹۰۳ در فیزیک را دریافت کردند.

در نزد زوج کوری و سایر فیزیکدانان که در مورد پدیدهٔ پرتوزایی تحقیق می‌کردند، شگفت‌ترین موضوع در خصوص پرتوزایی ــ به گفته ماری کوری ــ این بود که:

---

۱. لفظ لاتین لهستان Poland است که Polonium از آن ساخته شده است.

پرتوزایی ترکیبات حاوی توریوم و اورانیوم به صورت یک خاصیت اتمی ظاهر می‌شود... به نظر می‌رسد که این خاصیت به وجود اتم‌های دو عنصر مورد نظر وابسته باشد و تحت تأثیر تغییری در حالت فیزیکی یا تجزیهٔ شیمیایی قرار نمی‌گیرد.(۷)

به بیان دیگر، از آن‌جا که تغییر ماده از لحاظ فیزیکی یا شیمیایی بر پرتوزایی تأثیری ندارد، تابش باید از خود اتم‌های عناصر سرچشمه گیرد.

این وقوف، فیزیکدانان را به این نتیجهٔ حیرت‌انگیز هدایت کرد که اتم‌ها، که همگان تا آن موقع آن‌ها را تقسیم‌ناشدنی می‌پنداشتند، کلاً باید تقسیم‌شدنی باشند. ظاهراً اتم‌های عناصر پرتوزا، خودبخود تجزیه می‌شدند، جریان‌های پرانرژی قطعات تجزیه شده را آزاد می‌کردند. همان‌گونه که فیزیکدان انگلیسی، ارنست راترفورد در حدود سال ۱۹۰۳، با شگفتی خطاب به همکارش فردریک سودی، بانگ برآورد:

این اتم‌ها دارند منفجر می‌شوند! دارند می‌ترکند، و تکه‌پاره‌های ساختمانی خود را بی‌وقفه به بیرون پرتاب می‌کنند. امّا ماجرا به این‌جا هم ختم نمی‌شود! اگر قوانین کهن پایستگی (ماده) را بکاوید، باید این پرسش را پاسخ دهید که چه بر سر اتم‌هایی می‌آید که این اجزای ساختمانی خود را به بیرون پرتاب می‌کنند. بله ــ باید بپذیرید ــ باید تغییر کنند!... دارند انرژی آزاد می‌کنند و از عنصری به عنصر دیگر تبدیل می‌شوند.(۸)

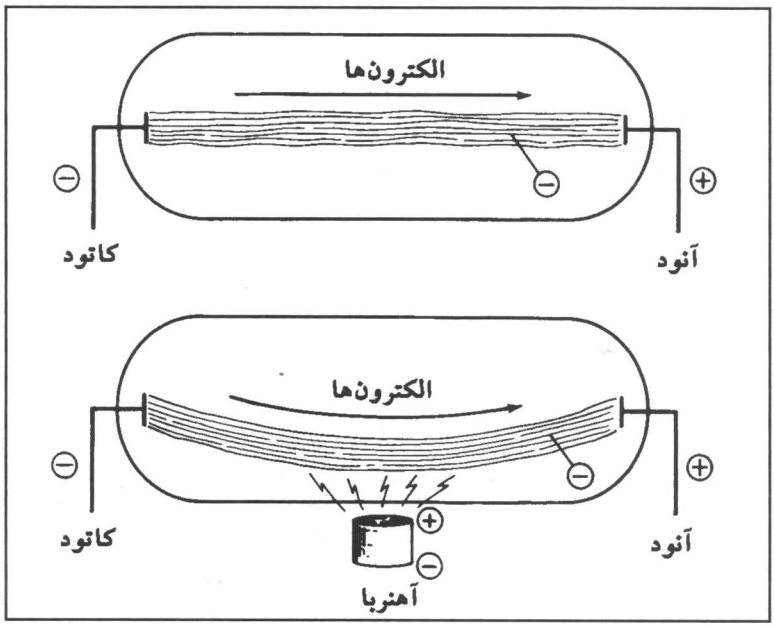
در زمان‌های باستان، طلایه‌داران علم شیمی در پی یک «اکسیر» جادویی گشته بودند، که بتواند عنصری را به عنصر دیگر تبدیل کند. اکنون آن جادوگری داشت در مقابل چشمان راترفورد تحقق عملی می‌یافت.

این کشف باور دیگری دربارهٔ فیزیک و شیمی را بر هم ریخت؛ این باور و اعتقاد که عناصر نمی‌توانند تبدیل بشوند. فروپاشی این اعتقاد با همان اطمینانی اتفاق افتاد که اتم‌های پرتوزا خودبخود وامی‌پاشیدند.

نقشه‌برداری از اتم

اگر اتم‌ها بتوانند فرو پاشند، باید از ذرات کوچک‌تری تشکیل شده باشند. این ذرات کدامند؟

اولین سرنخ از وسیله‌ای به نام لولهٔ کروکس به دست آمد که به رونتگن در راه کشف پرتوهای ایکس کمک کرده بود. این وسیله، که از لولهٔ شیشه‌ای آب‌بندی شده‌ای تشکیل می‌شد که هوای آن تخلیه شده بود، دارای الکترودهای مثبت و منفی بود. فیزیکدانان پی بردند که وقتی جریان الکتریکی از داخل لولهٔ کروکس عبور می‌کند، تابندگی سبزرنگی



در یک لولهٔ کروکس، الکتریسیته از کاتود به آنود منتقل می‌شود. جوزف تامسون با نشان دادن چگونگی جذب جریان الکترون‌ها به سمت قطب مثبت آهن‌ربا، ثابت کرد که الکترون‌ها ذراتی با بار منفی‌اند.

پیرامون الکترودِ منفی بار، یا همان کاتود، را فرا می‌گرفت. از این‌جا مشاهده می‌شد که نوعی تابش از کاتود خارج شده و به سوی آنود، یا الکترودِ مثبت‌بار، در حرکت است. این به اصطلاح پرتوهای کاتودی با پرتوهای ایکس و پرتوهای بکرل متفاوت بودند.

در ۱۸۹۷، جوزف تامسون، فیزیکدان انگلیسی، نشان داد که بار الکتریکی می‌تواند مسیر پرتوهای کاتودی را منحرف کند یا آن را به مسیرهای دیگری بفرستد. بار الکتریکی فقط در صورتی قادر به چنین کاری است که «پرتوهای» یادشده عملاً ذرّاتی باشند که خود حاوی بار الکتریکی‌اند. به گفتهٔ تامسون، از آن‌جا که این ذرات به آسانی از مسیرشان منحرف می‌شوند، باید از ذرات باردار شناخته‌شده خیلی سبک‌تر باشند. این ذرات دیگر یون‌ها بودند، اتم‌هایی که به واسطهٔ واکنش‌های شیمیایی یا الکتریکی چنان دستخوش تغییر شده بودند که بار مثبت یا بار منفی داشتند. اتم‌های معمولی فاقد بارند؛ این‌ها از لحاظ الکتریکی خنثی هستند.

بعد از کوتاه زمانی ذرّاتی که پرتوهای کاتودی را تشکیل می‌دادند الکترون خوانده

شدند. ثابت شد که الکترون‌ها ذراتی‌اند که جریان الکتریکی، یعنی واحدهای بنیادی الکتریسیته، را تشکیل می‌دهند.

تامسون نشان داد که با برخورد نور فرابنفش (نوری با طول موج کوتاه‌تر از نور بنفش، کوتاه‌ترین طول موج نوری که چشم انسان می‌تواند ببیند) بر صفحهٔ فلزی، الکترون تولید می‌شود. وی نتیجه گرفت که الکترون‌ها باید از اتم‌های فلز خارج شده باشند. بنابراین، باید یکی از انواع ذرات سازندهٔ اتم باشند. با همهٔ این‌ها، این ذرات نمی‌توانند تنها نوع ذرات باشند، زیرا حامل بار الکتریکی منفی‌اند. اتم‌ها در حالت متعارف فاقد بارند، بنابراین هر اتم باید حاوی ذراتی با بار مثبت باشد که بار الکترون‌ها را خنثی می‌کند.

تامسون اظهار داشت که اتم از هسته‌ای با بار مثبت تشکیل می‌شود که الکترون‌ها مثل کشمش‌های کیک کشمشی بر سطح آن چسبیده‌اند. اگر یک یا چند الکترون از اتم کنده شوند، بار مثبت هسته از بارهای منفی الکترون‌های باقیمانده بیش‌تر می‌شود. در این صورت، اتم به یونی با بار مثبت تبدیل می‌شود.

جهش کوانتومی

در ۱۹۱۱، ارنست راترفورد، تصویر اتمی تامسون را اصلاح کرد. راترفورد پذیرفت که قسمت اعظم جرم اتم در هستهٔ آن متمرکز است، ولی به نظر او ابعاد هسته در مقایسه با ابعاد اتم خیلی کوچک بود. در تصویری که وی ارائه داد، هستهٔ اتم را ابری از الکترون‌های خیلی کوچک‌تر، احاطه کرده بود. فاصله الکترون‌ها تا هسته، و احتمالاً «اتصال» ضعیف‌ترشان به آن، جدا شدن آسان الکترون‌ها از اتم را توجیه می‌کرد.

چندی نگذشت که آزمایش‌های سایر دانشمندان نشان داد که راترفورد هم در اشتباه است. به نظر می‌رسید الکترون‌ها به جای این‌که در داخل ابری نامنظم در حال حرکت باشند، درست مثل سیاراتی که خورشید را دور می‌زنند، برگرد هسته در حال دور زدنند. به علاوه، الکترون‌ها در قالب چندین مدار خاص، یا پوسته، گرد آمده بودند که هرکدام از این پوسته‌ها فقط می‌توانست تعداد معینی الکترون را دربرگیرد.

این تصویر جدیدی که از الکترون‌ها در داخل پوسته‌ها ارائه شد، حقایقی چند از علم شیمی را توضیح می‌داد. شیمیدانان، از نیمهٔ قرن نوزدهم پی برده بودند که برخی عناصر از جنبه‌های مشترکی برخوردارند. ثابت شد که بعضی از این جنبه‌های مشترک ناشی از تشابه در خارجی‌ترین پوستهٔ اتم‌های آن عناصر است. مثلاً، روشن شد عناصری که تقریباً هیچ‌گاه

رنگ رادیوم

در کتاب علوم فابر، ویراسته جان کری، ایو کوری از یک شب استثنایی در جریان جستجوی پدر و مادرش در پی کشف راز رادیوم سخن می‌گوید.

«کار آن روز این زوج طاقت‌فرسا بود و استراحت برای هر دو از هر کاری منطقی‌تر به نظر می‌رسید. ولی پیر و ماری همیشه هم پیرو منطق نبودند. درست بعد از این‌که کت‌هایشان را پوشیدند و به دکتر کوری (پدر پیر) گفتند که دارند می‌روند، به خیابان رسیده بودند. آن‌ها درحالی‌که بازو در بازوی هم انداخته بودند و حرفی هم نمی‌زدند، پیاده به راه خود می‌رفتند. پس از عبور از خیابان‌های شلوغ یک محلهٔ غریب با ساختمان‌های کارخانه، خرابه‌ها و بناهای استیجاری فقیرنشین (زاغه‌ها)، به خیابان لوموند رسیدند و از حیاط کوچکی گذشتند. پیر کلید را در قفل قرار داد. در، سر و صدا کرد، همان‌طور که هزاران بار سر و صدا کرده و آن‌ها را به قلمروشان، به رؤیاشان فراخوانده بود.

ماری در تاریکی گفت: «چراغ را روشن نکن!» سپس کمی خندان اضافه کرد:

«آیا آن روز یادت می‌آید که به من گفتی: دوست دارم رادیوم رنگ زیبایی داشته باشد؟»

واقعیت، نسبت به آرزویی ساده در زمانی دور، شیفتگی بیش‌تری به بار می‌آورد. رادیوم چیزی بیش از «یک رنگ زیبا» داشت؛ خودبخود می‌درخشید. و در انبار تاریک، جایی که قفسه‌ای وجود نداشت، ذرات ارزشمند، در ظروف شیشه‌ای کوچک که بر روی میزها یا طاقچه‌هایی قرار گرفته بودند که با میخ به دیوارها چسبانده شده بودند، لبه‌های آبی‌رنگ آن‌ها با پرتوهای فسفری در دل تاریکی شب می‌درخشیدند.

زن جوان زمزمه کرد: «نگاه کن... نگاه کن!»

او با احتیاط جلو رفت، به دنبال صندلی حصیری گشت و آن را یافت. در تاریکی و سکوت نشست. چهرهٔ هر دو به سوی روشنایی ضعیف زردرنگ، منابع مرموز تابش، به سمت رادیوم، چرخید ــ رادیوم آن‌ها. ماری با بدنی خمیده به جلو و سری مشتاق، دوباره در وضعیتی قرار گرفت که ساعتی قبل، در کنار تخت کودک خفته‌اش، بود.»

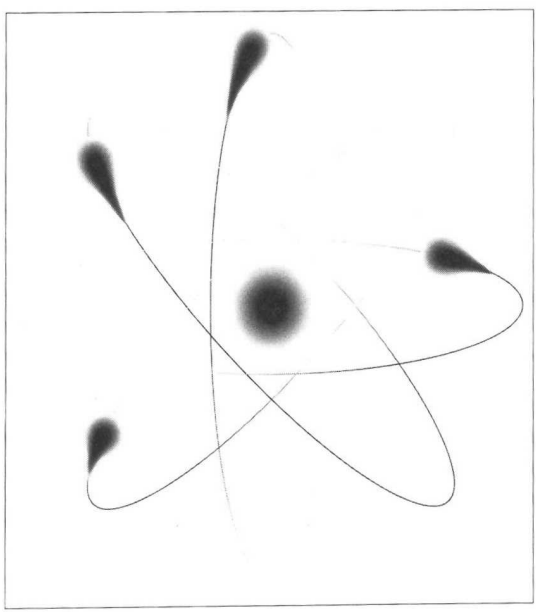
با عناصر دیگر ترکیب نمی‌شوند تا جسمی ترکیبی را به وجود آورند واجد پوستهٔ خارجی اشباع شده (دارای حداکثر تعداد الکترون ممکن در آن پوسته) هستند. از سوی دیگر، عناصری که تنها یک الکترون در لایهٔ خارجی خود داشته باشند، تمایل دارند الکترون خود را به اتم‌های سایر عناصر منتقل کنند. به این ترتیب، آن‌ها به آسانی ترکیب‌ها را تشکیل می‌دهند.

چرا الکترون‌ها فقط در مدارهای معینی حرکت می‌کنند؟ پاسخ این پرسش در پس یافته‌هایی نهان بود که یک فیزیکدان آلمانی به نام ماکس پلانک در سال ۱۹۰۰ به آن‌ها

دست یافت. پلانک در این زمینه مطالعه می‌کرد که چگونه جسم سیاه گرم‌شده‌ای، انرژی را به صورت نور به فضا می‌تاباند. وی پی برد که طول موج‌های مختلف نور مثل سرخ و بنفش، مقادیر انرژی متفاوتی دارند. علاوه بر این‌ها، انرژی فقط می‌تواند در مقادیر ثابتی جذب یا گسیل شود، که می‌توان آن را به بسته‌های کوچک مجزایی تشبیه کرد. وی هر یک از بسته‌ها را یک کوانتوم نامید، که از واژه‌ای لاتین به معنای «چقدر؟» مشتق شده است.

نیلز بور، فکر می‌کرد که می‌تواند به کمک نظریهٔ کوانتومی، یا این نظریه که انرژی را فقط می‌توان در مقادیر ثابتی جذب یا دفع کرد، وجود مدارهای الکترونی را توضیح دهد.

نیلز بور، فیزیکدان دانمارکی، در سال ۱۹۱۳، از نظریهٔ کوانتومی پلانک برای توضیح در مورد مدارهای الکترونی سود جست. بور گفت که الکترون‌ها فقط می‌توانند به صورت بسته‌هایی به اندازهٔ کوانتوم انرژی را جذب و یا دفع کنند. و این تغییرات انرژی به تغییرات مدار



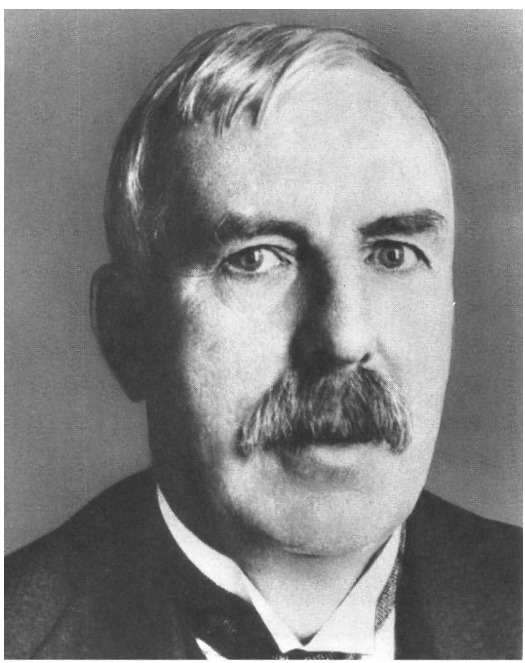
در اوایل قرن بیستم دانشمندان این نظریه را مطرح کردند که یک اتم، مانند شکل سمت چپ، از الکترون‌هایی تشکیل یافته که در مداری به دور هسته می‌گردند.

بستگی دارد. در صورتی که یک الکترون به اندازهٔ یک کوانتوم انرژی از دست دهد، به اندازهٔ یک پوسته به سمت مرکز جهش پیدا می‌کند. برعکس، در صورتی که یک الکترون به اندازهٔ یک کوانتوم انرژی جذب کند، یک پوسته به سمت خارج می‌جهد.

درونهٔ هستهٔ اتم

ارنست راترفورد توانست با استفاده از تابش برای بمباران اتم‌ها، ذراتی با بار مثبت را بازشناسد که آن‌ها را پروتون، برگرفته از لغتی یونانی به معنی «نخستین»، نام نهاد. پروتون‌ها نسبت به الکترون‌های منفی‌بار، بسی سنگین‌تر بودند، ولی بار الکتریکی هر دو مساوی بود. آن‌ها همان ذرات پیشگویی‌شده بودند که با بار الکتریکی منفی الکترون‌ها به حالت موازنه درمی‌آمدند و به این ترتیب، بار الکتریکی اتم‌ها به صورت خنثی درمی‌آمد.

تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ هر عنصری با تعداد آن‌ها در عناصر دیگر فرق می‌کرد. به تعداد پروتون‌های عنصر عدد اتمی آن عنصر گفته شد. در حالت طبیعی، این تعداد، با تعداد الکترون‌ها در مدارهای پیرامون هسته مساوی بود. با همهٔ این‌ها، یک راز ناگشوده باقی ماند: تجربیات نشان می‌داد که هسته‌های تمام اتم‌ها، جز هیدروژن، سنگین‌تر، یا پرجرم‌تر، از آن بودند که بتوان آن را تنها به حساب وزن پروتون‌ها گذاشت.



ارنست راترفورد پی برد که هستهٔ اتم حاوی ذراتی با بار مثبت به نام پروتون است.

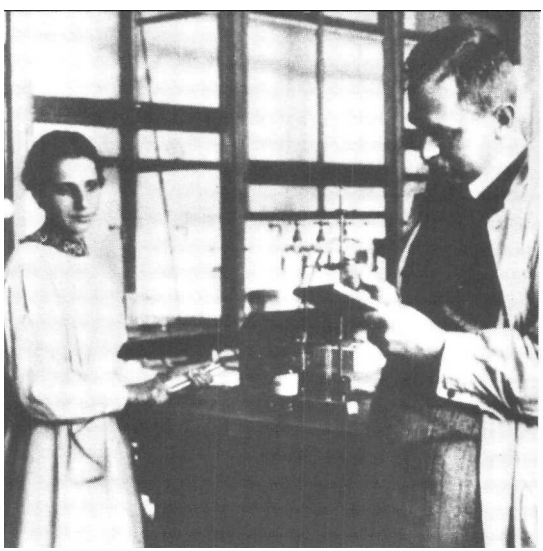
در طول دههٔ ۱۹۳۰، دانشمندان، ماشین‌های اتم‌شکن را برای مطالعهٔ دقیق‌تر ذرات اتمی به وجود آوردند. از این ماشین‌ها برای افزودن سرعت تکه‌های اتم‌هایی که از عناصر پرتوزا بیرون می‌آمدند، و پرتاب آن‌ها به سوی سایر اتم‌ها بهره می‌بردند. پژوهشگرانی که از این ماشین‌ها استفاده می‌کردند، پی بردند که وقتی تکه‌هایی از اتم به نام ذرات آلفا به قطعه‌ای از عنصر

بریلیوم برخورد می‌کرد، نوع جدیدی از تابش بسیار پرنفوذ به وجود می‌آمد. این تابش چندان قوی بود که می‌توانست پروتون‌ها را از اتم‌های کربن درون پارافین خارج کند. میدان‌های مغناطیسی بر آن تأثیری نداشتند، بنابراین تابش ممکن نبود از ذرات باردار (الکترون‌ها یا پروتون‌ها) تشکیل شده باشد. میدان‌های مغناطیسی، مانند میدان‌های الکتریکی، فقط بر ذرات باردار تأثیرگذارند.

در ۱۹۳۲، جیمز چادویک، فیزیکدان انگلیسی، اعلام کرد که این تابش، جریان یافتن نوع جدیدی از ذرات اتمی است. از آن‌جا که این ذرات نمی‌توانند پروتون‌های سایر اتم‌ها را بیرون بکشند، جرمشان باید با جرم پروتون‌ها برابر باشد. این ذرات از لحاظ بار الکتریکی خنثی بودند، بنابراین چادویک آن‌ها را نوترون نام نهاد. فیزیکدانان به این نتیجه رسیدند که هستهٔ همهٔ اتم‌ها، جز هیدروژن، از پروتون و نوترون تشکیل شده است. پروتون و نوترون روی‌هم‌رفته قسمت اعظم وزن اتم را تشکیل می‌دهند. مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در هستهٔ اتم هر عنصر با وزن اتمی آن عنصر برابر در آمد.

شکافتن اتم‌ها

در اوایل دههٔ ۱۹۳۰، در میان تعداد زیادی از فیزیکدانان، انریکو فِرمی در ایتالیا و اُتو هان در آلمان شروع به بمباران اتم‌های اورانیوم، سنگین‌ترین عنصر طبیعی، با نوترون کردند. آنان امیدوار بودند که اتم‌ها، نوترون‌ها را جذب کنند و به صورت اتم‌های عناصر جدید و مصنوعی سنگین‌تر از اورانیوم درآورند. ولی به نظر نمی‌رسید که وزن اتمی اتم‌های حاصل، نزدیک به وزن اتمی اورانیوم باشد. در حقیقت، وزن اتمی اتم‌ها در برخی آزمایش‌های هان که با همکاری فریتز اشتراسمان آن‌ها را انجام داد، فقط حدود نصف وزن اتمی اورانیوم بود.



لیزه مایتنر (چپ) و اتو هان (راست) پی بردند که بمباران اتم‌های اورانیوم به وسیله نوترون‌ها، هسته‌های اتم‌ها را دو تکه و انرژی تولید می‌کند.

در دسامبر ۱۹۳۸، هان نتایج پژوهش‌های خود را برای لیزه مایتنر، فیزیکدان اتریشی، که از دوستان و همکاران قدیمی‌اش به شمار می‌رفت، بازگو کرد. مایتنر که یهودی بود برای ایمن ماندن از آزار نازی‌ها از آلمان به سوئد گریخته بود. وی تجربیات هان را با برادرزاده و همکار فیزیکدانش، اتو فریش در میان گذاشت. این دو فیزیکدان به نتیجهٔ خارق‌العاده‌ای رسیدند که بر پایهٔ آن بمباران اتمی صورت گرفته از جانب هان منجر به شکافته شدن هستهٔ اتم‌های اورانیوم، به دو قسمت می‌شود و در این فرایند، حدود یک درصد از جرم هر اتم به انرژی تبدیل می‌شود. فریش، این فرایند را شکافت هسته‌ای نام نهاد که آن را از اصطلاحی زیست‌شناختی مربوط به تکثیر سلول‌ها از طریق شکافته شدن، به وام گرفته بود.

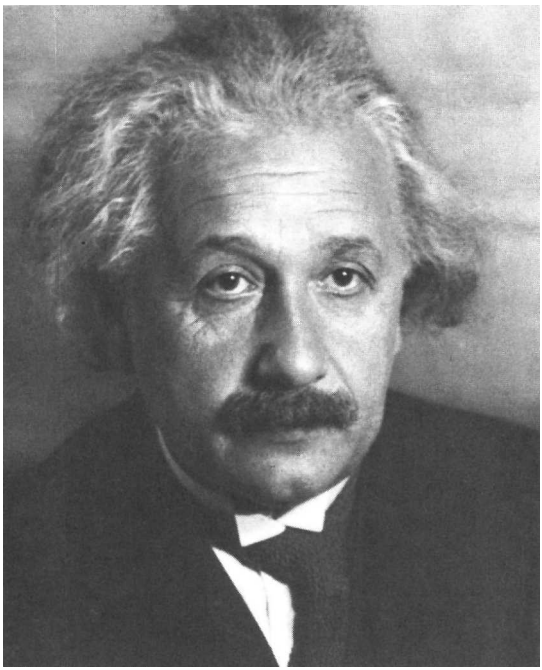
هیچ‌کس چنین واقعه‌ای را حتی در خواب هم نمی‌دید ــ ولی یک نفر پیش‌بینی کرده بود که اگر امکان چنین کاری باشد، چه پیش خواهد آمد. در ۱۹۰۵ یک کارمند سابق ادارهٔ ثبت اختراعات سویس، به نام آلبرت اینشتین، نظریه‌ای پرداخته بود که بر پایهٔ آن جرم می‌توانست به انرژی تبدیل شود. وی در قالب معادلهٔ مشهورش، $E=mc^2$ (انرژی برابر است با جرم ضرب در مجذور سرعت نور)، رابطهٔ بین این دو کمیت را توصیف کرده بود. از آن‌جا که سرعت نور خیلی زیاد است، معادلهٔ اینشتین به معنای آن بود که جرم خیلی اندکی می‌تواند به مقادیر عظیمی انرژی تبدیل شود. مایتنر و فریش محاسبه کردند که هر نوبت شکافت هستهٔ اورانیوم به اندازه بیست میلیون برابر وزن آن در مادهٔ انفجاری قدرتمند تی.اِن. تی، می‌تواند انرژی آزاد کند.

علاوه بر آن، پس از کوتاه زمانی فیزیکدانان پی بردند که اگر مقادیری از اورانیوم با بیش از جرمی معین (خیلی بیش از مقداری که هان و اشتراسمان استفاده کرده بودند) بمباران شود، این امکان وجود دارد که اورانیوم چنان آرایش یابد که وقتی یک اتم شکافته شد، اجزای حاصل حاوی نوترون‌هایی باشند که به نوبه خود قادرند اتم‌های بیش‌تری را بشکافند و نوترون‌های بیش‌تری آزاد کنند، تا باز هم اتم‌های بیش‌تری را بشکافند. این واکنش زنجیره‌ای قادر است مقادیر عظیمی انرژی آزاد کند. این انرژی می‌تواند نیروی برقی دائمی را تأمین کند، یا به منبعی برای خرابی ویرانگر تبدیل شود.

«درخشان‌تر از یک‌هزار خورشید»

آلبرت اینشتین در ۱۹۳۹، در هنگام شروع جنگ در اروپا، در نامه‌ای خطاب به رئیس‌جمهور آمریکا به وی چنین هشدار داد:

راه انـــداختـــن یک واکـــنش زنـــجیره‌ای هســـته‌ای، تـــولید مقادیر عظیمی انرژی و مقادیر زیـــادی عـناصر رادیـوم‌مانند، میسر است... و ــ هرچـند کـه بسیار نامحتمل ــ امّا این هـم قابل تصور است که بمب‌هایی جـدید بـا قـدرتی فـوق‌العـاده ساخته شود.(۹)



آلبرت اینشتین نتایج آنچه را که بعدها به شکافت هسته‌ای معروف شد پیش‌بینی کرد؛ وی همچنین هشدار داد که ممکن است از تکنولوژی برای کشتار عام استفاده کنند.

در خلال جنگ جهانی دوم، ایالات متحده یک برنامهٔ ضربتی موفق برای تولید این بمب‌ها به اجرا در آورد. در ۱۶ ژوئیهٔ ۱۹۴۵، ریچارد فاینمن یکی از دانشمندان این پروژه که در آزمایش آن حضور داشت، خطاب به مادرش نوشت، «ما بالا و پایین پریدیم، فریاد زدیم، در حالی که به اطراف می‌دویدیم، بر پشت یکدیگر ضربه می‌نواختیم.»(۱۰) امّا نور درخشان بمب، «درخشان‌تر از یکهزار خورشید»، رابرت اُپن هایمر سرپرست پروژه را واداشت که به یاد الهه ترسناک کالی در کتاب‌های مذهبی هندو بیفتد: «اینک به مرگ، نابودگر جهان‌ها، تبدیل می‌شوم.»(۱۱)

در ظرف کم‌تر از یک ماه از آن حادثه، ایالات متحده بمب‌های اتمی را بر فراز شهرهای هیروشیما و ناکازاکی فرو افکند و ژاپن، واپسین خصم بازمانده‌اش در جنگ جهانی دوم، را ناگزیر به تسلیم کرد. بمب‌ها جنگ را زودتر از زمانی که باید به پایان رساندند. این بمب‌ها به حیات بیش از یکصد هزار انسان نیز خاتمه دادند.

مهندسی هسته‌ای

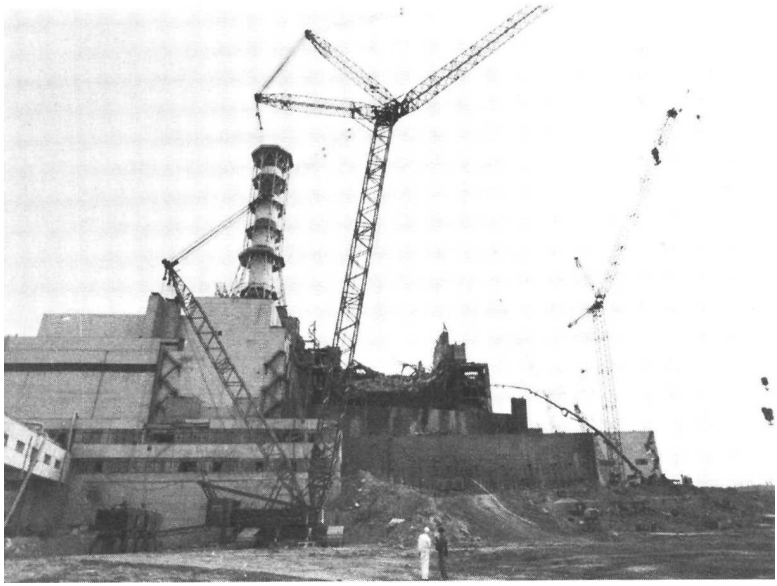
تصویر اتم از هم گسیخته، که در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ در همه‌جا یافت می‌شد، مظهر خیر و شر بود. در ۱۹۵۴، نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا ناتیلوس را به آب انداخت که

ویرانی و انهدام در ژاپن ناشی از انفجار بمب اتمی در جنگ جهانی دوم. ایالات متحده از برقراری واکنش زنجیره‌ای هسته‌ای برای تولید جنگ‌افزاری جهنمی سود جُست و با بمباران هیروشیما و ناکازاکی به جنگ خاتمه داد.

انرژی آینده

برنارد دیکسون در کتاب خود با عنوان از آفرینش تا آشوب **پیش‌گویی‌های سال ۱۹۳۲ وینستون چرچیل را در مورد جهان آیندهٔ دارای انرژی هسته‌ای، آورده است.**

«ما امروزه، نیک می‌دانیم که موفقیت‌های علمی پنجاه سال آینده بسیار عظیم‌تر، سریع‌تر و حیرت‌انگیزتر از آنچه تاکنون تجربه کرده‌ایم خواهد بود... انرژی هسته‌ای نسبت به انرژی مولکولی که امروزه مصرف می‌کنیم، به نحو قیاس‌ناپذیری عظیم‌تر است. زغال‌سنگی که توسط یک فرد در یک روز به دست می‌آید، قادر است پانصد برابر کاری را که خود شخص می‌تواند انجام دهد به پایان رساند. با این همه، نیروی انرژی هسته‌ای دست کم یک میلیون برابر است. در صورتی که بتوان اتم‌های هیدروژن حدود نیم لیتر آب را به هم پیوند داد تا هلیوم تشکیل دهند، انرژی حاصل قادر است موتوری با نیروی هزار اسب را برای یک سال تمام به حرکت درآورد.»



در ۱۹۸۶ در چرنوبیل رآکتور هسته‌ای، که در این‌جا بعد از سانحه نشان داده شده است، فروپاشید. این فاجعه اختلال در رآکتور هسته‌ای و به دنبال آن آزاد شدن مواد پرتوزا در محیط را نشان داد.

نخستین زیردریایی‌ای بود که قرار بود نیروی محرکش را رآکتوری فراهم آورد که انرژی حاصل از شکافت کنترل‌شدهٔ هسته‌های اتم را برای به حرکت انداختن توربین‌ها به بخار تبدیل می‌کرد. نیروی هسته‌ای برای کشتی‌ها برتری آشکاری محسوب می‌شد، زیرا به آن‌ها امکان می‌داد که ماه‌ها بدون سوختگیری مجدد به حرکتشان ادامه دهند. کوتاه زمانی نگذشته بود که هم ایالات متحده آمریکا و هم اتحاد جماهیر شوروی به ساخت ناوگان زیردریایی‌های مجهز به توان هسته‌ای مبادرت ورزیدند که برخی حامل موشک‌هایی با کلاهک هسته‌ای بودند.

انرژی هسته‌ای را در کاربردهای صلح‌آمیز هم می‌شد مصرف کرد. نخستین نیروگاه هسته‌ای تجارتی جهان در ۱۹۵۷ در شیپینگ پورت، پنسیلوانیای آمریکا، به‌کار افتاد.

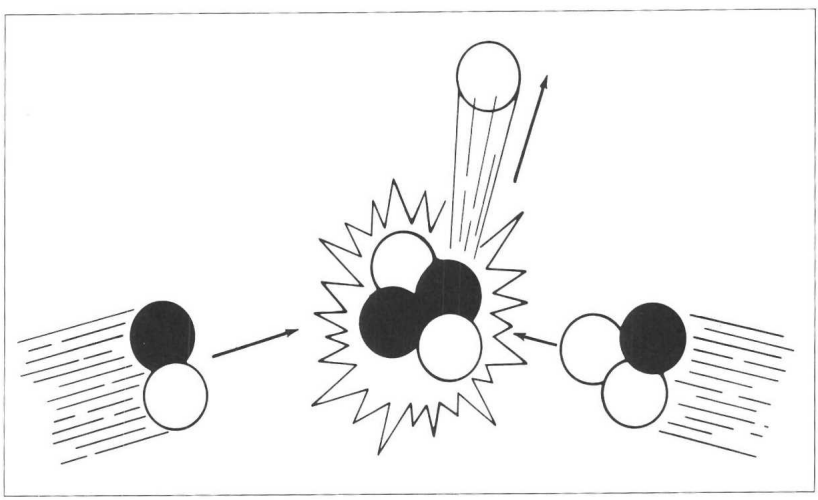
رآکتورهای نیروی دریایی و تجارتی در ایالات متحده، برای سرد شدن و انتقال گرما از آب استفاده می‌کنند. حرارت حاصل از واکنش شکافت هسته‌ای در مرکز رآکتور، آب را در یک لولهٔ بسته، یا حلقه، گرم می‌کند. این گرما به نوبهٔ خود، آب واقع در لولهٔ دیگری را گرم می‌کند که بخاری تولید می‌کند که برای به چرخش درآوردن توربین لازم است. در رآکتور

باید از دو لولهٔ جداگانه استفاده شود، زیرا آب داخل لولهٔ اول پس از عبور از مغز رآکتور، پرتوزا می‌شود و باید آن را از محیط پیرامونش دور نگاه داشت (قرارگرفتن در معرض ماده پرتوزا می‌تواند به سرطان، اختلالات مادرزادی و مشکلات سلامتی دیگر منجر شود). نشت و از دست رفتن آب این لوله همچنین می‌تواند به‌گرم شدن بیش از حد و خطرناک مغز رآکتور انجامد و این عمل بالقوه ممکن است به انفجاری ختم شود که مقادیر زیادی مادهٔ پرتوزا را آزاد می‌کند.

طراحان رآکتور می‌کوشند این تضمین در طراحی‌ها به وجود آید که هرگاه آب (احتمالاً به دلیل گیر کردن دریچه‌ای یا شکستگی یک لوله) از حلقهٔ اولیه نشت کند، تعداد نوترون‌های مغز رآکتور کاهش یابد و واکنش شکافت هسته‌ای به سرعت متوقف شود.

سوانح هسته‌ای ممکن است هم بر اثر خطاهای طراحی و هم انسانی بروز کنند. رآکتور ساخت اتحاد شوروی در چرنوبیل، فاقد هرگونه جنبه‌های طراحی «اضطراری» بود و در ۱۹۸۶ انفجار مغز آن وخیم‌ترین سانحهٔ هسته‌ای تاریخ را آفرید. یک رآکتور آمریکایی نیز در سال ۱۹۷۹ در تری مایل آیلند دستخوش حادثه‌ای جدّی شد، زیرا عاملان آن سیستم خنک‌کنندهٔ نیروگاه را اشتباهی از کار انداخته بودند.

طراحان به دو روش کلی به نگرانی‌های مربوط به ایمنی رآکتورهای هسته‌ای پاسخ



در این توصیف تجسمی گداخت دو نوع هستهٔ هیدروژن، کره‌های سفید نشان‌دهندهٔ نوترون‌ها و کره‌های سیاه نمایانگر پروتون‌ها هستند. با بیرون رانده شدن یک نوترون بر اثر وارد آمدن نیروی زیادی، انرژی واکنش تولید می‌شود.

داده‌اند. آنان تلاش کرده‌اند تا طراحی رآکتور را مثلاً از طریق کاستن تعداد دریچه‌ها و سایر وسایل کنترل کننده، ساده‌تر کنند. هرچه ماشین‌ها قطعات کم‌تری داشته باشند، امکان اشتباه در کارکرد آن‌ها کم‌تر می‌شود. طراحان تلاش کردند تا سیستم‌هایی ایمنی را نیز طراحی کنند که بیش‌تر به قوانین طبیعی متکی باشند نه تصمیم‌گیری‌های انسان، تا رآکتور را تبدیل کنند به «ماشینی که درست کار می‌کند.» مثلاً می‌توان آب خنک‌کنندهٔ اضطراری را به نحوی ذخیره کرد که به جای آن‌که در موارد نیاز، تلمبه، آن را به جریان اندازد نیروی گرانی (گرانش زمین) آن را به حرکت درآورد.

منتقدین این استدلال را پیش می‌کشند که حتی اگر نیروگاه هسته‌ای به اصطلاح ایمنی را بتوان ساخت، هنوز معضل اصلی این است که با فرآورده‌های زائد آن چه باید کرد. در حین کارکرد رآکتور، برخی مواد پیرامون هسته آن پرتوزا می‌شوند. در ضمن، تمامی سوخت هسته‌ای در واکنش به مصرف نمی‌رسد. این پسماندهای «سوخت مصرف شده»هنوز هم شدیداً پرتوزایند. سوخت مصرف شده و سایر زباله‌های پرتوزا تا زمانی که تابش تا تراز ایمنی وا بپاشد ــ که برای برخی مواد هزاران سال طول می‌کشد ــ باید انباشته شود. در این میان، این پسماندها نباید در معرض هوا قرار بگیرند یا به داخل آب‌های زیرزمینی تراوش کنند.

صنایع نیروی هسته‌ای، به دلیل این نگرانی‌ها (و هزینهٔ نسبتاً پایین سوخت‌های رقیب مثل زغال‌سنگ)، در سال‌های اخیر چندان گسترش نیافته است. امّا برخی معضلات زیست محیطی ممکن است نظر مردم را نسبت به انرژی هسته‌ای تغییر دهند. مثلاً نیروگاه‌های هسته‌ای مانند نیروگاه‌های ذغال‌سوز آلودگی شیمیایی ایجاد نمی‌کنند یا به گرمای احتمالی زمین نمی‌افزایند.

به نظر بعضی دانشمندان، شکل سالم‌تر و ایمن‌تر رآکتور می‌تواند به جای شکافت هسته‌ای با گداخت هسته‌ای به‌کار افتد. در واکنش شکافت هسته‌ای، هسته‌های دو اتم را به زور با هم ترکیب می‌کنند تا نوع سومی از اتم به وجود آید. واکنش‌های گداخت هسته‌ای، حتی نسبت به واکنش‌های شکافت هسته‌ای انرژی بیش‌تری آزاد می‌کنند، ولی آغاز و کنترل کردن این واکنش‌ها دشوارتر است. در رآکتور گداخت هسته‌ای سوختی نسبتاً ارزان و مطمئن (احتمالاً نوعی هیدروژن) مصرف می‌شود و پسماند آن کم‌تر پرتوزاست. طرح‌های گوناگونی برای نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای ارائه شده است، ولی به نظر نمی‌رسد هیچ‌کدام آن‌ها در حال حاضر یا در آیندهٔ نزدیک، عملی باشند. این‌که این رهیافت‌ها و سایر

رهیافت‌ها برای دسترسی به انرژی هسته‌ای مطمئن‌تر در قرن بیست و یکم پی گرفته شود، بستگی به این دارد که کمبود سوخت‌های رایج، مانند نفت و زغال‌سنگ تا چه میزان جدّی شود یا مشکلات زیست‌محیطی به شکلی جدی در آید.

باغ‌وحش اتمی

در حالی که حواس برخی فیزیکدانان بر مهار نیروی اتمی به منظور بهره‌برداری انسانی متمرکز شده بود، دانشمندان دیگر برای کشفِ خودِ ماهیت اتم به‌کار خود ادامه می‌دادند. تا سال ۱۹۶۰، فیزیکدانان، در چیزی که بعضی‌ها آن را «باغ‌وحش اتمی» خوانده‌اند، چندان اجزای گوناگونی یافته بودند که تقریباً از یافتن مجموعه‌ای از اصول بنیادی برای فهم اتم نومید شدند.

امّا، موری گِلمَن فیزیکدان آمریکایی، در آغاز سال ۱۹۶۱ ادّعا کرد نیرویی که اجزای هستهٔ اتم را کنار هم نگه می‌دارد، ناشی از ترکیب ذراتی است که وی آن‌ها را کوارک نامید. موضوع شگفت این که، بار الکتریکی کوارک‌ها کسری ــ یک سوم یا دو سوم ــ از بار الکتریکی یک الکترون است. این ذرات مشخصه‌های دیگری نیز دارند که فیزیکدانان هسته‌ای آن‌ها را با کلمات عجیب و غریبی مثل تَه، سَر، بالا، پایین، حقیقت و زیبایی، توصیف می‌کنند.

به نظر بسیاری از فیزیکدانان کوارک‌ها ممکن است دست آخر به عنوان ذرات واقعاً بنیادی و غیرقابل تجزیهٔ ماده شناخته شوند. امّا، نمی‌توان کوارک‌ها را مستقیماً مشاهده کرد. نظریه‌های توصیفگر آن‌ها و سایر ذرات زیراتمی کماکان رو به پیچیدگی بیش‌تری‌اند، و حاکی از آنند که هنوز خیلی چیزها باقی است که باید دانسته و معلوم شوند. احتمالاً در قرن بیست‌ویکم، تصویر حقیقی اتم سرانجام رخ بنماید.