مجموعهٔ علمی

یکان سال

شمارهٔ فوق العادهٔ

یکان
مجلهٔ ریاضیات

فروردین ۱۳۴۴

فهرست مندرجات :

پرورش ریاضیدان	جهانگیر شمس‌آوری ۱
ریاضیات	ترجمهٔ : جهانگیرشمس‌آوری ۹
بنیان ریاضیات جدید	دکترمحسن هشترودی ۲۵
دومسئلهٔ فکری	— ۳۰
نجوم	ترجمهٔ : احمد بیرشك ۳۱
اخترهای متناوب	دکترمحسن هشترودی ۴۵
چهاردقیقه مبارزه	ترجمهٔ : دکترعلاءکیائی ۴۶
مربعهای سحری ممتاز	دکترمحسن هشترودی ۴۷
فیزیك	ترجمهٔ : پرویز نیکخواه ۵۱
علائم فیزیکی بین‌المللی	هوشنگ شریف زاده ۶۴
آیا اززمین پرت می‌شویم	ترجمهٔ : ع . م ۶۸
شیمی	ترجمهٔ : مهندس نهورای ۶۹
مسائل فکری	دکترمحسن هشترودی ۸۷
تقویم قمری دائمی	— ۸۸
نوبل	ترجمهٔ : محمود روح‌الامینی ۸۹
بازی با اعداد	ترجمهٔ : ع.م ۹۸
حل‌مسائل نمونه	محمدحسن رزاقی ـ عبدالحسین مصحفی جلیل قراگزلو ـ محمدعلی شیخان ۹۹
مسائل برای حل	ترجمهٔ : مهدی مدغم ۱۱۱
مسائل برای تحقیق	— ۱۱۳
یادداشتهایی از : «التفهیم»	— ۱۱۴
امیرمقتدر	ترجمهٔ عبدالحسین مصحفی ۱۱۵

بها : ۶۰ ریال

اولین شمارهٔ ویژهٔ ماهنامهٔ یکان به نام « یکان سال » در دو جلد جدا از هم : «مجموعهٔ‌علمی» و«امتحانات نهائی» تقدیم‌دوستداران می گردد. تصمیم بر آن بود که‌این مجلدات قبل از تعطیلات نوروزی دردسترس علاقمندان قرار گیرد وبا همهٔ کوششی که در این باره به عمل آمد ، به عللی ، انجام مقصود میسر نشد . انتشار مرتب سیزده شمارهٔ ماهنامهٔ «یکان» و دو جلد شمارهٔ مخصوص «یکان سال» گواه برتلاش خستگی ناپذیر برای توسعهٔ همه جانبهٔ «یکان» است . انتقادها و اظهارنظرهای دوستداران بهترین‌راهنما در بهبود و پیشرفت امر تهیه وانتشار«یکان» خواهد بود . مراتب تشکر و امتنان‌خودرابه مترجمین و نویسندگان مقاله‌های این مجموعه تقدیم می‌دارد

عبدالحسین مصحفی

یکان

مجلهٔ ریاضیات

صاحب امتیاز و مدیر مسئول :

عبدالحسین مصحفی

مدیر داخلی : داود ـ مصحفی

هرماه یك بار منتشر می‌شود

جای ادارهٔ موقت :

تهران ، میدان زندان قصر ، خیابان سرباز شمارهٔ ۳۵۳

نشانی پستی : صندوق پستی ۲۴۶۳

تلفن : ۷۵۸۵۷۰

اشتراك سالانه (۱۲شماره) ۲۰۰ ریال

حساب بانکی ؛ حساب جاری**۶۸۶۳** شعبهٔ فردوسی بانك صادرات

چاپ آذر تلفن ۶۴۰۲۸

زیبائی چاپ این مجموعه مرهون کوششهای اشخاص زیر است .

مسئول شعبهٔ حروفچینی : **رضا ابوطالب**

حروفچینی از : **احمد حسین‌زاده ـ حسن غیاثی**
احمد دهقان ـ یحیی قاسمی

متصدی ماشین چاپ: **مسعود ناظمی**

متصدی‌صحافی: **اسماعیل افشار**

طرحها از : **هوشنگ امیراردلان**

کلیشه وگراور از : **مهر ایران**

پرورش ریاضیدان

افراد معدودی می‌توانند پهناوری عرضهٔ ریاضیات را ، در زمان حاضر ، درك کنند . می گویند که یاد گرفتن همهٔ زبانهای متداول گیتی آسانتر از مهارت یافتن در همهٔ ریاضیات معاصراست، زیراممکن است که دریك عمر طولانی بتوان همهٔ زبانها را آموخت ، ولی‌یادگیری ریاضیات ، که قلمروآن ثابت نیست و هر چه زمان می گذرد دامنهٔ آن نیز وسیعتر می‌شود ، عمر نوح می‌خواهد . حساب کرده‌اند که فی‌الحال اگر کسی بخواهدازآنچه در ریاضیات معاصر می گذرد آگاه باشد ، بایدروزانه درحدود بیست جزوهٔ دست کم ده صفحه‌ای که همه مشحون از تحقیقات وتتبعات تازه است بخواند .

کشفیات نوینی را که ریاضیدانان انجام می‌دهند به اندازه‌ای تنوع دارد که موجب شده است تعریف ریاضیات به **کاری که ریاضیدانان انجام می‌دهند** تبدیل گردد .

و اما این ریاضیدانان چه کسانی هستند ؟ در چند سال پیش صورتی از نام ریاضیدانان معاصر تهیه شده که درآن سه‌هزار نام وجود داشته‌است . بیشتر این نامها متعلق به‌دو کشورآمریکا، که پرچمدار ریاضیات محض است ، و شوروی که‌طلایه دارریاضیات عملی است ، تعلق دارد . ما این صورت را ندیده‌ایم که ببینیم آیا نام یك ایرانی هم در آن هست یا نه . ولی می‌توانم حدس بزنم که اگر چنان هم باشد جز یك نام ، که آن را همه می‌شناسید، نام دیگری در آن نیست . بااطلاع ازاین موضوع بی شك برای شما هم مانند من این سؤال مطرح می‌شود که آیا در کشور ما مغزهایی که بتوانند در پیشرفت علم مؤثر واقع شوند خلق نمی‌شود ؟

فکرمی کنم که‌پاسخ من‌وشما به این سؤال یکی است . در کشور ماهم مانند آمریکا و شوروی و انگلستان و آلمان و فرانسه و غیره ، مغزهای مستعد به‌وجودمی‌آیند نهایت تجلی‌آنها

آنچنـان نیست که در آن کشورها هست ودلیل آن این است که چنین مغزهایی دردستگاه آموزش و پرورش کشور ما پرورش نمی‌یابند . اگر تا کنون دانشمندی در این کشور پرورش یافته باشد، چون گلی صحرایی بوده است که خود به خود روییده باشد ؛ نقشه‌ای و سیاستی برای پرورش وی در کار نبوده است .

امروزه دستگاههای تعلیم و تربیت در کشورهای مترقی به مردان خودساخته درعلوم اکتفا نمی کنند ، چه گلهای خود روی صحرایی برای زینت گلستان علم کافی نیستند . طرحهامی‌ریزندو در تحقق بخشیدن آن تلاش همه جانبه‌ای می کنند تا مردانی دانشمند پرورش دهند . برای اینکه صحنه‌ای از این طرحها وتلاشها در برابر دیدگان شما قرار گیرد ، مقاله زیرین را ، که تحت عنوان **«المپیادها و انجمن ریاضیات مدارس در دانشگاه مسکو»** به رشتهٔ تحریر در آمده است وحاکی از مساعی فراوانی است که در شوروی برای کشف ریاضیدان آتیهٔ کشور و پرورش مخصوص آنان ازهمان خردی انجام می گیرد ، ترجمه می کنیم ودرمعرض قضاوت شماقرارمی‌دهیم.

***

ریاضیات فوق برنامه در اتحاد شوروی

یکی از موفقیتهای بزرگ آموزش ریاضیات درشوروی تـدوین برنامه‌ای کامل ورای برنامهٔ رسمی مدارس است . غرض از تدوین این برنامـه کشف ریاضیدانان و دانشمندان آتیهٔ کشور و تعلیم آنان ازکمترین سن ممکن می‌باشد .

برنامهٔ ریاضیات مدارس ابتدائی ومتوسطه اتحاد شوروی، یکی ازبرنامه‌های‌جامع وژرف ریاضی است که هر دانش‌آموز دبستانی و دبیرستانی باید آن‌را فراگیرد . با این وجود درحدود ۲۵ سال‌است که ریاضیدانان و متخصصان‌آموزش وپرورش در شوروی فعالیتهای‌فوق برنامهٔ ریاضیات را به‌منظورتشویق شاگردان با استعداد به فراگیری مواد در سطح بالاتر و یافتن مهارت بیشتر پی‌ریزی کرده‌اند .

پس ازجنگ جهانی دوم نیازمندیهای عصر انرژی هسته‌ای ، ماشینهای محاسبهٔ الکترونیکی ، مسافرت به سیارات با مقاصد سیاسی ، نظامی ، اقتصادی ، تکنولژی حکمرانان شوروی آمیخته گشت و وکوششی راکه برای کشف وتربیت ریاضیدانان و دانشمندان انجام می‌گرفت چند برابر گردانید. بدین سبب نه تنها برنامهٔ مدارس تغییر کرد ، بلکه همچنین برنامهٔ فعالیتهای مکمل درسی در زمینهٔ ریـاضیات برای‌آن عده ازشاگردان که بالقوه کاندید تعلیمات عالیتر بودند بنیان گذاشته شد .

فعالیتهای داخل مدرسه

ازکلاس پنجم ابتدائی به بعد شاگردان‌با استعداد و موفق را برای شرکت درکلوپهای‌ریاضی کلاسشان‌تشویق می کنند. کلوب کلاس‌پنجم (سن۱۱و۱۲)معمولا به نام کلوب‌ریاضیدانان‌شاددرحدودپانزده نفرعضودارد‌و هفته‌یا دوهفته‌ای یك‌بار، عصرها، تشکیل‌می‌شود. دراین‌کلوبها دانش آموزان‌نحوهٔ خواندن ریاضیات رابه‌طور مستقل و منقدانه زیرنظر و راهنمایی معلمان فرا می‌گیرند . موضوعات ریاضی‌را به زبان ریاضیات مورد بحث قرار می‌دهند و معلومات کلاسی خودرا کامل می‌کنند وبه تدریج به‌وسیلهٔ‌حل مسائل جالب و مشکل رابطهٔ فعالانه‌ای با ریاضیات برقرار می‌سازند . گرچه روش معمولی تـدریس در شوروی تا اندازه‌ای خشك و بر طبق سنت دیرین است ، اما فرضیه‌های جدید آموزشی در کلوبها تأثیر گذاشته ودر آنها ازروشی مبتنی برتبادل‌آزادانه افکار وبحث میان شرکت‌کنندگان پیروی می‌شود .

درمیان سایر فعالیتهای منظم فوق برنامه‌ای دانش‌آموزان شوروی می‌توان از کلاسهای ریاضی شب برای کلیهٔ دانش‌آموزان ونشریه و روزنامهٔ دیواری ریاضیات نام‌برد.

بیشتر از فعالیتهای فوق برنامه و بویژه کار در کلوبهای ریاضی براساس کتابهـای آموزشی متنوع و فراوانی است که‌در دسترس شاگردان ومعلمان قرار دارد. هرچقدر که فعالیتهای فوق‌برنامه‌ای در ریاضیات زیادترشود دامنهٔ تهیهٔ‌موادمکمل آموزش ریاضی نیز وسعت می‌یابد و استقبال جوانان‌شوروی ازآن افزونتر می‌گردد. تیراژ یك ملیونی بعضی از کتابهای علمی عموم‌پسند مؤید این‌نظر می‌باشد.

برای‌معلمان نیزجزواتی دربارهٔ روش طرح‌ریزی وتشکیلات و اداره‌کردن کلوبهای‌ریاضیات وفعالیتهای فوق برنامه از قبیل کلاسهای ریاضیات درشب ، چاپ شده در دسترشان قرارمی‌گیرد. ادارهٔ کل امور اداری مدارس در وزارت فرهنگ جمهوری سوسیالیستی روسیه که‌مرکز پژوهشهای تربیتی در شوروی است، درطرح‌ریزی فعالیتهای فوق بـرنامه تشریك مساعی می‌کند . یکی از اعضای برجسته بخش ریاضیات انستیتوی روشهای تدریس این آکادمی در نشریه‌ای ضمن بیان مقصد و اهمیت کارهـای فوق‌برنامهٔ ریاضی، هدف کارکلوبها راچنین تشریح می‌کند:

۱ـ بالابردن‌معلومات ریاضی‌شاگردان به‌وسیلهٔ مطالعهٔ جدی‌وعمیق دررشته‌های مختلف‌ریاضیات و تاریخ‌آن وهمچنین به‌وسیلهٔ آشنائی بابعضی ازمسائل ریاضیات معاصر و غیره.

۲ـ توسعه‌دادن استعدادهای منطقی وتصور فضائی شاگردان به‌وسیلهٔ حل‌مسائل ومعماهای‌جالب توجه وتجزیه وتحلیل استدلات سفسطی وقضایای ناصحیح وغیره.

۳ـ شناختن وجمع‌کردن گروهی ازشاگردان بااستعداد وهواخواه با حرارت وجدی‌ریاضیات به‌منظورکمك به‌معلم درکارهای روزانه ازقبیل کارکردن باشاگردان کندآموز ، تهیهٔ وسایل‌بصری‌متنوع، رهبری کارهای مربوط به طرحهای بزرگ مانند نوشتن روزنامهٔ دیواری ریاضی درمدرسه وغیره.

٤ـ وبالاخره کشف استعدادهای ریاضی خارق‌العاده و استثنائی ضمن کاردرکلوب .

فعالیتهای این‌کلوبها برای‌کمك به‌دانش‌آموزان جهت‌بسط استعدادهای‌طبیعی وکسب‌مهارتهای لازم برای‌انجام کارهای جدی‌علمی درآتیه می‌باشد.

فعالیتهای خارج ازمدرسه

علاوه‌برفعالیتهای فوق‌برنامه درداخل مدرسه، میان‌تمام‌ادارات ریاضی دانشگاهها، انستیتوهای پلی‌تکنیك و انستیتوهای تربیتی توافق شده است که انجمنهای ریاضی خود را به‌نحوی تشکیل دهند که جلب توجه‌دانش‌آموزان دبیرستانهای اطراف‌خود رانیزبکند.دراین انجمنها مستعمان جوان سخنرانیهای پژوهندگان ریاضیات‌را، از موضوعات‌ابتدائی، نهایت بادیدمترقی‌ترگرفته، تاموضوعات پیچیدهٔ‌ریاضیات مدرن،می‌شنوند . اغلب انجمنهای ریاضیات دارای شعباتی است متشکل ازگروه معدودی از دانش‌آموزان که به‌اتفاق برروی مسائل‌مختلف ریاضی کارمی‌کنند.

مهمترین قسمت از فعالیتهای فوق برنامه‌ای برای دانش‌آموزان دبیرستانها المپیادهای ریاضی است. این مسابقهٔ همگانی حل‌مسائل ریاضی ابتدادر سال ۱۹۳٤ از دانشگاه لنینگراد آغازگشت‌وامروز به‌صورت یکی از فعالیتهای مهم و همگانی فوق برنامه‌ای جوانان شوروی شده است. هرسال در اغلب‌از شهرها و نواحی اتحادشوری و کشورهای دیگرکمونیستی المپیادهای ریاضی تشکیل می‌شود . دامنهٔ این المپیادها به قدری وسعت گرفته که المپیاد ریاضی سراسر روسیه در سال ۱۹٦۱ صدها هزار شرکت کننده داشته و از سال ۱۹۵۹ المپیاد بین‌المللی ریاضیات نیز جهت دانش‌آموزان کشورهای کمونیست اروپایی تشکیل گشته‌است .

هدف المپادهای ریاضی عبارت است از:

۱ـ شناختن شاگردان برجسته در ریاضیات وآسان‌کردن تحصیلات بعدی‌آنان.
۲ـ بالابردن سطح‌معلومات‌ریاضی شاگردان وبه‌طور غیرمستقیم معلمان‌آنها.
۳ـ برانگیختن ذوق‌ریاضیات درجوانان.

زمانی صفات «بااستعداد» یا «صاحب استعداد استثنائی» درنظر متخصصان تعلیم و تربیت‌شوروی که پیرو نظریهٔ تربیتی مارکسیست لنینیست‌در جامعهٔ کمونیست بودند بیگانه جلوه می‌نمود. امادرسالهای اخیر تغییر رویهٔ اساسی دراین خصوص داده‌شده و به‌برقراری مسابقات توجه خاص مبذول گردیده‌است. این تغییر رویه از اعلامیهٔ شرکت‌کنندگان المپیاد ریاضی سراسر شوروی که در سال ۱۹۶۱ در مسکو انجام گرفت به‌خوبی‌نمایان است، آنجاکه می‌گوید : «هدف ما عبارت‌است از آزمایش مجددمعلومات ومهارتهایمان تابهترین شاگردان در ریاضیات تعیین گردند.»

یکی از مقاصد تنظیم این‌مقاله‌آشکارکردن این مطلب است که‌نباید المپیادهای ریاضی راامری بی‌مقدمه ، همچنانکه مسابقات مشابه درآمریکا و ممالك دیگرهست ، دانست. المپیادهای شوروی‌شامل چندمرحلهٔ مقدماتی وآمادگی است ومعمولا به‌صورت ارزش‌یابی از ماحصل‌کارکلوبهاواستماع سخنرانیها وشرکت‌دریك برنامهٔ منظم‌یکساله فعالیتهای فوق برنامه می‌باشد.

ضمن‌آنکه المپیادها دردرجهٔ اول برای‌کشف استعدادهای جوان ریاضی برپا می‌شود ، مقامات شوروی از توجه عموم به‌آن استفاده کرده سعی می‌کنند هرچه ممکن است تعداد بیشتری از شاگردان ومعلمان را مستمراً درآن شرکت دهند تابدین‌وسیله آموزش ریاضیات راتمرکزبخشند و مبنای محکمی برای کار وموفقیت دراین‌نظام به‌وجود آورند .

غرض دیگر از تحریر این مقاله آن‌است‌که نشان داده شود که‌چگونه پژوهندگان طراز اول ریاضیات در شوروی آشکارا دربرنامه‌های تعلیماتی فعالیتهای فوق برنامهٔ‌ریاضی نقش مؤثردارندوچگونه ریاضیدانان آینده، یعنی دانشجویان ادارات ریاضیات دانشگاهها ، به‌نوبهٔ خود درنقشه‌کشیدن وسازمان دادن‌وکارکردن باشاگردان دبستانی ودبیرستانی فعالانه‌شرکت می‌جویند.

ریاضیدان مشهور بین‌المللی، آ.ن. کولموگروف، استاد دانشگاه دولتی مسکو وعضو آکادمی علوم شوروی، یکی از دانشمندانی است‌که به‌طور مستقیم‌وفعال بامسائل تعلیماتی ریاضیات درمتوسط وتوسعه دادن‌استعدادهای ریاضی‌ارتباط دارد. درجزوه‌ای‌که به‌عنوان «دربارهٔ پیشهٔ‌ریاضیدان» برای‌تشویق‌جوانان جهت‌انتخاب رشتهٔ ریاضیات نوشته‌است، راجع‌به‌کلوبها والمپیادها چنین‌می‌گوید:

«درس‌کلاسهای اجباری درروز برپایهٔ تبحریافتن‌همهٔ‌شاگردان‌بنیادگرفته‌است. لکن‌درانجمنهای ریاضیات می‌توان مهارت حل‌کردن مسائل‌مشکلتر ریاضی‌را آزمایش کرد وباروشهای علمی حل‌مسائل پیچیدهٔ ریاضیات وهمچنین‌موارد استعمال ریاضیات درعلوم و تکنولژی آشنایی‌بیشتر پیداکرد.»

«المپیادهاباید به‌عنوان‌آخرین‌مرحلهٔ‌نهایی‌یعنی‌جزئی ازفعالیت‌سالانه، نه‌به‌عنوان‌جشن‌پایان‌کار، درنظر گرفته و اداره‌شوند.»

«المپیادهای ریاضی‌هنگامی موفقیت می‌یابندکه‌فعالیتهای انجمنها به‌خوبی بنیان گرفته‌باشد.»

«گاهی درانجمنها و المپیادها از موضوعات ساختگی و حتی مضحك مسائلی طرح می‌شود. از این‌بابت ، به‌شرط‌آنکه حل‌مسائل انتخاب شده متضمن‌کوششی ذهنی باشدکه برای‌یك ریاضیدان‌مستقل وسازنده وپرکار لازم است، زیانی‌حاصل نمی‌شود.»

در سپتامبر ۱۹۵۹ انستیتوی تربیتی ایوانف یك‌باب مدرسهٔ ریاضی‌برای جوانان تأسیس‌کرده است. این مدرسه شامل‌سه‌کلاس مضاعف ۱۵ نفری است‌که شاگران‌کلاسهای هشتم‌ونهم ودهم مدارس‌روزانه درآن‌شرکت می‌کنند . هرشاگرد باید دوشب درهفته وهرشب‌دردوکلاس شرکت‌کند . برنامهٔ‌این‌کلاسها شامل‌جبر ، هندسه ، مثلثات ، هندسهٔ تحلیلی و محاسبات ریاضی (برای‌سال‌هشتم) ومنطق ریاضی (برای سال دهم) می‌باشد. همچنین دروس تئوری وطرزکار باماشینهای محاسبهٔ الکترونیکی نیزجزء برنامهٔ این کلاسها منظور شده‌است.

برای تعیین کیفیت کار این مدرسه همین بس که گفته شود که منطق ریاضی درسال دهم به‌وسیلهٔ پرفسور ا.ای. مالتف عضو آکادمی علوم شوروی و جبردان برجستهٔ تدریس می‌شود. مطالب درسی در این مدرسه به‌طرز نوینی مورد بحث قرار می‌گیرد و ضمن کار، شاگردان با استعداد در ریاضیات شناخته و تربیت می‌شوند.

کار انستیتوی تربیتی ایوانف نمونهٔ خوبی برای «ادارهٔ مکانیک ـ ریاضی» دانشگاه مسکو قرار گرفت و این اداره با همکاری جامعهٔ ریاضیات مسکو و بخش تعلیم و تربیت ملی شهرداری مسکو در پاییز ۱۹۵۹ پنج دبیرستان شبانه برای ریاضیدانان جوان در ۵ ناحیهٔ مختلف مسکو تأسیس کرد.

برنامهٔ دوسالهٔ این دبیرستانها شامل جبر و هندسه و آنالیز ریاضی می‌باشد. هیئت اداره کنندهٔ این مدارس از ۵ نفر عضو آموزشی دانشگاه مسکو و ۲۰ داوطلب صلاحیتدار و ۲۰ شاگرد سال پنجم و ۱۶ شاگرد سال چهارم رشته ریاضی تشکیل یافته است. از میان ریاضیدانانی که در تدوین برنامهٔ این مدارس و نظارت بر آن مستقیماً دست دارند می‌توان از پروفسور ای.ب. ودین کین، وج.ای. شیلف، وای.م. یاگلوم نام برد.

انجمن ریاضی مدارس در دانشگاه مسکو

برای آشنائی بیشتر با تشکیلات و طرز کار «انجمن ریاضی برای مدارس» در مؤسسات عالی آموزشی و همچنین المپیاد ریاضی، گزارشی از کار انجمن ریاضیات و المپیادهای دانشگاه مسکو که یکی از انجمنهای مهم ریاضیات شوروی در سالهای تحصیلی ۵۶ـ۱۹۵۵ و ۵۷ـ۱۹۵۶ بوده است، داده می‌شود.

انجمن ریاضی مدارس در دانشگاه مسکو از سال ۱۹۳۵ تأسیس گردیده است. اعضای مؤسس این انجمن ۳ نفر از ریاضیدانان مشهور، عضو وابستهٔ آکادمی علوم شوروی، بوده‌اند.

فعالیت انجمن بر دو نوع است: هر پانزده روز یک‌بار در روزهای یکشنبه استادان و سخنرانان دانشگاه مسکو و سایر مؤسسات سخنرانیهایی در موضوعات ریاضی برای کلاسهای هفتم و هشتم و همچنین برای شاگردان کلاس نهم و دهم جدا از هم می‌کنند. و هر یکشنبه شب بخشهای انجمن که به‌وسیلهٔ دانشجویان ادارهٔ مکانیک ریاضی دانشگاه مسکو رهبری می‌شوند تشکیل جلسه می‌دهند.

صدها دانش‌آموز به‌همراهی معلمانشان ماهی دو بار برای شنیدن سخنرانی محققان ریاضیات که شهرت بین‌المللی دارند به دانشگاه مسکو می‌روند. موضوعات سخنرانیهایی که در انجمن ریاضیات مدارس در سالهای ۵۶ـ۱۹۵۵ و ۵۷ـ۱۹۵۶ ایراد شده چنین است:

برای دانش آموزان سالهای هفتم و هشتم (سن بین سیزده تا پانزده سال (درسال تحصیلی ۵۶ ـ ۱۹۵۵:

۱ـ روشهای جمع کردن سریها
۲ـ دربارهٔ ترسیمات هندسی که فقط با پرگار انجام می‌گیرد.
۳ـ ماشینهای محاسبهٔ الکترونیکی.
۴ـ تقارن و حرکت در صفحه.
۵ـ حل مسائل ریاضی، به‌وسیلهٔ روشهای مکانیک.
۶ـ بردارها و موارد استعمال آنها در هندسهٔ مقدماتی.
۷ـ قضایای محاسباتی و مسائل ترسیمی.
۸ـ تعبیر هندسی تساویها و نامساویهای جبری درجهٔ اول.

برای دانش آموزان کلاسهای نهم و دهم (سن بین ۱۵ تا ۱۷ سال) در سال تحصیلی ۵۶ ـ ۱۹۵۵:

۱ـ آنالیز ریاضی
۲ـ مختصات.
۳ـ بینهایتهای مختلف.
۴ـ مساحت اشکال و تئوری مساحت یاب.
۵ـ محاسبات به‌وسیلهٔ ماشینهای الکترونیکی محاسبه.
۶ـ قضیهٔ مربوط به نقاط ثابت.
۷ـ مغزهای الکترونیکی چیست؟

برای دانش آموزان کلاسهای هفتم و هشتم درسال تحصیلی ۵۷ـ۱۹۵۶:

۱ـ بازیهای ریاضی.

۲ـ آیادو، دوتا همیشه چهارتاست؟
۳ـ ترسیمات هندسی که تنها با یك خط کش می‌توان انجام‌داد.
٤ـ منحنیهای مشهور.
٥ـ دربارهٔ هندسهٔ لباچفسکی.
٦ـ مقایسهٔ بینهایتها.
۷ـ تعبیر جبری ترسیمات هندسی.
۸ـ سری فوریه و محاسبهٔ تقریبی اعدادحقیقی به‌وسیلهٔ اعدادگویا.
۹ـ جمع کردن رشته‌ها.
۱۰ـ ماشینهای ریاضی الکترونیکی.

برای شاگردان کلاسهای نهم و دهم درسال تحصیلی ۵۷ـ۱۹۵٦:

۱ـ مرکزضربت.
۲ـ مسائل جبری دربارهٔماکزیمم ومینیمم.
۳ـ ترسیمات هندسی‌به‌کمك پرگار وخط‌کش.
٤ـ گروه‌های تبدیل.
٥ـ هندسهٔ حرکات.
٦ـ طرز ترسیم‌منحنیات.
۷ـ ماشینهای آموزشی.
۸ـ مسائل مربوط به‌بزرگترین وکمترین مقدار.
۹ـ مشتق.
۱۰ـ مجموعه‌های بینهایت.

سخنرانیهای ویژه‌ای که برای دانش‌آموزان با استعداد، به‌وسیلهٔ پژوهندگان به‌نام ریاضیات دانشگاههای مسکو ولنینگراد و غیره در انجمنهای ریاضی مدارس، ایراد شده به‌صورت جزوه‌هایی‌چاپ شده‌است. بعضی از این سخنرانیها بخصوص به‌وسیلهٔ سخنرانان تجدیدنظر شده و بعد به صورت مجلدی ازدورهٔ کتابهای«سخنرانیهایی در ریاضیات برای‌عموم» چاپ گردیده است. این‌دوره ازکتابها در زمرهٔ مهمترین نوشتجات مربوط به‌فعالیت فوق برنامه‌ای ریاضیات به‌حساب می‌آید. ازسال ۱۹۵۰ تـا سال ۱۹٦۱ سی‌وپنج جلد ازاین نوع کتابها به‌چاپ رسیده است. هدف ازانتشار این جزوات از طرفی‌آشنا نمودن خواننده باجنبه‌های مختلف تفکرریاضی‌است وازطرف دیگر مشغول‌کردن اوست به فعالیتهایی‌که موجب‌پرورش عادت به‌انجام کاربه طورمستقل می‌شود.

بعضی از این‌جزوات فصول موجود درکتابهای معمولی درسی را عمیقتر و باروش دقیقتر مورد بحث قرار داده‌اند. وبعضی دیگر حاوی قسمتی ازمطالب مهم‌ریاضیات نوین‌به‌سبك مقدماتی می‌باشند. به هرحال هریك‌ازجزوات مستقل‌است ومقدمه یادنبالهٔ جزوهٔ دیگرنیست.

این‌جزوات به‌مقیاس وسیعی درکلوبهای‌ریاضیات سراسرشوروی وسایرکشورهای کمونیست(که به‌زبان محلیشان ترجمه شده است) توسط دانش‌آموزان کلاسهای بالامورد استفاده قرارمی‌گیرد.

درآمریکا، «کمیتهٔ بررسی نوشتجات ریاضی ممالك شرق اروپا» جهت غنی‌کردن نوشتجات‌فوق برنامه‌ای برای شاگردانی‌که اغلب معلوماتشان محدودبه ریاضیات مدرسه‌ای است‌شانزده‌جلد ازجزوات فوق‌الذکر را انتخاب‌وآن‌را ترجمه‌کرده و تطبیق داده است. این‌جزوات، مانندشوروی، برای‌دسته‌های مختلف خواننده تهیه‌گردیده وممکن است که مورد استفادهٔ دانش‌آموزان دبیرستانها، معلمان ریاضی‌که دورهٔ کارآموزی می‌گذرانند، دانشجویان دانشکده‌ها، دانشسراهای عالی، استادان دانشگاه قرارگیرد. همچنان‌این‌جزوه رامی‌توان به‌عنوان مطالب تکمیلی برای توسعه وپیشرفت فکرریاضی خواننده‌به‌کاربرد.

بخشهای انجمن ریاضی مدارس

هریکشنبه‌عصر بخشهای انجمن ریاضی مدارس در دانشگاه مسکو که تحت نظارت دانشجویان ادارهٔ مکانیك ریاضیات اداره می‌شود تشکیل جلسه‌می‌دهد. درآغاز کار، استادان دانشگاه رهبری‌جلسات را به‌عهده‌داشتند؛اما اکنون، همان‌طورکه‌اشاره شد، رهبری‌جلسات به‌عهدهٔ دانشجویان ادارهٔ «مکانیك ـ ریاضیات» دانشگاه‌مسکواست.

درگذشته هربخشی مخصوص یکی از موضوعات ریاضی بوده است. مثلا یك بخش مخصوص جبر وبخش دیگرویژهٔ هندسه ودیگری نظریهٔ اعداد وغیره، اما اخیراً بخشها جنبهٔ عمومی یافته‌اند و مطالب متنوع از رشته‌های مختلف ریاضیات درآنها مورد بحث‌قرار می‌گیرد. درسال تحصیلی ۵۷-۱۹۵۶ فقط سه‌بخش ویژه برای دانش‌آموزان سال‌دهم وجود داشته است که دوبخش آن مخصوص ریاضیات محاسبه‌ای و بخش سوم مخصوص « ریاضیات بدون محاسبه » (توپولژی ، اشکال محدب ، چهار وجهیها و غیره) بوده است .

درسال ۵۶-۱۹۵۵ روی هم سیزده‌بخش درانجمن ریاضی مدارس دانشگاه مسکو وجود داشته است (۵بخش‌برای شاگردان سال‌دهم ؛ ٤بخش برای شاگردان سال نهم ؛ ۳بخش برای شاگردان سال هشتم؛ ویك بخش برای‌شاگردان سال‌هفتم) وبالغ‌بر ۶۰دانشجو در ادارهٔ آنهاشرکت‌داشته‌اند.

غرض‌اصلی از فعالیت این بخشها، بیشتر مربوط به‌انجام عملیات ریاضی است نه‌دادن اطلاعات تازه به شرکت کنندگان. به‌این لحاظ وبادرنظرداشتن ایـن‌مقصود ، در ابتدای جلسات، راهنمای جلسه تعاریف اساسی راضمن مثالهای واضح بیان می‌کند و بلافاصله موضوع مـوردنظر را مطرح می‌سازد و بعد مسائلی برای حل‌کردن می‌دهد و۵یا۱۰ دقیقه برای حل هر مسئله معین می‌کند. پس‌از اتمام وقت،راه حل‌مسائل ، مورد بحث وتجزیه وتحلیل قرار می‌گیرد وسپس موضوع دیگری مطرح‌می‌شود. به‌این‌ترتیب راهنمایان مطالب نظری را ضمن مسائل تعلیم مـی‌دهند درپایان هرجلسه ودرآغاز جلسهٔ‌بعد وقت‌معینی برای مسائلی‌که درخانه‌حل‌شده است، اختصاص می‌یابد.

یکی‌ازنتایج مستقیم فعالیت‌بخشهای انجمن ریاضیات»به‌وجود آمدن یك دورهٔ کتاب‌متحدالشکل به‌عنوان «کتابخانهٔ انجمن ریاضیات» می‌باشد. درکتابهای این‌دوره مطالب بحث شده در بخشها به‌تفصیل واستادانه نوشته شده است. شیوهٔ نگارش این‌کتابها همان شیوهٔ تدریس در بخشها است ، به این معنی‌که پس از مقدمه‌ای بسیار مختصر تعاریف اصلی‌شرح داده شده وبعد به‌صورت مسائل مطرح گردیده وضمن حل‌آنها مستنبط قضیه‌کشف‌گشته و تمرینهای متنوع و متعددی به‌دنبال آن آمده‌است.

هدف از به‌کاربردن این روش آن‌نیست‌که توجه خواننده منحصراً به نتیجهٔ نظریهٔ جدیدی که مطرح شده است معطوف گردد ، بلکه آن‌است‌که به رغم یك‌نواختیی که‌دربیان معمولی‌ریاضیات‌هست وی رابه‌انجام‌کاری مستقل وابتکاری تشجیع نماید. این‌کتابها‌به‌این‌منظور تألیف شده که‌درخوانند،مهارتهایی که‌لازمهٔ‌کار تولیدی است به‌وجود آید. مطالبی‌که برای تکلیف شاگرد درآنها جمع‌آوری شده به نحوی است‌که اورا بیشتر از نتایج به‌دست‌آمده مجبور به‌دقت در روشهای به‌کار رفته می‌کند.فکر اساسیی که سبب‌تهیه وتدوین این‌کتابها گشته آن بوده است‌که درك واقعی ریاضیات زمانی حاصل‌می‌شود که شخص مستقلا قادربه‌پاسخ‌دادن سؤالات ریاضی گردد ؛ وهرمسئله و مجموعهٔ مسائلی‌که مستقلا حل شود گنجینهٔ روشهایی راکه در دسترس خواننده‌است غنی‌تر می‌سازد. حتی وقتی‌راکه خواننده برای فکرکردن‌ویافتن راه‌حل مسئله‌ای‌صرف‌می‌کند، ولوموفقیتی به‌دست نیاورد، هدرنداده است ، چه‌درصدد فهم‌علل‌عدم‌موفقیت خود برمی‌آید و در نتیجه توانایی این را خواهد یافت که استدلال مربوط به روش مخصوص آن مسئله را تشخیص دهد .

علاوه بربخشهایی که در دانشگاه فعالیت دارند ، در سال ۵۷-۱۹۵۶ پانزده انجمن به وسیلهٔ دانشگاه در دبیرستانهای نواحی مسکو تشکیل یافته است. وبرحسب تقاضای دبیرستانها دانشجویان‌رشتهٔ مکانیك- ریاضیات دانشگاه مسکوسخنرانیهای فراوانی درآن انجمنها ایراد وجلسات رارهبری‌کرده‌اند. عناوین سخنرانیهایی که درآن سال‌ایرادگشته چنین بوده است:

چگونه علم، پدیده‌های اتفاقی را بررسی‌می‌کند.
تئوری اعداد صحیح.
هندسهٔ‌لباچفسکی.
سریعتر از فکر(دربارهٔ ماشینهای محاسبهٔ الکترونیکی).
زنان ریاضیدان .
دربارهٔ شغل ریاضیدان.
ادارهٔ مکانیك-ریاضیات(دردانشگاه مسکو).
تاریخ حل معادلات.

المپیادهای ریاضی مسکو

فعالیتهای انجمن ریاضی مدارس منتج به تشکیل المپیاد سالانهٔ ریاضی برای دانش آموزان دبیرستانها می گردد. این المپیاد سالانه ازسال ۱۹۳۵ تاکنون ، به استثنای سه سال جنگ دوم جهانی (سالهای ۴۴-۱۹۴۲) بطور مستمر برپا بوده است . المپیادها باهمکاری مشترك ادارهٔ مکانیك ـ ریاضیات دانشگاه مسکو و جامعهٔ ریاضیات مسکو و بخش شهری تعلیم و تربیت ملی مسکو برپا می گردد. مسئول اداره و تشکیلات المپیادها کمیته‌ای متشکل ازچهارده عضو به ریاست پرفسور ای. ب. دین کین است که تشریك مساعی فوق العاده‌ای با معلمان ریاضیات مسکو و بخش مدارس متوسطه جامعهٔ ریاضیات مسکو دارد .

دردی یا بهمن هرسال قریب ۴ تا ۵ هزار نسخه از «مجموعهٔ مسائل نمونه» برای شرکت کنندگان المپیاد آن سال مسکو منتشر می گردد. دراین مجموعه، مسائلی از المپیادهای قبل و مسائلی که درهمان سال در جلسات انجمن مدارس مطرح شده جمع آوری گردیده است . این مجموعه را بین دانش آموزانی که در جلسات انجمن و سخنرانیهای آن شرکت کرده‌اند وهمچنین معلمان ریاضی به رایگان توزیع می کنند. مسائل این مجموعه در جلسات آخر بخشهای ریاضی یادرجلسات مشورتی مخصوصی که ماههای فروردین واردیبهشت برای شرکت کنندگان المپیاد تشکیل می‌شود مورد تجزیه وتحلیل قرار می گیرد. درفروردین ماه معمولا جلسه‌ای از معلمان ریاضی مدارس مسکو تشکیل می‌شود تادربارهٔ کارانجمن ریاضی مدارس و همچنین مقدمات المپیاد شور گردد.

دانشجویان وابسته به ادارهٔ مکانیك ـ ریاضیات دانشگاه مسکو، آنها که در بخشهای انجمن مدارس کار کرده‌اند ، مسئول مستقیم تهیهٔ مقدمات واداره کردن المپیادها ، زیر نظر کمیتهٔ المپیادها می باشند.

المپیادهای مسکو دومرحله دارد. دانش آموزانی در مرحلهٔ دوم پذیرفته می‌شوند که درمرحلهٔ اول موفق شده باشند. آنها که درمرحلهٔ اول شرکت نکرده یاموفق نشده‌اند به ندرت براثر تقاضا یادادخواهی معلمانشان در مرحلهٔ دوم پذیرفته می‌شوند.

تصحیح و نمره گذاری اوراق شرکت کنندگان بوسیلهٔ کمیسیونهای مخصوص مربوط به هر کلاس انجام می گیرد. برای اطمینان ازیکنواخت بودن روش تصحیح و نمره‌دادن، هریك ازاعضای کمیسیون مأمور خواندن فقط یکی ازمسائل ورقه ها می گردد.

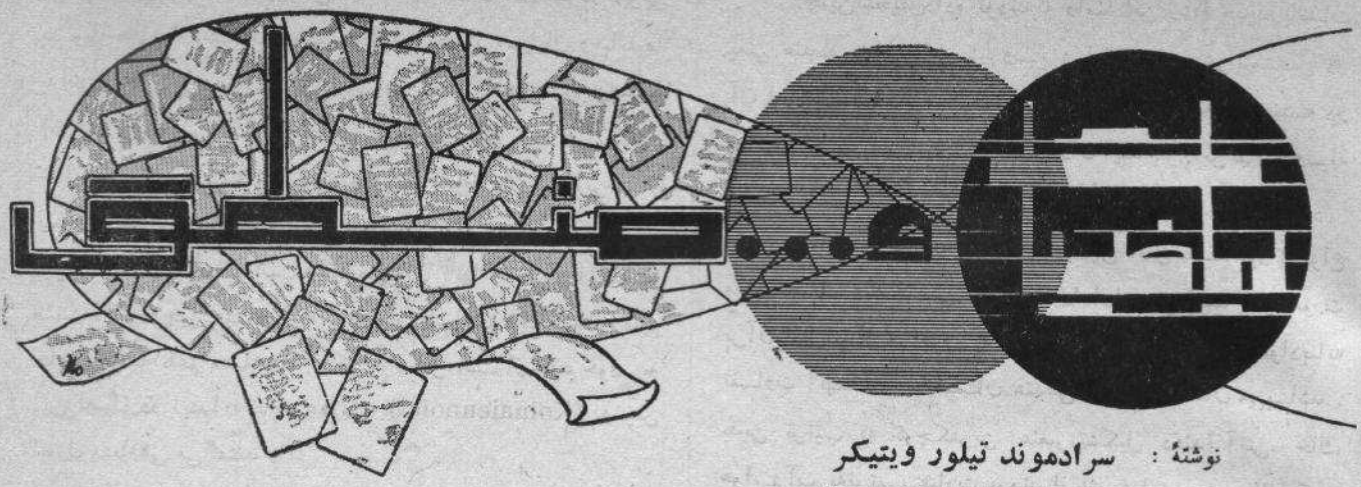
نتایج کار کمیسیونهای تصحیح اوراق به کمیتهٔ المپیاد گزارش می‌شود. ورقه‌های شرکت کنندگانی که نامزد دریافت جایزه در مرحلهٔ دوم گشته‌اند بوسیلهٔ اعضای کمیته خوانده می‌شود. همچنین دربارهٔ قبول یاعدم قبول بعضی ازراه حلهای مخصوص وتردید پذیراعضاء کمیته تصمیم می گیرند.

پس از هرمرحله در جلسه‌ای مرکب از شرکت کنندگان ، مسائل المپیاد و راه حلهای صحیح آن مورد بحث قرار می گیرد. استادان و سخنرانان ادارهٔ مکانیك ـ ریاضیات دانشگاه مسکو معمولا در جلسهٔ بحث مرحلهٔ دوم شرکت می کنند . در جشن پایان کار المپیاد که درآن جوایز وگواهینامه های لیاقت به برندگان اهدا می‌شود، نماینده‌های جامعهٔ ریاضیات مسکو و مقامات مسئول تعلیم و تربیت نیز شرکت دارند. به مدارسی که شرکت کنندهٔ بیشتری معرفی کرده‌اند و همچنین به معلمانی که شاگردانشان ازبرندگان المپیاد بوده‌اند نیز گواهی لیاقت داده می‌شود.

***

این بود ترجمهٔ مقاله‌ای که درابتدای مقال به آن اشاره کردیم. تصور نمی کنید که اگر ماهم چنین کوشش وسیع و همه‌جانبه‌ای را آغاز کنیم به طورقطع دانشمندان طراز نوینی به جهان بشریت تقدیم خواهیم کرد؟

جهانگیر شمس آوری



نوشتهٔ : سرادموند تیلور ویتیکر

Sir Edmund Taylor Whittaker

یکی‌از مشهورترین ریاضیدانان معاصر انگلستان

ترجمهٔ : **جهانگیر شمس آوری**

نخستین ریاضیدانان

دراین مقاله ریاضیات به‌عنوان نوعی علم مورد توجه قرار گرفته است. ولی با بررسی ماهیت یك‌قضیه معمولی ریاضیات به این حقیقت واقف خواهیم‌شد که اختلاف فاحشی میان ریاضیات و سایر رشته‌های شناخته شدهٔ علوم وجود دارد. به‌طور مثال به‌این مطلب که به‌وسیلهٔ **ادوارد وارینگ** (Edward Waring) از دانشگاه کمبریج درقرن هیجدهم اعلام شده است توجه کنید:

«هرعدد صحیح مثبت رامی‌توان به‌صورت حداکثر مجموع نه‌مکعب نوشت». این مطلب وقتی‌که عرضه شد در حقیقت چیزی جزیك حدس، مبتنی برمشاهدهٔ تعداد زیادی حالات ویژه، نبود. واضح است‌که مشاهدهٔ تنهارا نمی‌توان دلیلی بردرستی مطلب در حالت‌کلی دانست، به‌همین‌دلیل تایك‌قرن بعدکه اثباتی محکم‌برای این قضیه یافته نشده بود، آن را جزء قضایای ثابت شده به‌حساب نمی‌آوردند. اجازه بدهید ببینیم که‌چگونه اندیشهٔ علمی‌که متکی به استدلال منطقی باشد به‌وجود آمد.

تاریخدانان عموماً متفق‌القولند کـه این جنبش به وسیلهٔ فلاسفهٔ قرون ششم وپنجم قبل از میلادمسیح آغاز گشته است.قبل از این زمان هنر محاسبه و اندازه‌گیری، توسعهٔ قابل ملاحظه‌ای در میان بابلیها و مصریها کرده بود وآنها را قادر ساخته بودکه به‌پاسخ بسیاری از مسائل عددی، که حل آنها خارج از توانایی اغلب از محصلان امروزی مدارس است، دست‌یابند؛ ولی‌جریانی که‌مشخص ریاضیات به‌آن شکلی‌است که مامی‌شناسیم، یعنی‌اثبات قضایا، به‌وسیلهٔ یونانیان به‌وجود آمد.

گزارشاتی‌که از آن تـاریخ به مارسیده بسیار ناقص است وزمان تحریرشان به‌طورکلی چندقرن پس ازحوادثی است که‌شرح آنهارا می‌دهند. بااین همه شك نمی‌توان داشت که این جنبش در حاشیهٔ محل استقرار یونانیان درطول آسیای صغیرکه درتماس با تمدنهای قدیمتر شرق بوده و افراد آن بـه‌حال صلح و کامرانی می‌زیسته‌اند آغاز شده است. اصل جدیدی که بـه عنوان هستهٔ مرکزی فلسفهٔ‌آنان به‌کار می‌رفته اعتقاد به این‌بوده‌که دنیاصاحب یك وحدت است؛ در جامعه‌ای مبنی برشرك آنان ذاتا یکتاپرست بودند وچنین می‌انگاشتند که‌علم ازیك قالب‌است. نخستین‌فردی ازآنهاکه نامش‌به‌مارسیده‌است **تالس‌ملطی** است (ق.م٦٤٠?ـ٥٤٦)

که تصورمی‌کردتمام چیزها ذات مشترك دارند و همه‌صورت تغییر شکل‌یافته آب‌می‌باشند. پس ازاو، **انکسیمندروس**، دومین‌شخصیت این مکتب، بااظهار این‌که جوهری ابتدایی و بی‌شکل است‌که در همه‌جا هست وهمهٔ چیزها ازآن‌ساخته‌شده است، امکانات وسیعتری را گشود.

به‌تالس‌کشف این قضیهٔ ریاضی را که «زاویهٔ محاط دریك نیمدایره قائمه است» نسبت‌می‌دهند. این مطلب نهاداً باآن‌حقایق هندسی که برمصریان قدیم معلوم و مربوط به مساحات بوده است تفاوت دارد. به‌نظر می‌رسد که تالس نخستین متفکری بوده کـه خطوط و منحنیها را (که مجرداتند) اساس قرار داده است. بـه اقـرب احتمال، قضیه برای او حقیقت ساده‌ای از مشاهده بـوده است. وی با ترسیمات تزیینی بردیوار که مستطیلهایی محاط در دایره می‌بودند آشنابوده است. می‌دانسته است‌که قطریك مستطیل درعین‌حال قطردایرهٔ محاطی آن‌نیز هست و بنابراین زاویهٔ قائمهٔ متشکل از دوضلع مستطیل، زاویهٔ مقابل.به‌قطر، یعنی زاویهٔ‌محاط در نیمدایره است.

مقام منطق در هندسه

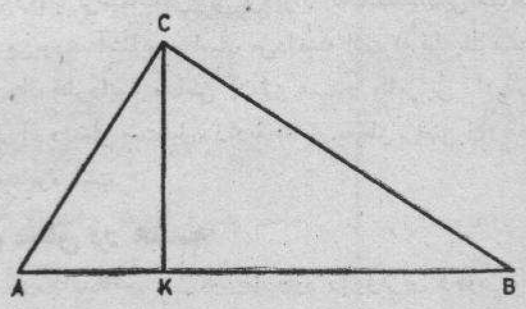
پیروان تالس اصل فیزیك خود را برفرض وجود عنصری واحد و جاودانی که قابل تغییر شکل است بنانهادند. دانش ـ

بسیاری دربارهٔ روابط فیزیکی اشیا باهم ، ورای اطلاعات تجربی مربوط به اندازه‌گیری، نداشتند . واین هم از مصریان و بابلیها به‌آنان به‌ارث رسیده‌بود . یونانیان نسل بعد، به‌هرحال این‌هندسهٔ ابتدایی را به‌علمی مستقل تبدیل کردند . علمی که درآن تمام خواص اشکال نظیر قائمه بودن زاویهٔ محاط در نیمدایره ، از تعدادی اصول نتیجه‌گیری منطقی می‌شد. تصور می‌کردند که‌درستی این اصول از بدیهیات است ولذا می‌توان آنها را فرض انگاشت. مانند اگر دوچیز متساوی را به‌دوچیز متساوی دیگر علاوه‌کنیم حاصل‌جمعها باهم متساویند؛ یا کل بزرگتر است از جزء خود. به این اصول در ابتدا «عقاید عمومی» (Koinaiennoiai) وسپس اصول متعارفی می‌گفتند .

این‌هندسهٔ منطقی به‌وسیلهٔ فلاسفهٔ آسیای صغیر که کمی‌پس ازسقوط ملط ، در ٤٩٤ قبل از میلاد ، از صحنهٔ تاریخ خارج شدند کشف نشد ، بلکه به‌وسیلهٔ افراد مکتب دیگری که از ناحیهٔ دیگر قلمرو یونان ، جنوب ایتالیا ، ظهورکرده بودند و به‌نام‌بانی آن مکتب . فیثاغورث ، به فیثاغورثیان معروف بودند به وجود آمد (ق.م٥٠٧ــ؟٥٨٢). قضیهٔ مشهور، که در مثلث قائم‌الزاویه مربع وتر برابر است با مجموع‌مربعهای دو ضلع دیگر، با آنکه بابلیها روشهایی برای به‌دست آوردن طول‌وتر مثلث‌قائم‌الزاویه می‌دانستند که مؤید دانش‌آنها براین خاصیت مثلث قائم‌الزاویه است ، به‌حق به‌نام فیثاغورث خوانده می‌شود . شاید به‌نظر عجیب باشدکه قضیه‌ای که اثباتش (آن‌طور که درکتابهای درسی‌امروزی هست) نسبتا مشکل است، چگونه در مراحل بدوی رشد هندسه دانسته شده است . ولی باید توضیح‌داده شود که فیثاغورث فکر تشابه اشکال را از سازندگان اهرام مصرالهام گرفته بود وبا به کارگرفتن این فکراثبات قضیهٔ فیثاغورث فوق‌العاده آسان‌می‌شود.

اگر در مثلث ABC زاویهٔ C قائمه و CK عمود برAB باشد، خواهیم داشت که مثلث ABC مجموع دومثلث ACK و CKB است.اما این‌سه‌مثلث متشابهند ورابطهٔ بین‌مساحات آنها همان رابطهٔ بین مساحات اشکال متشابه‌دیگری است که برضلعهای‌متناظر آنها بناشود، به‌ویژه‌اگراین شکلها مربعهایی باشد که برروی‌آن اضلاع بناشود. بنابراین بلادرنگ خواهیم داشت :

$$AC^2+CB^2=AB^2$$



چنین‌تشخیص‌داده بودندکه دامنهٔ این رشتهٔ جدیدریاضیات یعنی هندسهٔ منطقی ، بسیار وسیع و امکان پیشروی نامشخص در آن فراهم است، ولی‌عملا همهٔ‌آنچه را که اکنون به نام هندسه در مدارس تدریس می‌کنیم در همان اوان پیدایش این‌علم به وسیلهٔ فیثاغورثیان کشف‌گردید.

همان‌طورکه دیدید ، طالس به‌این اصل معتقد بودکه‌انواع مواد مختلف همه قسمتی از یك مادهٔ اولیه می‌باشند فیثاغورث برآن،اصل دیگری افزودکه تفاوت میان انواع مختلف موادبنابه تفاوت آنها در ساختمان هندسی یا شکلشان می‌باشد . بدین ترتیب که کوچکترین عنصر تشکیل دهندهٔ آتش، خاك، هوا، وآب به‌ترتیب عبارت بودند ازیك چهاروجهی ، یك مکعب یك هشت وجهی و یك بیست وجهی . این اعتقاد موجب تحقیقات دامنه‌داری‌دربارهٔ نظریهٔ اجسام فضایی منتظم گشت که‌درکتاب‌بزرگ آن‌عصر، تحریرات اقلیدس، آمده است.

کشف اعداد اصم

فیثاغورثیان اعتقاد داشتندکه برای‌آنکه جهان را بتوان توصیف‌کرد، اصول وحدت، قابل توضیح به‌وسیلهٔ اعداد استوسعی می‌کردند که موجودات هندسی را نیز به‌عدد مربوط سازند. نقطهٔ هندسی را در هندسه شبیه واحددراعداد به‌شمار می‌آوردند،نهایت واحدی که‌مکان نیزدارد (به‌گفتهٔ‌آنان). تفاوت نقطه وواحداعداد تنها این است‌که نقطه صاحب یك‌مشخصهٔ اضافه است و آن مکان است. خطی‌که طول‌آن دو برابرطول خطی‌دیگر باشد، تعدادنقاطش نیزدوبرابر تعداد نقاط آن خطاست. فضارا متشکل ازنقاط‌مستقل نامرئی و زمان را متشکل از آنات جدا می دانستند . بنابراین وقتی که یونانیان از عدد صحبت می‌کردند منظورشان همیشه عددصحیح‌می‌بود. بدین‌ترتیب ناچاربایدقبول‌می‌کردندکه‌همهٔ کمیتها شمارش‌پذیرند. تصادفاًاین نظربا کشفی که‌شخص‌فیثاغورث‌کرده بود تأییدگشت. این‌کشف این‌بودکه‌هرگاه‌تاری‌مرتعش‌یك‌نت‌موسیقی ایجادکند، چنانچه طول‌آن را نصف‌کنیم نتی‌که یك‌اکتا و بالاتر است به‌دست‌می‌آید وباکم‌کردن طول تاربه$\frac{2}{3}$طول اولیه نتی به‌دست می‌آیدکه در فاصلهٔ$\frac{1}{5}$ بالاتر از آن‌است. بنابراین معتقد شدند که ساختمان جهان به قسمی است که قابل توضیح با روابط اعداد است .

در اجرای برنامهٔ خود براین اساس، فیثاغورثیان بااشکال مواجه شدند. مثلا بااین مسئله مواجه شده بودند که نسبت تعداد نقاط یك‌ضلع مربع به‌تعداد نقاط قطرآن چیست ؛

فرض‌کنیم که این نسبت m،n باشد که درآن n و m اعداد

صحیحند ومقسوم‌علیه مشترك ندارند.

بنابراین چون مجذور قطر، بنابه قضیهٔ فیثاغورث ، برابر است بادوبرابر مجذور یك ضلع، خواهیم داشت : $n^2=2m^2$.
ازاین تساوی نتیجه می‌شود که n عددی‌است زوج، بگیریمnبرابر $2p$ ، که p عددی است صحیح ، لذا خواهیم داشت : $m^2=2p^2$
و از آنجا باز نتیجه می‌شود که m عددی است زوج .
یعنی بالمال nوm دارای مقسوم‌علیه مشترك می‌شوند واین خلاف فرضی است که‌کرده بودیم . بدین‌ترتیب معلوم می‌شود که نسبت تعداد نقاط ضلع‌مربع به‌تعداد نقاط قطرآن را نمی‌توان به صورت کسری‌که صورت ومخرج‌آن اعداد صحیح‌باشند نمایش‌داد؛ بدین‌ترتیب، به‌کشف اعداد اصم‌نایل شده‌ایم.

چون چنین‌کسرهایی در هندسه وجود دارند و در حساب اعداد صحیح وجود ندارند،فیثاغورثیان نتیجه گرفتند که‌کمیتهای متصل را نمی‌توان متشکل از واحدهایی که از نوع‌خود آنهاست دانست، یابه‌بیان دیگر، هندسه علمی عمومیتر ازحساب است.

پارادوکسهای[1] زنون

اشکال منطقی زاییدهٔ کشف اعداد اصم که به وسیلهٔ فلاسفهٔ قرن پنجم قبل از میلاد مسیح برای فهمیدن بعضی اندیشه های اساسی ریاضیات به‌کار می‌رفت به زودی به وسیلهٔ دیگران تکمیل گردید .

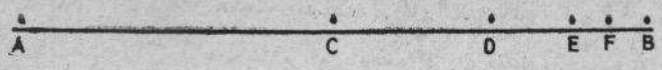
فرض کنید که توپی به‌تواتر زمین می‌خورد و به هوا پس می‌جهد. مدتی که هربار در هوا هست نصف مدتی است‌که در مرتبهٔ قبل در هوا بوده . آیااین توپ هرگز به حال سکون در خواهدآمد؟

چنانچه مدت‌نخستین‌بار راکه درهوا بوده است ۱ بگیریم، مدت زمان دفعات بعد به‌ترتیب عبارتند از: $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{8}$ ....و غیره ؛ ومجموع این زمانها می‌شود :

$$1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\dots$$

اکنون اجازه بدهید که این زمانها را به وسیلهٔ یك خط نمایش بدهیم :

اگرC نقطهٔ وسط‌پاره‌خط AB باشد و D نقطهٔ وسط CBو E نقطهٔ وسط DBوF نقطهٔ وسط EB وغیره باشد وAC رابرابر۱ بگیریم ، خواهیم داشت :



$$CD=\frac{1}{2} \quad و \quad DE=\frac{1}{4} \quad و \quad EF=\frac{1}{8} \quad و \dots$$

وطول‌تمام پاره‌خط AB عبارت‌است از :

$$1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\dots$$

اماطول تمام پاره‌خط AB برابر ۲است ، بنابراین بعداز زمان ۲، پس جهیدن توپ تمام می‌شود، یعنی به حال سکون در می‌آید. واین واقعیتی است‌که فهم آن در نظر اول مشکل است ، چه گفته‌ایم هر وقت کـه توپ به زمین می‌خورد دوبـاره به هوا پس‌می‌جهد.

پارادوکس معروفی‌راکه به‌زنون(ق.م۴۳۵ـ؟۴۹۰) نسبت می‌دهند مربوط به‌مسابقهٔ بین اخیلس[2] ولاك‌پشت است. لاك‌پشت با سرعتی (بگیریم) برابر یکدهم سرعت اخیلس می‌دود، و اخیلس پس‌از آنکه لاك‌پشت مسافتی‌را پیمود (بگیریم۱۰۰متر) به‌دویدن آغاز می‌کند. زمانی که اخیلس این۱۰۰متررا بپیماید، لاك‌پشت ۱۰متر پیموده است وزمانی که اخیلس این ۱۰ متر را بپیماید لاك‌پشت ۱ متر دیگر پیموده است و هکذا الی غیرالنهایه . یعنی اخیلس تندپا هرگز به‌لاك‌پشت نخواهد رسید. واضح است که این نتیجه برخلاف‌درك عمومی است . اما اگر اخیلس را موظف‌کرده بودیم هر لحظه که به مکانی می‌رسد که آن مکان قبلا به وسیلهٔ لاك‌پشت اشغال شده است زنگی را به‌صدا درآورد ، زمان‌لازم‌برای انجام‌این وظیفه، درحقیقت، نامحدود می‌بود. راز این‌مشکل‌دراین این است که مقدار محدودی ازمکان می‌تواند به‌تعداد نامحدودی ازفواصل تقسیم شودواگر بخواهیم که‌به آن فواصل تك‌تك‌مراجعه کنیم ، زمان‌لازم برای این‌مراجعه نامحدود خواهدگشت.

پیدایش هندسهٔ فضایی در مکتب اتمی

درحدود اواخر قرن پنجم قبل‌از میلاد، بعضی فلاسفه کـه مشهورترین آنها **ذیمقراطیس** بود،وجود فضای تهی‌را قبول‌کردند (که‌مورد افکار مکتبی بودکه زنون بـه آن تعلق داشت) و تصور می‌کردند که‌دنیای فیزیکی‌مرکب از تعداد نامحدودی ذرات‌صلب نـامرئی است (اتمها) که درآن فضای خالی در حرکتند . تمـام اجسام محسوس متشکل ازگروهی از این اتمها است. این اندیشه را برای محاسبهٔ حجم‌یك مخروط یاهرم به‌کارگرفتند . هرم‌راچون انبوهی ساچمه‌های ریز که برلایه‌هایی موازی بـاقاعدهٔ آن قرار

۱ــ به‌هرچیزی که ظاهراً غلط ولی درحقیقت درست است یا چیزی که ظاهراً صحیح ولی در حقیقت غلط است یا در خود تناقضی دارد پارادوکس می‌گویند.

۲ــ Achilles شخصیت افسانه‌ای یونان‌که به شجاعت وسرعت سیر معروف است .

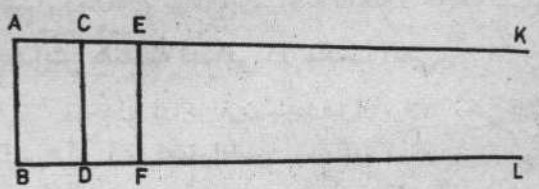
گرفته‌اند پنداشتند. مقدار ساچمه‌ها در هرلایه متناسب می‌بود با مساحت آن لایه و همچنین متناسب می‌بود با مجذور فاصلهٔ آن لایه از رأس هرم. بنا بر این‌با جمع کردن مقدارساچمه های لایه‌ها، کشف کردندکه حجم مخروط یا هرم ثلث حجم منشوری است‌که به همان ارتفاع وهمان قاعده باشد.

اصل توازی

هنگامی‌که فلاسفهٔ یونان ریاضیات را بر اصول بنا کردند، معتقد بودند کـه این اصول مطالب بدیهی استو می‌توان بدون استدلال آنها را قبول‌کرد. بعدها معلوم شدکه یکی ازاین اصول، که‌آنها به‌کارمی‌بردند، کاملا بدیهی نیست. در حدود بیست قرن برای نتیجه‌گرفتن این اصل ازسایراصول، یعنی ثابت‌کردن آن، تلاش شده است. این اصل به اصل توازی معروف است واقلیدس آن را چنین بیان‌کرده است: اگرخط موربی دوخط دیگر راقطع کند و مجموع زوایای داخل آن دو خط ویك طرف خط مورب از دوقائمه‌کمتر باشد، آن دوخط، چنانچه امتدادشان بدهیم، در طرفی که مجموع زوایا از دو قائمه کمتر است یکدیگر را قطع می‌کنند.

به ظاهر خود اقلیدس نیزدربارهٔ این اصل تردیدی داشته است، چه از به‌کاربردن‌آن در ۲۸ قضیهٔ اول اجتناب‌کرده است. ولی وقتی به مطالعهٔ خطوط متوازی رسیده متوجه شده است‌که نمی‌توان نظریهٔ خطوط متوازی را بدون قبول این اصل یا اصلی معادل‌آن بنا ساخت.

یونانیان‌گرچه درواقع‌درصحت اصل توازی شك نداشتند، ولی بحثهایی در بارهٔ عدم اثبات آن، از این‌گونه، می‌کردند: فرض‌کنیدکه AB دوخط AK و BL راقطع‌کرده‌ومجموع زوایای KAB و LBA از دوقائمه‌کمتر است.



در روی AK، AC رابه‌اندازهٔ نصف AB و در روی BL، BD رابه‌اندازهٔ نصف AB جدا می‌کنیم. بنابراین دوخط AK و BL نمی‌توانند یکدیگر را درچپ خط CD قطع‌کنند، چه در این صورت مثلثی به وجود می‌آیدکه مجموع دوضلع‌آن از ضلع سوم‌کوچکتراست. اکنون ما دو خط CK و DL را داریم که خط CD آنها را قطع‌کرده ومجموع زوایای داخلی بین این دو خط و در یك طرف CD از دو قائمه کمتر است. بنابراین می‌توانیم بحث قبل را به‌همان ترتیب تکرارکنیم و نتیجه بگیریم که نقطهٔ برخورد دوخط نمی‌تواند در طرف چپ خط EF باشد. واگر بحث را به همین ترتیب ادامه دهیم، نتیجه می‌شود که دو خط AK و BL هرگز یکدیگر را قطع نخواهند کرد. اشتباه این بحث ازهمان نوع اشتباه پارادوکس اخیلس ولاك‌پشت است. به این معنی کـه با این روش، فاصلهٔ میان نقطهٔ A و نقطهٔ برخورد به تعداد نامحدودی قطعات منقسم‌گشته است؛ واگرعمل به وجودآمدن این‌قطعات را یك به یك وبه‌ترتیب درنظربگیریم، هرگز به پایان عمل نخواهیم رسید.

اصلهای بسیاری، در زمانهای متفاوت، برای جانشینی اصل توازی پیشنهاد شده است‌که هر یك را می‌توان به جای آن پذیرفت و منطقاً نظریهٔ خطوط متوازی را ساخت. یکی از این اصلها قبول وجود مثلثهای متفاوت‌المساحت ومتشابه است؛ اصل دیگر قبول‌آن است‌که دوخط متقاطع نمی‌توانند هردو متوازی با خـط دیگری باشند. درستی هر یـك از این دو اصل به نظر واضحتر از اصلی است‌که اقلیدس خود عنوان‌کرده است. باری، در اوایل قرن هیجدهم درایتالیا، یکی از افراد فرقهٔ ژزوئیت، موسوم به **ساکری** (Saccheri) (۱۶۶۷-۱۷۳۳) فـکر تازه‌ای برای اثبات اصل توازی‌اقلیدس به‌میان‌آورد. وی درصدد برآمـد نشان دهد که انکار این اصل ما را به قبول چیزهای نامعقول می‌کشاند. ساکری برنامهٔ خود را اجرا کرد ونشان داد که با عدم قبول اصل توازی ممکن است‌که یك دستگاه منطقـی هندسی به وجودآید ولی این هندسه در بسیاری جهات با هندسهٔ مورد قبول عموم مغایراست. مثلا در این هندسه مجموع زوایای یك مثلث برابر دوقائمه نیست. بدین ترتیب وی تصور می‌کرد که به چیزهای نامعقول رسیده است، ولذا اصـل توازی درست است. هرگز به فکروی خطورنکردکه دستگاهی راکه یافته است بـرای تشریح فضای واقعی، می‌توان جانشین هنـدسهٔ اقلیدس دانست.

هندسه فضای نجومی

به هـرحال در قرن نوزدهم، خواص فضایی راکه هندسهٔ اقلیدس، درهمه جا ودرهمه وقت، معرفی می‌کرد مورد شك قرار گرفت. **کلیفورد** (W. K. Clifford) (۱۸۴۵-۱۸۷۹) نوشته است: «هندسه دان امروز دربارهٔ ماهیت واقعی فضای‌موجود در فاصلهٔ بینهایت چیزی نمی‌داند؛ اواطلاعی از این‌که خواص فضای فعلی درگذشته چه بوده است و در آتیه چه خواهد بـود ندارد.»

اجازه بدهید که به این مطلب با فـرض مثلثی در فضای نجومی بنگریم. مثلثی‌فرض‌کنید که‌رأسهای آن، مثلادرخورشیدودوتا ازستاره‌های بعیدالفاصله ازمنظومهٔ شمسی قراردارد و اضلاع آن را مسیرهای شعاع نور بین رئوس مشخص می‌کند. بنـابراین در

هریك ازسه‌رأس زاویه‌ای میان دوخطی که درآن رأس به‌هم‌می‌رسند وجود دارد. آیا دلیلی داریم قبول کنیم که مجموع سه زاویهٔ چنین مثلثی دوقائمه است؟ واضح است که احالهٔ موضوع به محل مشاهده عملی نیست ودلیلی نیزنمی‌توان یافت که مجموع زوایا ناچار باید دوقائمه باشد، چه‌همان طور که ساکری نشان داده است، هندسهٔ اقلیدس لزوم منطقی ندارد. البته هندسهٔ اقلیدس، با تقریب بسیار زیادی، برای مثلثهایی که درفضای محدود خاکی دیده می‌شوند معتبر است، ولی باید اعتراف کرد که برای مثالهای بزرگتر، نه منطق و نه مشاهده مارا به اخذ تصمیم راهنمایی می‌کنند.

بنابراین باید توجه داشته باشیم که ممکن است در مثالهای نجومی‌مجموع‌زوایای مثلث با دوقائمه تفاوت داشته‌باشند. باید تصدیق کنیم که ممکن است که فضای تهی دارای خواصی باشد که دراندازه‌گیری مساحت، طول و نظایر آن تأثیر می‌گذارد. امکان دارد که درفضای نجومی، هندسه، غیر اقلیدسی باشد.

زبانی به‌وسیلهٔ ریاضیدانان‌اختراع شده است که بتواند چگونگی این امررا توضیح دهد. می‌دانیم که هندسهٔ شکلهایی که روی یك سطح منحنی، مثلا سطح یك‌کره، کشیده شده‌اند با هندسهٔ اشکال مرسوم بریك سطح مستوی، که اقلیدسی است متفاوت است. با الهام‌گرفتن ازاین مطلب می‌توانیم فضای سه‌بعدی راکه درآن هندسهٔ شکلها اقلیدسی نیست، تشریح کنیم؛ بگوییم که درآن حال، فضا منحنی است. بنابراین ممکن است که فضای نجومی دارای مختصر انحنائی باشد. این امکان‌را ازمدتها پیش می‌دانسته‌اند، ولی تنها دراین اواخر بوده است که آن‌را به صورت یك‌نظریهٔ‌معین وکمی درآورده‌اند. درسال ۱۹۲۹، نجومدان آمریکائی، **هابل** (E. P. Hubble)، به عنوان یك حقیقت قابل رؤیت، اعلام‌کرد که خطوط طیفی ستاره‌های بسیار دورتغییرمکانی به طرف انتهای رنك‌قرمزطیف، متناسب بافاصلهٔ آن‌ستاره، می‌دهند. این‌تمایل‌به‌سمت رنك‌قرمزرا به‌این تعبیر کردند که‌ستاره‌های‌بعیدالفاصله، با سرعتی متناسب با فاصلهٔ خودتا زمین ازما دورمی‌شوند. بدین‌ترتیب‌نتیجه گرفتند که درواقع این تمام جهان است که مستمراً درهمهٔ امتدادها با سرعتی متناسب با مقدارآنها، درحال انبساط است. **ادینگتون** (Eddington) درسال ۱۹۳۰ ازترکیب‌این فکرونتایج‌پژوهشهای نظری، نظریه‌ای ریاضی دربارهٔ چگونگی فضا منتشر کرد. وی‌فرض کرده بود که فضای نجومی اقلیدسی نیست ومقدار انحراف آن از سیرت اقلیدسی نه‌تنها بستگی به وسعت شکل موردنظردارد، بلکه با زمان منقضی شده ازبدوآفرینش نیزمربوط است. این‌فکر که به عنوان **نظریهٔ انبساط‌جهان** شناخته شده است، به‌طورکلی در۲۳سال پس ازپیدایشش مورد قبول قرارگرفت وتوسعه یافت. در این‌مدت مقادیری برای جرم‌کلی، پهناوری وانحناء جهان به‌دست‌آمد. ولی درسال ۱۹۵۳، تعبیردیگری ازتمایل به سمت رنگ قرمز طیف به وسیلهٔ **فروندلیخ** (E. Finlay Freundlich) عرضه گشت، وموضوع هم‌اکنون نیز تحت مداقه وبحث است.

نسبیت‌عمومی

انحراف ازخواص اقلیدس‌راکه دربخش پیش‌درنظرگرفتیم، نهاد متحدالشکلی درناحیهٔ پهناوری از فضا دارند. اما بر طبق نظریهٔ نسبیت‌عمومی، انحرافاتی نیزوجود دارندکه در فاصله‌های بسیارکم‌هم تغییرقابل ملاحظه‌ای می‌کنند، و این وابسته به وجود ثقل معمولی‌است. دراواخرقرن نوزدهم، فیزیکدان ایرلندی‌موسوم به **فیتزجرالد** (G. F. Fitzgerald) درحقیقت حدس خودرا در این باره با بیان این مطلب آشکارساخت، «ثقل احتمالا وابسته به تغییر ساختمان اتر است که براثرحضور ماده درآن به وجود می‌آید.» به‌هرحال در ۱۹۱۵، اینشتن‌نظریه‌ای کاملا ریاضی‌منتشر ساخت که درآن‌آثار ثقل همه مربوط به تغییر انحناء جهان، براثر وجود ماده، شده بود. وی نشان‌دادکه با قبول این فرض می‌توان غرابت مدارستارهٔ عطارد را توضیح داد وحال‌آنکه آن، با به‌کار بردن نظریهٔ قدیمتر نیوتن دربارهٔ‌ثقل، قابل توضیح نبود.

هندسه‌های غیراقلیدسی

ما اکنون بعضی ازمشخصات هندسه‌های غیراقلیدسی راکه با انکار اصل توازی درهندسهٔ مسطحه به‌دست‌می‌آید شرح‌می‌دهیم؛

اگرخط CD ونقطهٔ P را درخارج‌آن درنظربگیریم‌دواصل را می‌توانیم بپذیریم؛

(۱) یا غیرممکن است که از نقطهٔ P خط مستقیمی بتوان کشیدکه CD را قطع نکند، که دراین‌حال هندسه **بیضوی**است.

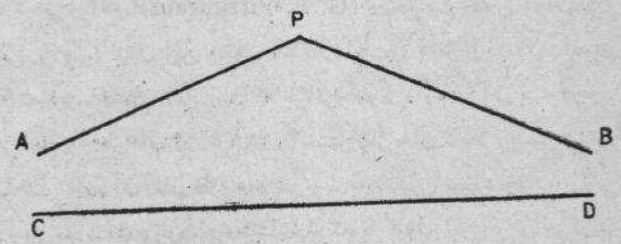
(۲) یا ممکن است که ازنقطهٔ P تعداد خطوط نامحدودی کشیدکه CDرا قطع نکند، که‌در این‌حال هندسه **هیپربولیك**است.

درمیان‌این امکانات حالت‌میانه‌ای‌نیزوجود داردکه درآن ممکن‌است که از نقطهٔ P فقط یك خط‌کشید که CDراقطع‌نکند، این حالت‌باهندسهٔ اقلیدسی معمولی‌مطابقت دارد.

در هندسهٔ بیضوی مجموع زوایای یك مثلث همیشه بزرگتر از دوقائمه است. هرخط مستقیمی راکه امتداد دهیم، وقتی‌که به طول معینی رسید، مانند خط استوا، بازبه‌نقطه‌آغازخود برمی‌گردد. بزرگترین فاصلهٔ ممکن میان دونقطه درروی یك خط، نصف طول این خط است. عمودهایی‌که ازنقاط مختلف یك خط‌برآن اخراج می‌شوند، همه دریك نقطه متقاطعند.

در هندسهٔ هیپربولیك، مجموع سه زاویه مثلث‌همیشه ازدو قائمه‌کمتر است. به این معنی‌که هرچقدر مساحت مثلث بیشتر باشد، مجموع زوایای آن‌کمتراست. اگرخط CD ونقطهٔP را در خارج‌آن درنظربگیریم، می‌توانیم دوخط مستقیم از نقطهٔ P رسم کنیم (PBوPA) که بریك امتدادنباشند و،(۱) هرخط ماربرنقطهٔ P که تماما خارج زاویه APB است، خط CD را قطع نکند،(۲)

هرخط ماربرنقطهٔ P که داخل زاویهٔ APB است، خط CD را در نقطه‌ای به‌فاصلهٔ محدود ازP قطع کند، (۳)دوخط PA وPB،مجانبی واربه‌یك انتهای خط CD میل کنند؛ دراین‌حال می‌توان گفت که آنها دربینهایت یکدیگررا قطع می‌کنند واین‌کم یا بیش شباهتی با موازیهای اقلیدس دارد. درحقیقت به PA وPB موازیهای‌مرسوم ازنقطهٔ P به موازات خط CD گفته می‌شود. دوخط متوازی درهمه جا متساوی‌الفاصله نیستند .فاصلهٔ‌بین‌آنها درسوی یك انتهابه‌سمت صفر ودرسوی انتهای دیگر به‌سمت بینهایت میل‌می‌کند.



توپولژی

همان‌طورکه دیدید این عقیده‌که جهان مادی متشکل از اتمهایی است جاودانی وتغییرناپذیر، ازطرف بسیاری از فلاسفهٔ یونان قدیم اظهارشده است. درقرن نوزدهم، این عقیده به‌طورکلی مورد قبول فیزیکدانان قرارگرفت وبرای توضیح ریاضی‌آن در ۱۸۸۷،کوششی ازجانب **ویلیام‌تامسون** (William thomson) **لردکلوین** (lord Kelvin) پس‌ازمشاهدهٔ نمود حلقه‌های دود در درآزمایشگاه، انجام‌گرفت. وی اظهارداشت‌که اگر اتمهای ماده، لازمهٔ حلقه‌های پیچداردریك‌سیال‌کامل باشد، بقای‌ماده‌را بلادرنگ می‌توان توضیح وعمل متقابل مابین اتمهارا نمایش داد.در۱۸۷۶ **پی، جی، تیت** (Tait)، فیزیك و ریاضیدان اسکاتلندی، با این فکرکه ممکن‌است انواع مختلف اتم مربوط به انواع‌مختلف‌حلقه‌های پیچدارگره خورده باشد ، به مطالعهٔ گره‌ها به عنوان اشکال هندسی پرداخت. این نوع مسئله تازگی داشت ، زیرا دراین باره هرگزبه تشریح دقیق نوع منحنی گرهٔ طناب توجه نمی‌شد وفقط به تعیین ممیزه‌های اصلی میان انواع‌گره‌ها اکتفامی‌گردید.به‌خصوص تبدیلاتی که موجب تغییر منحنی طناب می‌شود ولی سیرت اصلی گره‌را تغییرنمی‌دهد مورد مطالعه قرارگرفت. روابطی ازاین‌نوع، یعنی روابطی‌که‌با اصطلاحاتی‌ازاین‌قبیل‌بیان می‌شوند: «خارج آن» «راست دست» ، «متصل است با» ؛ «مشترك است با» ،«محصوراست به» ،« متصل است با یك‌راه» اصطلاحات **توپولژیکی** هستندومطالعهٔ این روابط توپولژیکی، به‌طورکلی **توپولژی** نامیده می‌شود.

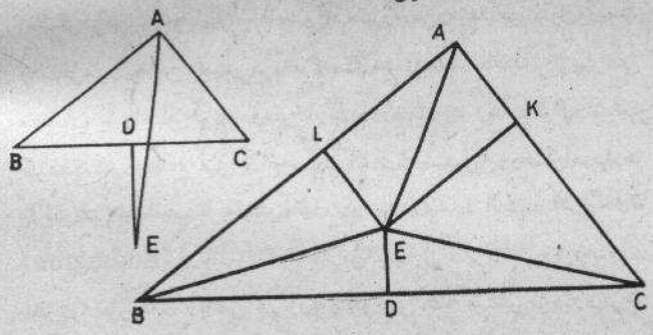
مسئلهٔ توپولژیکی دیگری‌که درهمان اوان عرضه شدن این شاخه ازریاضیات مطرح‌گشت مربوط به جاری شدن یك جریان الکتریکی به‌وسیلهٔ شبکهٔ خطی هادیها بود . شبکه عبارت است از مجموعه‌ای ازنقاط (رئوس)که دوبه دوبه‌یکدیگربه‌وسیلهٔ هادیها مربوطند. مسئله عبارت ازاین است‌که حداکثر تعداد هادیهایی‌را که می‌توان ازشبکه‌ای برداشت ورأسهای شبکه به وسیلهٔ باقیماندهٔ هادیهادر ارتباط خطی باشند چیست. عددی‌که به دست‌آمددرمسئلهٔ کلی جریان الکتریك درشبکه فوق‌العاده مهم است.

نظرهای تازه‌ای دربارهٔ اصول موضوعه

زمان درازی است فهمیده‌اندکه اصول موضوعه‌ای‌که‌اقلیدس برای ساختن هندسهٔ خود به کار برده است، برای ساختن چنان هندسه‌ای‌کامل نیست، چه وی برای اثبات قضایا اصول دیگری‌نیز که ازآنها نامی نبرده بود به طور ضمنی قبول‌کرده است . ازاین قبیل است: **اصلهای‌اشتراك** مانند «اگردونقطه‌ازیك‌خط‌مستقیم در صفحه‌ای باشند، تمام نقاط‌آن خط در آن صفحه هستند» ؛ **اصلهای ترتیب مانند** «ازسه نقطه واقع بریك خط مستقیم، یکی وفقط یکی درمیان دوتای دیگرقرار دارد؛» **اصلهای‌تساوی** که مبین‌یکی‌بودن چیزی می‌باشد، بدین معنی‌که فقط یك شکل هندسی مشخص‌با بعضی خواص معین وجود دارد؛ بنابراین به وسیلهٔ دوضلع و زاویه بین آنها ، تنها یك مثلث مشخص می‌شود.

همچنین درهندسهٔ اقلیدس ، با به‌کارگرفتن شکل در اثبات قضایا وبا دقت‌کشیدن‌آن اغلب نقاطی‌راکه از نظر استدلال منطقی باید بدانها توجه‌کنیم ، ازنظردور می‌داریم؛ واین به‌علت آن‌است که وقتی‌که‌شکلی را با دقت رسم می‌کنیم ، خود به خود طرح توپولژیکی‌آن‌که اساس استدلال‌است ملحوظ می‌گردد. برای روشن شدن مطلب به غلط بودن نتیجهٔ این استدلال‌که ازبی‌توجهی‌به‌طرح توپولژیکی شکل به دست می‌آیدتوجه‌کنید؛

فرض‌کنید که‌درمثلث غیرمشخص AE,ABC نیمساز زاویهٔ A و DE عمود منصف ضلع BC است(اگرشکل‌رابدون دقت‌بکشیم نقطه E در داخل مثلث واقع می‌شودکه اشتباهی توپولژیکی‌است) ازنقطه E دو عمود EL و EK را به ترتیب براضلاع AB و AC فرود می‌آوریم . به‌آسانی دیده می‌شودکه دو مثلث LEB و EKC با هم وهمچنین دو مثلث EBD و EDC باهم متساویند. از تساوی این چهار مثلث دوبه دونتیجه می‌شودکه زاویهٔ B بازاویهٔ C برابر یعنی‌مثلث متساوی‌الساقین است.



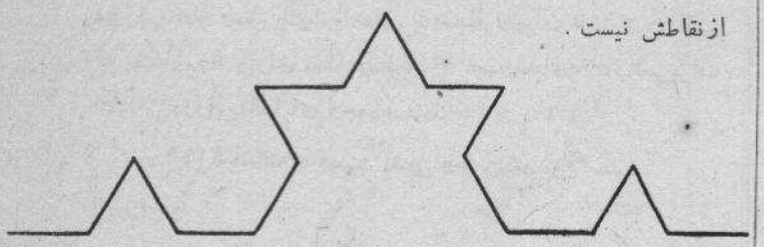
بنابراین چنانچه بخواهیم هندسه‌ای واقعا منطقی بسازیم باید اصول موضوعه‌آن‌راچنان اختیارکنیم‌که مارا ازگزندفرضهای ناصواب توپولژیکی مصون نگاه دارند. ساختن یك قیاس منطقی با دقت ومحکم ازهندسهٔ اقلیدسی‌کاری بس دشوار است.

البته واضح است‌که قضایای هندسه، خیلی قبل‌ازآنکه‌برای صحت‌آنها اثباتی منطقی یافته شود کشف شده بودند . ارشمیدس بزرگترین ریاضیدان یونان میان تحقیق‌کردن قضایا واثبات دقیق کردن‌آنها تمیزی قائل‌شده است.

هنگامی که معلوم گشت که اصل تـوازی برای همه جـا و به طور همیشگی درست نیست ، نظری که دربارهٔ مقـام اصول در ریاضیات مطرح بود تغییر یافت . عقیده بر این استـوار گشت که کار ریاضیدان نتیجهٔ منطقی گرفتن از اصولی است که در ابتدای کار برای خود فرض کرده است ، بی آنکه توجه داشته باشـد که این اصول درست یا نادرستند. صحت یا عدم صحت آنها به کسی دیگر، از جمله یك فیزیکدان یا یك فیلسوف مربوط است. بدین ترتیب افـق هندسه دانان وسعت یافت ، به جای کاوش کردن در فضـای حقیقی ، به مطالعهٔ انواع مختلف هندسه، مبتنی بر اصول موضوعه‌های متفاوت پرداختند . از آن جمله است هندسه های اقلیدسی و غیر اقلیدسی و همچنین هندسه‌هایی با تعدادی محـدود نقطه (هندسهٔ محدود) و بالاخره هندسه هـای **غیرارشمیدسی و غیردزارگی**. هندسهٔ غیر ارشمیدسی هندسه‌ای است که درآن « اصل ارشمیدس » (اگر دوپاره خط داشته باشیم ، همواره مضربی از پاره خط کوچکتر وجود دارد که بزرگتر از پاره خط دیگر است) انکار شده است . هندسهٔ غیردزارگی هندسه‌ای است که درآن قضیهٔ دزارگ (اگر دو مثلث چنان باشند که خطوط مستقیمی که رأسهای آنها را دو به دو به هم وصل می کنند متقارت باشند ، اضلاع این مثلث یا امتداد آنها ، دو به دو یکدیگر را در سه نقطه واقع بر یك استقامت قطع می کنند) درست نیست .

خطرات اشراق در ریاضیات

قبول این مطلب که اصل موضوعه عبارتی است فرضی بدون آنکه حتماً به صحت آن معتقد باشیم ، راحتی فـوق العاده‌ای بـرای ریاضیدانان به دنبال داشت . زیرا اشراق (درك مستقیم) گذشتگان را به باور کردن بسیاری تصدیقات سوق داده بود که بعـداً ، در قرن نوزدهم، آشکار گشت که درست نبوده‌اند ، برای روشن ساختن مطلب به ذکر این مثال می‌پردازیم : پیوستگی یك منحنی مسطحه را ، برای واضح کردن مقصود فوق ، ممکن است که چنین تعریف کنیم : منحنی مسطحه‌ای را پیوسته گویند که اگر از هر نقطهٔ (P) واقع بر آن ، به نقطهٔ دیگری (G) برویم ، طول عمود موسوم از نقاط واقع بین آن دو نقطه بر یك خط مفروض ، جمیع مقادیر ممکنه بین طول عمودهای فرود آمده از نقاط P و G را بر آن خط مفروض اختیـار کنـد . بدیـن ترتیب واضح است کـه به طـور کلی یك منحنی پیوسته ، در هر نقطه‌اش دارای مماسی می‌باشد . ولی از طرز پیدایش منحنی زیر آشکار می‌شود که همیشه چنین نیست. خط مستقیمی را به طـول دلخواه فرض کنید . آن را به سه قسمت متساوی تقسیم کنید و بر روی قسمت وسط ، مثلثی متساوی الاضلاع بنا کنید. قاعدهٔ این مثلث را پاك کنید (قسمتی را که مثلث بر آن بنا شده بود) . بدین ترتیب یك خط شکسته که از چهار پاره خط متسـاوی الطول تشکیل شده است به جا می‌ماند . هریك از این چهار پاره خـط را به سه قسمت متساوی تقسیم کنید و مانند سابق بر قسمت وسـط ، مثلث متساوی الاضلاع بنا کنید و قاعدهٔ آن را پاك کنید . این بار خط شکسته‌ای متشکل از شانزده پاره خط خواهید داشت . حال اگر این عمل را به دفعات نامعینی تکرار کنیم ، در حد به خط شکسته‌ای می‌رسیم که یك منحنی پیوسته معین است و دارای مماسی در هیچیك از نقاطش نیست .



مثالهایی از این نوع ما را بر آن می‌دارد که نظر پیروان **کانت را** که می گویند ریاضیات با مفاهیمی سروکار دارد که به وسیلهٔ درك مستقیم (اشراق) از فضا و زمان به دست آمده‌اند مردود بدانیم .

طرح یك هندسه دقیق

اقلیـدس سعی کرده بود که موضوع هنـدسه را با چنین تعریفهایی بنا سازد : « نقطه آن است که دارای جزئی نباشد » و «خط مستقیم خطی است که به طور یکنواخت به وسیلهٔ نقاطش امتداد یافته باشد»، هیچیك از این تعریفها مورد استعمالی در کارهای بعدی او نیافته است . درواقع نخستین تعریف بی‌ارزش است ، چه علاوه بر نقطه، چیزهای بسیار دیگری هستند که دارای اجـزاء نیستند ، و تعریف دوم روشن نیست .

در هنـدسهٔ دقیق نوین ، نقطه و خط مستقیم را به عنـوان **تصورات تعریف نشده** قبول می کنند . قـالب نوین رشته هـای ریاضیات ، من‌جمله هندسه ، چنین است :

(۱) تعیین تعداد و نوع **مفاهیم اولیه**‌ای که کلیهٔ مفاهیم دیگر، در آن رشته از ریاضیات ، به وسیلهٔ آنها تعریف شوند.

(۲) **تعاریف** (یعنی انتخاب نامهای کوتاه برای مفـاهیم پیچیده)

(۳) **اصول**، یا قضایایی اساسی که بدون اثبات فرض می‌شوند. در این باره لازمست که نشان داده شود که اصول با هم **سازگار** (یعنی با ترکیب کردن آنها به تناقضی برنمی‌خوریم) و از هـم **مستقلند** (یعنی هیچیك از دیگری منطقاً نتیجه نمی‌شود) . سازگاری اصول باهم ، اغلب به وسیلهٔ تعبیر مفروضات به زبان اعداد ثابت می‌شود. بدین معنی که هنگامی که عدم توافقی در شکل حسابی مفروضـات پیش نیاید سازگاری آن اصول باهم ثابت شده‌است . استقلال اصول را هم ممکن است که با کنار گذاشتن هریك از آنها به نوبت و نشان دادن اینکه در آن حال نیز دستگاه موافقی حاصل می‌شود، ثابت کرد (همان‌طور که استقلال اصل توازی ثابت شد).

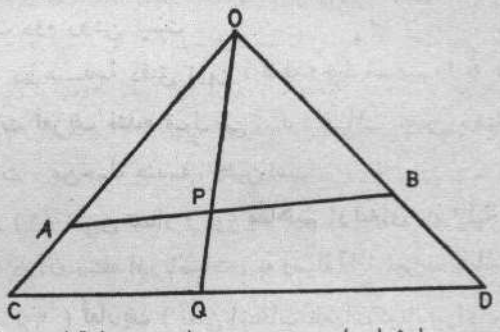
(٤) **قضایای وجود**، کشف اعداد اصم، فیتاغورثیان را بر آن داشت که لزوم وجود داشتن آنها را بفهمند. آیا پنج ضلعی وجود دارد که زوایای آن همه قائمه باشد؟ روش یونانیان برای اثبات وجود هرموجود ویژه‌ای درهندسه این بود که راهی برای ساختن آن نشان دهند، به‌همین دلیل اقلیدس، قبل از به‌کار بردن مفهوم نقطهٔ وسط یک پاره خط، به‌وسیلهٔ رسم آن ثابت کرده است که یک پاره‌خط دارای نقطهٔ وسط است. «مسئله‌های» کتاب تحریرات اقلیدس درواقع قضایای وجودهستند.

(٥) **قیاسات** که قسمت اصلی وغایت موضوع است.

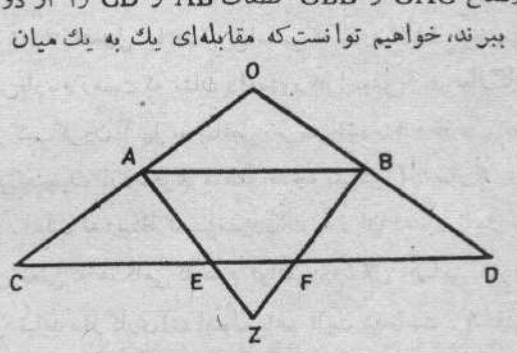
اعداد

گرچه اعداد را از اعصار قدیم به‌کارمی‌برده‌اند، ولی تنها دراین اواخر، ربع‌چهارم قرن نوزدهم، توضیحی فلسفی و قانع کننده دربارهٔ آنها داده شد که معلوم کرد آنهاچه هستند.

عدد خاصیتی مربوط به اشیاء فیزیکی است، ولی نه‌مربوط به خودآنها بلکه مربوط‌به مجموعه یا طبقاتی ازآنها. ابتداباید توضیح دهیم که مقصود. ازاین که می‌گوییم دومجموعه دارای یک عددند چیست. اگر گروهی از شوهران و گروهی از زنهای آنها داشته باشیم وبدانیم که هرشوهریک زن وهرزن یک شوهر دارد، می‌توانیم تصریح کنیم که عدد شوهران همان عدد زنها است، ولو نمی‌دانیم که آن عدد چیست. به عبارت دیگر، دومجموعه که‌بتوان بین اعضاء متناظرآن مقابلهٔ یک به یک برقرارکرد، دارای یک عددند، یا دقیقترگفته باشیم دارای یک‌عدد اصلیند. این تعریف‌به



خوبی، چه دربارهٔ اعداد محدود وچه نامحدودصادق‌است. بنابراین اگر دوشعاع OAC و OBD قطعات AB و CD را از دو خط مستقیم ببرند، خواهیم توانست که مقابله‌ای یک به یک میان نقاط



AB (نظیر نقطهٔ P) و نقاط CD (نظیر نقطهٔ Q) به وسیلهٔ رسم اشعه‌هایی (مانند OPQ) برقرارکنیم ونتیجه بگیریم که عدد نقاط برروی خط AB همان عدد نقاط برروی خط CD است. همچنین

می‌توانیم که ازنقطهٔ دیگری مانند Z به A و B وصل کنیم تانقاط EوF پدید آیند ونتیجه بگیریم که عدد نقاط برروی AB همان عدد نقاط برروی EF است. بنابراین عدد نقاط CD و EF یکی است. بدین ترتیب می‌بینم که‌درحالت‌مجموعه‌های بینهایت ضرورتی نداردکه عددکل بزرگترازعدد اجزاء باشد. در واقع ممکن است که عدد **ورای‌حد** (Transfinite) چنین تعریف شود که عدد مجموعه‌ای است که می‌تواند درمقابلهٔ یک به‌یک با جزء خودقرار بگیرد. به طورمثال، اعداد مثبت دارای ارتباط یک به‌یک با مجذورات خود می‌باشند، درصورتی که‌آن مجذورات تنها جزئی از تمام مجموعهٔ اعداد صحیح است.

اعداد اصلی را می‌توان به ترتیب با به‌کار بردن فکر کوچکتر وبزرگتر، که چنین تعریف می‌شود، منظم کرد: عدداصلی m بزرگتراست ازعدد اصلی n چنانچه مجموعه‌ای باشد که اولا m عضو داشته باشد وثانیاً جزئی داشته باشدکه‌دارای n عضوباشد وثانیاً مجموعه‌ای نباشدکه n عضوداشته باشد وجزئی‌ازآن‌دارای m عضو باشد.

جمع و ضرب دوعدد به سهولت تعریف می‌شود. اگر A و B دومجموعه‌ای باشندکه اعداد اصلی‌آنها a و b باشد،عدد اصلی مجموعهٔ C، متشکل ازترکیب مجموعه‌های A و B، عبارت است ازمجموع a+b. اگرمجموعهٔ جدیدی تشکیل دهیم که هرعضوآن جفت وشامل یک عضو ازA ویک‌عضواز B باشد، واین‌جفتها به‌جمیع راههای ممکن انتخاب شده باشند، عدد اصلی این مجموعهٔ جدید عبارت است از **حاصل‌ضرب** ab. به‌آسانی می‌توان دیدکه‌سه‌قانون شرکت پذیری و استقلال از ترتیب و توزیعی دربارهٔ مجموعها و حاصلضربهایی که چنین تعریف شده‌اند صادق است.

قانون شرکت پذیری: $a(bc)=(ab)c$

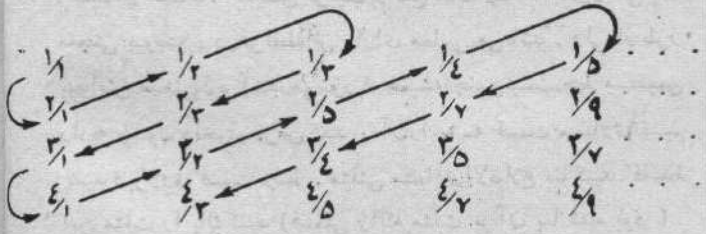
قانون استقلال از ترتیب: $ab=ba$

قانون توزیعی: $a(b+c)=ab+ac$

اعداد ورای حد

تا هفتاد سال پیش، بینهایت چیزی نامعلوم، و مفهومی کلی بود و ریاضیدانان نمی‌دانستندکه اعداد و رای حد،بامقادیر متفاوت‌را ، می‌توان تعریف‌کرد وازیکدیگر تمیزداد. اجازه‌بدهید که چندمثال‌ازآنهارا درنظربگیریم.

ابتدا اعدادگویا را درنظربگیریدکه عبارتند ازنسبت‌یک عدد صحیح به عدد صحیح دیگر. آنها رامی‌توان به‌ترتیب زیرین درسطرها وستونها به طورمنظم نوشت :



اینک می‌توان قطرهارا به نوبت در نظرگرفت و اعداد

گویارا به ترتیبی که درروی قطرها قرار دارند چنین به‌دست آورد.

$$\frac{1}{1}، \frac{3}{1}، \frac{1}{2}، \frac{3}{1}، \frac{2}{3}، \frac{1}{3}، \frac{4}{1}، \frac{3}{2}، \frac{2}{5}، \frac{1}{4}، \frac{5}{1}، \frac{4}{3}، \frac{3}{4}، \frac{2}{7}، \frac{1}{5}، \ldots$$

وقتی که آنهارا به این ترتیب منظم کنیم، می‌توانیم درمقابلهٔ یك به‌یك با اعداد طبیعی قرار دهیم :

۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، .....

به هرمجموعه‌ای که قابل مقابلهٔ یك به یك با رشتهٔ اعداد طبیعی باشد **شمارش پذیر** گفته می‌شود. بنابراین اعداد گویا تشکیل یك مجموعهٔ شمارش پذیرمی‌دهند. عدد اصلی یك مجموعهٔ شمارش پذیر کوچکترین عدد اصلی ورای‌حد است که آن‌را به الف زیر (اندیس) صفر نمایش می‌دهند (شکل الف را از الفبای عبری گرفته‌اند).

اکنون بگیریم که اعداد گویارا برحسب مقدار مرتب کرده باشیم. دراین نظم جایی وجود دارد که سبب تقسیم یا برش اعداد بردو طبقه می‌شود (یعنی همهٔ اعداد گویایی که مجذورشان کمتراز ۲ است وهمهٔ اعداد گویایی که مجذورشان بزرگتراز ۲ است) . این دوطبقه را می‌توان طبقهٔ چپ و طبقهٔ راست نامیدبه قسمی که هر عدد گویای طبقهٔ چپ ازهرعدد گویای طبقهٔ راست کوچکتر است. ممکن است که طبقهٔ راست دارای کوچکترین عضو باشد که البته عددی گویا است، بگیریم p؛ یاممکن است که طبقهٔ چپ دارای بزرگترین عضو باشد که آن‌هم عدد گویا است ، بگیریم؛ q. درهریك ازاین دوحالت می‌گوییم که برش به وسیلهٔ یك عدد گویا، p یاqبرحسب هریك ازاین‌دوحالت، انجام گرفته است. اما اگر طبقهٔ چپ دارای بزرگترین وطبقهٔ راست دارای کوچکترین عضو نباشند، بازدرنظر گرفته می‌شود که برش به وسیلهٔ عددی انجام گرفته است، نهایت این‌عددی ازطبقهٔ جدید است که **عدد اصم** خوانده می‌شود. بنابراین اگر طبقات چپ و راست اعداد گویایی هستند که مجذورشان به‌ترتیب کوچکتر وبزرگتراز ۲ است، چون عدد گویایی نیست که مجذورش درست برابر ۲ باشد ، عدد اصمی وجود خواهدداشت که مربوط به برش است واین همان عددی است که معمولا به صورت $\sqrt{2}$ نمایش داده می‌شود. به همهٔ اعداد گویا واصم برروی هم، **اعدادحقیقی** اطلاق می‌شود.

دیدیم که مجموعهٔ اعداد گویا شمارش پذیرند؛ اما مجموعهٔ اعداد حقیقی، متشکل ازاعداد گویا واصم شمارش پذیر نیستند . برای اثبات این مدعا، فرض کنید که تمام اعداد حقیقی از ۰ تا ۱ را به ترتیب اولی و دومی وسومی و..... وغیره شماره داده‌باشیم وآنها n_1 وn_2 وn_3 و ..... باشد. بگیریم که این اعداد طبق روش معمولی اعشاری نمایش داده شده باشند. پس ما خواهیم توانست که کسراعشاری جدیدی بدین طریق به دست آوریم: نخستین‌رقم‌بعد از ممیز n_1 باشد. دومین‌رقم‌آن را رقمی می‌گیریم متفاوت‌بادومین رقم n_2 وسومین رقم‌آن را رقمی می‌گیریم متفاوت با سومین رقم n_3 ..... الی‌آخر. بدین ترتیب عددی حقیقی پیدا می‌شود، بین‌صفر ویك، که جزء اعداد شماره‌گرفته قبلی نیست . یعنی آن‌شماره‌گذاری شامل تمام اعداد حقیقی بین صفرویك نبوده است. یا به عبارت دیگر ، با این روش **تحویل به‌محال**، معلوم می‌شود که اعدادحقیقی بین صفرویك رانمی‌توان شماره‌گذاری کرد.

مجموعهٔ اعدادحقیقی‌را **رشتهٔ‌متصل‌حساب** (Continuum) نام‌گذارده‌اند. باآنچه دربالا ثابت شد، عدد و رای حد رشتهٔ‌متصل حساب «الف زیرصفر نیست» بلکه عدد ورای حد بزرگتری است که آن را به C نمایش می‌دهند.

رشتهٔ متصل حساب را بدون هیچگونه ارتباطی با زمان و مکان شرح دادیم، دومفهومی که با اتصالی بودنشان به طورمحسوس آشنا هستیم. اگربخواهیم که آن‌را معادل خطی متصل فرض کنیم، به قسمی که حرکت ذره‌ای برروی خط، تجسمی واقعی ازتغییرصعودی عددی ازیك مقداربه مقدار دیگر باشد، واضح است که باید اصل موضوعی‌را بپذیریم وآن این که تنها یك نقطه در روی خط است که با هرعدد حقیقی مطابقت می‌کند. می‌توانیم فرض کنیم که چندین نقطه که یك قطعهٔ بینهایت کوچکی را تشکیل می‌دهند، طبقه‌های راست و چپ‌را، به‌آن معنا که اعداد اصم تعریف شدند ، ازهم جدا می‌سازد. با این فرض اصل‌ارشمیدس، که قبلا به آن اشاره کردیم، درست نخواهد بود.

اگردرك فیثاغورثیان ازخط، که متشکل از نقاط‌واحداست، صحیح می‌بود، نسبت هردو قطعه خط عددی‌گویامی‌شد ودراین‌حال مکانی برای اعداد اصم وجود نداشت .

تعداد نقاط درفضای سه‌بعدی

انسان انتظاردارد که تعداد نقاط یك ناحیه سه‌بعدی،مانند فضای داخلی یك مکعب به ضلع واحد، ازتعداد نقاط واقع برروی یك خط مستقیم، مثلا یکی ازیالهای‌آن مکعب، بسیاربیشترباشد، ولی باکمال تعجب چنین نیست : نقاط واقع درفضای داخل‌مکعب را می‌توان در مقابلهٔ نقطه به نقطه با نقاط واقع برپال آن قرار داد ولذا تعدادآنها برابراست.

برای درك مطلب سه‌یال متقاطع مکعب را به‌عنوان‌سه‌محور مختصات xoyoz فرض کنید . بدین ترتیب برای‌هرنقطه در داخل مکعب مختصی بین صفرویك درروی سه محور وجود دارد (مکعب به ضلع واحد است). نقطه‌ای درروی یك یال را می‌توان با فقط یك مختص بین صفرویك مشخص کرد. اکنون فرض کنید که مختص w، که نقطه ویژه‌ای‌را درروی‌یال نمایش می‌دهد، به‌وسیلهٔ یك کسر اعشاری نامحدود مشخص شده باشد(اگرنامحدودنباشدبااضافه کردن صفربه انتهای‌آن، آن‌را نامحدود می کنیم). اینك نخستین وچهارمین وهفتمین و... رقم w را اختیارمی‌کنیم وکسراعشاری x را چنان می‌نویسیم که‌آنها ارقام مسلسل‌آن باشند و همچنین y را به همین ترتیب با انتخاب دومین وپنجمین وششمین و.... رقم w و z را

با انتخاب سومین و ششمین و نهمین و ..... رقم w می‌نویسیم. نقطه‌ای ازفضا که مختصاتش عبارت از (x ، y ، z)ای باشد که چنین مشخص شد دربرابر مقدار w قرارداد. بنابراین مقابله‌ای یك به یك بین نقاط واقع برروی یك یال و نقاط داخل مکعب برقرار است ولذا تعداد آنها برابراست.

کمیتهای موهوم

درنوشتهٔ یکی ازروحانیان قدیم مصر، هزارسال قبل ازمسیح، تحت عنوان فریبندهٔ «راههای دانستن همهٔ تاریکیها» آمده است که چگونه مسائل عددی مختلفی نظیراین‌را حل کنیم: «چه عددی است که وقتی که یك‌هفتم آن‌را با خودش جمع می‌کنیم ۲۴ حاصل می‌شود؟» بابلیهای قدیم نیزمعماهای حسابی بسیاری طرح می‌کردند وبا تصاعدهای حسابی وهندسی آشنا بودند. ولی جبر را به‌عنوان یك علم نمی‌توان گفت که قبل ازمعرفی اعدادمنفی درقرون اولیهٔ پیدایش مسیحیت وجود داشته است، گرچه نتایجی. اکه اکنون عموماً به‌وسیلهٔ روش جبری به دست می‌آیند اززمانهای قدیم می‌دانسته‌اند.

حل معادلهٔ درجه دوم که به زبان جبربه این صورت‌است: $ax^2+bx+c=0$ به وسیلهٔ ریاضیدانان یونانی ازطریق هندسی انجام می‌گرفت. اگرمعادلهٔ درجهٔ دوم، جوابهایی که‌اعداد حقیقی باشند نداشته باشد، دارای ریشه های جبری به شکل $x+y\sqrt{-1}$ است که درآن x و y اعداد حقیقیند؛ یعنی ریشه‌هایی که **کمیتهای کمپلکسند**. ولی اشتغالات هندسی یونانیان سبب شد که توجه آنها کاملا معطوف به ریشه های حقیقی گردد، وجوابهای شامل کمیت موهوم $\sqrt{-1}$ را، حتی تا قرن شانزدهم پس از میلاد، به حساب وجود نداشتن ریشه می‌گذاشتند.

به هرحال دردورهٔ رنسانس، ریاضیدانان ایتالیا حل معادلهٔ درجهٔ سوم $x^3+qx+r=0$ راکشف کردند. فرمول آنها ریشهٔ معادلهٔ $x^3-15x-4=0$ را چنین معلوم می‌کرد:

$$x=\sqrt[3]{2+11\sqrt{-1}}+\sqrt[3]{2-11\sqrt{-1}}$$

که برای محاسبهٔ آن باید توجه داشته باشیم که

$$2+11\sqrt{-1}=(2+\sqrt{-1})^3$$

و

$$2-11\sqrt{-1}=(2-\sqrt{-1})^3$$

بنابراین ریشهٔ معادله عبارت می‌شود از:

$$x=2+\sqrt{-1}+2-\sqrt{-1}$$

یا

$$x=4$$

بدین‌ترتیب یك ریشهٔ حقیقی معادلهٔ درجهٔ سوم را به‌وسیلهٔ محاسبه‌ای که ازبه‌کاررفتن $\sqrt{-1}$ درآن نمی‌توانستند اجتناب کنند به دست می‌آوردند. این کشف، ریاضیدانان را وادارکرد که با مسئلهٔ کمیتهای موهوم مواجه شوند. مدتها وضع آشفته‌ای نسبت به‌آنها داشتند؛ می‌گفتند که کمیت موهوم، چیزی میان بودن و نبودن است. بعدها نشان داده شد که آنها دارای خواص مهم بسیاری هستند. قضایای بسیاری کشف شدند که تنها هنگامی صحیحند که اعداد مربوط به آنها فقط اعداد صحیح درنظرگرفته نشوند. به طورمثال می‌توان به این اشاره کرد که قضیهٔ «هرمعادله جبری از درجهٔ nام دارای n ریشه است» وقتی به طورکلی درست است که ریشه‌های کمپلکس را نیز به حساب‌آورده باشیم. در نیمهٔ آخر قرن هیجدهم، یك ریاضیدان انگلیسی به نام **فرانسیس میزرس**(Francis Maseres)چنداثرازخوددربارهٔ جبر و نظریهٔ معادلات منتشر کرده ودرآنها به‌کاربردن کمیات به اصطلاح «غیرممکن» را مردوددانسته بود.

امروزه کمیات مبهم‌اهمیت بسیاری دارند. در حقیقت نظریهٔ وسیع ومفید توابع متغیرهای کمپلکس کاملا مربوط به‌توابعی هستند که بستگی به‌کمیت $x+y\sqrt{-1}$ دارند. شگفت انگیز است که ریاضیات هرچه به جانب تجرید می‌گراید، در وسیله بودنش‌جهت‌کار بامحسوسات مؤثرتر می گردد. این نکته‌ای‌است که فیلسوف عالیقدر **ا. ن. وایت هد** (A.N. White head) اغلب بدان اشاره کرده است. به طور مثال می‌توان از **نظریهٔ گروه** که جنبهٔ تجریدآن فوق‌العاده است نام‌برد که مواردداستعمال فراوانی درفیزیك کوانتوم یافته است.

دستگاه شمار

انتخاب عدد ۱۰ به عنوان مبنا برای دستگاه‌شمار، مربوط به داشتن ۱۰ انگشت دردستان است. در میان قبایل اولیه، مجموعهٔ انگشتان دستها، که به‌آنها ده شیئی با نظم‌مشخص نسبت داده می‌شد، وسیله‌ای طبیعی برای شمردن بود. دستگاههای نوین شمار همه براساس مفهوم ارزش مکانی وبه‌کار بردن علامت صفر استوارگردیده است. به نظر می‌رسد که چنین طرحی برای دستگاه شمار درحدود ۵۰۰ سال بعد از میلاد مسیح عرضه گردیده است. به موجب قوانین دستگار شمار دهدهی، عدد ۵۲۰۷٫۳۴۵ چنین معنی‌می‌دهد:

$$5\times10^3+2\times10^2+0\times10+7$$

$$+\frac{3}{10}+\frac{4}{10^2}+\frac{5}{10^3}$$

گرچه دلیل تاریخی انتخاب دستگاه دهدهی به سهولت قابل فهم است ولی ناگفته نبایدگذاشت که دستگاهی به مبنای ۸ که درآن عدد ۵۲۰۷٫۳۴۵ چنین معنی بدهد:

$$5\times8^3+2\times8^2+0\times8+7+\frac{3}{8}+\frac{4}{8^2}+\frac{5}{8^3}$$

بسیار مناسبتر است، چه جدول ضرب دستگاه به مبنای ۸ کوششی به‌اندازهٔ نصف‌آنچه مورد نیاز جدول ضرب دستگاه دهدهی است لازم دارد؛ وطبیعیترین راه برای سروکارداشتن با

کسرها نا نصف کردن پیاپی آن است . بدین‌لحاظ شاید باید متأسف بود ازاینکه چرا اجداد ما در شمردن به کمك انگشتان ، شستهای خودرا هم در کار دخالت می‌داده‌اند.

دستگاه شماردیگری که درسالهای اخیر به علت به‌کاررفتن درماشینهای محاسبهٔ الکترونیکی مشهور شده است ، اعداد را به مبنای ۲ نمایش می‌دهد ، در این دستگاه فقط دو رقم ۰ و ۱ وجود دارد وعدد ۱۰۱۱۰٫۰۱۱۰۱ چنین معنی می‌دهد ،

$$۲^{۴}+۰+۲^{۳}+۲^{۱}+۰+۰+\frac{۱}{۲^{۲}}+\frac{۱}{۲^{۳}}+۰+\frac{۱}{۲^{۵}}$$

منطق علامتی

چند زمانی پیش **لایب نیتز** (**Leibnitz**) در جریان زندگی سیاسیش ، خوددا نیازمند به ساختن فرمولی برای قضاوت در مباحثات یافت ، به قسمی که شرکت کنندگان در یك بحث وجدل‌بتوانند به وسیلهٔ‌آن فرمول به نتیجه‌گیری منطقی بپردازند ودرستدرا ازنادرست تشخیص دهند. ایهام ، آنچنان‌که دراین‌باره به مرحلهٔ امتحان گذاشته شد، همان‌طور که لایب نیتز به خوبی‌می‌دانست، درریاضیات که هرعلامت وهرمعادله‌ای درآن دارای یك معنی واحد ومشخص است غیرممکن بود. ولی درمقابل، این امر سبب شدکه اودربارهٔ امکان ساختن دستگاه علاماتی، مانند جبر، برای انجام دادن‌آنچه زبان معمولی قادربه انجام‌آن نیست،یعنی نشان دادن افکاروروابط‌آنهابدون‌قبول‌کردن ایهامات‌ومفروضات کشف نشده، مطالعه‌کند. بدین ترتیب وی‌اندیشهٔ یك‌حساب‌استدلال را پرورانده بود ؛ حسابی‌که درآن عملیات ابتدایی مربوط به جریان استدلال به‌وسیلهٔ علامات نشان داده شود. و همچنین آتیه دوری‌را پیش‌بینی‌کرده بودکه درآن مباحثات منطقی ودینی تحت راهنمایی وسایل این حساب انجام گیرد وبه نتایج قطعی و آشتی ناپذیری همچون ریاضیات برسد. شاید این همه فوق‌آن چیزی باشدکه می‌توان امید داشت، ولی درهرحال موفقیتهایی که نصیب منطق ریاضی‌گشته خیره‌کننده بوده است. وقتی‌که علامات به ساحت منطق قدم بگذارند، برنیروی آن چنان افزوده می‌شود که از قضایا ومقدمات ساده اولیه نتایجی اخذمی‌گردد بالاترازآنچه با نبودن‌آنها به‌دست می‌آید.

نخستین‌اقدام‌برجسته‌را دراین‌باره **ژرژ بول** (George Boole) انجام داد. طرح نظریهٔ خود را. درنیمهٔ دوم عمرخود، ۱۸۴۷، منتشرکرد وسپس شرح مفصلتری، درسال۱۸۵٤، درکتاب«بررسی قوانین فکر» نگاشت. دراین دستگاه، حرفی‌همچون x مشخص یك **طبقه**یا مجموعهٔ چیزهای انفرادی است که به آنها نامی مشترك می‌توان داد؛ مثلا ممکن است که نمایش طبقهٔ همهٔ پزشکان باشد. همچنین ما می‌توانیم که x را علامت یك عمل تصور کنیم، مثلا عملی‌که ازمیان تمام چیزهای دنیا، آن چیزهایی راکه پزشك هستند جدا می‌سازد. اینك فرض‌کنیدکه y مشخص یك طبقه دیگر باشد، مثلا طبقهٔ همه زنان ، دراین‌صورت، حاصل‌ضرب xy باید نمایش این باشدکه ابتدا همهٔ زنان‌انتخاب‌و بعدازمیان‌آنان‌آنهایی که‌پزشکند گاچین‌شود. یعنی xy نمایش‌همهٔ زنان پزشك است، یا به عبارت‌دیگر، نمایش‌افرادی‌است‌که تعلق به‌هر دوطبقهٔ x‌وy دارند، معادل‌این‌حاصل‌ضرب، درزبان‌معمولی‌به هنگامی است که‌دواسم‌یکی مضاف و دیگری مضاف‌الیه‌آن‌قرارمی‌گیرد.

اکنون حالتی‌را درنظربگیریدکه طبقهٔ x همان طبقهٔ y باشد، دراین‌حال ترکیب xy چیزی را بیشترازآنچه یکی ازدو حرف x یا y تنها نشان می‌دادند، نشان نمی‌دهد ، بنابراین $xy=x$ یا (چون y همان x است) $x^{۲}=x$. درجبر معمولی معادلهٔ $x^{۲}=x$ وقتی درست است که x یا صفر یا ۱ باشد، امادر جبربول همهٔ علامات ازاین قانون تبعیت می‌کنند.

اینك اجازه‌بدهیدکه موضوع‌جمع‌را درنظربگیریم. تعریف طبقهٔ $x+y$ چنین است‌که این طبقه شامل همهٔ افرادی است که حد اقل به یکی ازطبقه‌های x وy متعلق باشد، چه اینها دارای صفات مشترك باشند وچه نباشند.

علامت صفری‌که درجبرمعمولی به‌کارمی‌رود، در جبربول، مشخص طبقه‌ای است‌که هیچ فردی درآن نیست، طبقهٔ صفر.واضح است‌که مانند جبر معمولی باید داشته باشیم:

$$x+۰=x \qquad \text{و} \qquad x\times ۰=۰$$

علامت ۱ برای نشان دادن طبقه‌ای‌که شامل همه‌چیزاست، یعنی عالم سخن، به‌کار برده می‌شود ودارای خواص زیر است؛

$$x+۱=۱ \qquad \text{و} \qquad x\times ۱=x$$

بالاخره، باید علامت منفی نیز معرفی شود : علامت $-x$ چنین تعریف شده‌که مشخص طبقه‌ای است‌که شامل همهٔ‌افراد طبقه ۱ است جزآنهاکه به x تعلق دارند. بدین‌ترتیب؛

$$x(-x)=۰ \qquad \text{و} \qquad -x+x=۱$$

تا اینجا ما جبربول را به عنوان جبر مربوط به طبقات معرفی‌کردیم، ولی ممکن است‌که طبقات را طبقات حالاتی‌بدانیم که درآن‌گزارهٔ معینی صحت دارند. این امرسبب می‌شودکه تعبیر دیگری ازآن به عنوان جبرگزاره‌ها به دست‌آوریم. اگر x وy گزاره‌هایی باشند،حاصل‌آنها نمایش باهم بودن تصدیق آنهاست، بنابراین xy گزاره‌ای خواهدبودکه «هم x وهم y» را تأیید می‌کند. مجموع $x+y$ مشخص‌گزارهٔ «یا x یا y یا هردو» می باشد. علامت نفی به معنای «صحیح نیست» به‌کار می‌رود . بدین ترتیب $-x$ گزارهٔ ضد x است. معادلهٔ $x=۱$ به معنای x درست است به‌کارمی‌رود،درحالی‌که معادلهٔ $x=-۱$، که هم ارز معادله $x=۰$ می‌باشد، به‌معنای درست نیست است. معادلهٔ $-x+x=۱$ مشخص این اصل منطقی است‌که حد اوسط وجود ندارد،یعنی هر گزاره‌ای یا صحیح یا غلط است . و معادلهٔ $x(-x)=۰$ مبین

اصل تناقض است.

دستگاه علامات پئانو Peano

بول تنها علامات جبر معمولی‌را بـه‌کاربرد. ممکن است گفت که درجبربول علامت ×، که در جبرمعمولی به معنای ضرب است، به معنای کلمهٔ «و» است وعلامت + بـاکلمهٔ «یا» و علامت کمیات منفی،ـ، باکلمهٔ «نه» تطبیق می‌کند. درسالهای آخر قـرن نوزدهم، **ژیوسپ پئانو** (Giuseppe Peano) استاد دانشگاه **تورن** (Turin)، ایتالیا) با اختراع علامات جدید جهت به‌کـار رفتن در منطق علامتی، موجب پیشرفت عظیم این رشتهٔ نـوین از دانش بشری گردید. وی علامات تازه‌ای برای نشان دادن مفاهیم منطقی، ازقبیل: «مشمول است» «اجتماع همهٔ xها به قسمی کـه»، «وجود دارد»، «فقط» وغیره، معرفی کرد. مثلا برای عبارت«همان چیزی است که»علامت = رااختیارکردوعلامت ∩ را که میان دو طبقه قرار می‌داد مشخص اجتماع افراد متعلق به هردوطبقه بود (حاصل‌ضرب‌درجبربول).

یکی‌ازاعمال ابتدایی منطق نتیجه‌گیری ازدوگزاره‌ای‌است که عنصرمشترك یا جملهٔ میانی دارند ودرنتیجه مربوط است بـه جملاتی‌که مشترك نیستند. این مطلب با عمل‌حذف درجبرمطابقت دارد وممکن است‌که تا اندازه‌ای به‌صورتی شبیه‌آن نمایش داده شود. مشابهت منطق وجبر بسیارزیاد است. مثلا تمایز منطقی بین گزارهٔ مطلق وگزارهٔ شرطی باتمایز جبری بین‌اتحادهاومعادلات، مطابقت بسیاردارد. همچنین نامساویها درجبر شبیه‌هایی در منطق دارد. به طور مثال این مطلب‌که اگر گزارهٔ a دلالت بـرگزارهٔ b بکندوگزارهٔ b هم دلالت برگزارهٔ c بکند، گزارهٔ a دلالت‌بر گزارهٔ c خواهدکرد ، فوق‌العاده شبیه به‌آن است که می‌گـوییم اگر a ازb کوچکتر باشد و b هم ازc کوچکتر باشد، a از c کوچکتر است. داشتن علاماتی‌که مبین مفاهیم یـا نتایج منطقی باشد فوق‌العاده مفیداست. همهٔ شکلهای‌نوین منطق علامتی‌درواقع یك یا دو نوع علامات را به‌کارمی‌گیرند، یکی در حساب‌گزاره‌ها ویکی درحساب طبقات.

همچنانکه اتمهای شیمی، عناصر اصلی همهٔ مواد شیمیایی می‌باشند، علامات پئانونیزنمایش عناصر اصلی همهٔ مفاهیم دیگر منطقند وشایستگی آن‌را دارندکه به جانشینی زبان معمولی‌برای اظهار هرگونه نظر قیاسی برگزیده شوند.

پیشرفتهای مربوط به‌وایت هدوراسل(Russel)

در سال ۱۹۰۰ ، ا. ن. وایـت‌هـد و **برتراندراسل** (Bertrand Russel) برای شرکت‌درکنگرهٔ ریـاضیات و فلسفه به پاریس رفتند. درکنگرهٔ فلسفه،آنان بادستگاه پئانوآشنا شدند ودریافتندکه این دستگـاه‌برهرآنچه دراین‌زمینه تاآن زمان‌وجود داشت، مزیت دارد. تصمیم‌گرفتندکه اوقات خودرا وقف آن‌کنند تا به توسعهٔ وبسط این دستگاه موفق شوند وبه ویژه بکوشند که به وسیلهٔآن آرامشی به موضوع پر تلاطم اصول ریاضیات ببخشند.

مطلبی‌راکه آنها مصمم به امتحانش شده بودنداین‌بودکـه ریاضیات جزئی ازمنطق است. بدین معنی‌که آن، دانش مربوط به اشتنتاج منطقی نتایج ازمطالب پیش‌گفته شده است، به قسمی کـه درواقع یك «فلسفهٔ ریاضیات» جداگانه وجود ندارد. ایـن البته متناقض قول پیروان کانت بود که می‌گفتند اثباتهای ریـاضیات مربوط به یك شکل قبلی محسوسات است، چنانکه، مثلا شکل، یك جزء اساسی از استدلال هندسی است . وایت هدوراسل بـه زودی موفق به اثبات این مطلب شدندکه اعداد اصلی ۱ و۲ و ۳و..... را می‌توان برحسب مفاهیمی از قبیل استلزام، مجموعه ، سلب کـه متعلق به منطق محض وقابل نمایش به وسیلهٔ علامات‌پئانو هستند تعریف‌کرد. برپایهٔ این نخستین موفقیت ،آنها درتحقیقات خود به پیش رفتند تا سرانجام در سالهای ۱۹۱۰ تا ۱۹۱۳ موفق گشتند که‌سه‌جلدکتاب‌به‌نام **اصول‌ریاضیات**(Principia Mathematica) بالغ بر ۲۰۰۰ صفحه، منتشرکنند.

قبول شده بود که برای مقاصد ریاضیات بـاید اصولهـای موضوعه‌ای، علاوه برآنها که معمولا درمنطق‌یافته می‌شود،وضع کرد.

پیشرفت منطق‌که درحدود دوهزارسال، از ارسطو تابـول، متوقف مانده بود ، ازبول تا زمان حاضربه طرز خیره کننده‌ای دامنه یافته است. جالب توجه‌آن است که تا این زمـان ، زمـان پیشرفتهای اخیر، به بعضی از اشتباهات ارسطو پی‌برده نشده‌بود. مثلا در منطق ارسطو از گزارهٔ همهٔ سوسماران پردار مخلوقـات بالدارند«الزاما به دست می‌آوردند که » بعضی ازمخلوقات‌بالدار سوسمار پردارند. این نتیجه‌گیری می‌رساندکه سوسماران پـردار وجود دارندوحال‌آنکه اکنون آشکار شده است‌که‌وجودسوسماران پردار‌را نمی‌توان به وسیلهٔ استدلال محض نتیجه‌گرفت وبنابراین این نتیجه‌گیری ارسطو نادرست است. به هرحال مهمترین پیشرفت دراین‌باره این نبودکه اشتباهات منطق قدیم نشان داده شود، بلکه آن بودکه‌محدودیتهای آن برداشته شود. درواقع‌دستگاه ارسطویی که فقط‌گزاره‌های حملی‌را به حساب می‌آورد ، قادر نبود که بـه نحو رضایت بخش از عهدهٔ استدلالاتی‌که درآنها روابط وجـود داشتندبرآید، نظیر«اگرزاده‌ای باشد، باید نیایی‌باشد». غیرممکن بودکه این نتیجه‌گیری: «اگراغلب‌کت داشته باشند و اغلب پالتو داشته باشند، بعضی بایدهم‌کت وهم پالتوداشته باشند، قابل تحویل کردن به قیاس ارسطویی باشد. ازاین نظر ونظرهای دیگر منطق چنان دامنه‌ای یافته است‌که منطق سنتی، درمقایسه با سایرمطالب، قسمت کوچکی را درآن اشغال می‌کند.

کاروایت‌هدوراسل را بدون هیچ گزافه‌گویی می‌توان اساس نهضت نوین در منطق دانست. نهضتی‌که قسمت اعظم فعالیتهای آن اکنون درآمریکا متمرکزگشته است. و این مطلب از انتشارپیاپی «روزنامهٔ منطق علامتی» درآنجا هویدا است . جنبهٔ برجستهٔ این نهضت توسعهٔ چیزی است‌که **هیلبرت** آن‌را **ماوراءریاضیات**، یعنی

قضایایی که درباب قضایای ریاضی بحث کند نامیده است . مثالی دراین باره نتیجه‌ای است که به‌وسیلهٔ **گودل** (Gödel) درسال ۱۹۳۱ به دست آمده و آن اینکه قضایایی از ریاضیات هست که ، گرچه معنا دارند، صحت یا عدم صحت آنهارا نمی‌توان به وسیلهٔ هردستگاه مبتنی بر اصول موضوعه ثابت کرد .

پارادوکس راسل

مزیت به‌کاربردن علامت برای تشان دادن مفاهیم، درمقایسه با زبان معمولی، زمانی به خوبی آشکارمی‌شود که دربارهٔ تناقضهایی که ارزش استدلال را تهدید می‌کردند، از قبیل پارادوکس مشهوری که درحدود پنجاه سال پیش به وسیلهٔ برتران راسل بیان شده است، بحث گردد. پارادوکس این ریاضیدان وفیلسوف عالیقدر معاصررا چنین می‌توان توضیح داد: درحالی که ، مثلا مجموعه‌ای شامل عناصرقابل تفکر باشد ، خود مجموعه نیز که مفهوم قابل تفکر است ، یکی ازعناصر مجموعه می‌باشد. درصورتی که دربارهٔ مثلا مجموعهٔ اشیاءآبی، وضع چنین نیست، چه‌آن مجموعه خود آبی نمی‌باشد . بنابراین می‌توانیم بگوییم که مجموعه هایی که شامل خود، به عنوان یك عنصرازآن مجموعه ، نیستند مجموعهٔ بخصوصی را تشکیل می‌دهند . اجتماع چنین مجموعه‌هایی شامل مجموعهٔ جدیدی است که آن را **x** می‌نامیم . اجازه بدهید که این تعریف را به دوشکل درآوریم :

شکل الف ــ مجموعه‌ای که شامل خود به عنوان یك عنصر باشد ، عنصر **x** نیست .

شکل ب ــ مجموعه‌ای که شامل خود به عنوان یك عنصر نباشد، عنصر x هست .

اکنون اگر **x** عنصری از خودش باشد ، از شکل الف چنین برمی‌آید که عنصر **x** نیست واین یك تناقض است ؛ و اگر **x** عنصری ازخودش نباشد ، از شکل ب چنین برمی‌آید که عنصر **x** هست وباز این هم یك تناقض است؛ بنابراین باهریك ازاین دو فرض ما به‌تناقضی برمی‌خوریم که به‌ظاهر باهر نوع توضیح زبانی غیرقابل حل است.

اینك اجازه بدهید که به موضوع از نظر دستگاه علامات بنگریم . این تناقض که [« **x** ، **x** است» معادل است با « **x** ، **x** نیست »] در اصل با جانشین کردن **x** به جای **y** در این شرح به دست آمده است [(۱) **y** یك مجموعه است (۲) **x** ، **x** است، معادل است با «**y**،**y** نیست»]. این جانشینی ، چنانکه هست ، عملی نیست که طبق قوانینی که برای انجام اعمال مربوط به علامات اصلی منطقی وضع شده انجام گرفته باشد ؛ زیرا **x** خود یکی از علامات اولیه نبوده ، بلکه فقط یك علامت اختصاری است، حرف منفردی است که نمایندهٔ فکری پیچیده است. علامتهای اختصاری، هرچقدرهم که مناسب باشند از نظرمنطق زائدوغیرضرورند . بحثی که شامل آنها باشدمعتبر نیست، مگر آنکه درهرمرحلهٔ آن بحث بتوان به جای این علامات همهٔ آن فکرهایی را که به‌وسیلهٔ این علامتها معرفی می‌شوند گذاشت. بنابراین برای آنکه بفهمیم آنچه انجام داده‌ایم از نظرمنطق علامتی صحیح است، باید همهٔ بحث و به ویژه عمل جانشین کردن **x** به جای **y** را به زبان علامات اولیه واعمالی که مجازیم درروی آنها انجام دهیم برگردانیم تاآنکه همهٔ نکات روشن مربوط به **x** از استدلال حذف شود . به هرحال ، هنگامی که به چنین امری دست بزنیم متوجه خواهیم شد که قادر به انجام آن نیستیم. یعنی نمی‌توان پارادوکس راسل را به شکل مطلبی متشکل از فقط علامات اولیه درآورد . این امر معلوم می‌سازد که اگرما ازابتدا ازبه‌کاربردن زبان معمولی یاعلامتهای اختصاری اجتناب می کردیم وهمهٔ تحقیقات خودرا برطبق قواعد مربوط به علامات اولیه انجام می‌دادیم ، هرگز پارادوکس راسل پدید نمی‌آمد. این پارادوکس در بحث به وسیلهٔ زبان معمولی ، یا بحثی نیمه علامتی که در آن عملی مجاز است که غیرقابل برگرداندن به منطق علامتی محض است ، به وجود می‌آید . پارادوکس راسل ، که نمی‌توان آن‌را به زبان منطق علامتی توضیح داد ، درواقع بدون معنی‌است ولزومی ندارد که نظر خودرا بیش‌ازاین متوجه آن سازیم. تناقضی که درآن به چشم می‌خورد مربوط به ذات وماهیت منطق نیست ، بلکه مربوط است به‌کامل نبودن زبان وعلامت اختصارنویسی.

طرفداران اشراق

عقیدهٔ وایت هدوراسل آن است که ریاضیات برمنطق استوار گشته است . این عقیده مورد مخالفت مکتبی به رهبری ریاضیدان هلندی **ل . ای. جی بروور** (L. E. J. Brouwer) و ریاضیدان آلمانی **هرمان ویل** (Herman Weyle) قرار گرفته است . اینان طرفدار اشراقند (درك مستقیم) (Intitionist) و برعکس وایت هدوراسل معتقدندکه منطق بر ریاضیات استوار گشته است. آنها می‌گویند ریشهٔ اعداد طبیعی که اساس همهٔ ریاضیات است به وسیلهٔ درك مستقیم به دست آمده وبرخلاف آنچه راسل می‌گوید ازمنطق مشتق نشده است . مکتب آنها جنبهٔ نوینی‌داردکه می‌توان چنین شرح داد :

فرض کنید سؤال شده باشدکه آیا در پیشروی پیداکردن ارقام بعداز ممیز عدد π به جایی خواهیم رسیدکه رقم معینی ، مثلا ۵ ، ده بار پشت سرهم تکرار شود ؟ البته ممکن است که به این سؤال ، یا عملا با پیشروی درتعیین ارقام بعداز ممیز و رسیدن به‌آن تکرار ، یا به وسیلهٔ استدلالی کلی که معلوم می‌سازد چنان تکراری امکان پذیراست پاسخ داد . اما واضح است که این دو راه حل در همهٔ امکانات بحث نمی‌کند . تحت این شرایط ، بروورووویل از اعلام نظر دو شق داشتن وجود امتناع می‌ورزند،

یعنی قبول نمی‌کنند که ارقام اعشاری بعدازممیز π یا شامل ده بار تکرار رقم ۵ هست یا شامل این تکرار نیست ؛ به عبارت دیگر، آنها معتقدند که اصل منطقی وجود نداشتن حد وسط یعنی یا دروغ یا راست بودن هر گزاره ، درجایی که نمی‌توان نتیجه‌ای را ازراهی شامل تعدادی مراحل محدود به دست آورد معتبر نیست. آنان مفهوم «قابل تصدیق» را جانشین مفهوم «صحیح» کرده‌اند و گزاره‌هایی را غلط می‌دانند که تنها متناقضهای آنها قابل تصدیق می‌باشد . با چنین فکری ازقبول قسمت اعظم ازریاضیات سنتی‌ابا می‌ورزند . به ویژه همهٔ استدلالهایی‌راکه مبتنی بربرهان خلف است (که بطورکلی مبتنی بر قانون وجود نداشتن حد وسط است) وهمهٔ گزاره‌های شامل مجموعه‌ها یا رشته‌های بینهایت را مردود می‌دانند . نتایج خطرناکی که قبول چنین طرز فکری برای تحلیلهای ریاضی دارد مانع ازآن شده است که این فکرمقبولیت عامه یابد ،گرچه اثبات عدم صحت آن کارآسانی نیست .

احتمالات

در سال ۱۶۵۴ شخصی این مسئله را برای **بلز پاسکال** - (Blsaise Pascal) طرح کرد واز او خواست که آن‌را حل کند: «یك بازی که‌میان دوهمقوه انجام می‌گرفت به علتی‌قبل ازپایان آن متوقف گردید . اگرامتیازاتی راکه این دونفر به هنگام متوقف شدن بازی به دست آورده‌اند بدانیم و همچنین مقدار امتیازی را که‌برای‌بردمقدارمعینی پول لازم است معلوم باشد ، به چه نسبتی باید آن پول را بین دونفربازیکن تقسیم‌کرد». پاسکال به وسیلهٔ نامه ، مسئله را به اطلاع پیرفرما (Pierre Fermat) ، دوست خود، رساند واین دو درراه به‌دست‌آوردن حل این مسئله موفق به خلق **نظریهٔ احتمالات** گشتند .

بسان رشته های دیگر ریاضیات محض ، نظریهٔ احتمالات با مفاهیم تعریف ناپذیر واصول موضوعه آغاز می‌شود. آزمایشی نظیر کشیدن یك ورق ازیك دسته ورق بازی را، که درآن حالات مختلفی ممکن است اتفاق افتد (کشیدن ورقهایی مختلف) درنظر می‌گیریم ومفهوم تعریف ناپذیر احتمالات را معرفی می‌کنیم. این مفهوم تعریف ناپذیررا ممکن است به صورت اندازهٔ عددی **کمیت** ایمان داشتن به اینکه حادثهٔ ویژه‌ای اتفاق خواهد افتاد توضیح داد (مثل ورق تعیین شده‌ای از دستهٔ ورق‌کشیده شود) . اصل موضوعی که نظریه مبتنی بر آن است ممکن است چنین شرح داده شود : **فرض کنید که در یك آزمایش ،A و B دو حادثه‌ای باشند که ممکن نباشد تواماً اتفاق بیفتد ؛ در این صورت احتمال آنکه A یا B اتفاق بیفتد عبارت است از مجموع احتمالهای اتفاق افتادن هر یك از آنها به طور جداگانه .**

بنابراین چنانچه در پرتاب یك سکه به هوا، x را احتمال آمدن شیر و y را احتمال آمدن خط بگیریم ، با قبول متقارن بودن سکه ، ممکن است فرض‌کرد که $x=y$. از این گذشته از اصل موضوع معلوم می‌شود که $x+y$ احتمال آن است که یا شیر یا خط بیاید . اما آمدن یا شیر یا خط چیزی است که حتماً اتفاق می‌افتد ولذا می‌توان به‌آن ایمان‌کامل داشت . ساده‌تر آن است که اندازهٔ ایمان کامل را با واحد نمایش دهیم ، بنابراین خواهیم داشت :

$$x=y \quad \text{یا} \quad x+y=1$$

ازآنجا $x=y=\frac{1}{2}$. **احتمال آمدن شیر در یك بار پرتاب کردن سکه $\frac{1}{2}$ است .**

در تمام محاسباتی که می‌توانیم انجام‌دهیم ، عملا ازخاصیت متقارن بودن استفاده‌ای می‌بریم . مثلا چون یك تاس مکعب نسبت به شش وجهش متقارن‌است، چنانچه‌آن را بریزیم ، احتمال آنکه وجه معینی ازآن رو به بالا باشد $\frac{1}{6}$ است ؛ همچنین چون یك دسته ورق بازی دارای ۵۲ ورق است که شانس کشیده شدن همهٔ آنها یکی‌است، احتمال‌آنکه‌آن ورق‌کشیده شده فرضاً تکخال‌گلابی باشد $\frac{1}{52}$ است .

اصل موضوع را می‌توان به‌آسانی به این شکل تعمیم داد :

احتمال وقوع یك حادثه عبارت است از نسبت تعداد حالات مناسب به تعداد حالات ممکن‌وقتی‌که انتظار وقوع همه حالات یکی باشد(عموماً به‌علت متقارن‌بودن).

حال فرض‌کنید که پیرمردی فقط دارای دودندان است ، احتمال آنکه این دو دندان رو به روی هم باشند چقدر است ؛ دراین‌حال یکی ازدندانها درهرجایی ازلثه‌ها قراربگیرد ، دندان دیگر ۳۱ جا برای قرارگرفتن خواهد داشت که ازاین‌جاها فقط یکی مناسب و طبق شرط سئوال است ، بنابراین احتمال مطلوب عبارت از $\frac{1}{31}$ است .

اغلب ضمن محاسبهٔ احتمال ، به علت دقت نکردن در شمارش حالات ممکن ، به سهولت اشتباهاتی رخ می‌دهد . مثلا در این بحث که اخیراً درکتابی‌آمده است دقت‌کنید : « مجموع یك عدد فرد و یك عدد زوج ، عددی است فرد ، درصورتی که مجموع دو عدد فرد عددی است زوج و همچنین مجموع دوعدد زوج نیز عددی است‌زوج. بنابراین اگردوعدد را همین‌طوری انتخاب‌کنیم، احتمال زوج بودن مجموع‌آنهادوبرابر احتمال فرد بودن مجموع می‌باشد . » اشتباهی که در اینجا هست از آن است که عدهٔ حالات

ممکن ، چهار حالت ، درست تشخیص داده نشده است. بدین معنی که دوعددی را که همین‌طوری انتخاب می کنیم چهارحالت دارند ؛ (فرد،فرد)، (فرد، زوج،) ،(زوج ، فرد) ، (زوج ، زوج) . ازاین چهار حالت‌دوحالت‌مناسب‌باداشتن‌مجموع‌زوج‌و دو حالت مناسب با داشتن مجموع فرد است . لذا احتمالهـای داشتن مجموع زوج و مجموع فرد، درحقیقت ، متساویند .

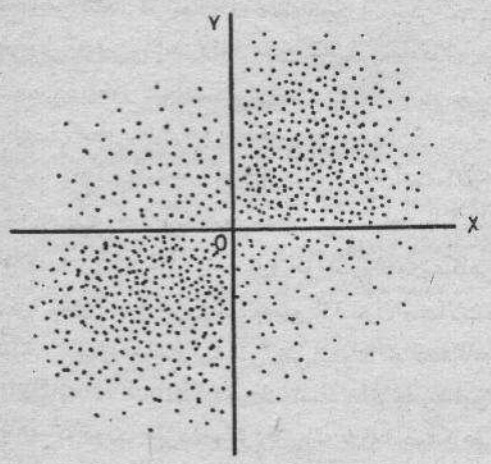
یکی از مسائل مشهور ، محاسبهٔ آن است که : اگـر دستهٔ ورقی را بین چهارنفر بازیکن‌تقسیم‌کنیم، احتمال‌آنکه در دست یکی ازبازیکنها ورقی بزرگتر از۹ نباشد چیست؟ این احتمـال تقریباً برابربا $\frac{۱}{۱۸۲۸}$ است . یعنی به طورمعمول در هر۱۸۲۸ بارکه این عمـل‌را انجام دهیم یك بار چنین اتفاقی می‌افتـد بنـابراین اگر برای اتفاق نیفتادن‌این امرباکسی‌شرطی به میزان یك تومان به هزارتومان ببندید (یعنی اگرچنین حالتی اتفـاق نیفتاد او به شما یك تومان بدهد واگراتفاق افتاد شما به اوهزار تومان بدهید) شانس زیادی هست که برد باشما باشد .

آمار

یکی از مهمترین موارد استعمال نظریهٔ احتمالات دربارهٔ موضوعهای مربوط به‌آمار است که به ویژه به وسیلهٔ آمارگـران ، منجمان و متخصصان امـور اجتماعی به‌کار می‌رود . ارتبـاط بین احتمالات وآمار به‌وسیلهٔ قضیه‌ای‌درسال۱۷۱۳ توسط**جیمز برنولی** (James Bernooli) تعیین شـد . این قضیه را می‌توان چنین توضیح داد ؛ چنانچه p احتمـال و قوع امری دریك‌آزمایش و s تعداد دفعاتی باشدکه این امردر n بار ازآن‌آزمایش اتفاق‌افتاده باشد ، نسبت $\frac{s}{n}$ را **کثرت وقوع‌آماری** یا فـراوانی آمـاری می‌گویند ؛ بنـابراین هرچقدر n بزرگ شود، احتمـال نزدیك شدن‌نسبت فراوانی‌آماری‌به P به یقین‌نزدیك می‌شود.ازاین قانون چنین فهمیده می‌شود که بـاید در مـواقعی که تعـداد آزمایشات محدود است به دقت مطالعـه کرد و در ایـن حال احتمـال انحرافات فراوانی‌آماری رااز p حساب‌کرد . این‌محاسبه مشکل نیست ومنجر به قوانین معین **فراوانی خطا** می‌شود . اینهااساس روشهایی است‌که مثلا درنجوم برای ترکیب‌کردن مشاهدات به‌کار می‌رود تا بیشترین احتمال مقدار یك دسته ازکمیات از تعدادی مشاهدات ناموزون به دست‌آید .

اگرامری بندرت اتفاق افتد، فرمول احتمال s اتفاق در nآزمایش تفاوت می‌کند . این مطلب به وسیلهٔ مقایسهٔ فراوانی آماری در حالات مختلفی نظیر تعداد مـرگهای لگد خوردن از اسب درارتش پروس وتعداد افتادنهای ذره‌های‌آلفا بر سطحی در واحد زمان در تجربیات معینی با مواد رادیو آکتیو اثبـات شده است .

نظریهٔ آمار به حد زیادی مربوط به چیزی است‌که به‌آن همبستگی‌گویند وآن را چنین می‌توان توضیح داد . دستهٔ معینی شامل تعداد زیادی ازمردان را درنظربگیرید وفـرض‌کنیدکه x مشخصهٔ قابل اندازه‌گیری یك مـرد ، مثلاً طول قد او باشد و y مشخصهٔ قابل اندازه‌گیری دیگر او مثلا وزنش ، باشـد . اگـر اندازه های این مشخصه‌هـا برای یك مـرد به وسیلهٔ نقطه‌ای‌که مختصاتش x وyاست درنموداری‌معین شده باشد، نقطه‌های مربوط به همهٔ مردان در دور نقطه‌ای مانند O گردآمده‌اندکه‌آن نقطه نمایش مقدار متوسط قـد ووزن است . اینك اگر محورهای ox و oy را ازنقطهٔ o بگذرانیم چون به طـور کلی می‌دانیم‌که یك مـرد بلند قـد سنگین وزن نیزهست ، یك انحراف مثبت x از مقدار متوسط ، اغلب همراه بایك انحراف مثبتy است وهمچنین یك انحراف منفی x به طورکلی توام بایك انحراف منفی y است. یعنی‌بیشتر نقاط نمودار درناحیهٔ اول‌وناحیهٔ سوم دستگاه مختصات قرار دارند . درچنین حـالتی می‌گوییم‌که‌یك همبستگی بین دو



خاصیت x وy وجود دارد و آن را می‌توان به وسیلهٔ **ضـریب همبستگی** محاسبه‌کرد . مقدار این ضریب را نیزبه نوبهٔ خود می‌توان با تشکیل مجموعهای مقادیر $x^۲$ و $y^۲$ و xy بـرای تمام نقاط نمودار حساب‌کرد .

دستگاه حدسی

اصل علیت چنین بیان شـده است‌که هیچ علتی بی‌معلول نیست . پدیده‌ای‌که روی می‌دهد باید مسبوق به سابقه‌ای باشدکه سبب رویدادن‌آن پدیده شده است . حتی حوادثی ازآن نوع که معمولا دراحتمالات مورد بحث قرارمی‌گیرد متخلف این اصل نیستند . به طورمثال پرتاب یك سکه را در نظربگیرید ؛ درست است‌که نمی‌دانیم سکه از چه‌رو برزمین خواهد نشست ، امااین بدان سبب است‌که مقدار همهٔ عاملهای مؤثر دراین حادثه و شاید نیز نوع این عاملها برای ما روشن نیست . شك نبودکه اگر همهٔ این معلومات دردسترس ما بودند ، ممکن بـود که از نظرتئوری رفتار سکه را محاسبه وپیش‌بینی‌کردکه ازچه رو برزمین خواهد

نشست . بنابراین فقدان توانایی ما دراین پیش‌بینی تنها به علت عدم اطلاع یا به بیانی دیگر جهل‌ماست، نه به این علت که طبیعت متحاوزبه اصل علیت است . چنین گفته می‌شود که دستگاههایی که کارشان تحت قوانین دقیق است وبا این وجود رویدادهای آنهارا به سبب قلت معلومات نمی‌توان ازپیش گفت ، دارای پارامترهای نامرئی هستند . اگرما این پارامترهای نامرئی را می‌شناختیم قادرمی‌بودیم که هرچیزی را پیش‌بینی کنیم .

درفیزیك نوین، پدیده‌هایی نظیرازهم پاشیدن خودبه خودی اتم رادیوم وجوددارد که ذرهٔ آلفا ازآن بیرون می‌آید. غیرممکن است که بتوان لحظهٔ وقوع این‌پدیده را ازپیش گفت. ابتدا تصور می‌کردند که این‌عدم توفیق به علت آن‌است که اتم‌رادیوم شامل پارامترهای نامرئی‌است. مثلا شایدچون وضع وسرعت نوترونها و پروتونهای‌داخل هسته روشن‌نیست، واینها هستند که زمان انفجار رامشخص‌می‌کنند، نمی‌توان آن لحظهٔ معین‌را ازپیش گفت. اما به‌عللی که مربوط به فیزیك‌است ولذا سخن گفتن‌ازآنها دراین‌مقام مناسب نیست،امروزبه‌طورکلی تشخیص‌داده‌اند که‌دراین باره‌چنین پارامتر هایی‌نامرئی وجود ندارندو پدیدهٔ‌این‌خردشدنها از جمله پدیده‌های متجاوز به‌اصل علیتند. تنهاچیزی‌که ممکن‌است،آن هم ازنظر تئوری، مربوط به زمان خرد شدن دانست احتمال‌آن‌است که این امرمثلا درجریان سال‌آینده رخ خواهدداد. دستگاهی که درآن حوادثی، نظیرپدیدهٔ خردشدن، به‌تبع ازقانون‌احتمالات رخ‌می‌دهند و طبق اصل علیت مشخص نمی‌شوند به **دستگاه حدسی** — (Stochastic Sytem) معروف است. باتوجه به این حقیقت که دستگاههای مورد نظردرمیکروفیزیك عموماً دستگاههای حدسی هستند، اهمیت‌اساسی احتمالات ضمن‌به‌کاربردن ریاضیات برای مطالعه طبیعت‌آشکارمی‌شود .

نتیجه: فلسفهٔ ریاضیات وفلسفهٔ علم

سخنی‌راکه دربارهٔ ریاضیات‌آغازکرده‌ایم ممکن است با کوششی برای پاسخ دادن به این سئوال‌پایان داد: پیشرفت در ریاضیات چه ارتباطی با پیشرفت درسایرعلوم دارد؟

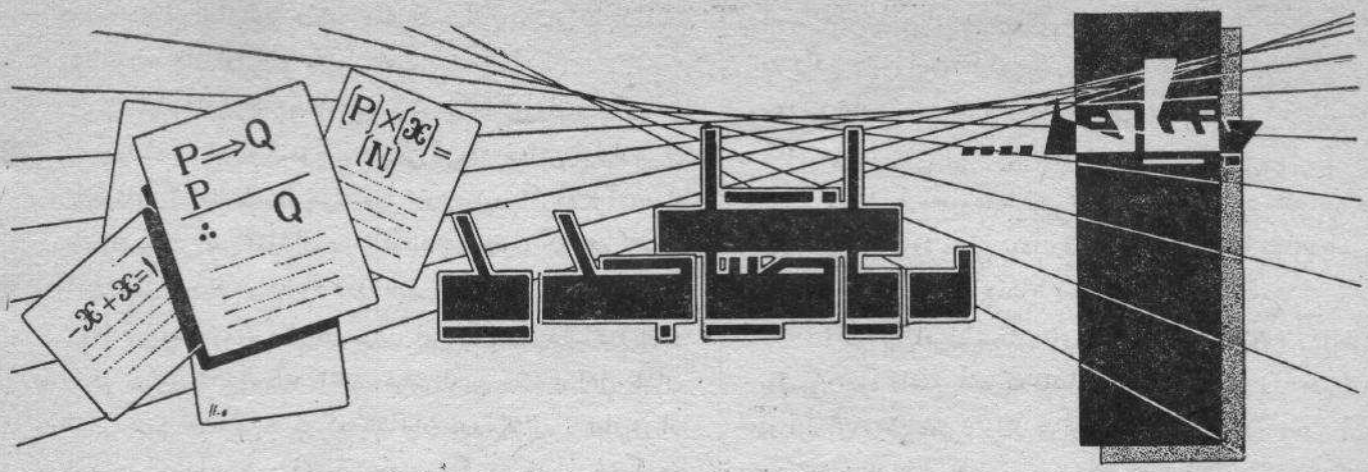
دیدیم که ریاضیات به زودی، درهمان سالهای اول(قرنهای چهارم وسوم قبل‌ازمیلاد مسیح)، به سطح عالی‌رسید . تحریرات اقلیدس‌کافی‌است که دانش‌آموزامروزه را، ازنظرهندسه، به جایی که درسهای دانشگاهی ازآنجا شروع می‌شود برساند.

درعرض‌دوهزارسال، هیچ پیشرفتی درسایررشته‌های‌علوم انجام نپذیرفت که بااین پیشرفت قابل مقایسه باشد. چرا چنین بوده‌است؟

درنسل بلافاصله قبل‌ازاقلیدس همچنانکه دیدیم، ارسطوی فیلسوف، که علاقهٔ علمی‌او به زیست‌شناسی بیشترازریاضیات بود، کوشش کردکه روش کلی افزودن بر دانش را به وسیلهٔ خلق علم منطق‌بیابد، ودراین‌راه موفق به ساختن منطقی‌شدکه تازمان حاضر باانداك تغییری باقی‌مانده‌است . درنشان‌دادن اینکه‌چگونه ممکن‌است منطق درپیش‌بردکشفیات به‌کاررود ، ارسطو به‌طورکلی براستدلال‌قیاسی متکی‌بود که موفقیت‌شایانی درهندسه داشت. اما قیاس بایدازبعضی حقایق‌آغازشودکه به عنوان مفروضات قبول‌شده است؛ ودرهمین‌روشهای به دست‌آوردن حقایق‌اولیه است که طرح ارسطو ضعف بسیارداشت. وی تعدادزیادی مشاهده را جمع‌آوری می‌کرد ولی دربارهٔ کنارگذاشتن‌آنهایی‌که صحتشان معلوم نبود دقت‌کافی‌نمی‌کرد. اوهرگزآزمایشی‌را برای‌آزمودن صحت فرضی طرح ریزی نکرد. درعلوم غیرریاضی قیاسات به عنوان‌قانون ، بالنسبه نامهم‌است. اهمیت فوق‌العاده‌ای‌که درمنطق به‌آنها داده شده‌بود منجر به‌آن‌گشت‌که پیروان ارسطو بعداً اهمیت ناشایانی به‌کلمات محض منسوب دارند.

درقرن سیزدهم میلادی افکارارسطویی به وسیلهٔ نوشته‌های **توماس‌آکیناس** (St . Thomas Aquinas) به قلهٔ اوج خود رسید . ولی ازنظرعلم این‌افکارسبب بی‌ثمرماندن‌آن شده بود و به‌همین دلیل واکنش شدیدی به رهبری **گالیله** (۱۶۴۲-۱۵۶۴) **وبیکن** (۱۶۲۶-۱۵۶۱) علیه‌آن‌آغازگشت. بیکن اهمیت نتیجه گیری ازمشاهده (استقرا) ولزوم‌آزمایش را تصریح می‌کرد. با این همه درافکاراو به لزوم تنظیم‌کردن مفروضات و سپس طرح ریزی تجربیاتی برای‌آزمودن‌آنها توجهی نشده است . به سختی می‌توان‌قبول‌کرد که این‌مطلب، قبل‌ازآنکه ازطرف مردان علم در قرن‌هفدهم، ازجمله **اسحاق نیوتن** (۱۷۲۷-۱۶۴۲) به‌کارگرفته شود، ازجانب فلاسفه، چون‌اصل پذیرفته شده‌باشد. مشخصهٔ برجستهٔ فلسفهٔ نیوتنی‌عبارت‌ازمتمرکزکردن‌توجه‌به تغییراتی‌بودکه‌دراشیاء مورد نظر پدید می‌آمد. فلاسفهٔ یونان تمایزی میان ریاضیات و فیزیك مشخص‌کرده بودند وآن این‌که‌کار ریاضیدان را مطالعه درموجودات تغییرناپذیر وکارفیزیکدان را مطالعه در موجوداتی که تغییرمی‌پذیرند می‌دانستند؛ اما نیوتن به خلق نوعی‌ازریاضیات دست زدکه اساس‌آن«محاسبهٔ نسبتهای تغییر»بود. بااین‌ریاضیات نسبت تغییرمحل جسم متحرك بریك خط مستقیم، که سرعت‌آن جسم نامیده می‌شود ونسبت تغییرسرعت، که شتاب نام دارد، مورد مطالعه قرار می‌گرفت. نیوتن یك منحنی‌را پدیدیافته ازحرکت‌یك نقطه و یك سطح را پدید یافته از حرکت یك منحنی وغیره درنظرمی‌گرفت. کمیت تولیدشده‌را **تابع** (fluent) می‌نامید وحرکت‌به وسیلهٔ چیزی‌که نسبت‌تغییر، یا به زبان امروزی مشتق(fluxion)، نامیده‌می‌شدتعیین‌می‌گردید. نیوتن‌معلوم ساخت وقتی که‌رابطه‌ای بین‌دو تابع داده شده باشد، رابطه بین‌مشتقهای آنهارا می‌توان به دست‌آورد وبرعکس . نظریهٔ مشتق که بعداً به نام حساب بینهایت کوچکها نامیده شد، ریاضیدانان قرن هیجدهم ونوزدهم را به خود مشغول داشت و موجب پیشرویهای شایان توجهی درمطالعه طبیعت گردید .

پایان



دکتر محسن هشترودی

ریاضیات هرعصر آیینهٔتمدن آن‌است. پیشرفتهای فنی و صنعتی وعلمی وهنری هرقرنی را از دید جهان‌بینی ریاضی آن می‌توان دریافت.

تاریخ تحویل فرهنگها وتجدد اندیشه با تاریخ پیشرفت ریاضی همزمان است.

دراین قرن‌که پیشرفتهای تجربی درعلوم طبیعی‌وزیست‌شناسی وتکامل علوم مشاهده‌ای همچون هیئت وکیهان‌شناسی به کمك دانشهای موجی بررسیهای علمی دور ودراز را امکان‌پذیر ساخته است، دانش ریاضی در مقام معرفتی قیاسی و استدلالی محض به جایی منجر شده است که ریاضیات مجرد یعنی بدون توسل به‌بررسی نمونه‌بندیهای دانشهای بشری معرفی گردیده است وازسوی دیگر تکامل منطق ریاضی وعلم جدید **سمانتیك** فکرمجرد را فارغ ازکیفیت بیان و گفتار به تحقیق و تجسس گذاشته وبیان علوم مجرد دیگر را پی‌ریزی کرده‌است.

دراین‌مقال‌مختصر اشارهٔ اجمالی به‌کیفیت تحول اندیشهٔ ریاضی، خصوصاً درقرن‌بیستم، صورت می‌گیردکه خوانندگان گرامی اطلاعاتی‌کم وبیش گسترده دراین مورد پیداکنند.

اساس پی‌ریزی ریاضیات مجرد ازنظریهٔ مجموعه‌هاشروع می‌شود. این‌نظریه که‌کم‌یا بیش درقرن هیجدهم مورد توجه قرارگرفته بود در اواخر قرن نوزدهم ودر ابتدای قرن بیستم اندیشهٔریاضیدانان‌رابه‌خود مشغول داشت‌وهمآهنگی و پیوستگی منطق‌وریاضیات راروشن‌کرد. مبانی‌این نظریه، بعدها باکلیاتی دیگر که در دانش ریاضی همواره محتاج‌الیه است، سرانجام مکتب‌استدلالی ریاضی رابنیان‌گذاشت.

تعارضاتی (Antinomies) که در نظریهٔ مجموعه‌ها پیش‌آمد توجه متفکران را به‌وجود این‌قبیل تعارضات درمنطق جلب‌کرد وهمآهنگی بین‌منطق وریاضیات **(نظریهٔ مجموعه‌ها وطبقات)** بربناء علم سمانتیك منجر گردید.

برای‌روشن‌شدن‌مطلب برسیاق‌پیشرفت‌تاریخی، ازپیدایش نظریهٔ مجموعه‌ها و وجود تعارضهای منطقی گفتگو می‌کنیم تا سرانجام به‌وضع واستقرار ریاضیات مجردکنونی هدایت شویم.

***

دسته‌بندی واجتماع افرادی دریك طبقه همواره به‌صورت دلخواه ممکن است، اما مجموعه‌ای که به این صورت به‌دست می‌آید مجموعه‌ای نامشخص‌وکم‌یابیش مبهم‌است. باتعریفی‌خاص که شامل کلیهٔ افراد مجموعه گشته و افراد غیرعضو را خارج سازد، می‌توان مجموعه را مشخص ومعین‌کرد (توجه شود که‌در این‌باره تعریف منطقی جامع ومانع‌ضروری نیست؛هرتعریفی‌که نتیجه را متضمن باشد کفایت می‌کند وچنین تعاریفی معادلند). پیدا است‌می‌توان‌مجموعه‌هایی‌تعریف‌کردکه به‌ظاهرخودمجموعه نیز ازافراد مجموعه باشد.

مثلا اگرمجموعهٔ کلیهٔ نامهای زبان‌فارسی راتشکیل‌دهیم وبه‌این‌مجموعه نامی دهیم چنین به‌نظر می‌رسد که‌خودمجموعه عضو مجموعه است. بیشتر تعارضات‌منطقی در نظریهٔ مجموعه‌ها ازاین نقطه شروع می‌شود. رفع چنین‌مشکلاتی که‌اکنون خیلی عادی است دربادی امرموجب مشکلاتی برای ریاضیدانان بود که‌غلبهٔ برآن‌ممتنع‌می‌نمود. بعدها روشن‌شدکه این‌قبیل‌تعارضات به‌حوزهٔ ریاضی منحصر نیست ودرحوزهٔ منطق نیزروی می‌دهد. من باب‌مثال چند مورد از این‌تعارضات درحوزهٔ منطق‌دراینجا ذکر می‌شود:

اول تعارض حکم منفرد ـ این تعارض را از قدیم شناخته‌اند واز **ارسطو** منقول است:

غیاث‌الدین جمشید کاشانی می گوید که «کاشانیان دروغگویند». بدیهی است که این حکم موجب دور می گردد، چه این قول ازطرف یك کاشانی گفته شده است، پس مشمول خود حکم می گردد و آن جمله صحیح نیست یعنی کاشانیان راستگویند. وچون گوینده کاشانی است حکم صحیح خواهد بود ودور بارز می گردد.

باید متوجه بود که درحقیقت این حکم منفرد نیست و ازدو حکم تشکیل شده است: الف ـ غیاث‌الدین جمشید اهل کاشان است. ب ـ او مدعی است که کاشانیان دروغگویند. تعارض از این جهت پیدا می‌شود وموجب دور می گردد که دروغ. گروه تشکیل نمی‌دهد، چه دروغ دروغ معادل راست است نه دروغ، اگر غیاث‌الدین جمشید کاشانی می گفت «کاشانیان راستگویند» تعارضی رخ نمی‌داد، چه راست راست معادل راست است و گروه تشکیل می‌دهد.

دوم تعارض احکام مستند بر تعریف ـ برای هر عدد می‌توان هم تعریفی ریاضی ذکر کرد وهم تعریف دیگری داد که بی‌آنکه ریاضی باشد آن عددرا مشخص کند. مثلا عدد (الف) را چنین تعریف می کنیم: «کوچکترین عددی که تعریف آن کمتر ازده کلمه لازم داشته باشد». بدیهی است اعدادی که باکمتر از ده کلمه تعریف می‌شوند مجموعه‌ای تشکیل می‌دهند (محدود یا نا محدود) که بین آنها، بامقایسه، کوچکترینشان را تعیین می کنیم وعدد «الف» مشخص می گردد. فی‌المثل عدد π چنین تعریف می‌شود: «نسبت محیط دایره به‌قطر آن». این جمله یا (حکم) شش کلمه دارد، یعنی حکمی است که ازده کلمه کمتر است، پس عدد «پی» ازاین قبیل اعداد است. همچنین عدد ۹ (تعداد سیارات منظومهٔ شمسی) چون حکم «تعداد سیارات منظومهٔ شمسی» کمتر ازده کلمه دارد، ازاین احکام است. اگر به‌همین دوعدد قناعت شود، عدد «الف» عدد π خواهد بود که ازدوعدد ۹ و π کوچکترین آنها است. به‌هرحال اگر تعاریف دیگری نیز برای اعدادی از این قبیل ذکر شود، همواره می‌توان عدد «الف» را مشخص ساخت. اکنون ملاحظه می کنیم که عدد «الف» خود باجملهٔ «کوچکترین عددی که تعریف آن کمتر از ده کلمه لازم داشته باشد» تعریف شده است که دوازده کلمه دارد. این جاست که تعارض رخ می‌دهد، زیرا عدد «الف» باید باجمله‌ای (یاحکمی) که کمتر از ده کلمه داشته باشد تعریف شود، یعنی بنابه‌مدلول تعریف فوق عدد «الف» وجود دارد و بنابرصورت حکم این عدد جزء مجموعهٔ اعدادی که به‌موجب این تعریف مشخص می‌شوند نمی‌باشد. باکمی توجه می‌توان دریافت که مجموعهٔ اعدادی که تعریف آنها کمتر از ده کلمه لازم داشته باشد یك رشته عدد

است (محدود یانامحدود، ازنظر تعداد) و تعریف عدد «الف در واقع چنین است: «کوچکترین عدد این مجموعه» و درایر صورت تعارضی درکار نخواهد بود، چه‌حکم اخیر کمتر از د کلمه دارد.

درنظریهٔ مجموعه‌ها این تعارضها قبلا مشهود شده بود تعلق آنها به‌حوزهٔ منطق بعداً روشن شد. مبناوپایهٔ منطق‌ریاضی براساس حساب احکام وقضایا وحساب طبقات است.

اگر بین افراد مجموعه‌ای (محدود یانامحدود) روابطی به‌قسمی‌وجود داشته باشد که‌حاصل به‌کار بستن این روابط برای دو فرد آن مجموعه‌فرد دیگری از مجموعه را به‌دست دهد، آن مجموعه‌را یك **سازمان** Structure می‌نامند. مثلا اگر مجموعهٔ اعداد صحیح وعمل جمع را درنظر بگیریم، چون مجموع دوعدد صحیح نیز عددی صحیح است، مجموعهٔ اعداد صحیح ر باعمل جمع یك سازمان می‌نامند. بی‌آنکه برکلیات سازمان‌د ریاضیات اشاره‌ای شود، به همین مختصر اکتفا و به تعادل این سازمان باسازمان حاصل از مجموعهٔ اعداد صحیح با عمل ضرب قناعت می کنیم، چه مجموعهٔ اعداد صحیح با عمل ضرب نیزیك سازمان تشکیل می‌دهد. (درعمل جمع سازمان اول، عد صفرعنوان **واحد**دارد، چه‌افزودن آن به‌هرعددی آن‌عدد ر محفوظ نگاه‌می‌دارد. اما درعمل ضرب سازمان دوم، همین‌عنوان را عددیك دارد، چه ضرب کردن آن درهرعددی، آن عددر محفوظ نگاه‌می‌دارد). ممکن است در سازمانی دو رابطه بین افراد مجموعه، قابل تصور باشد (مانند مجموعه اعداد صحیح واعمال جمع وضرب)، در این‌صورت چنین سازمانی را **حلقه** می‌نامند. تعادل بین حلقه‌ها با سازمان‌دوگانهٔ جمع‌وضرب همواره محقق است. سازمان معادل بارابطهٔ جمع را **مدول** و سازمان معادل باعمل ضرب‌را **گروه** می‌نامند. به‌این ترتیب حلقه در حقیقت سازمانی است که‌هم مدول وهم گروه باشد. **هیئت‌اعداد** (Corps de nombres) مجموعه‌ای است که حاصل‌اعمال چهارگانه اصلی‌حساب‌دربارهٔ افراد آن، آن‌مجموعه رامحفوظ نگاه‌دارد (جزعمل تقسیم برصفر مدول که استثناء می‌شود). مثلا مجموعهٔ اعداد گویایك هیئت اعداد تشکیل می‌دهد، چه‌حاصل چهارعمل اصلی دربارهٔ اعداد گویا عددی گویا است. مجموعهٔ اعداد موهوم نیزیك هیئت اعداد است. اگرعددی موهوم‌راکه اجزاء حقیقی و موهومی آن اعداد صحیحند عدد موهوم صحیح بنامیم، مشاهده می‌شود که مجموعهٔ اعداد موهوم صحیح هیئت اعداد نیست وبلکه تنها حلقه است. بدین‌قسم سازمانهای اصلی نمونه‌بندی ریاضی عبارت‌است از:

۱ـ **مدول** (Module) که به آن **گروه جمعی** (Groupe additif) نیز گفته می‌شود و همچنین گروه

که، مراد گروه ضربی است (Groupe multiplicatif)، و به طور خلاصه گروه نامیده می‌شود . درصورتی که در چنین سازمانی a.b = b.a باشد ، گروه را **گروه آبلی** Groupe abèlien می‌نامند . تعادل بین مدول و گروه محقق است یعنی این دو سازمان در حقیقت متوازنند .

۲- **حلقه** (Anneau یا Ring) سازمانی است که هم مدول است و هم گروه ، یعنی اعمال سه‌گانه جمع وتفریق و ضرب در آن میسر است .

۳- **هیئت اعداد** (Corps de nombres یا Field) که اعمال چهارگانهٔ اصلی حساب در آن میسر است .

سازمانها به دو دستهٔ اساسی، **سازمانهای جبری** (آنچه تاکنون اشاره شد سازمانهای جبری است) و **سازمانهای منطقی** (Structure logique) تقسیم‌می‌شوند . برای هر سازمان منطقی محاسبهٔ خاصی جبری وجود دارد که **سازمان متناظر** آن نامیده می‌شود . مثلا جبر بول Boole اصول محاسبهٔ سازمان منطقی ارسطور (یعنی منطق دوارزشی) است .

اهمیت این سازمانها در ریاضیات جدید بسیار است و اصول ماشینهای الکترونیکی یا دستگاههای خودکار براین سازمانها است .

***

درتاریخ ریاضیات، چنانکه مشهور است ،علم‌هندسه‌مقامی ممتاز دارد . تحول‌اندیشه‌های‌علمی در این زمینه باسابقه‌ترین وکهنترین داستانهای‌دانش ریاضی‌است. هندسهٔ‌تألیفی ، که‌باطرق اختصاصی هندسه، اشکال رامورد بحث قرار می‌دهد ، قدیمترین دستگاه هندسی است که شناخته شده است(اصول اقلیدس معروف به تحریر اقلیدس). با به‌کار بستن اصول محاسبات جبری در هندسه ،**دکارت** به عنوان واضع هندسه‌تحلیلی شناخته شده است (مطالعات و تحقیقات **خیام** بی‌آنکه دستگاه معادلات جبری‌به کار ببرددر واقع‌همان روش هندسهٔ تحلیلی‌است که دکارت بعدها آن‌رامجزا به‌کار بسته است). واین روش سرانجام به وضع هندسه‌های **تصویری و آفین** منجر شده است . بعدها این‌هندسه‌ها با تحقیقات‌و مطالعات **پونسله** (Poncelet) به صورت‌مستقل درآمد واز نوروش هندسهٔ تألیفی ، محکمتر و منطقیتر ازپیش به‌نام **روش اصولی** (Methode axiomatique) تأسیس گردید . کوششهای دامنه‌داری که در این‌روش به‌کاررفت کم‌کم‌ازهندسه‌به‌سایر دیسیپلینهای ریاضی تعمیم یافت و مبانی‌سایر دانشهای ریاضی را به‌صورت آکسیوماتیك درآورد. واین‌امرهم اکنون نیز از طرف دانشمندان مورد تعقیب و تفحص است .

با تأسیس روش اکسیوماتیك در ریاضی واستقلال مجدد هندسه‌از جبر ، دانشمندان علم جبر (Algébriste) از نو به تأسیس دانشی‌به‌نام **جبر هندسه** (Algèbre de la gèometrie) پرداختند که هم اکنون مورد بررسی و تکامل است . به‌کاربستن اصول محاسبات سازمانهاوخصوصاً سازمانهای منطقی درتعاریف واحکام هندسه کمك‌شایسته‌ای به‌روشن‌شدن مبانی هندسه‌می‌کند. فی‌المثل درهندسهٔ سه‌بعدی‌اقلیدسی نقاطرا (مجموعهٔ نقاط) با حروف بزرگ لاتین می‌نماییم به قسمی‌که A وB وC وD ... افراد مختلف مجموعهٔ نقاط باشند . همچنین خطوط راباحروف کوچك‌لاتین a و b و c نمایش می‌دهیم و سطوح رابا حروف یونانی α و β و γ ...اکنون حلقهٔ‌سازمان‌بندی این عوامل را تعریف می‌کنیم. عمل جمع دراین‌سازمان بین‌دوعامل‌ازمجموعهٔ کلی $S(A,B,C,\ldots a,b,c,\ldots\alpha,\beta,\gamma,\ldots)$ چنین‌می‌شود: بین دوعامل ازافراد مجموعه رابطه‌ای‌که با علامت + می‌نماییم تعریف می‌کنیم، بدین‌قسم که‌مجموع دوعامل از افراد مجموعه ، عامل‌دیگری از افراد مجموعه باکمترین‌بعد است که‌شامل هردو عامل باشد . مجموعهٔ S که اززیرمجموعه‌های :

$S(A,B,C,\ldots)$ و $S(a,b,c,\ldots)$ و $S(\alpha,\beta,\gamma,\ldots)$

تشکیل شده است برای هرزیر مجموعه دارای بعدی است که با اندیس زیر مجموعه نموده می‌شود ، یعنی بعد A وB و...صفر و بعد a وb و ... یك وبعد α وβ وγ و ... دو می‌باشد . مجموع دو عامل ازافراد مجموعهٔ S عامل دیگری از مجموعهٔ کلی S است به قسمی که عوامل مفروض هر دو بر آن قرارگیرند واین عامل دارای کمترین بعد باشد . مثلا اگر [P] و [Q] دوعامل‌نامشخص از مجموعهٔ S باشد (عوامل نا مشخص رابا حروف‌بزرگ‌لاتین نمایش می‌دهیم ، $[P]+[Q]=[R]$ چنین تعریف‌می‌شود که R از زیر مجموعه‌های نقاط و خطوط و یا سطوح چنان انتخاب می‌شود که P و Q بر روی آن باشد و اندیس R (اندیس نظیر زیر مجموعه‌ای که [R] به‌آن‌متعلق هست) کمترین مقداررا داشته‌باشد . مثلا اگر عامل‌مانند a (خط) را با عامل مانند B (نقطه) جمع کنیم، چنین خواهیم داشت: $a+B=\gamma$ که اندیس a برابر یك واندیس B برابرصفر و اندیس γ برابر دواست . یعنی مجموع یك خط و یك نقطه صفحه‌ای است که برآنها می‌گذرد. روشن است که اگر نقطهٔ B برروی خط a باشد ، مجموع‌این دومقدار همان خط a است چه در این‌صورت چون نقطه برروی a است و جمیع نقاط a نیز برروی خط می‌باشند ، عامل باکمترین بعد که‌شامل هردو است همان خط a است . در این حال $a+A=a$ (برخلاف جمع معمولی جبر ، مجموع دو عامل یکی، ازآن‌عوامل‌است بی

آنکه آن دیگری صفر باشد). برای تکمیل این اعمال محتاج به تعریف دیگری نیز می‌باشیم. مجموعهٔ کلی S ،(از نظر محتوی) را به U می نماییم (یعنی تمام فضای هندسه که شامل جمیع نقاط و جمیع خطوط و جمیع سطوح باشد) و مجموعهٔ خالی را که دارای هیچ فردی نیست ، N می نماییم (که شبیه صفر علم حساب است) ؛ افزون این دو مفهوم ، عمل جمع و عمل ضرب (که بعداً تعریف می‌شود) را تعمیم می‌دهد . در این صورت مشاهده می‌شود که مجموع دو خط a+b ، اگر متقاطع یا متوازی نباشند، عامل U است، یعنی a+b=U. و اگر این دو خط متقاطع یا متوازی باشند (یعنی در یك صفحه باشند)، مجموع آنها همان صفحه است که شامل آنها است، یعنی a+b=α .

ضرب دو عامل از افراد مجموعهٔ کلی S چنین تعریف می‌شود : حاصل ضرب دو عامل نامشخص [P] و [Q] از افراد مجموعهٔ S عامل دیگری از همان مجموعه است که در هر دو عامل [P] و [Q] مشترك باشد و بیشترین بعد را دارا باشد . عمل ضرب را با علامت × نمایش می‌دهیم و چنین می‌نویسیم : [R]=[P]×[Q] . اندیس R بزرگترین اندیس است که در زیر مجموعه‌ها شامل خاصیت مذکور در تعریف ضرب می‌باشد. مثلا حاصل ضرب دو خط متقاطع ، نقطهٔ فصل مشترك آنهاست : a×b=C ؛ وحاصل ضرب دو خط متنافر ، مجموعهٔ خالی N است : a×b=N .

اکنون حل معادلهٔ N=[X]×[P] را در نظر می گیریم که در آن P نقطه‌ای از فضا و X عاملی از اشکال (خط، سطح، نقطه) فضا و N مجموعه یا عامل خالی است . روشن است که یکی از جوابهای معادله همان عامل خالی N می‌باشد ، زیرا حاصل ضرب هر عاملی در عامل خالی همان عامل خالی خواهد بود ؛ جواب دیگر همان نقطه P می‌باشد. چه شکلی فضایی (P) که شامل نقطهٔ P باشد و کمترین بعد را دارا باشد همان نقطهٔ P است یعنی جوابهای معادلهٔ فوق عبارتند از: X=[P] و X=N . اگر ملاحظه کنیم که عوامل طرف اول معادلهٔ مذکور اجزاء P می‌باشد ، درخواهیم یافت که نقطهٔ P ، بجز خود نقطه و عامل خالی ، جزء دیگری ندارد ، یعنی به عبارت دیگر ، جزء و کل نقطه باهم برابرند . با کمی تعمق می‌توان دریافت که این همان تعریف اقلیدس از نقطه می‌باشد .

مثال فوق مبین دانشی به نام جبر هندسه می‌باشد که یا بی از منطق ریاضی است و برای مقایسه و تحول و تحویل تعاریف هندسی مورد ضرورت است .

* * *

سازمانهای اساسی ریاضیات جدید سازمانهای منطقی و جبری و توپولوژی می‌باشند که در مبانی کلیهٔ مباحث ریاضی مورد حاجتند . آنالیز ریاضی دیسیپلین خاصی است که در توابع حقیقی و توابع مختلط (مراد توابع متغیر حقیقی یا متغیر مختلط می‌باشد) رویه‌های مختلف به کار می‌بندد . در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم به توابعی برخورد شد که در فاصلهٔ اتصال، در هیچ نقطه‌ای دارای مشتق نیستند و همچنین توابع متصلی وجود دارد که منحنی آنها اندرون یك مربع را کاملا می‌پوشاند . مفهوم مشتق و مفهوم بعد محتاج بررسی جدیدی گردید و در توپولوژی، نظریهٔ بعد و نظریهٔ مقیاس از نو عنوان گردید .

وجود توابعی از متغیر حقیقی که کلیهٔ نقاط منطق صفحه نقاط انفصال آنها می‌باشند وجمیع این نقاط ، نقاط تجمع نیز می‌باشند موجب تجدید نظر در مبانی آنالیز گردید . از سوی دیگر تحلیل توابع هارمونیك وانتگرالهای هارمونیك از یك طرف و نظریهٔ تقارب سریهای فوریه از طرف دیگر بابی جدید در ریاضیات گشود که سرانجام منجر به اصولی کردن توابع پتانسیل گردید.

* * *

ریاضیات عملی خصوصا مباحث فیزیك ریاضی و نظری موجب پیدایش توابع مخصوصی گردید که جز مقادیر خاصی را قبول نمی کنند و به این طریق از تئوری تابع دیراك (Dirac) تا وضع نظریهٔ توزیع (Thèoriec de Distribution) قدمی بیشتر فاصله نماند . به کاربستن اصول محاسبات احتمال در مسائل عملی و نظری منجر به پیدایش نظریهٔ اخبار و اطلاع (Thèorie de l'information) و پس از آن نظریهٔ اشکال (Thèorie de diffieulté ou Complexité) گردید که هم اکنون مورد تحقیق و بررسی می‌باشد. پیدایش توابع خاص در فیزیك همچون تابع دیراك ، که اشاره شد ، از سوی دیگر ریاضیدانان را به مسئلهٔ جوابها و مقادیر ممتاز (Given values - Valeur propre) رهبری کرد که در فیزیك کوانتیك و فیزیك استاتیستیك مورد ضرورت است و سر انجام وضع نظریهٔ ergodique در حل معادلات دیفرانسیل فیزیك نظری دیسیپلین عام و دقیقی به وجود آورد که غالب مسائل را تحت یك روش طبقه بندی کرد .

* * *

در مسائل عملی و مشکلاتی که در علوم تجربی پیش می‌آید غالباً به دستورها و فرمولهای تجربی (Empirique) حاجت می‌افتد و غالباً تاکنون با بسطهای متقارب توسط سلسله‌های مناسب وتعیین حدود صحت فرمول ، امور تجربی مورد نظر را مطالعه

می‌کردند . به‌کاربستن روش واصول نظریه اشکال وغموض توابع مناسب‌برای بسط‌فرمولهای تجربی بامحك (Critère) تحلیلی قبلا تعیین می‌شوند ودرنتیجه فرمول تجربی یاعملی بـا صحت اطمینان بخشی به دست می‌آید که مرز و حاشیه یقین در آنها گشاده‌تر است.

ریاضیات عملی و محاسبات ، فی‌المثل درجوابهای‌عددی دستگاههای جبری یا معادلات دیفرانسیل ، بـه‌کمك ماشینهای محاسبهٔ الکترونیکی یاماشینهای الکتریکی ساده بسط و توسعه فراوان پذیرفته وازنظر صرفه‌جوئی دروقت تکامل بیشتری‌یافته است . درمسائـل عملی فنی وخصوصاً در مسائل کیهانی تعیین حدود استقراروپایایی مدارها وحرکات به‌کمك روشهای‌محاسبهٔ دقیق معروف به‌طریقه **لیاپونف** (Liapounof) پیشرفت شایانی کرده است. طریق‌انتگراسیون مجانبی (پوآنکاره) راه کمال سپرده ومسائل بیشتری رادربر گرفته است.

تعبیرهندسی‌معادلات دیفرانسیل(یادستگاههای‌دیفرانسیل) با به‌کار بردن هنـدسهٔ گسترده (Géometri globale) (Geometry in large) روش‌جوابهای‌معادله‌رادرفواصل دورپیش‌بینی‌می‌کند وباکمك‌توپولوژی‌کیفیت تغییرروش‌حرکات را درزمانهای دوروفواصل بعیدممکن می‌سازد.

آنالیز ریاضی درتحت هماهنگی روشهای مختلفی که‌ذکر شدبه پیشرفت شایانی نائل شده است و بسا از مسائل حل‌نشده اکنون درحوزهٔ معلومات مقدماتی دانش‌ریاضی قرار گرفته‌اند.

مفهوم گروههای محدود ونامحدود و به‌کاربستن آن در حوزه‌های آنالیز وهندسه از یك‌سوتعبیرهـایی هم‌آهنگ برای مسائل‌مختلف ایجادکرده‌وازسوی دیگربا‌انتقال حوزهٔ‌مفروضات اززمینه‌ای تنگتر به‌زمینه‌ای گشاده‌تر بسیاری ازمسائل را که‌در حوزهٔ آنالیزامکان بررسی‌آنها موجودنبود درحوزهٔ هندسه قابل حل‌می‌سازد. ازاین‌روست که‌جوابهای‌مختلف معادلهٔ**شرودینگر** (Schrödinger) به‌کمك گروه دورانهای فضاهای‌سه‌بعدی وچهاربعدی به‌سهولت تعیین می‌شوند .

***

به‌کاربستن مفهوم **التصاق** (Connexion) درهندسه **انفینی‌تزیمال** (Infinitésimale) و تعمیم مفهوم بـه‌ وجود گروههای کلی و تناظر فضای پارامتر گروهها به‌فضای هندسه‌گروه، بسیاری‌ازمسائل دیفرانسیل هندسه ومکانیك را با تعبیری جدید حل‌کرده است که قبل از وضع وبنیان این‌مفاهیم امکان نداشت. دستهٔ خاصی از معادلات دیفرانسیل به‌این‌ترتیب تعیین می‌شوند که فی‌المثل درحل‌و تعیین جوابهای عمومی‌آنها کوادراتور به کار نمی‌رود . ترکیب مقادیر ممتاز بـا مفاهیم گروههـای محدود در مکانیك کوانتا وفیزیك‌آماری و مسائل مربوط‌به‌الکترونها وسایر ذرات اصلی ماده‌باموا‌جهه بامعادلات دیفرانسیل، نظریهٔ **اسپینورها** (Spineurs) را در فضای اقلیدسی‌بنیان می‌نهدکه‌درنظریهٔ نسبیت به‌حل‌مسائل کمك‌شایان می‌کند .

***

مقدمـات فوق پی‌ریزی نظریـهٔ **اوپراتورها** (Opérateurs) را در مکانیك وفیزیك ممکن می‌سازد وبه هم‌آمیختن این مفهوم بامفهوم تبدیلات ریاضی توازی وهمسانی برای‌مسائل کلی ریاضی وفیزیك عنوان می‌کند که‌باکمی تعمیم درمسائل علوم انسانی (همچون مسائل مربوط به‌حمل و نقل و جامعه‌شناسی‌ومسائل‌روانشناسی) نیزمورد استفاده قرار می‌گیرد. کم‌کم‌زیست شناسی مسائـل مخصوص حیات را در حوزهٔ دانش ریـاضی‌مطرح می‌سازد وسازمان بندیهای مجرد ریاضی دراین حوزهٔ مجاهدات نیزبه‌کار می‌آید .

***

تاریخ علوم از دیرباز روشن ساخته است کـه کوشش و مجاهدت درحل برخی مسائل موردنظر، مسائل دیگری راپیش می‌کشد که معماهای تازه مطرح می‌سازد. قرن‌بیستم نیز ازاین قانون کلی مستثنانیست. درحل مسائل ومعماهای دانش بشری‌با تمام توفیق وتکامل که حاصل شده است،مسائل دیگری عنوان شده‌اندکه‌هنوز درحل‌آن‌قدمی‌برداشته نشده‌است ویااگررهروی قدمی چندپیشرفته است درنهایت تزلزل وشبهه راه‌پیمایی کرده است‌وهنوز معلوم نیست که‌گره معما چگونه گشوده خواهدشد. مسئلهٔ حوزه‌ها در فیزیك وبخصوص حوزهٔ جاذبه از این قبیل موارد است. آیا جاذبه نیزمانند حوزهٔ الکترو مغناطیسی‌روزی ذره‌ای خواهدشد وکوانتوم جاذبه کشف خواهد شد؟ این‌رازی است که‌هنوز دربارهٔ‌آن نظری صائب‌اظهار نشده‌است. بااین‌همه قرن‌بیستم یکی ازقرون فعالیتهای ثمربخش بشری بوده است و بی‌شك ادامهٔ تحقیقاتی‌که دراین قرن شروع شده‌است درقرون بعدرویهٔ فن‌وتکنیك را به‌کلی دگرگون‌خواهد ساخت .

همچنانکه در مقدمهٔ مقال اشاره شدکه ریاضیات هرعصر آیینه تمدن‌آن عصراست، ریاضیات قرن بیستم آیینه تحول‌افکار وتجدید اندیشه است. نتیجهٔ حیرت‌بخش این تحول و تجددکه ازهم‌اکنون کم‌یابیش‌قابل‌تصوراست، گشادن دروازه‌های‌آسمانهای نـا شناخته ، خواه آسمان جهان مـاده و خواه آسمان جهان اندیشه است .

پایان

به این جوان کمك کنید

پدر بزرگ صادق بقیهٔ عمرش را بهشما بخشید و از این دنیارفت. اووصیت کرده بودکه مقداری ازثروتش رابه نوه‌اش بدهند. مسعود نوهٔ اوبرای اطلاع‌ازکم وکیف‌کار که‌درداد گستری جریان داشت به‌دادستان مراجعه‌کرد. پس از اطلاع از اینکه کار درچه مرحله‌ای است ، به هنگام خدا حافظی از دادستان سؤال کرد :

ـ راستی آقای دادستان ارثیه‌ای که به من رسیده است چه‌مبلغ است؟ دادستان که علاوه برعلم حقوق به ریاضیات نیز علاقه داشت و ازاین‌گذشته دوست‌نداشت که جواب سؤال‌مردم رامستقیماً بدهد گفت :

ـ سن‌پدربزرگ مرحومت را به‌هنگام مرگ ، البته‌به سال، مجذور وآن را بـه‌سن خود تقسیم‌کن . بعدسن خود را مجذور وآن رابه‌سن پدربزرگ تقسیم‌کن. این دوخارج‌قسمت را باهم جمع ومجموع آنها را ازهزار کم‌کن و بالاخره این باقیمانده را در۱۰ ضرب‌کن . این همان عدد تومانهایی است که به‌تو ارث رسیده است.

مسعود که اغلب مطالب را دربار اول نمی‌فهمید گفت:

ـ فرمودید که سن پدربزرگ رامجذور وآن را به سن خود تقسیم‌کنم بعد سن خودرا مجذور وآن‌را به‌سن پدربزرگ تقسیم‌کنم. این‌خارج‌قسمت را ازآن‌خارج‌قسمت کم‌کنم‌وباقیمانده را در۱۰ ضرب‌کنم . این‌طور نیست؟

دادستان خنده‌ای کرد وگفت :

ـ فرق نمی‌کند چه‌آن طورکه من گفتم وچه این‌طورکه توگفتی ، نتیجهٔ هر دو یکی است . به همین طریق که گفتی عمل‌کن .

***

جوانی در اطاق دادستان نشسته بود و مذاکرات این‌دو راگوش می‌کرد. البته عملیات آنچه دادستان گفته بودیامسعود خودگفته بود، برای مسعود که‌هم سن پدربزرگ وهم‌سن‌فعلی خودرا می‌دانست، ساده‌بود، اما برای این جوان چطور؟اگر او باحس‌کنجکاوی شدیدی که دارد بخواهد بفهمد که سن پدر بزرگ چقدر بوده است و همچنین سن‌مسعود و ارثیه‌ای که به اورسیده است چقدر است ، چه‌باید بکند ؟ اگرشما آنجابودید می‌توانستید به‌این جوان کمك‌کنید ؟چطور؟

اگر نتوانستید معمای این‌جوان را حل‌کنید پاسخ آن را دریکی از صفحات همین شماره خواهید یافت.

چگونه فهمیده بود ؟

برای‌دوستان‌خودچنین تعریف‌می‌کرد:

ـ راهی طولانی و خطرناك در پیش داشتیم. این‌راه درمیان یکی‌از صحراهای خشك وبی‌آب عربستان‌بود. برای سلامت به‌پایان رساندن این راه ناچار بودیم که باخود آب‌وبنزین همراه داشته باشیم . درماشین ما شش ظرف خالی به گنجایش یکی شانزده‌لیتر و دیگری هیجده لیتر و سومی بیست‌ودولیتر وبقیه به‌ترتیب بیست وسه‌لیتر وبیست‌وچهارلیتر وسی‌چهارلیتر بود. چند ظرف را ازآب پر کردیم و چند ظرف‌را ازبنزین ویکی ازطرفها راخالی نگاه‌داشتیم. عجیب‌این بودکه‌مقداربنزینی که خریدیم و درظرفها ریختیم دوبرابر مقدار آبی بود که خریدیم و در ظرفها ریختیم ...

یکی‌از مستمعان‌سخن‌گوینده‌راقطع کرد وگفت :

ـمن‌که آنجانبودم، ولی می‌توانم بگویم که شماکدام ظرف را خالی نگاه داشتید وکدامها را ازآب وکدامهارا از بنزین پر کردید .

همه‌متعجب شدند وتصورکردندکه اوهم‌دراین‌مسافرت‌بوده‌است ومی‌خواهد بادیگران شوخی‌کند.

ـ یکی‌پرسید راست می‌گوید؟ اوبا شمادراین مسافرت نبوده‌است؟

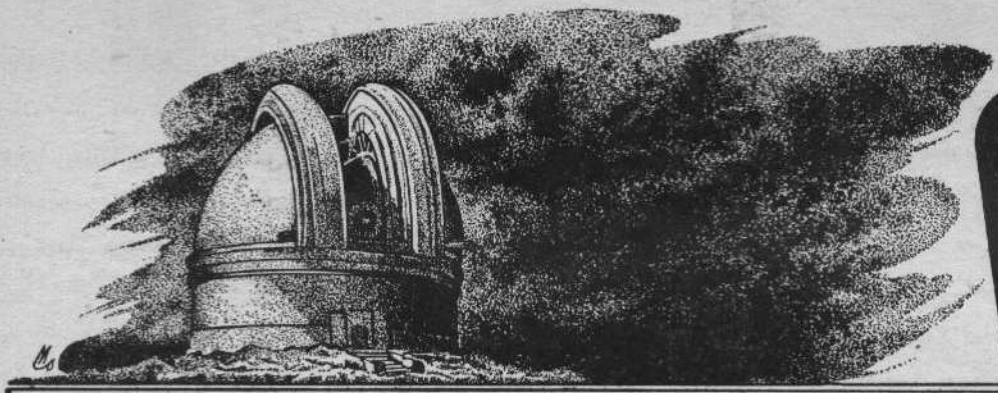
ـباورکنیدکه خیر .

ـپس ادعای اوباورنکردنی است.

اماوقتی که‌وی برای دیگران شرح دادکه چگونه فهمیده‌است‌که‌کدام ظرف خالی‌وآب درکدامها وبنزین درکدامها بوده است وتعریف‌کننده هم حرف او را تصدیق‌کرد، همه دهانشان ازتعجب باز مانده بود .

آیاشما می‌توانید بگوییدکه چگونه فهمیده بود ؟

اگر نتوانستید، پاسخ‌آن‌را دریکی‌ازصفحات همین شماره ببینید.



نجوم و... کیهان شناسی

اثر هرمان بوندی

HERMANN BONDI

کیهانشناس اطریشی معاصر

ترجمهٔ: **احمد بیرشک**

۱ـ شاید جالبترین صفت مشخصهٔ ستاره شناسی این باشد که آنچه موضوع آن است، یعنی اجرام سماوی، یکباره از دسترس ما دوراست. هرچه اطلاع دربارهٔ نجوم یافته‌ایم نتیجهٔ آزمایش نورمرئی یا تشعشعات مشابه آن (مانند نوربالای بنفش و امواج رادیویی است). گواهی صادق برمؤثربودن روشهای علمی که بکار رفته این‌است که‌مقداربسیار زیادی اطلاعات ازمنبعی که‌چنین‌ناچیز می‌نماید بدست‌آمده است. موضوع ستاره‌شناسی را می‌توان براساس نظم‌متزاید مقیاس واندازه و مسافت، به‌چهار حوزه تقسیم کرد، بدین شرح:

۱ـ منظومهٔ شمسی(سیارات،ماهها واجرام کوچکتر) با نظام ومنشأءآن.

ب ـ ستاره‌های «ثابت»، خواص انفرادی و وجوه مشابشان.

ج ـ نظام‌ستاره‌هاومادهٔ دیگردر کهکشانهای مجزا ومتمایز، که هریك ازآنها بین یك میلیارد تا صد میلیاردستاره دارد.

د ـ نظام کهکشانها درجهان، با گذشته وحال و آیندهٔ آنها.

این‌قسمت همان است که **کیهانشناسی** نامیده می‌شود.

درمقالهٔ کوتاهی مانند این مقاله ظاهراً مطلوبتر آن است که‌ازهریك ازچهار حوزه، موضوع خاصی انتخاب‌گردد و دربارهٔ اهمیت مطالبی که‌درآن‌است و استدلالهایی که بکارمی‌رودبحث‌شود.

۲ـ افزایش معرفت ما دربارهٔ حرکت سیارات‌موجب توجه به نکات جالبی گردیده است. وضع خاص سیارات ما که در میان ستاره‌های دیگرتغییر مکان می‌دهند ازخیلی‌پیش دقت‌آدمی‌راجلب کرد. نخست به مشاهده وتوصیف حرکت‌آنها پرداخته شد، آنگاه به‌فکرساختن نمونه‌ای افتادندکه برپایهٔ مفهومهای هندسی نظام پیچیدهٔ حرکت‌آنهارا نمایان سازد. نمونهٔ کپرنیك، که خورشید را مرکز وسیارات‌رابدورآن درگردش فرض‌می‌کرد، ساده‌ترودرنتیجه بالاترازنمونهٔ بطلمیوس بودکه در آن زمین مرکزجهان شناخته می‌شد. کپلر نمونهٔ کپرنیك رادستکاری‌کرد وبصورت‌بهتری‌درآورد، باین ترتیب‌که اعلام نمودکه مدار سیارات بدورخورشیدبیضی‌است نه دایره، وقوانین حرکت‌آنها برروی مدارهای بیضی‌شکل رانیز بیان‌کرد، گام بزرگ بعدی‌را نیوتن برداشت. خیلی معروف است که وقتی نیوتن افتادن سیبی ازدرخت‌را دید بفکر افتادکه آیا ممکن است همان نیرویی‌که سیب‌را ازدرخت بزیر می‌آورد ماه را در مداری به‌گرد زمین وزمین‌را درمداری به دور خورشید نگاه دارد؛ نیوتن بر مبنای فرض وجود چنین نیرویی موفق شدکه ، درنهایت خوبی، همهٔ حرکتهایی‌راکه درداخل منظومهٔ شمسی‌صورت می‌گرفت‌توجیه‌کند. هرچند همه با این داستان‌آشنا هستند، بازهم تجزیه وتحلیل‌آن برخی ازصفات مشخص‌کننده طرزفکردرستاره‌ـ شناسی نوین‌را نمایان خواهدساخت.

مشاهدهٔ آنکه سیبی ازدرخت بیفتد یك مشاهده‌زمینی است. این مشاهده توضیح آزمایشی است‌که ما می‌توانیم به ارادهٔ خود درمحیط خود انجام دهیم، آزمایشی‌که تابع قوانینی است‌که بنابر عقیدهٔ گالیله برسقوط اجسام حکومت می‌کنند.

فرض اینکه این قوانین فیزیك زمینی درمورد اجسام‌دور، مانند ماه، نیزصحیح و صادق باشند قدمی است بسیار متهورانـه. نتیجه‌ای‌که‌براین فرض‌مترتب‌است این است‌که قوانین‌مسلم‌فیزیکی محلی ارزش جهانی دارند. نمونه‌ای ازفعالیت علمی همین است که هرجا لازم باشد،از این‌گونه فرضها می‌کنندکه هم درپیشرفت علم تأثیر دارد و هم ممکن است بعدا براثر مشاهده مردود شناخته شود. تنها منظور فرضیه‌های علمی‌آن است‌که نتایج مشهود موجود زیرعنوانی جمع شوند وبه‌کمك‌آنهادربارهٔ نتایج مشاهدات آتی

پیشگویی شود، اگرفرضیه‌ای درچنین بوتهٔ امتحانی آزموده نشود رد آن میسر نخواهد شد، پس از نظرعلمی بی‌ارزش خواهد بودودر نتیجه نمی‌توان یك فرضیهٔ علمی باشد. دانشمند بـه‌چنین پرسشی که«ازکجا می‌دانیدکه قوانین ثقل واقعاً در آنجا هم صادقند»؟ چنین جواب می‌دهد:

«نمی‌دانم‌که صادقند یا نه، اما بنظرم می‌رسدکه چنین‌فرضی مفید باشد، و وقتی‌که چنین فرض‌کنم می‌توانم بهم‌بستگی‌مشاهدات قدیم‌رادرك‌کنم ومشاهدات جدیدی راپیشگویی‌نمایم.اگرپیشگویی‌های من درست در نیاید فرض من مردود شناخته می‌شود. چنین اتفاقی ممکن است هرروزی بیفتد، اما تا وقتی این اتفاق نیفتاده است من به فرض خود مانند مفیدترین وسیلهٔ حفظ موقعیتی کـه دارم اتکا می‌کنم.»

اعتقاد به ارزندگی فیزیك زمینی درمقیاس جهانی براساس نمونهٔ کپرنیك است. زیراکه اگرزمین مکانی ازنوع **خاص** بود وخورشید وسیارات وستاره‌های دیگربه دورآن‌می‌گشتند ما نمی‌توانستیم انتظارداشته باشیم‌که مکانی **نمونه** باشد. **اما** چون‌بنابر نظر کپرنیك ما زمین‌را نمونه فرض می‌کنیم نه خاص می‌تـوانیم فرض‌کنیم‌که‌آنچه درزمین درست شناخته شده است در جای دیگر هم درست باشد.

یکی دیگر ازمشخصات بسیار معتبرکارنیوتن این است‌که کلیهٔ‌مسائل‌مربوط‌به منظومهٔ شمسی را به دو طبقه تقسیم‌بندی‌کرد. این مسأله‌که «با دانستن وضع‌کنونی وسرعت حرکت مشتری می‌خواهیم بدانیم شش‌ماه دیگرمشتری‌کجا خودبود» ذاتاً به‌هیچ‌روی ازاین مسأله‌که «چرا مشتری ازخورشید دورتر وچرا از مـریخ بزرگتر است؟» ساده‌ترنیست. فرضیهٔ جاذبهٔ نیوتن درحالی‌که بـه مسائل نوع اول جواب‌کامل می‌دهد، حتی‌درصدد یافتن‌جوابی‌برای نوع دوم نیست. امکان تفکیك مطالب‌مربوط به پدیده‌های‌طبیعی به‌این‌صورت‌ازبدیهیات نیست. دربسیاری ازمسایل فیزیك‌دانشمند با ضرورت تصمیم دربارهٔ این امر مواجه می‌شودکه‌آیا ممکن‌است برخی از مطالب پدیده‌ای را تشریح وتوضیح‌کرد بی‌آنکه دربارهٔ مطالب دیگرآن بحث وغور شود؟ درچنین حالی نیوتن فرض‌کرد که جاذبهٔ زمین براثرنیروی ثقل را می‌توان‌بدون هرگونه‌اطلاع ازساختمان شیمیایی درون زمین تعیین‌کرد. بهمین‌ترتیب می‌توان جریان هوارا دراطراف بال هواپیما بدون توجه بماده‌ای‌که‌بال از آن ساخته شده است، یا شکم دادن پلی براثر مقدار ومحل باری گران‌را بی‌شناختن نوع‌بار مورد مطالعه قرارداد. اما ازآن طرف قدرت بزرگ‌نمایی میکروسکوب یا دوربین نجومی‌را نمی‌تـوان بدون توجه به نوع موج نور مطالعه نمود یا درباره تأخیری کـه درروشن‌شدن یك چراغ فلورسنت روی می‌دهد بدون توجه بوجود تشعشعات کیهانی بحث‌کرد.

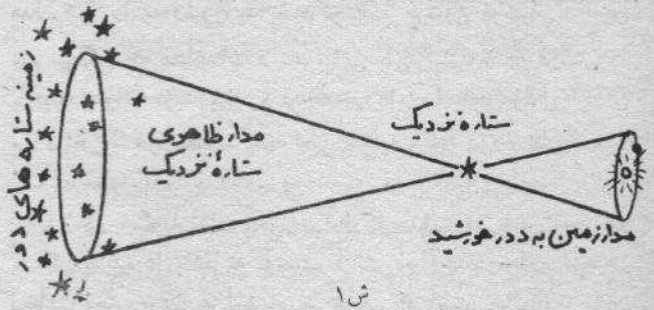
کار نیوتون دربارهٔ منظومه شمسی ثابت کرد که تفکیك مطالب، که تا این‌حد برای‌پژوهنده مفید است،امکان‌پذیرمی‌باشد. وی توانست نشان دهدکه چگونه، لااقل ازنظر اصولی،ممکن‌است هرگونه حرکت‌آتی‌را درمنظومهٔ شمسی پیش‌بینی‌کرد مشروط‌به‌آن که دریك لحظه اززمان محل وسرعت وجرم اجزاء منظومه شمسی در دست باشد. اما موضوع اینکه چرا این‌جرمها ومحلهاوسرعتها درمنظومهٔ شمسی وجود پیداکرده‌اند بهیچ روی موردمطالعه قرار نگرفت بلکه به مسأله بسیاربزرگتر منشأء منظومه شمسی، که‌بسیار دربارهٔ‌آن بحث شده وهنوز راه‌حلی قطعی‌برای‌آن یافته‌نشده‌است، محول‌گردید. به‌این‌ترتیب باآنکه ازیك‌طرف حرکت‌ماه‌رامی‌توان قرنها پیشگویی‌کرد،بهم نزدیك بودن‌قطرهای ظاهری ماه‌وخورشید بحدی‌که هم کسوف‌کامل و هم حلقةالنور را میسرسازد(یعنی وقتی که ماه‌کاملا جلوخورشیدرا می‌گیرد ووقتی‌که اختلاف‌قطرظاهری آنها باندازه‌ای‌باشدکه یك حلقهٔ نوری‌گرداگرد سایه ماه دیـده شود) یك امر فرعی بنظر می‌رسد (یعنی امری آنقدر بی‌اهمیت و دورکه زحمت مطالعه درباره‌اش‌زایداست).

۳ــ فایدهٔ قانون جاذبهٔ عمومی منحصر به زمین و منظومهٔ شمسی نیست. هرگاه چشمان خودرا به نقاط دوردست،به‌ستاره‌های ثابت، متوجه‌کنیم(فاصلهٔ نزدیکترین ستاره ازما ۲۵۰هزاربرابر فاصلهٔ خورشیداز زمین‌است)، جفت‌های ستاره‌هایی را می‌بینیم که خیلی‌کند (درحدود مدت‌یك قرن) به دوریکدیگر می‌گردند، و نیز تجزیهٔ منظارالطیفی ازنوری خبرمی‌دهدکه این نور ازدومنبع نزدیك بهم، یعنی دوستارهٔ مجاور،که درمدتی درحدود یك شبانه روز بهم نزدیك وازهم دورمی‌شوند، ساطع می‌شود. منطبق ساختن حرکت این ستاره‌هـای باصطلاح «مضاعف» با قانون جاذبهٔ‌متقابل جهش عظیمی است که از فرضیه‌های متناسب با سیب نیوتن روی داده است، اما نتایج حاصل ازآن قایم بذات هستند و به موضوع اجرام‌کواکبی به بزرگی خورشید منتهی می‌گردند. به این‌طریق تعیین تعدادی توده‌های اجرام سماوی میسرگردیده است.

اطلاق فیزیك زمینی به نواحی دور منحصربه قانون‌جاذبهٔ عمومی نیست.فرضیه‌ای‌هم دربارهٔ‌ساختمان‌ستاره‌ها باموفقیت‌به‌وجود آمده‌است. این نکته‌بخصوص‌قابل توجه است‌که ما مقداری‌اطلاعات محدود دربارهٔ سطح ستاره‌ها کسب‌کرده‌ایم وفرضیهٔ مربوط‌به درون ستاره‌ها منتج ازآنهاست. پیش‌ازاینکه دربارهٔ این فرضیهٔ قـابل ملاحظه بحث‌کنیم لازم است مقام وموضوع آنرا واضح سازیم. چه قراین مشهودی لازم است تا فرضیهٔ ساختمان ستاره‌هـا با فیزیك معمولی همبستگی پیداکند؟ قبلا توضیح تا حدی مفصل لازم است تا بتوانیم بعداً به تجزیه وتحلیل روشهای این‌فرضیه بپردازیم.

با دوربین‌های نجومی نیرومند تعداد بسیار زیادی ستاره می‌توان دید،اما درتعداد کمی ازآنها می‌توان به جزئیات کافی پی

برد وقراین مفید برای صحت نظریه تأمین کرد. باید قراین را به حدس واستنباط به‌دست بیاوریم. براثرحرکت انتقالی زمین به‌دور خورشید به‌نظرما چنین می‌رسدکه ستاره‌های نزدیکتر درعرض‌یك سال دایرهٔ کوچکی در روی زمینهٔ ستاره های دورتر طی می کنند (شکل۱). اگر این‌دایره به‌اندازهٔ لازم بزرگ‌باشد، قطر ظاهری شعاع‌آن‌را می‌توان اندازه گرفت وبا استفاده ازآن فاصلهٔ ستاره‌را برحسب‌شعاع‌مدارزمین به‌دورخورشید به‌دست آورد. برای نزدیکترین

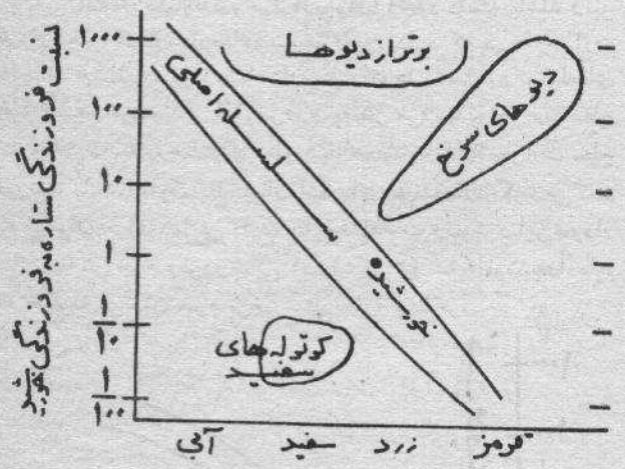


ش۱

ستاره قطرظاهری شعاع دایره کمتراز یك ثانیهٔ قوس است (یعنی زاویه‌ای‌که باآن یك‌طول یك سانتیمتری ازفاصله ۵ر۲ کیلومتری دیده شود)،وزاویه‌هایی تا $\frac{1}{20}$ این مقداررا می‌توان اندازه‌گرفت. با این روش فاصلهٔ صدها ستاره تعیین‌شده است. وقتی فاصلهٔ ستاره رااززمین بدانیم وشدت نوری‌راهم‌که ازستاره به مامی‌رسدباآن توأم کنیم، می‌توانیم سرعت مقدارنوری‌راکه ازآن ساطع‌می‌شود، یعنی به‌اصطلاح فروزندگی*ذاتی‌ستاره‌را بدست‌آوریم.

ستاره‌های بسیار نورکافی برای تجزیهٔ منظارالطیفی تأمین می‌کنند. ازاین امرمقدارزیادی اطلاعات باارزش نتیجه می‌شود،از جمله مآخذی که از روی آنها سرعت ستاره[1] نتیجه می‌شود. ومعلومات سطحی دربارهٔ مقدار عناصر (وحتی گاهی این‌وتوپهای) موجود درسطح ستاره به دست می‌آید. برای ما مهمترین اطلاعی که بوسیلهٔ منظارالطیف حاصل می‌شود درجهٔ حرارت درسطح ستاره است. این درجهٔ حرارت نه‌تنها مبین رنگ ستاره(سرخ، سفید، و غیره) است‌که درحقیقت خودآن نتیجهٔ حرارت مذکور است ،بلکه سرعت ساطع شدن نور ازواحد سطح‌را نیز معین می کند. دراینجا ما ازیك قانون ثابت شدهٔ فیزیك زمینی استفاده می کنیم. اگر فروزندگی ذاتی ستاره ونیزفروزندگی واحد سطح آن معلوم‌باشند می‌توان مساحت سطح‌ستاره راحساب‌کردو اگردرمورد شکل‌ستاره فرض‌کرویت‌را، که‌لااقل به‌طورتقریب قابل قبول است ، بپذیریم‌به محاسبهٔ شعاع ستاره موفق می‌شویم.

ستاره‌هایی‌راکه درجهٔ حرارت سطح‌وفروزندگی آنها به‌دست آمده باشند می‌توان به‌نقطه‌نمایش داد ونموداری معروف‌به« نمودار حرارت‌وفروزندگی»یا«رنگ‌وفروزندگی» **هرتزسپرونگ‌روسل*** (شکل۲) رسم‌کرد. در این نمودار درجهٔ درخشندگی روی محور عرضها (قایم) ودرجهٔ حرارت روی محور طولها (افقی) نمایش‌داده شده وهرچه ستاره سردتر (یعنی سرختر) بوده بیشتربه‌طرف‌راست قرارگرفته وستاره‌های‌داغتر(آبی‌تر) درطرف چپ نمایان‌شده‌اند.



ش۲

حاصل این نمودارآن است که نقاط نمایندهٔ ستاره‌های تابع طرح منظمی هستند. اکثریت قاطع (۹۵٪) نقاط‌دردرون‌نوار باریکی قرار می‌گیرندکه ازگوشهٔ راست و پایین (ستاره‌های سرخ‌کم نور) به‌گوشهٔ چپ وبالا (ستاره‌های‌آبی پرنور) کشیده شده است. این نوارمعروف به **سلسلهٔ‌اصلی** است وازستاره‌هایی‌که متعلق بـه آن هستند به‌عنوان ستاره‌های عادی یاد می‌شود. طرح نمودار دلالت ضمنی دارد برآنکه درستاره‌های عادی شعاع بستگی مستقیم بـه فروزندگی دارد. تعداد ستاره‌ها درقسمت پایین کم نورسلسلهٔ‌اصلی خیلی‌بیشترازقسمت بالای‌پرنورآن‌است.خورشید،ازقسمت وسط‌سلسلهٔ اصلی‌است.اکثرستاره‌های‌ثابت کم‌نورترازخورشیدهستند(ودرجهٔ‌ضعف نور تا $\frac{1}{100}$ فروزندگی‌خورشید می‌رسد) وهرچند تعدادستاره‌هـای پرنورتربه نسبت کم است عدهٔ خیلی کمتری فوق‌العاده (شاید تـا

---

* Luminosity

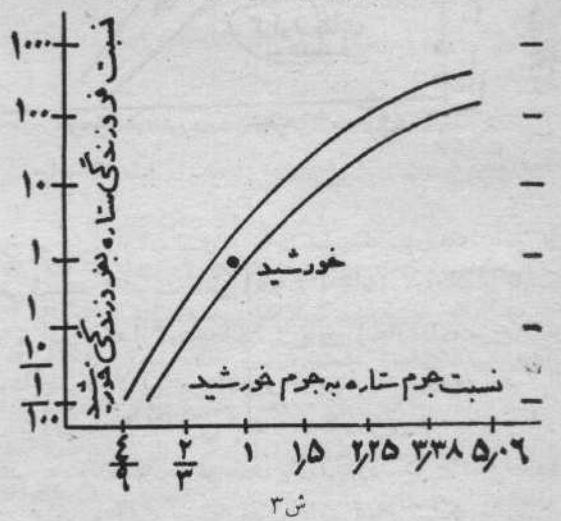
۱ـطیف‌نورستاره‌ای‌که درحال دورشدن باشد به‌نسبت سرعت دور شدن آن به لبهٔ سرخ طیف نزدیك می‌شود و طیف نور ستاره‌ای که درحال نزدیك شدن باشد به نسبت سرعت نزدیك شدن آن به‌لبهٔ‌بنفش طیف می‌گراید، این تغییرمکان را، که به «تغییرمکان دوپلر» معروف است ، می‌توان به‌سبب وجود خطهای سیاهی در جاهای معین ازطیف ستاره اندازه‌گرفت . این تغییر مکان درکیهانشناسی اهمیت شایان دارد .

* Hertzsprungrussel

۵۰۰۰۰ برابرخورشید) فروزنده‌ترهستند.(۱)

باید بیاد داشت‌که دیدن ستاره‌های کم‌نور خیلی دشوار و مشاهدهٔ ستاره‌های پرنور،حتی اگرخیلی دورباشند، به‌نسبت‌آسانتر است. اصلاح‌کامل این‌عامل‌قوی‌کم نوری یا پرنوری که درانتخاب ازراه مشاهده مؤثراست بسیار دشوار است واطلاع ما ازطرزتوزیع انواع ستاره‌ها بسیار قدیمی است و به‌حد اقل میزان فروزندگی ستاره‌ها به‌درستی واقف نیستم.

علاوه برنور سلسلهٔ اصلی برخی نواحی دیگر ازآسمان‌نیز دارای ستاره‌های زیاد هستند درحالی‌که قسمت اعظم نمودارکاملا خالی است. ستاره‌های درخشان سرخ (معروف به دیوهای سرخ)در قسمت‌بالای راست‌قراردارند وبه‌نظرمی‌رسدکه ستاره‌های‌فوق‌العاده فروزانی ازهمه‌رنگ(به‌نام برترازدیوها) وجود داشته باشند.ونیز گروهی متراکم ازستاره‌های ضعیف وجود دارد که درجهٔ حرارت سطح‌آنهافوق‌العاده زیادوشعاعشان بسیارکوچك است (وکوتوله‌های سفید نامیده می‌شوند). اما ضروری به‌نظر می‌رسدکه حرارت سطح ستاره‌هایی‌که به درخشندگی خورشید هستندبه‌اندازهٔ حرارت سطح خورشید باشد.اکنون به‌اختصار اشاره‌ای به نمودارديگری‌می‌کنیم که می‌توان برای نمایش دادن نتایج‌مشاهدات رسم‌کرد.این‌نمودار برای نمایش جرم وفروزندگی است(شکل۳) .سابقاً توضیح‌داده‌ایم که چگونه می‌توان جرم برخی ستاره‌هارا پیداکرد.



ش۳

اگرفروزندگی وجرم این‌ستاره را درروی دورمحورعمود برهم جداکرده وضع ستاره را به وسیلهٔ آنها مشخص‌کنیم دیده می‌شودکه همبستگی خیلی زیادی بین این دو مقداروجود دارد و تقریباً همهٔ نقاطی که ستاره‌هستند دراین‌نوار قرار دارند . هر چند هم تعداد وهم دقت مشاهدات کمتر ازآن است‌که برای رسم نمودار رنگ وفروزندگی بکار رفته است، نتیجهٔ‌مهمی که به دست آمده این است‌که فروزندگی هرستاره بستگی بسیار نزدیك باجرم‌آن دارد وبا افزوده شدن جرم ستاره خیلی‌به سرعت زیاد می‌شود. اگر جرم ستاره‌ای ۲ برابر جرم ستارهٔ دیگرباشد فروزندگیش ۲۰ باربیشتر ازآن است . درنتیجه تفاوت در جرم ستارگان خیلی‌کمتر است از تفاوت در فروزندگی‌آنها . خیلی‌کم ستاره پیدا می‌شود (اگرهیچ نباشد)که اختلاف جرمش باخورشید بیشتراز ده برابر باشد .

۴ـ این نتایج تا حدودی به تفصیل شرح داده شد زیراکه برای پژوهنده متضمن مسائل جالبی است. اگر وی بخواهد یك فرضیهٔ علمی دربارهٔ ساختمان درون ستاره‌ها تشکیل دهد،باید هدف خود را به وضوح بداند . نخستین موضوع فرضیهٔ او تعیین بهم بستگی چه مشاهدات و تجربیاتی باید باشد ؛ چه قراینی را باید به عنوان مؤید بپذیرد و چه چیزهایی‌را باید عوامل تجربی بررد نظریهٔ خود بداند ؛ چه چیزرا باید برای شروع نظریهٔ خود رضایت بخش بشمارد ؛

در اینجا نشان خواهیم دادکه هدف علم باید تعیین بهم بستگی پدیده ها باشد نه توصیف و تشریح آنها . برای تشخیص رضایت بخش بودن هرتوضیح،نظرشخصی‌کافی‌است؛ حال‌آنکه تعیین بهم بستگی ورابطه عملی‌است اصولی واساسی .

نخستین‌گام درهرفرضیه باید سنجیدن مقدار هدایتی باشد که بتوان از فیزیك زمینی انتظار داشت و آن را زیاد برای استخراج مطالب تعبیرکردنی بکاربرد . مثلا انتشار مستقیم‌الخط نور، ضعیف شدن‌آن درنتیجه مسافت ، ارزش استنتاجات منظار ـ الطیفی وقانون جاذبه ، همه قابل استفاده واطلاق‌به‌نظررسیده‌اند. بهترین وسیلهٔ توجیه این‌امر ساخته شدن یك نظریهٔ مستقل است که با مشاهداتی‌که برمبنای این استنتاجات وملاحظات فیزیکی دیگر شده‌کاملا سازگار است . اما وقتی‌که حرارت وفشاری‌که در هر نظریهٔ‌مربوط‌به ساختمان ستاره‌ها منظورمی‌گردد بسیاربزرگتر ازآن چیزهایی است‌که درتجربیات‌آزمایشگاهی دیده می‌شود ، انتظار چه راهنمایی‌وکمکی‌از فیزیك می‌توان داشت ؟ خوشبختانه قراینی دردست است براینکه می‌توان انتظار داشت برخی قوانین فیزیکی تجربی درشرایط موجود درستاره ها نیزصادق باشند . درجات عالی حرارت و فشار فقط ملازمه دارد با اجتماع اتمهای سریع . هرچند ممکن نیست‌که با اجتماع متراکمی از اتمها با سرعتهایی‌که در شرایط ستاره‌وجود دارد آزمایشهایی‌کرد، اما پرتوهای ظریفی‌ازاین اتمهای تندرامی‌توان به‌آسانی درآزمایشگاه به‌وجودآورد. درحقیقت الکترونهای پرتولامپ تلویزیون به طور متوسط دارای همان‌کار مایه‌ای (انرژی) هستندکه ذرات در مرکز ستاره‌ها دارند . اما این پرتو چنان ظریف است‌که اثری‌که بر روی صفحهٔ شیشه پرده تلویزیون می‌بخشدکاملا قابل تسامح است و

۱ـ هیچ‌یك ازاین‌ستاره‌های فوق‌العاده فروزان به‌ما نزدیك‌نیست، فواصل‌آنهارا باید با وسایلی غیرازآنچه‌گفته شده است به دست آورد . این وسایل بستگی‌به‌آن داردکه ستارهٔ بزرگ مورد مطالعه و ستارهٔ دیگری‌که نوع منظا را لطیفی‌آن، ودرنتیجه فروزندگی‌آن، معلوم باشد جزء یك‌گروه یا یك خوشه از ستاره‌ها باشند . فاصلهٔ این ستاره ممکن است از روی قانون معروف « نسبت‌کم شدن نور با زیاد شدن » مسافت» ، استنباط شود. چون دو ستاره عضو یك‌گروه یا خوشه هستند باید فاصلهٔ ستارهٔ‌بزرگ تا اندازهٔ فاصلهٔ آن ستارهٔ دیگر باشد . روش استفاده از ستاره‌های مضاعف ممکن است موجب گردد که‌جرمها وشعاعهای ستاره‌های ترکیب کنندهٔ گروه‌با دقتی اندازه گرفته شودکه وسیلهٔ تشخیص نوع ستاره وفروزندگی‌آن گردد .

می‌توان از آن چشم پوشید. با اینکه می‌توان در دستگاههای مخصوصی پرتوهایی با کارمایهٔ بیشتر (که علاوه بر الکترون پروتون و یون نیز داشته باشند) به‌وجود آورد، عدد ذرات این پرتوها هم همیشه کمتر از آن است که بتوانند فشار قابل توجهی اعمال کنند. با این‌همه، از این آزمایشها می‌توانیم خواص اجتماعهای متراکم و داغ را نتیجه بگیریم. و نیز بنظر می‌رسید که توانسته باشیم با فرضیه های خود حوزه های جاذبه را تا حدودی هم که در ستاره‌ها وجود دارد کاملا توضیح داده باشیم. چون اوضاع داخل ستارگان بسیار با اوضاع داخل آزمایشگاهها تفاوت دارد، ممکن است برخی اعمال که در آزمایشگاه مهم نیست (یا به وجودشان پی برده نشده است) در اوضاع ستاره‌ها حایز اهمیت باشد. اما همچنانکه دیده شده است احتمال این امر خیلی قوی نیست. استنتاج و اطلاق نتایج آزمایشگاهی به اوضاع ستاره ها به هیچ تضاد یا تخالفی که محتمل است از بسط ریاضی قوانین فیزیکی به خارج از حدودی که در آن است نتیجه گردد منجر نشده است.

نظریهٔ مربوط به ساختمان ستاره‌ها دو هدف دارد: یکی آنکه اندازه‌گیریهای نجومی را با یکدیگر مربوط سازد و دومی، که خیلی بلندپروازانه تر است، آنکه آنهارا با فیزیك سازگار کند. هرگاه فیزیك زمینی که درمقیاسهای نجومی به‌کار می‌رود به نتایج قابل توجه رسد (یعنی نتایج حاصل برای مشاهده حائز اهمیت باشد) همبستگی‌های مطلوب عاید شده است. البته ممکن است بعداً مسلم شود که چنین چیزی ممکن نیست اما اگر کار را با فرض امکان آن شروع نکنیم هیچگونه امیدی به یافتن آن نمی‌توانیم داشت.

۵ـ قدم بعدی که باید برداشت عبارت است از یك آزمایش فرضی از ماده‌ای که ستاره‌ها از آن ترکیب شده‌اند. به عبارت دیگر، اگر فرض کنیم که قانون جاذبه و قوانین دیگر مربوط به مادهٔ زمینی در مورد ستاره‌ها نیز جاری باشند، ساده‌ترین نمونه‌ای که بتوانیم به وجود آوریم و دارای خواص اجرام آسمانی باشد کدام است؛ اینك چند تا از جمله مسائل و پرسشهایی که باید مورد توجه قرارداد:

۱ـ آیا به‌راستی مادهٔ مشکلهٔ ستاره ها برای موضوعات مورد علاقهٔ ما دارای اهمیت است؛ اگر جواب مثبت باشد باید سعی کنیم که ببینیم ستاره‌ها از چه ساخته شده‌اند و آیا ساختمان ستاره‌ها همه جا یك جور و از یك ماده است یا ماده در درون آن در نقاط مختلف فرق می‌کند.

ب ـ آیا ستاره‌ها در حالتی استوارند یا تغییر می‌کنند. حتی ممکن است ستاره‌ای که اکنون به‌نظر ما در حالتی استوار می‌آید دستخوش تغییرات کندی باشد که خواص قابل مشاهدهٔ کنونی آن را به‌کلی دیگرگون کنند.

ج ـ علاوه برخواص مشهود چه عواملی بر ارزندگی نمونه‌ای که باید به وجود آوریم تأثیر می‌گذارند؛ مسلماً اگر قیاسات ناشی از یك فرضیهٔ معلوم وجود ستاره‌هایی را که دارای خواص مشهود کنونی باشند نفی کند، فرضیه غلط است. اما اگر برحسب آن فرضیه حدود خواصی که ممکن است در ستاره‌ها باشد از آنچه در واقع مشاهده شده است وسیعتر باشد، ممکن است فرضیه ناقص باشد نه غلط. زیرا که ممکن است علی‌رغم امکان وجود چنین ستاره‌ها به وجود آمدن آنها غیرممکن باشد، یعنی محدودیت درعمل پیدایش و تشکیل باشد نه درحالت وجود. برای فهم مطلب مثالی از موضوع دیگر می‌زنیم: استقامت و استحکام سنگها وجود کوههایی به ارتفاع سی‌هزار متررا ممکن می‌سازد. اما شرایطی که برای به وجود آمدن چنین کوههایی لازم بوده هیچگاه وجود نیافته‌است. پس در آغاز کار می‌توانیم ببینیم که فرضیهٔ ساختمان ستاره‌ها بستگی کامل دارد با مسائل به وجود آمدن ستاره‌ها و تکامل آنها.

ساده ترین نمونهٔ زمینی که با توقعات ما سازگار باشد متضمن این فرضهاست:

اول ـ ماده درتمام ستاره‌ها یکی است و عبارت است از فراوانترین عنصرها، یعنی هیدرژن.

دوم ـ اجرام سماوی درحالتی استوارند.

سوم ـ ستاره‌هایی که چنین ساخته شده وچنین صفاتی داشته وشامل تمام جرمهای موجود درستاره‌ها باشند ممکن است حادث باشند یعنی به وجود آمده باشند.

این فرضها به اندازه‌ای منجز هستند که می‌توانند تجزیهٔ مسأله را ازجنبهٔ ریاضی میسر سازند. حل مسأله نتیجه بخش است زیرا که دیده می‌شود اجرام فرضی این نمونه (تا جایی که دقت مشاهدات ما محدود می‌شود) هم از نظر بستگی بین فروزندگی و رنگ و هم از نظر رابطهٔ بین فروزندگی و جرم دارای خواصی هستند شبیه به خواص ستاره‌های سلسلهٔ اصلی.

جای خوشوقتی و مایه تشویق است که ساده ترین نمونهٔ فرضی خواص قابل مشاهده بیشتر ستاره ها را نمایان می‌سازد. قبلا تا حدودی دلایلی بر حصول چنین نتیجه‌ای در دست بود، اما قراینی که برای تأیید بدست آمده‌اند به حد اکثر اطمینان بخش می‌باشند.

۶ـ روش ساختن یك نمونهٔ فرضی از ستاره‌ها در اصل خیلی سر راست است، اما جزئیات کار از جنبهٔ ریاضی و فیزیکی بسیار غامض و پیچیده‌اند. نیروی جاذبه در ستاره‌ها بسیار بزرگ است،

اما فشاری که درمرکز خیلی زیاد است، وهرچه به‌طرف خارج نزدیک گردد کمترمی‌شود، ازسقوط ماده جلوگیری می‌کند. این امر شبیه است به مورد جو زمین که فشار زیاد در پایین و فشار رقیق در بالا، علی رغم نیروی جاذبه هوا را در حال تعادل نگاه داشته است.

در مادهٔ متشکلهٔ ستاره‌ها رابطهٔ بین فشار و جرم مخصوص و درجهٔ حرارت مانندهمین رابطه درگاز زمینی‌است(۱) هرچند ممکن است (که در فشار فوق‌العاده زیاد) جرم مخصوص ستاره صد برابر جرم آب باشد. قبلا از آزمایشهایی که در آزمایشگاهها بر روی گازها بعمل می آمد قابل اطلاق بودن قوانین گازها برجرم مخصوص وفشاردرحدودی که درستاره‌ها وجود دارد پیش‌بینی‌می‌شد، اما همان‌طورکه قبلا شرح دادیم، درنتیجهٔ درك طرز حرکت ذرات سریع که با روشهای آزمایشگاهی دیگری به دست‌آمده قابل اطلاق بودن قوانین مذکور تأییدگردید.

درجهٔ حرارت نیز مانند فشار ازمرکز به طرف خارج نقصان می‌یابد. درستاره هم، مانند هرجای دیگر، حرارت از طرف محل گرمتر به محل‌سردتر جریان پیدا می‌کند. این‌جریان حرارت همیشه سطح ستاره را، باوجود تشعشع دائمی حرارت در فضا، داغ نگاه می‌دارد. اختلاف درجهٔ حرارت درداخل ستاره موجب جریان‌کار مایه (انرژی) ازمرکز به سطح‌آن است. نوری که ازستاره ساطع می‌شود آخرین قسمت جریان‌کار مایه دردرون آن است. بنابراین ازروی‌سرعت‌تشعشع‌نور ازواحد سطح، ودرنتیجه ازحرارت تمام سطح ستاره، می‌توان اصولا عظمت مقدار حرارت درزیرسطح‌آن‌را تعیین‌کرد، درحالی‌که تغییرفشار نیروی ثقل را تأیید نمی‌کند ودرنتیجه بستگی دارد با جرم وشعاع ستاره. خواص جریان درونی حرارت توأم با قوانین گازها ومقابلهٔ فشارباجاذبه، وجود رابطه‌ای رابین جرم وفروزندگی وشعاع‌هرستارهٔ سادهٔ‌همگن ایجاب می‌کنند ومی‌توان نشان دادکه این‌رابطه درستاره‌هایی از سلسله اصلی که‌قابل مشاهده هستند صادق است.

جریان حرارت چگونه وجود پیدا می‌کند، یعنی‌کار مایه ازکجا می‌آید؟ مطالعهٔ دوره‌ای که درآن جریان‌حرارت دوام دارد به یافتن جواب این سؤال‌کمك می‌کند.

قراین و شواهد زمین شناسی نشان می‌دهند که فروزندگی خورشید در طی چند صد میلیون سال تغییر محسوسی نکرده است ودلایل ضعیفتری وجود داردبراینکه خورشید و بسیاری ستاره‌های دیگر میلیاردها سال عمر دارند. هیچ منبع شیمیایی یا ثقلی‌کار مایه نمی‌تواند سرعت لازم برای سوختن درطول این مدت درازرا تأمین‌کند. فقط‌کارمایه‌های هسته‌ای ممکن است وجود این پدیده راموجب‌شده باشند. کارمایهٔ هسته‌ای‌به دونوع آزاد می‌شود: خاصیت رادیوآکتیوی‌آنی واستحالهٔ القایی. درنوع اول یك هستهٔ مناسب تحت تأثیر نیروهای‌داخلی، ذره‌ای صادر می‌کند وبه هستهٔ دیگر تبدیل می‌شود. رادیوآکتیوی‌آنی نمی‌تواند منشأکار مایهٔ ستاره‌ها باشد، به سبب‌آنکه اجسام رادیوآکتیوکمیاب هستند ونیزبه سبب آنکه بالنسبه مقدارکمی‌کار مایه‌آزاد می‌کنند. استحالهٔ القایی وقتی صورت می‌پذیردکه ذرهٔ دیگری به هسته برخوردکند وتصادم آنقدر شدید باشدکه منتج به یك عکس‌العمل هسته‌ای شود. دو روش اصلی برای به وجود آوردن تصادمهایی که به اندازهٔ‌کافی شدید باشند وجود دارد. در آزمایشگاهها پرتوهای سریع ذرات به وجود می‌آیند و به طرف مواد مناسب هدایت می‌شوند. خیلی بعیدبه‌نظر می‌رسدکه در داخل ستاره‌ها چیزی شبیه به‌آسیایی‌که پرتوهای سریع را به وجود می‌آورد یافته شود. در روش دوم ماده را تا درجهٔ بسیار زیادی حرارت می‌دهند به طوری‌که ذرات ترکیب‌کننده‌آن به سرعت به حرکت درآیند. درچنین حالتی‌هسته ممکن است باشدت‌کافی تصادم‌کند واستحالهٔ هسته‌ای روی‌دهد. این نوع عکس‌العمل را «حرارتی هسته‌ای» یا ترمونوکله‌ئر می‌نامند ومسلماً احتمال وجود چنین منبع نیرویی درستاره‌ها می‌رودمشروط به‌آنکه حرارتی‌که ازعکس‌العمل هسته‌ای نتیجه می‌شود ماده را آنقدرگرم نگاهدارد‌که عکس‌العمل بتواند ادامه پیداکند.

برای‌آنکه به نتایج قطعی تری برسیم باید مقادیر عددی را درنظربگیریم. هرگاه قراین جریان حرارت ومشخصات مشهود ستاره‌هاملاك تشخیص قراردهیم، حرارت درمرکز ستاره‌ها باید در حدود پانزده ملیون درجهٔ صد قسمتی باشد. در چنین حرارتی با معیارهای متداول‌درآزمایشگاههاسرعت هسته خیلی‌کم خواهدبود. هسته باید سرعت خیلی بیشتری داشته باشد تا استحالهٔ هسته‌ای، به میزانی‌که قابل اندازه‌گیری باشد، روی دهد. بامقیاسهایی که درزمین متداول است در ستاره‌هاسرعت‌تولیدکار مایه در واحد جرم بسیارکم است. مثلا ۱۰۰ کیلوگرم ماده در مرکز خورشید فقط‌یك‌وات‌کارمایه تولیدمی‌کند حال‌آنکه‌بازدهٔ حرارتی یك‌وجود انسانی ۱۰۰ وات‌است. بنابراین‌فروزندگی‌زیادستاره‌ها نتیجه جرم فوق‌العاده زیاد آنهاست. برای اینکه این موضوع را با دقت بیشتری بیان‌کنیم‌مخروط بسیار باریکی درنظرمی‌گیریم‌که رأسش در مرکز خورشید و قاعده‌اش یك مساحت ۵ سانتیمتری از سطح خورشید باشد. هرچند، چنان‌که‌گفتیم، تولیدکار مایه درمجاورت رأس مخروط بسیاربسیارکنداست، اندازهٔ بسیارزیاد طول‌این‌جزء خورشید (یعنی ۱۱۱۰۰۰ کیلومترطول مخروط) وتکاثف نسبی‌زیاد ماده (که چندین بار سنگین تر از سرب است) ایجاب می‌کند که بازده حرارتی‌کاملا زیاد باشد. همهٔ این حرارت باید ازقاعدهٔ ۵ سانتیمتر مربعی مخروط خارج شود زیراکه محلی برای جاری

(۱) فشار مساوی حاصل ضرب درجهٔ حرارت وجرم مخصوص‌درضریب ثابتی‌است‌که فقط به جرم ذرات‌گاز بستگی دارد.

شدن حرارت به مخروطهای مجاور که اقران همین مخروط‌اند نیست. بنابراین سطح ستاره بسیارداغ وستاره درخشان است.

با توجه به این‌عامل می‌توان درآزمایشگاه فیزیك‌هسته‌ای آزمایشهایی کرد تا درجهٔ حرارت مرکزی مناسبی را معین نمودکه عکس‌العمل «حرارت هسته‌ای» (ترمونوکله‌ئر)[درحقیقت برای تبدیل ئیدرژن به هلیوم] را به مقداری‌که موجب تولید همهٔ حرارت ستاره هاگردد موجب شود. وقوف به درجهٔ حرارت مرکزی به نوبهٔ خود وسیلهٔ یافتن رابطه‌ای بین جرم وشعاع و فروزندگی‌می‌گرددکه ازرابطه‌ای‌که قبلاگفتیم جدا است ولی‌مانند آن با مشخصات مشهود ستاره‌های سلسلهٔ اصلی‌سازگاری‌کامل‌دارد. به‌این‌ترتیب ما به‌این نتیجه رسیده‌ایم که بر طبق قوانین‌فیزیك معمولی توده همگنی (درحدود بزرگی ستاره) که قسمت اعظم واصلی‌آن عبارت از ئیدرژن می‌باشد می‌تواند در صورتی‌که درجهٔ حرارت سطح‌آن و فروزندگیش به اندازه های معینی باشند در حال تعادل باقی بماند واین اندازه‌ها همانند که درستاره‌های سلسلهٔ اصلی مشاهده می‌شوند.

این است صفت جالب روش مرد عالم، که اعمال را به «نیروهای مرموزی‌که برای علم مجهول است» نسبت نمی‌دهد وجملهٔ بیروح «نمی‌دانم» را برزبان نمی‌آورد بلکه با عزمی‌جزم «دانسته» را به‌کار می‌بندد و ازآن برای‌آن‌کشف «ندانسته» یاری می‌گیرد.

۷ـ ازآنجایی‌که نمونه‌های همگنی‌که عبارت‌اند از ماده‌ای که مانندگاز عمل می‌کند وقسمت اساسی آن ئیدرژن است خواص مشهود ستاره های سلسلهٔ اصلی را نمودار می‌سازند، ما تشویق شده‌ایم‌که نمونه‌هایی طرح‌کنیم‌که خواص ستاره‌های‌کمیاب دیگر را داشته باشند.

خاطرنشان شده است‌که درجهٔ عالی‌حرارت درون ستاره‌های عادی این نظر فیزیك دان نجومی راکه ماده درون ستاره‌ها، علی‌رغم تکاثف نسبی زیادش، باید به حال‌گاز باشد توجیه می‌کند. اصل معروف «جدایی» (Exclusion)که درفیزیك اتمی به وسیلهٔ دانشمند سویسی، برندهٔ جایزهٔ نوبل، به نام **ولفگانگ پائولی ـ** (Wolfgang Pauli) وضع‌گردیده است دلالت می‌کند براین‌که ممکن نیست دو الکترون هم ازحیث وضع وهم ازحیث سرعت‌بهم بسیار نزدیك باشند. بنابراین سرعتهای بی‌شمارکه به اندازهٔ کافی باهم اختلاف داشته باشند باید وجود داشته باشد. این وضع ملازمه دارد بااینکه بسیاری ازالکترونها سرعت زیاد داشته‌باشند در تکاثف نسبی‌های عادی سرعت ذرات تابع درجه حرارت است اما اصل جدایی ایجاب می‌کندکه درماده‌های خیلی فشرده سرعت بسیاری از ذرات بدون تأثیر درجهٔ حرارت خیلی زیاد باشد. نتیجهٔ برخورد ذرات سریع پیدایش فشار است، بنابراین ماده‌های خیلی فشرده، بدون توجه به درجهٔ حرارت، فشاری عظیم اعمال می‌کنند. در نتیجه این گونه فشار تابع قانونی جز قانون فشار گازهای عادی است. می‌توان نمونه‌هایی را آزمودکه درآنها این فشارمخصوص تکیه‌گاه اصلی‌را درمقابل نیروی جاذبه مهیا سازد. نتیجه‌آنکه شعاع تابع معینی ازجرم است، وجرم باید ازحدمعینی پائین‌تر باشد، ولی میزان فروزندگی معین نیست. با آنکه وجوه مقایسه به وسیلهٔ مشاهده خیلی‌کمترازمورد ستاره‌های سلسلهٔ اصلی است بنظر می‌رسد نمونه‌ای‌که تشکیل شده به نحوی عالی با آنچه دربارهٔ‌کوتوله های سفید می‌دانیم مطابقت داشته باشد. چانکه از نمونه‌ای‌که با ستاره های سلسلهٔ اصلی مطابقت دارد برمی‌آیدکار مایهٔ آنها نتیجهٔ تبدیل «حرارتی هسته‌ای» (ترمونوکله‌ئر) ئیدرژن به هلیوم درنواحی مرکزی است. پس‌ازمدت زمانی‌کافی در چنین ستاره‌ای مقدار بسیار زیادی هلیوم به وجود خواهد آمد و دیگر ئیدرژن عنصراصلی تشکیل دهنده نخواهد بود. اگرهلیوم نزدیك مرکز، یعنی در محلی‌که به وجودآمده است، باقی بماند ترکیب‌نواحی‌داخلی(مقدار زیادی‌هلیوم) بانواحی‌خارجی (تقریباً ئیدرژن خالص) تفاوت خواهدداشت ودیگر ساختمان ستاره همگن نخواهد بود. زمانی‌راکه برای تحقق یافتن چنین تغییراتی لازم لازم‌است به‌آسانی می‌توان حساب‌کرد سرعت استحاله‌ای‌که موجب فروزندگی ستاره است تابع مقدار معلومی‌کار مایه است‌که درهر عکس‌العمل هسته‌ای آزاد می‌شود. توده‌ای ازگاز ئیدرژن‌که، مثلا، دریك‌میلیارد سال تبدیل به هلیوم می‌شود به سادگی متناسب است با فروزندگی ستاره. و چون فروزندگی، به نوبهٔ خود، خیلی به سرعت با جرم ستاره افزایش می‌یابد نتیجه می‌گیریم‌که در یك میلیارد سال‌کسری ازجرم ستاره های بسیار حجیم (ودر نتیجه درخشان)که تبدیل به هلیوم می‌شود خیلی بزرگترازهمین کسردرستاره‌های سبك (ودرنتیجه‌کم‌نور) است. ذخیرهٔ ئیدرژن‌در خورشیدبرای‌تقریباصدمیلیاردسال‌کفایت‌می‌کند، پس‌تغییرمحسوس‌در وضع‌ظاهری‌را ممکن‌است‌بعدازده میلیارد سال انتظار داشت. این مدت‌برای ستاره‌های‌کم نورتر درازتر وبرای‌ستاره‌های درخشنده‌تر کوتاه‌تر است وچون تصور نمی‌رودکه درکهکشان ستاره‌ای‌وجود داشته باشدکه از ۵ تا ۱۰ میلیارد سال بیشتر عمر داشته باشد هیچ ستاره‌ای‌که کم نورتر از خورشید باشد نمی‌تواند بیشتر از خورشید هلیوم جمع‌کرده باشد. اماستاره‌های پرنورتراز خورشید کاملا ممکن است چنین باشند. با وجود موارد متعدد عدم قطعیت‌واضح‌می‌نمایدکه ستاره‌ای‌که‌مقدارزیادی‌هلیوم‌دردرونش‌جمع شده‌باشد بسیارمنبسط‌گردیده‌ودرنتیجه‌ازیك ستارهٔ معمولی سرختر به نظر می‌رسد. بدین ترتیب چنین می‌پنداریم که لااقل دراصول نمونه‌های رضایت بخشی برای دیوها و برتراز دیوهای سرخ پیدا کرده باشیم.

یکی از موفقیت‌آمیزترین نکات این نظریه ملازمه داشتن آن با این واقعیت است که ستاره‌های کم نورتر ازخورشید محدود به سلسلهٔ اصلی هستند و ستاره‌های درخشانتر در طرف راست آن قراردارند. این‌امر کاملا با نمودار هرتزسپرونگ روسل موافقت دارد. بااین همه، نباید تصورکرد که نمونه‌های فرضی که ما از ستاره‌ها تشکیل داده‌ایم ما را به‌کلی از اشتباه مصون می‌دارند. فروزندگی بعضی ستاره ها گاه به گاه تغییر می‌کند و این نشانهٔ نوسان کردن آنهاست. گاهی از روی اثری که حوزهٔ مغناطیسی بعضی‌ستاره‌هادرطیفشان می‌گذاردبه‌وجودحوزه پی می‌بریم. نتیجه آن است که حوزهٔ مغناطیسی بعضی ستاره‌ها بسیار بالا و قوی است وازآن برخی متغییر است. و نیز فروزندگی بعضی ازستاره‌ها از ستاره های همرنگشان که درسلسلهٔ اصلی قرار دارند کمتر است. این‌گونه ستاره‌ها، که **فروترازکوتوله** می‌نامیمشان، با نمودار هرتزسپرونگ‌روسل‌سازگار نیستندهرچندبه‌کندی‌به‌درک‌این‌ستاره‌ها نایل‌می‌شویم‌هنوز نظریه‌ای که توصیفی‌رضایت‌بخش‌وضع آنهارا توجیه کندبه وجودنیامده است. اما موفقیتی که‌درشناختن‌ستاره‌های عادی دست دادهٔ است این امید و اعتماد را می‌بخشد که هم برخواص شناخته شدهٔماده به توضیح وضع ستاره‌های کمیابتر موفق شویم.

۸ ــ تا اینجا قسمت اعظم بحث ما مربوط به ستاره‌هایی بودکه درهمسایگی نجومی ما قراردارند. آیا این‌ستاره‌ها نمایندهٔ هرستارهٔ دیگر وواقع درهرنقطهٔ دیگر می‌توانند بود؟ این‌مسأله مارا به تقسیم بندی و سازمان دادن ستاره‌ها به‌کهکشانها هدایت می‌کند.

راه شیری یا مجره پدیده‌ای است * که شبها در آسمان با آن‌آشنا هستیم وعبارت است ازترکیبی ازتعداد بسیارزیادی‌ستاره به‌شکل قرصی مسطح در قسمتی ازفضا. منظومهٔ شمسی در صفحهٔ این قرص مسطح وتا حدی دورازمرکزآن است (شعاع قرص در حدود ۴۰۰۰۰ سال نوری و فاصلهٔ منظومه شمسی از مرکز قرص نزدیک به ۲۵۰۰۰ سال نوری‌است). اگردرصفحهٔ قرص به‌اطراف خودنگاه‌کنیم تعداد بسیار زیادی ستاره می‌بینیم امادرامتدادهای خارج قرص تعداد ستاره‌ها خیلی‌کمتراست این وضع توضیح است برای قوس نورانی راه شیری.

کهکشان ما درگهوارهٔ تهی آسمان تنها نیست بلکه کهکشانهای بی‌شمار از همین نوع، درمسافتهای دور، آن را در میان‌گرفته‌اند. در معروفترین‌آنها ابری بزرگ «مرأةالسلسله» یا «آندرومید» است که با چشم بی‌سلاح هم دیده می‌شود.

عدهٔ خیلی‌زیادی ازکهکشانها را فقط با دوربینهای‌نجومی بزرگ می‌توان دید. بعضی‌کهکشانهای مهم شکل مارپیچ دارند، یعنی ستاره های درخشان آنها به صورت شاخه های مارپیچ قرار گرفته‌اند و درنواحی بین آنها درخشندگی‌کمتر است (شکل ٤) پژوهشهای مفصل وپیچیده نشان داده‌اندکه ستاره‌های موجود در شاخه های مارپیچ شبیه به ستاره های دور خورشید هستند اما با ستاره هـای دیگر فرق دارند. بخصوص بایـد به این نکته مهم توجه‌کرد که هرچندکه ستاره‌های سرخترازستاره‌های سلسلهٔ اصلی بیرون‌ازشاخه‌های مارپیچ قراردارند این ستاره به سرخی «دیوهای سرخ» موجود درشاخه‌ها نیستند وستاره‌های خیلی داغ‌آبی منحصر به شاخه‌ها هستند.

باتوجه به موقعیتی که ما داریم نمی‌توانیم کهکشان‌خودمان را ازخارج ببینیم اما اطلاعات‌گوناگونی که جمع‌آوری شده است از جمله شمردن ستاره‌هادرجهتهای‌مختلف واندازه‌گرفتن‌سرعتهای ستاره‌ها و وجود ستاره‌های درخشان وخوشه‌های ستاره، به نحوی نزدیک به‌یقین نشان‌می‌دهندکه کهکشان‌ما‌ازنوع‌مارپیچ‌است و مادر شاخهٔ‌مارپیچ قراردارایم.

چرا درقسمتهای مختلف یک‌کهکشان مارپیچ انواع‌مختلف ستاره‌ها وجود دارند؟ صورت ظاهرراه شیری‌آن‌را لکه‌لکه نشان می‌دهد وبرخی نواحی خیلی سیاه درآن وجود دارد که از جمله یکی «گونی‌زغال» Coal Sack معروف است. ازآنجایی که‌محتمل به نظر نمی‌رسدکه درمیان ملیونها ستاره‌یک «راهرو» خالی وجود داشته باشد تصور می‌رود که این سیاهی نتیجهٔ کمی تعداد ستاره نباشد بلکه براثر وجود ماده‌ای حاجب باشد، یعنی ماده‌ای که با معیارهای زمینی ما رقیق اما درعین‌حال، مانند دود غلیظ یا ابر متراکم، مانع دیدباشد. با مطالعه در نورستاره‌هایی که بکلی از دید مخفی نیستند اما نورشان تیره وضعیف شده است تاحدی به ماهیت این مادهٔ حاجب پی‌برده شده است. این ماده ترکیب شده است اززرات‌کوچک، اماجامد، یخ وکربن وترکیبات کلسیم‌ونظایر آنها. آن‌را غبار می‌نامند. کشف وجود این مادهٔ‌کدر انقلابی در علم ستاره‌شناسی، که تاآن زمان فکرمیکردستاره‌های درخشان‌تنها ساکنان‌آسمانند، برپاکرد. اماکشف‌های گیج‌کننده‌تری درپی آن بود. پاره‌ای دلایل که برخی نظری وبعضی مبتنی برخواص طیفی

* راه شیری ترجمه اسمی‌است که درزبانهای خارجی به‌کهشکشان خودما داده شده است وبرای تمیزدادن‌آن از کهکشان بطور عام به نظر می‌رسدکه قبول اسم راه شیری ناپسندیده نباشد.

بودند، نشان دادند که علاوه بر غبار در فضای بین ستاره‌ها گاز سردی وجود دارد که قسمت اصلی آن ئیدرژن است . مقدار این گاز خیلی زیاد است و شاید کمتر از مادهٔ موجود در ستاره‌ها نباشد . گاز بین ستاره‌ها آنقدر رقیق است که در هر سانتیمتر مکعب فضا فقط هزار اتم آن وجود دارد و وزن مقداری از آن که هم حجم زمین باشد فقط یك تن است. اما فضاهایی که از این گاز بین ستاره‌ها پر است آنقدر وسیع است که تودهٔ عظیمی گاز وجود پیدا کرده است و می‌تواند در تکامل ستاره‌ها اثری عمیق بگذارد. سبب این که گاز را سرد می‌نامند این است که اتمهای آن با سرعت بالنسبه کم یك کیلومتر در ثانیه حرکت می‌کنند. این گاز از جنبهٔ بصری غیرفعال است زیرا که نه می‌درخشد و نه نورستاره‌ها را که در عقب آن هستند جذب می‌کند، اما تصادم بین اتمهای گاز به اندازهٔ کافی شدید است بقسمی که به طور غیر مستقیم در ایجاد امواج رادیوئی مؤثر باشد و این امواج در پژوهشهای کاملا جدید ضبط گردیده‌اند.. این مطالعات رادیویی نه تنها وجود گاز هارا که سابقاً استنباط شده بود تأیید می‌کند بلکه به درك وضع توزیع ابرهای گاز کمك می‌نماید و اطلاعات دقیقتری دربارهٔ ساختمان مارپیچی کهکشانمان به‌ما می‌دهد.

چنین می‌نماید که ابرهای گاز، وبخصوص ابرهای غبار، در شاخه‌های مارپیچ متمرکز شده‌اند. پس بنظر می‌رسد که حالت خاص ستاره‌های واقع درشاخه‌های مارپیچ نتیجهٔ عمل مقابل آنها با توده‌های محلی گاز و غبار باشد . نوع این عمل متقابل چیست ؟ این مسأله یکی از جاذبترین موضوعهای تحقیقات زمان حاضر است و تا حدی مربوط است به مسألهٔ منشأ ستاره‌ها و تولد آنها از این گونه ابرها. جنبهٔ دیگر مسأله افزایش جرم ستاره است درصورتی که مقدار زیادی از مادهٔ موجود در ابرهارا بسوی خود جذب کند و گاز را بدرون خود بکشد. مسألهٔ سوم عکس مسألهٔ دوم است وعبارت از این است که بعضی (شاید خیلی کم وشایدهم بسیار) ستاره‌ها با پراکندن ماده‌ای که در سطح آنهاست ابرهای غبار را پر مایه سازند.

موضوع غامض‌تر از آن است که بتوان در اینجا به تفصیل پرداخت. اما می‌توان دید که مسائل جالبی درمیان است: رابطهٔ بین حالت ستاره ووضع آن در کهکشان، منشأ ستاره‌ها، بقای ستاه‌های خیلی درخشان که به‌سرعت زیاد ئیدرژن خودرا مصرف می‌کنند، ونظایر این مسائل .

باید بنظر مردغیر علمی عجیب نماید که با اینکه تاریخ علم به ظاهر داستانی نیك فرجام است ازجنبهٔ منطقی پیوسته تمایل بیشتر بطرف رد نظریه‌ها وشکست آنهاست تا بطرف تأییدشان. اما برای این تناقض ظاهری بین کاردر کارگاه و نوع محصولی که ساخته و پرداخته آن است دلایلی چند است. واضحترین این دلایل آن است که همیشه برای توضیح وتوصیف هرموضوع کما بیش کاملی به نظریه‌هایی که باقی مانده‌اند مراجعه می‌شود نه به آنهایی که مردود گردیده‌اند.

هرچه علم کمتر کامل باشد اثر نظریه‌هایی که ازروی تجربه مردود شناخته شده‌اند در پیشرفت آن واضحتر است، کیهان‌شناسی شاید مثال خوبی است وحالت بدوی و مقدماتی این علم آزمودن روشهای استنباطی وتجربه‌ای آنرا آسان می‌کند.

موضوع کیهان‌شناسی ساختمان سراسر جهان است. تا مدتی دراز این‌طور تصور می‌شد (و هنوزهم بعضی به‌این عقیده پای‌بند هستند) که موضوع کیهانشناسی ایجاب می‌کند که آنرا متعلق به فلسفه بدانند نه به علم . فقط ۱۳۰ سال پیش بود که یك تحقیق علمی هاینریش‌البرس ، Heinrich Olbers، ستاره‌شناس آلمانی، طبع علمی کیهانشناسی را هویدا ساخت . این تحقیق علمی به‌منزلهٔ یکی از مهمترین ارکان کیهانشناسی باقی مانده است واینك آنرا تاحدی به تفصیل می‌بینیم.

ستاره‌های نزدیك که به‌طور متوسط درخشان بنظر می‌رسند تعدادشان کم است . عدهٔ ستاره‌های متوسط بیشتر وعدهٔ ستاره‌های ضعیفتر بازهم بیشتر است. می‌دانیم که ستاره‌هایی وجود دارند که آنقدر کم نور هستند که به‌تنهایی دیده نمی‌شوند. مسأله‌ای که مطرح است این است: آیا تعداد این گونه ستاره‌ها آنقدر زیاد هست که نور پراکنده‌ای که از آنها می‌رسد قابل توجه باشد؟ مسلم است که برای محاسبهٔ تأثیر نوری که از نواحی دوری که ستاره‌هایشان دیده نمی‌شوند می‌رسد لازم است که دربارهٔ نوع این نواحی فرض شود، در آن صورت ممکن است که سعی بشود شدت نوری که از این نواحی آسمان می‌رسد استنباط گردد وبا تجربیات مشهود مطابقت شود.

تحقیق علمی درسه مرحله انجام می‌شود:

۱) یك رشته فرضیاتی می‌شود که ثمربخش بودن و ارزش داشتن آنها درمرحله‌های (ب) و(ج) آزموده خواهد شد. لازم نیست (ومعمولا مقدور نیست) که این فرضیات ازراه مشاهده و ابصار مورد آزمایش قرار گیرند. ب) ازاین فرضیات نتایج قابل مشاهده گرفته می‌شود. ج) ازمقایسهٔ فرضیات با مشهودات بین آنها ارتباط تجربی برقرار می‌شود. اگر بین آنها توافق نباشد مرحلهٔ (۱) مردود شناخته می‌شود واگر عدم توافق نباشد مرحلهٔ مذکور درانتظار حصول نتایج مشهود دیگر قابل استفاده خواهد بود. فرضیاتی که خود را تسلیم مرحلهٔ (ج) نکنند وامکان ردشان تهی واز نظر علمی بی‌معنی هستند.

البرس درمورد نواحی دوردست این چهار فرض را کرد:

فرض اولـ هرگاه به مقیاس بزرگی ازجهان بنگریم آنرا همه‌جا یکسان خواهیم یافت ، یعنی جهان درفضا همنواخت* است.

فرض دومـ همچنین ، جهان درطول زمان تغییر ناپذیر است.

فرض سومـ حرکات منظم مهمی وجود ندارد.

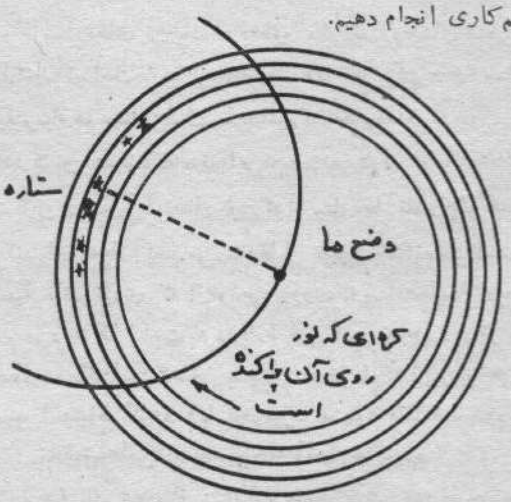
* Uniform

فرض چهارم ـ قوانین فیزیك به همان صورت که‌می‌شناسیم درسراسرجهان قابل اطلاق هستند.

توضیحی دربارهٔ این فرضها بمورد است. درفرض اول‌مقصود این است که هرگاه ستاره‌های موجود درنواحی وسیعی ازفضارا در نظربگیریم مقدار نوری که‌به‌طور متوسط ازواحد حجم صادرمی‌شود برای هرناحیه یکی خواهد بود. تجمع‌ستاره‌ها درکهکشانهایی که بسیار ازهم دورهستند این فرض‌را بهم نمی‌زند، فقط‌لازم است حدود نواحی‌راآنقدر وسیع‌بگیریم که درهرناحیه کهکشانهای‌بسیار واقع شوند.

مقصود ازفرض سوم این است که هرچندستاره‌های انفرادی یاکهکشانها سرعتهای مخصوص بخود دارندکه با مقایسه با سرعت نور ناچیزاست ازحیث وضع وموقعیت بهم بستگی‌ندارند. این فرض بخصوص موضوع دورشدن کهکشانهارا از ما به‌نحوی منظم طرد می‌کند. نتیجهٔ اصولی این فرض این است که تأثیر سرعتها قابل توجه‌نیست.

فرض چهارم تقریباً لازم است، یالااقل در شروع‌کار لازم است، زیراکه بدون آن فرض باید تمام معلوماتی که در اطراف خودکشف کرده‌ایم ازدرجهٔ اعتبارساقط کنیم ودرآن صورت بزحمت می‌توانیم‌کاری انجام دهیم.



شکل ۵ـ تناقض البرس ـ چهارپوسته هم مرکز متساوی‌ـ الفاصله نشان داده‌شده‌اند. توجه‌کنیدکه همهٔ ستاره‌های واقع در یك پوسته تقریباً ازما به یك فاصله‌اند ونوری‌که ازستاره‌ای واقع دریك پوسته‌ای منتشر می‌شود وقتی که به‌ما می‌رسد روی کره‌ای پراکنده‌است‌تقریباً به‌اندازهٔ کره‌ای که‌پوستهٔ‌مربوط به‌ستاره‌رامحدود می‌سازد.

اکنون مجموعه‌ای ازکرات هم مرکز، که مرکزشان زمین ما باشد، فرض‌می‌کنیم. تفاضل‌بین‌شعاعهای هردوکرهٔ متوالی‌مقداری ثابت است وآن‌را مقداری بزرگ فرض‌می‌کنیم. هردوکرهٔ‌متوالی بین خود قسمتی ازفضارا محدود می‌کنندکه‌آن‌را پوسته می‌نامیم. اگرشعاع‌کره‌ها نسبت به اختلاف بین دوشعاع متوالی خیلی‌بزرگ باشد نسبت فاصله‌های ما ازهردونقطهٔ واقع در درون یك پوسته باید خیلی نزدیك به یك باشد (ش۵). حالا فرض‌را برآن قرار می‌دهیم که حجم هرپوسته به‌اندازه‌ای که با فرض اول ملازمه دارد بزرگ باشد. تعداد ستاره‌های واقع درهرپوسته‌را، وبه‌تبع مجموع مقدار نوری‌راکه ازآنها ساطع می‌شود مناسب با حجم پوسته فرض می‌کنیم. چون ضخامت هرپوسته همه‌جا یکی است حجم‌آن‌متناسب است با مساحت‌کره‌ای‌که ازطرف داخل (یا بدون اینکه تفاوتی بکند ازطرف خارج) آن‌را محدود می‌سازد. اما دربارهٔ نوری که ازیك ستارهٔ واقع درپوسته فرستاده می‌شود، وقتی‌که این‌نوربه‌زمین می‌رسد پس‌ازپراکنده شدن‌برروی‌کره‌ایست‌که شعاعش‌مساوی‌فاصلهٔ ما ازستاره است. اگرازضخامت پوسته صرف‌نظر کنیم (کاری که امکانش‌را مورد توجه قراردادیم) نتیجه می‌گیریم‌که فاصلهٔ ستاره ازما به‌اندازهٔ شعاع‌کره‌های هردوحد پوسته است. دراین‌صورت‌شدت نوری‌که ازهرستاره به‌ما می‌رسدنسبت‌عکس دارد بامساحت‌کره‌ای که (ازهرطرف) پوسته‌ای‌راکه ستاره‌درآن است محدودکرده است. چون تعداد ستاره‌ها نسبت مستقیم بااین مقدار دارد مجموع شدت نوری‌که ازهمهٔ ستاره‌های موجود در پوسته می‌رسد بستگی‌به‌شعاع پوسته ندارد وبالنتیجه نوری‌که ازهمه پوسته‌ها می‌رسد یکی است. به‌عبارت دیگر مقدارنوری‌که ازپوسته‌های دور می‌رسدباآنکه از پوسته‌های نزدیك می‌رسد یکی است، به سبب‌آنکه افزایشی‌که در تعداد ستاره‌ها حاصل می‌شود نقصانی‌راکه درنورآنها روی می‌دهد جبران می‌کند.

چون همهٔ پوسته‌ها یك مقدار نور می‌فرستند و برطبق نظر البرس پوسته‌های حد ادامه دارند معلوم نیست چرا ما در دریای نوری‌که بخصوص ازستاره‌های خیلی دور که نورشان خیلی ضعیف ولی عددشان‌بی‌نهایت زیاداست، غرق‌نمی‌شویم. نقص این استدلال‌در آن است‌که ما به این امرتوجه نکرده‌ایم‌که هرستاره نه‌تنها نور نمی‌فرستد بلکه به‌سبب حجم قابل توجهش قسمتی ازنوری‌راکه از ستاره‌های دوردست ساطع می‌شود متوقف می‌سازد ومانع‌رسیدن آن به‌ما می‌شود. چون اندازهٔ ستاره‌ها بالنسبه‌کوچك است اثر سایه افکنی‌آنها فقط درفاصله‌های خیلی زیاد حایزاهمیت می‌شود. وقتی که‌به‌آن‌موضوع‌توجه‌گردد معلوم می‌شودکه‌شدت نورمحدود است و اندازهٔ نورسطح یك‌ستاره‌متوسط است. این مقداردرحدود ۴۰۰۰۰ برابرنوری است‌که وقتی خورشید در بالای سر (سمت رأس) است به‌زمین می‌رسد. شایان توجه است کـه ممکن است با یك سلسله استدلالات دیگر به این نتیجه‌که ممکن است آن راتناقض البرس نامید نایل شد. برطبق فرضیاتی‌که پذیرفته‌ایم اگرکسی به هر طرف‌آسمان نگاه‌کند ممکن است شعاع دید او باسطح ستاره‌ای برخورد کند. چون معنی‌این سخن آن است‌که ما ازهرطرف‌بوسیلهٔ ستاره‌ها احاطه شده‌ایم تناقضی‌مشابه باآنچه‌گفته‌شد حاصل‌می‌شود. اما تاریك بودن به هنگام شب‌چنان با این نتیجه مبانیت دارد که به‌طورمسلم فرضی‌که شده‌است غلط است[1]. نتیجه‌ای‌که‌گرفتیم‌در درجهٔ اول اهمیت است زیراکه نشان می‌دهدفرضیات چندی‌دربارهٔ وضع جهان به‌وسیلهٔ تجربه مردودگردیده‌اند. ما براثر مشاهده دریافته‌ایم‌که عمق جهان هرقدر باشد با نمونه‌ای کـه برمبنای فرضیات البرس ساخته شود تطبیق نمی‌کند. با این امراهمیت و

۱ـ بیهوده است‌که مانند البرس فرض‌کنیم که ابرهای غبار نور نواحی دوردست راجذب می‌کنند زیرا که دراین صورت

قدرت مردود شناخته شدن براثرمشاهده برکیهان‌شناس نیز حاکم است پس، کیهانشناسی علم است.

قدم بعد این است که فرضهارا با احتیاط امتحان کنیم تا ببینیم کدام را باید نگاه داشت وکدام‌راعوض کرد یا اصلاح نمود. قبلا پذیرفته‌ایم که ردکردن فرض چهارم(مربوط به قوانین فیزیك) عاقلانه نیست مگرآنکه دلایل متقن بردآن پیدا شود. همچنین چنانکه بعداً نشان خواهیم داد دلایل مشهود براعتبار فرض اول (همنواخت بودن جهان) وجود دارد. پس‌آیا با حذف فرض دوم خاصیت تغییر ناپذیر بودن جهان) یا فرض سوم (نبودن حرکت) تناقض ازمیان خواهد رفت؟

درمورد فرض دوم به‌آسانی می‌توان دیدکه اگر ستاره‌ها ازخیلی پیش شروع به درخشیدن نکرده باشند تناقض به وجود نمی‌آید. زیراکه چون نور سرعت معینی دارد نور قشرهای خیلی دور بایستی در زمان خیلی قدیم ساطع شده باشد تا حالا به ما برسد. اگردرآن زمانها نوری وجود نداشته است قشرهایی که از فاصلهٔ معینی دورترباشند نمی‌توانند درشدت فعلی نورآسمان تأثیر داشته باشند.ومکن است بین فرض ومشاهده سازشی‌پیدا شود.

درحالت فرض سوم بایدیك‌سلسله محاسبات ریاضی‌کرد تا بتوان دیدکه اصولا چه‌نوع حرکتهایی با فرض اول ممکن است سازگارباشند.

نتیجهٔ‌محاسبات‌این‌می‌شود که‌تنهاحرکات‌منظمی‌که باهمنواختی سازگارباشندآنهایی هستندکه درآنها هرعضو دستگاه (کهکشان) نسبت به عضودیگر درامتداد خط مستقیم‌باسرعتی(تقریباً)متناسب بامسافت‌حرکت‌کند.همهٔ‌دستگاه‌برروی‌هم یادرحال‌انبساط‌است یا در حال انقباض. اما ازروی فیزیك عادی می‌دانیم‌که نوری‌که از یك منبعی‌که درحال دورشدن است می‌رسد ضعیفترازنوری است‌که از منبع مشابهی‌که بی‌حرکت باشد برسد و وقتی‌که سرعت دور شدن به‌سرعت نور نزدیك شوداین ضعیف شدن خیلی محسوسترمی‌گردد. وهنگامی‌که‌منبع‌نورنزدیك‌شوداثری‌عکس‌آنچه گفته‌شدظاهرمی‌گردد. بنابراین دردستگاهی‌که‌درحال انبساط باشد نواحی دوردست‌کمتر به‌نورضمیمهٔ‌آسمان‌کمك می‌کنندتادریك دستگاه متوقف ودرنتیجه تناقض‌البرس درجهانی درحال انبساط ازمیان‌می‌رود مشروط به آنکه نسبت افزایش سرعت با مسافت زیاد باشد. دریك دستگاه درحال‌انقباض تناقض تشدید می‌گردد.

با نگاه داشتن فرضهای اول‌ودوم‌دوراه حل برای تناقض‌البرس موجود است:

یا دستگاه جوان است یعنی‌ستاره‌ها از مدتی محدودومعین شروع‌به تابیدن‌کرده‌اندیا اینکه هردوکهکشان با سرعتی متناسب با مسافت ازیکدیگر دور می‌شوند.

دراین مرحله بین فرضیه ومشاهدات روابط بسیار موجود است. نوری‌که از کهکشانهای ضعیف، یعنی دور دست، می‌رسد دقیقاً مشخصات قابل مشاهده‌ای نشان می‌دهد شبیه به مشخصات نوری‌که ازمنبعی‌که درحال دورشدن است خارج گردد. سرعتهایی که‌ازاین‌مشخصات‌نتیجه‌می‌شوندمتناسب‌بامسافت‌هستندوآن‌خودمتناسب باکم نوری(ضعف) ظاهری ستارهٔ مربوط است. بزرگترین سرعتی که به‌این‌نحوبدست‌آمده است ۶۰۰۰۰ کیلومتردرثانیه، یعنی یك پنجم سرعت نور، است وتصور می‌رودکهکشانهای متغیر که در دورپینهای بزرگتردیده می‌شوند سرعت خیلی‌بیشتری‌داشته‌باشند.

این واقعیات یکی ازدوراهی‌راکه جلوتربرای اجتناب از تناقض‌البرس گفتیم تأیید می‌کند. راه‌دوم‌را، یعنی‌آنکه شبیه‌بودن حرکتی‌که مشاهده شده باتنهاطرحی‌که با فرض همنواختی‌سازگار است(متناسب‌بودن سرعت با مسافت) بیشتر ازدرجهٔ‌همنواختی در توزیع کهکشانها به قابل قبول بودن فرض مذکورکمك می‌کند. بالاخره حق است که به نکتهٔ نهفته تری توجه شود. ممکن است استدلال شودکه همنواختی وحرکت، هردو، مربوط به قسمت کوچکی ازتمام جهان است ودرنتیجه فرض اول بطور ناقص‌تأیید می‌شود. اما مبنای این استدلال بر مفهوم نادرستی ازکلمهٔ«جهان» است. کیهانشناسی علم است وبه حکم علم بودن فقط دربارهٔ‌آنچه مشهود است صدق می‌کند. فرضهای البرس برای ناحیه‌هایی‌ازفضا که خارج ازحدود مشاهدهٔ ما است، حتی اگرچنین ناحیه‌ای‌وجود داشته باشد ابداً صادق و برآنها قابل اطلاق نیست. مطلب شایان توجه‌آن است‌که‌آیا ناحیه‌ای ازجهان‌که **مشاهده‌شده** کسری‌تا آن حدبزرگ ازناحیه‌ای که قابل **مشاهده شدن‌است** هست‌که بتوان

ابرها بتدریج گرمتر وگرمترمی‌شدند تابحدی که بدرخشیدن در می‌آمدند و معادل نوری‌راکه جذب می‌کردند خود ساطع می‌نمودند. برطبق فرض دوم وقت کافی برای حصول چنین نتیجه‌ای وجود داشته است و با گذشت چنین زمان درازی دیگر وجود سپری که نوررا جذب‌کند ومانع رسیدن آن شود وجود نمی‌تواند داشت. این نکته‌را هم باید خاطرنشان ساخت که امکان آنکه هندسهٔ فضاهای بزرگ با هندسهٔ زمینی (اقلیدسی) چنان فرق داشته باشد که جهان متناهی باشد (وبسیار درباره این امکان بحث شده است) در تناقض‌البرس تأثیری ندارد. بر طبق‌فرض اول جهان متناهی‌محدود نخواهد بود و نور می‌تواند هرچندبار بخواهد بدور آن سیر کند، همچنانکه ما می‌توانیم به دورکره‌ای بچرخیم. باین ترتیب نور ستاره نه‌فقط بطور مستقیم به مامی‌رسد بلکه‌نوری هم‌که یك‌یا دو یا چندبار به‌دورجهان سیرکرده بود به‌ما می‌رسید. درچنین نمونه‌ای‌تعداد محدودی ستاره تعداد نامحدودی تصویر پیدا می‌کنند و تناقض ازمیان نمی‌رود.

نتایجی‌راکه ازآن گرفته می‌شود به‌طورکلی قابل قبول‌دانست؛

عملا تصوری مبهم‌ازحدود جهان قابل مشاهده بوسیلهٔ‌ضعیف شدن نور درنتیجهٔ سرعت دورشدن حاصل می‌شود. زیراکه سرعت ضعیف شدن با افزایش مسافت چنان زیاد است‌که نواحی و رأی حد معینی عملا غیرقابل مشاهده خواهد بود. درحقیقت دوبرابر شدن اندازهٔ دهانه دوربینهای نجومی‌ناحیه‌ای ازفضاراکه در چشم وسرماست دوبرابر نکرده بلکه‌آن‌را به‌میزان‌کسرخیلی کوچکتری افزایش داده‌است . هرچه فاصله بیشترشود قانون نقصان یافتن‌نور شدیدتر می‌گردد بطوری‌که بازهم قطر دهانهٔ دوربین‌را دوبرابر کنیم ناحیهٔ قابل مشاهدهٔ‌جهان چنددرصدمختصری، بلکه هم‌کمتر، افزایش پیدا خواهدکرد. هرچند ممکن نیست حدقاطعی برای ناحیهٔ قابل مشاهده قائل شد اما سرعت دورشدن ایجاب می‌کندکه به‌یك حدکشدار ، اما قطعی، قائل شویم. بزرگترین سرعت دور شدن‌که تاکنون اندازه‌گرفته شده درحدود یك پنجم سرعت نور است وممکن است بعضی‌ازکهکشانهای دورکه دیده‌شده‌اند‌درحدود یك‌سوم‌نورسرعت داشته‌باشند. به‌حکم‌فرضیهٔ‌نسبیت دلایلی‌برای‌قبول این امرهست‌که اگرشیئی‌آنقدتند تند دور شود که همیشه نامرئی بماند هرنوع عمل یا عمل متقابل نیز درموردآن بی‌اهمیت خواهد بود. هرچند تاکنون‌تعریف دقیقی از«قابلیت مشاهده» نشده‌است باز باید نتیجه بگیریم‌که‌آنچه تاکنون مشاهده‌کرده‌ایم‌قسمت‌بسیار مهمی ازآنچه عملا قابل مشاهده است می‌باشد. درنتیجه می‌توان گفت‌که تکیه‌گاه مهمی برای ارزنده بودن فرض اول (همنواختی) درناحیه‌هایی‌که ازجنبهٔ علمی معتبرهستند وجوددارد.

۱۰ــ برای‌آنکه پیشرفت بیشتری بشود بایدنظریهٔ‌کیهان‌شناسی جامعی ساخت‌که مشاهدات را با یکدیگر وآنها راباجنبهٔ فیزیك مربوط سازد. با توجه به‌کم بودن اطلاعاتی‌که ممکن‌است به دست‌آید جای تعجب نیست که فرضیه‌های متعدد را بتوان با مشاهدات‌کنونی سازگار ساخت . درمیان این فرضیه‌ها دوتاهستند که امیدبخش‌ترهستند وبیشترجلب توجه‌کرده‌اند. ما دراین‌مقاله فقط ازاین‌دوفرضیه صحبت خواهیم‌کرد.

مفیدخواهد بود پیش‌ازآنکه به‌تفصیل دربارهٔ این فرضیه‌ها واختلافات‌آنها واردبحث شویم‌نکات مشترك‌آنهارا به‌اختصاربیان کنیم، بدین‌قرار:

ا . فرض همنواختی جهانی (فرض اول البرس) موسوم به « اصل‌کیهانشناسی» مورد قبول است‌که این فرض فقط در مقیاسهای بسیاربزرگ صحیح است زیرا به طوری‌که از وجود ستاره ها وکهکشانها برمی‌آید جهان‌درمقیاس کوچك به‌کلی‌دورازهمنواختی‌است.جلوتر دربارهٔ مسلم بودن اصل‌کیهانشناسی بحث‌کرده‌ایم .

ب . دور شدن‌کهکشانهاکه « انبساط جهان » نیزنامیده می‌شود. دلیلی براین‌امر «تغییرمکان سرخ» درطیف‌کهکشانهاست‌که جلوتربه‌آن اشاره‌کردیم. تنها تعبیری‌که ازاین‌واقعیت مشهود می‌توان‌کردسرعت دور شدن‌کهکشانهاست. هر چند به‌نظرمی‌رسدکه درك‌مفهوم انبساط جهان با اشکالی مواجه شده است، معدودی‌از دانشمندان می‌خواهند برای تغییر مکان سرخ اثرفرضی خاصی بیان‌کنند . هر دو نظریه‌ای‌که درباره‌شان بحث خواهیم‌کرد تعبیر واضح تغییرمکان سرخ را به سرعت دور شدن‌کهکشانها نسبت می‌دهند وآن‌را دلیلی واضح وکافی برای انبساط جهان می‌دانند .

تفاوت بین دو فرضیه نتیجهٔ اختلاف استنباط‌آنها ازفرض دوم البرس است .آنکه **فرضیهٔ جهانی در حالت استوار** نامیده می‌شود اصل تغییر نکردن ظاهرجهان را می‌پذیرد وهر دو فرض اول و دوم البرس را (که دومی اصل کامل‌کیهانشناسی نامیده می‌شود) اساسی می‌شناسد . حتی فرض چهارم (یعنی قابل انطباق بودن قوانین فیزیك) را با مقایسه با اصل‌کامل‌کیهانشناسی فرعی واز درجهٔ دوم می‌داند . فرضیهٔ دوم فرض دوم را حذف‌کرده وفرض چهارم را اصولی می‌شناسد . ازآنجایی که فرمولی‌که برای وضع ماده پذیرفته شده به طورکلی در حیطهٔ نسبیت عام است این فرضیهٔ‌کیهانشناسی به نام **جهانشناسی نسبی** نامیده شده است .

نخست به فرضیهٔ جهان درحالت استوار می‌پردازیم. دلیل عمدهٔ این فرضیه بر قبول و حفظ فرضهای اول و دوم (اصل‌کامل جهانشناسی) ضروری است و این ضرورت مبتنی است بر اینکه اطلاعات فیزیکی ما از زمین خودمان و از نواحی نجومی مجاور ماکسب شده‌اند . به عبارت دیگر تجربهٔ ما مبتنی‌است بر مطالعه در فضاهایی‌که با مقایسه به مقیاس جهانی ناچیز است ،آن هم در مدتی ناچیز اززمان . به طوریقین هیچ دلیل‌آنی وفوری نیست‌که دلالت‌کند براینکه قوانین فیزیکی ما درمقیاس جهانی صحیح وبا ارزش هستند . به عکس می‌توان خیلی با قدرت استدلال‌کردکه مقادیری‌که به عنوان اعداد ثابت در قوانین فیزیکی ما شناخته شده‌اند (ازقبیل عدد ثابت نیروی جاذبه و نسبت الکتریسیته به نیروی جاذبه دراتم ؛ ونظایرآنها) عددهای ثابت واقعی نیستند بلکه بستگی به ساختمان جهان دارند. اگروضع جهان ازنقطه‌ای به نقطهٔ دیگر ، یا از زمانی به زمان دیگر تغییرکند این‌عددهای ثابت هم تغییرمی‌کنند ، اما به راهی‌که برما مجهول است . سبب اینکه این مقادیر به ظاهر ثابت هستندآن است‌که مکان و زمان فیزیکی برای اندازه‌گیری بسیارکوچك می‌باشند . پس به هر صورت اگرجهان درتغییرباشد انطباق فیزیك زمینی برآن امکان پذیر نیست مگر اینکه بتوان دربارهٔ تغییر آن قوانین با تغییر جهان فرضی‌کرد (واین فرض تاحد زیاد دلخواه واختیاری‌است). تنها راه احتراز ازاین تزاحم اضافی‌آن است‌که قبول‌کنیم‌که جهان (درمقیاس بزرگ) درفضا یا زمان تغییر نمی‌کند ، یعنی آنکه اصل کامل‌کیهان شناسی را بپذیریم .

البته این مرحله ایجاب نمی‌کندکه اصل‌کامل کیهانشناسی صحیح باشد ، اما با ثمربودن‌آن واضح است زیراکه با این‌اصل و بدون احتیاج به فرضهای دیگر می‌توان پیشگوئیهایی‌کردکه درمعرض نقض شدن براثر مشاهده باشند . براثر وجود این امر برخی ، اما البته نه همه ، دانشمندانی‌که در این میدان فعالیت می‌کنند اصل‌کامل‌کیهانشناسی را می‌پذیرند . دلیل مهمی‌که برای رد آن اصل اقامه می‌شود ضرورت تغییر قوانین فیزیکی است‌که

به مذاقها خوش نمی‌آید . ضرورت این تغییر نتیجهٔ مستقیم بحثی است که در بخش گذشته کردیم . دیدیم که تنها وسیلهٔ معقول برای از میان بردن تناقض البرس این است که یا به جای فرض دوم البرس فرض جوان بودن جهان را بپذیریم و یا به جای اصل سوم فرض انبساط آن را (۱) پذیرفتن هریك ازآن دوگرفتاری سختی درپی دارد . اولی با اصل کامل جهانشناسی مباینت دارد . دومی را ، که به اصل مذکور تخطی نمی‌کند ، می‌توان در قالب فرضیهٔ جهان در حالتی استوار جا داد ، زیراکه انبساط جهان ازروی تاریکی شب ومشاهدات مستقیم دیگر استنباط شده است . اما اگرازاین راه پیروی کنیم باید دریکی ازقوانین مسلم و اساسی فیزیك تجدید نظر نماییم . زیراکه درپرتو قانون بقای ماده به نظرمی‌رسد که انبساط با نقصان متوسط تکاثف ماده ملازمه داشته باشد. چون این امرصریحاً با فرض‌دوم ، یعنی تغییرنکردن وضع جهان ، مخالفت دارد تنها راه حفظ اصل کامل جهانشناسی تغییر قانون بقا و تصور امکان آفرینش مداوم ماده است . (۲) سرعت آفرینش باید به اندازه‌ای باشدکه نقصان ناشی ازانبساط دستگاه را جبران کند . بعداً خواهیم توانست ثابت کنیم که، برای محفوظ ماندن عدم تغییر وضع جهان ، آفرینش باید با سرعتی همنواخت انجام شود ، بدین‌معنی که سرعت واحد حجم در واحد زمان ثابت بماند وبا حضور یا غیاب ماده وتشعشع بستگی نداشته باشد. ماده‌ای که‌آفریده می‌شود باید ئیدرژن سرد وپراکنده ، یا چیزی معادل‌آن باشد .

سرعت‌آفرینش به‌تقریباً یك اتم ئیدرژن دریك پای مکعب (تقریباً ۳۰ دسیمتر مکعب) در هرچند میلیارد سال می‌رسد . واضح است که چنین محصولی کوچکتر وکمتر ازآن است که بتوان آن راکشف ونمایان‌کرد . اما توجه به این نکته هم مهم است که آزمایشهایی که قانون بقای ماده بر مبنای‌آنها استوار است ، با ضریبهایی‌ازنوع صدها میلیارد ، درشت‌تر ازآنندکه امکان‌آفرینش ماده را با سرعتی‌آنقدرناچیز که دیدیم نفی‌کنند . به این ترتیب مخالفتی بین فرضیهٔ آفرینش مداوم وواقعیات قابل مشاهده نیست هرچند فرضیهٔ مذکورمسلماً با فرمولهای ریاضی معمولی سرشوخی ندارد . این عدم توافق طوری است که بسیاری از دانشمندان را برآن می‌دارد که فرضیهٔ دیگری را ترجیح دهند .

آنچه مورد علاقهٔ دانشمندان متعدد است مبتنی بر فرضیهٔ نسبیت است که بیان قوانینش در مورد وضع ماده در مجاورت ما بیشتر از همه با مشاهدات تطبیق می‌کند . نسبیت متضمن قانون بقای ماده است‌و درنتیجه در تعبیرعادی خود بااصل‌کامل جهان شناسی ،که با انبساط جهان لازمه دارد ، سازگار نیست . فرض اول (همنواختی) با نسبیت عام سازش دارد . انبساط جهان‌نه‌تنها مستقیماً از راه مشاهده استنباط شده بلکه تا حدی نظریه نیزآن را ایجاب می‌کند . ترکیب همنواختی وانبساط ونسبیت به وجود جهانی همنواخت و متغیر و در حال تکامل منجر می‌شود . در هر حال همنواختی در مقیاسی بزرگ وجود دارد و در هر مکان تغییر روی می‌دهد اما به قسمی که همهٔ‌نواحی باهم پیش‌می‌روند و بدین‌طریق‌همنواختی دستگاه محفوظ می‌ماند . چنین فرض شده است که با وجود طبع متغیر جهان قوانین نسبیت عام همواره قابل اطلاق هستند .

از میان نمونه‌های متعددی که بر مبنای سازگاری با این رشته ازافکارتعبیه شده‌اند دقت دانشمندان کیهانشناس بیشترمتوجه نمونهٔ‌کشیش فیزیکدان مشهور بلژیکی به نام لومتر شده‌اندکه جرج گامو آمریکائی روی آن‌کارکرده است . مشخصات اصلی آن بدین قرارند : درآغاز، جهان حالتی بسیار داغ ومتراکم داشت، آنگاه انفجاری ازنوع هسته‌ای روی داد ودرآن ماده‌های سنگین تشکیل شدند . درمرحلهٔ اول بعداز انفجارکه انبساطی سریع بود ماده به طور همنواخت پراکنده گردید بی‌آنکه در محلهایی تجمعهایی از نوع ستاره‌ها یاکهکشانها وجود یافته باشد . بر اثر نیروی جاذبه انبساط‌کندتر و کندترشد تا تقریباً متوقف‌گردید . در مدت این دوره تقریباً تعادل تکاثف ماده و پیدایش‌کهکشانها وقوع یافت . پس از مدت زمانی نیروی دافعه‌ای (که مفهوم آن طبعاً با نظریهٔ نسبیت مناسب است) با نیروی جاذبه به مقابله برخاست و انبساط ازنوآغاز شد . درحال حاضر جهان در مرحلهٔ پیشرفته‌ای از دورهٔ دوم انبساط است ،که با سرعتی متزاید ادامه دارد . تقلیل تکاثفی‌که نتیجهٔ این انبساط است تراکم ماده و تشکیل کهکشانهای جدید را غیرممکن ساخته است.

پس جهان لومتر درحال تکامل است از یك تولد ناگهانی آغازکرده ودر دوره‌های متمایز به سمت پیری پیش‌می‌رود. نمونهٔ او هم ، مانند نمونه‌ای‌که برمبنای اصل‌کامل جهانشناسی ساخته شده است ، به توصیف روشنی از جهان می‌رسدکه با آنچه فعلا معلوم است توافق دارد ،اما ایرادهایی چندکه اکنون می‌شود یا درآیندهٔ نزدیکی خواهد شد به نتایجی خواهد رسیدکه هر یك از دو نظریه‌آنهارا به وضعی دیگرپیش‌بینی می‌کند ودرنتیجه موجب از اعتبار افتادن یکی یا دیگری خواهد شد . پس هریك ازآن

(۱) اگر فرض اول ملغی شود اشکال مربوط به نور زمینهٔ‌آسمان‌کاملا وبه‌آسانی حل می‌شود ، به این طریق‌که فرض می‌کنیم از فاصلهٔ معینی به بعد اصلا ستاره‌ای وجود ندارد . اما له فرض دوم‌آنقدر دلیل وجود داردکه نقض‌آن ممکن نیست .

(۲) رشته استدلالی‌که به‌کار می‌رود چنین است :

انبساط جهان ← آسمان تاریك شب + اصل‌کامل‌کیهانشناسی

آفرینش مداوم ← انبساط جهان + اصل‌کامل‌کیهانشناسی

دو درمعرض مردود شدن است ودرنتیجه هردو دارای صفت نظریهٔ علمی هستند .

یکی از نتایج قاطع منبعث ازصفات مشخصهٔ دو نظریه است . درنمونهٔ جهان در حالت استوار که مبتنی براصل کامل جهانشناسی است صفت تغییر نکردن جهان کامل محفوظ است ، یعنی اگر از یك طرف ،کهکشان پیر می‌شود (سبب اصلی آن تبدیل تدریجی به هلیوم در ستاره‌های کهکشان است) از طرف دیگر در فضای متزاید بین کهکشانهای پیر پیوسته کهکشانهای دیگری به وجود می‌آیند .از طرف دیگر وقتی که کهکشانی پیر می‌شود بر اثر عمل انبساط جهان دورتر ودورتر می‌شود وبه طرف ناحیه هایی که کمتر قابل مشاهده هستند می‌رود ، به این ترتیب تعادلی درتعداد کهکشانها حفظ می‌شود مانند تعادلی که به سبب تولد ومرگ بین تعداد نفوس بشری برقرار است وهرچند هرفرد پیر می‌شود واز میان می‌رود تعداد متوسط جمعیت محفوظ است . با این نمونه درهمه جا و در همه زمان کهکشانهایی از سنهای مختلف دیده می‌شوند اما در هر ناحیه که شامل تعداد زیادی کهکشان باشد متوسط سن آنها همواره یکی است .

نوع دیگری از توزیع سنی معرف نمونهٔ منطبق با فرضیهٔ نسبیت است . در نظریه‌ای که مبنای این نوع توزیع سنی است فرض می‌شود که در پیشرفت تکاملی جهان برخی دوره ها برای به وجودآمدن کهکشانها مساعدند وبعضی (مانند دوره‌ای که ما در آن هستیم) نامساعد . در نتیجه همهٔ کهکشانها کما بیش یك سن دارند .آزمودن صحت این نتایج متغایر ازراه مشاهده به دوطریق متمایز میسر است . در یکی باید به کهکشانهایی که به اندازهٔ معقولی نزدیك به کهکشان خودمان باشد نگاه کنیم وتوزیع سن را در آنها مطالعه نمائیم تا ببینیم که با پیش گویی های فرضی ما مطابقت دارد یا نه . این روش را ، با همه جاذبه‌ای که در آن است، نمی‌توان اکنون به کاربست زیرا که اطلاعات ودانش امروزی ما اجازه نمی‌دهد که ازروی ظاهر کهکشانی به سن آن پی ببریم . اما به نظر می‌رسد که درطی ده سال آینده ، یا کمی دیرتر، براین مشکل فایق شویم .کهکشانها از روی صورت ظاهرشان به طبقات مختلف تقسیم می شوند . با استفاده از فرضیه های مربوط به ساختمان ستاره ها وتکاملی که دراین مقاله از آن بحث کردیم امکان خواهد داشت که ببینیم آیا نوع ستاره‌های محتوی در کهکشانی به تدریج با نوع ستاره‌های محتوی در کهکشان دیگر تبدیل می‌شوند. اگرچنین شود ممکن خواهد بود که طبقه بندی کنونی کهکشانها را که مبتنی برستاره‌های محتوی در آنهاست به یك طرح تکاملی تبدیل کنیم ورابطهٔ بین ظاهر کهکشانها وسن آنها را به دست آوریم .

شرح دادن روش دوم ، که می‌توان اکنون درباره‌اش مشاهدات لازم کرد، اندکی سخت‌تر است . این روش ملازمه با قبول این نکته دارد که درنتیجهٔ سرعت مشخص و محدود نور تصاویر کهکشانهای دور تصوری اززمانهای خیلی قدیم آنها می‌دهند . بر طبق اصل کامل جهانشناسی که ملازمه با تغییر ناپذیری دارد گذشت زمان تأثیری ندارد . به طورمتوسط صفات مختلف مشهود (رنگ شکل ،اندازه) کهکشانها درزمانهای خیلی قدیم همان بوده‌اند که امروز هستند ودر نتیجه این صفات باید برای کهکشانهای دور ونزدیك یکی باشند . اما بنا برنمونهٔ مبتنی بر نسبیت باید نتیجه گرفت که کهکشانهای دور را امروز به صورت مرحلهٔ خیلی قدیمی تکاملشان می‌بینیم و درنتیجه مشخصات آنها باکهکشانهای نزدیك متفاوت است . پس این آزمایش عبارت است ازمشاهدهٔ اینکه آیا در رنگ و اندازه وشکل کهکشانها تغییر منظمی روی می‌دهد . اگر تغییر روی دهد اصل کامل جهانشناسی قابل وجود نیست ولی روی ندادن تغییر مؤید وجود آن اصل است . مشاهده دراین حدود با وسایل موجود انجام پذیراست ودرشرف انجام است .

شرحی چنین مختصر وفشرده ازمطالب گوناگون ستاره‌شناسی جامع نمی‌توان بود ، اما سعی می‌کند نشان دهد که چگونه تلاش علم فقط متوجه به دست‌آوردن وبه هم مربوط ساختن و پیشگویی کردن نتایج قابل مشاهده است. فرضیه‌ها نباید با واقعیات منطبق باشند بلکه باید آنهارا چنان بنا کرد که درمعرض مردود شدن از راه تجربه قرارگیرند. تنها محك و معیار صحیح برای علم عبارت است از معلوماتی که به این نحو به دست آیند و انسجامی که در درون آن بین قسمتهای مختلف وجود داشته باشد . و اکتشافهایی که دردرك مطالب روی دهد ، ازقبیل اشکال تصورمشخصات گوناگون وشگفت‌آور یك نظریه دردرجهٔ دوم اهمیت‌اند (درنجوم وکیهان شناسی این مشخصات شگفت عبارتند از حرارتهای چند میلیون درجه‌ای ، یا خلق شدن ماده ، یا سرعتهای بسیار زیاد و مانند آنها) . روشهایی که دراین مقاله باآنها تماس گرفته‌ایم مکرر ودر شاخه های گوناگون علم آزموده و ثابت شده‌اند . این روشها چه بسا موضوعاتی راکه مورد توجه قرارداده وچه انبوهی ازواقعیات وفرضیات راکه به صورت احکامی قابل آزمون و تجربه کردن و مسایلی قابل حل شدن و به جواب رسیدن در آورده‌اند . علم کیهانشناسی که با اینکه دورهٔ کودکی را می‌گذراند با مسایل سهمگین روبرو گردیده فقط در سایهٔ این روشها پیش رفته است . و همچنان به این راه‌ادامه خواهد داد .

پایان

اخترهای متناوب ؟!

دکتر محسن هشترودی

مسئلهٔ سادهٔ هندسی زیررا به‌آسانی می‌توانید حل کنید :

بیضیهایی که‌یك کانون آنها ثابت (نقطهٔ F) وطول‌محور اطول آنها مقدار ثابت $2a$ باشدوهمواره بر نقطهٔ ثابت A بگذرند دارای‌پوشه‌ای هستندکه بیضی به‌کانونهای A وF و به‌قطراطول $(4a - \overline{AF})$ می‌باشد.

اگرنقطهٔ ثابت F (کانون ثابت بیضیها) به‌بی‌نهایت دور (در امتدادی معین) منتقل شود بیضیها به‌سهمیها بدل می‌شوندو مسئلهٔ کلاسیك پرتاب گلوله وسهمی اطمینان به‌دست می‌آید(که درکتابهای فیزیك ومکانیك متوسطه ذکرشده است).

***

حال‌اگر فرض‌کنیم که اختری‌درنقطهٔ A (ضمن‌حرکت برمدار بیضوی خود) ناگهان منفجر شود ، قطعات مختلف حاصل‌از انفجار باسرعتهای متساوی ولی در امتداد های‌مختلف پراکنده می‌شوند ؛ ولی برحسب قوانین **کپلر** (قانون جاذبهٔ نیوتن) مسیرهای مختلف آنان همه دارای قطر اطول برابر خواهند بود و دورهٔ گردش آنها برروی مسیرها نیز برابر خواهند بود، به قسمی‌که پس از یك دور کامل (هریك برروی مسیرخود) مجدداً در یك موقع درنقطهٔ A مجتمع خواهند شد ودوباره باادامهٔ حرکت پراکنده خواهند شد تاپس ازدوردوم مجدداً مجتمع گردند. تمام مسیرها بنابرمسئلهٔ قبل دراندرون یك‌بیضی‌قرار دارندکه پوشهٔ‌آنهاست ودر ترصد ومشاهدهٔ‌نجومی مسیرمتوسط آنها به‌نظر می‌رسد. درمدت پراکندگی قطعات ، نورآنها بسیارضعیف می‌گردد وهرچه پس‌از دورهٔ گردش به‌هم نزدیك می‌شوند نورآنها به‌علت اجتماع زیاد می‌شود و مجدداً با پراکندگی نامرئی می‌شوند تا در اجتماع مجدد باز هم مرئی شوند .

شاید اخترهای متناوبی، که بادورهٔ متناوب خاصی نور آنهاافزایش‌می‌یابدومجدداًمی‌کاهد وبازهم مرئی‌می‌شود ومجدداً نامرئی می‌گردد،ودر رصدهای نجومی‌درکیهانهای دورمشاهده می‌شوند درنتیجهٔ چنین حادثه‌ای که مذکور شد پیدا شده‌باشد. کانون ثابت مسئلهٔ قبل مرکزجذب حرکات این اخترهاست‌که معمولا اختری بزرگتر وکم‌نورتر است (اخترهای دوگانه یا چندگانه‌که اخترهای کوچك‌درخشان متناوب دارند).

مسیرهای مختلف اقمار مصنوعی‌که بایك سرعت از یك نقطهٔ معین پرتاب شوند، مشمول مسئلهٔ‌کلی است‌که درابتداطرح شده‌است .

***

این‌موضوع درحدود بیست‌سال پیش به تقریبی در مجلهٔ مکانیك وموتور ازطرف نویسنده بحث شده بود.

آیا می‌دانید چه‌فرقی است بین دانشمند ریاضی محض و ریاضیدانان علمی ؟ ریاضیدان عملی می‌تواند حل هراشکالی را بیابد و دانشمند ریاضی محض می‌تواند اشکال هرحلی را بیابد .

چهار دقیقه مبارزه

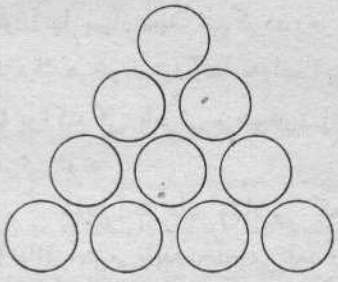
دیر یا زود ممکن است که شما در مقابل حل معماهایی نظیر آنچه در زیر ملاحظه می کنید ، قرار بگیرید . چطور است که خود را در حل آنها بیازمایید . مهلت حل هرمعما فقط ۴ دقیقه است. چنانچه به‌حل آنها موفق نشدید برای پیدا کردن پاسخ به‌یکی دیگر ازصفحات مراجعه کنید .

☆☆☆

۱ـ یك اسکناس ده‌ریالی روی‌میز قرار دهید. یك‌بطری کوچك رابر گردانید ومعکوس دروسط اسکناس بگذارید. بدون اینکه‌بطری بیفتد وبدون اینکه غیراز میزواسکناس چیزدیگری آنرا لمس کند. اسکناس را از زیربطری بیرون بکشید.

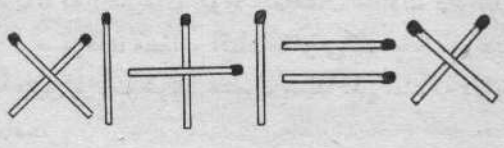
***

۲ـ روی‌میز، ازده سکه مثلثی به شکل زیر درست کنید به طوری که رأس آن از شما دور باشد . با حرکت دادن فقط سه سکه ، مثلث را به صورتی درآورید که رأس آن رو به شما قرار گیرد .



***

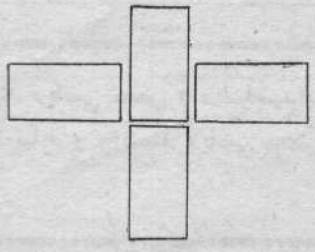
۳ـ ده‌قطعه چوب کبریت بردارید ورابطهٔ زیررا باارقام رومی بسازید. تساوی که درست شده غلط می‌باشد . بدون آنکه



هیچیك از چوب کبریتها را جابجا کرده یادست بزنید، کاری کنید که تساوی صحیح خوانده شود .

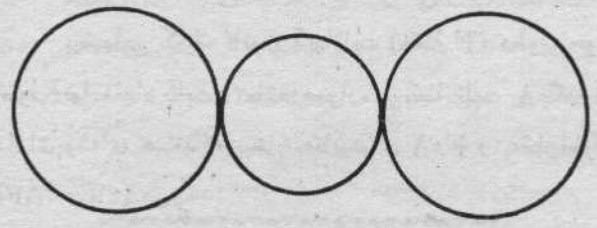
***

۴ـ چهار قطعه کارت مستطیل شکل متشابه را مطابق‌شکل مقابل قرار دهید. با حرکت‌دادن فقط یك کارت‌یك مربع بسازید



***

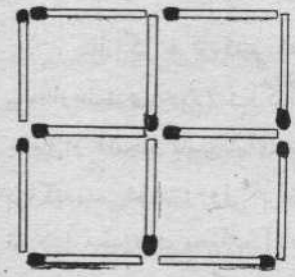
۵ـ یك‌سکهٔ دوریالی رابین دوسکهٔ پنج‌ریالی قرار دهید به‌طوری‌که به‌یکدیگر چسبیده باشند. بدون‌آنکه سکهٔ دوریالی را تکان دهید و بدون آنکه سکهٔ پنج ریالی سمت‌چپ را لمس



کنید ، سکهٔ پنج‌ریالی سمت‌راست را بین دوسکهٔ دوریالی وپنج ریالی سمت‌چپ قرار دهید.

***

۶ـ بادوازده‌چوب کبریت‌شکل‌مقابل را بسازید. دوچوب کبریت را چنان حرکت‌دهید که فقط دومربع‌باقی بماند .



***

۷ـ درنفر باهم در رستورانی غذا می‌خوردند . پس از صرف‌غذا یکی از آنها چوب‌کبریتی مقوایی از جعبه‌اش جدا کرد وبه‌دیگری چنین پیشنهاد نمود: «من این کبریت را به هوا می‌اندازم، اگر روی‌لبه به‌زمین افتادشما پول غذاراخواهید پرداخت. درغیراین صورت ، من‌پول غذا را می‌دهم.»

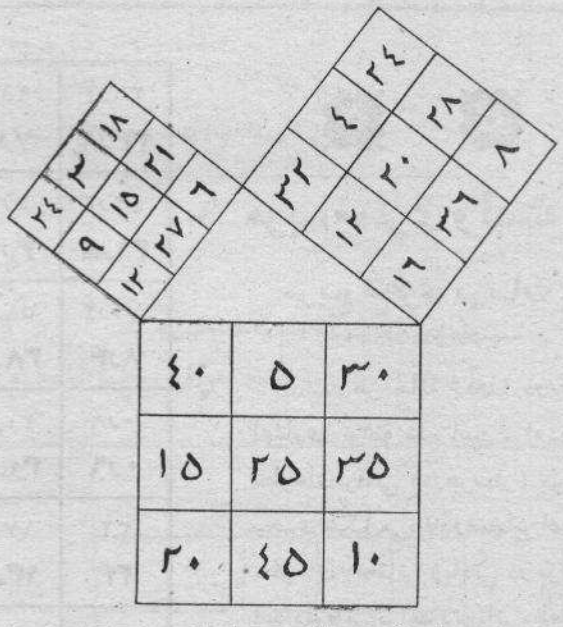
آیااگر شما بودید این‌شرط را قبول می کردید.

دکتر علاء کیائی (اقتباس از ریدرزدایجست ژانویه ۱۹۶۵)

مربعهای سحری (وفقی) ممتاز

درشماره‌های یکم ودوم یکان دربارهٔ مربعهای وفقی واقسام سادهٔ آن بحث شد. از **استاد دکتر محسن هشترودی** خواهش شد وایشان برخی از مربعهای‌وفقی ممتاز را در اختیار گذاشتند که درزیر چاپ می‌شود . سازندگان این جدولها که آنها را باید«جادوگران اعداد»نامید هرچند ریاضیدان نبوده‌اند اما چنان‌ترکیبهایی از اعداد به‌وجود آورده‌اند که باعث تحیر ریاضیدانان می‌باشد.

دونوع مثلث سحری



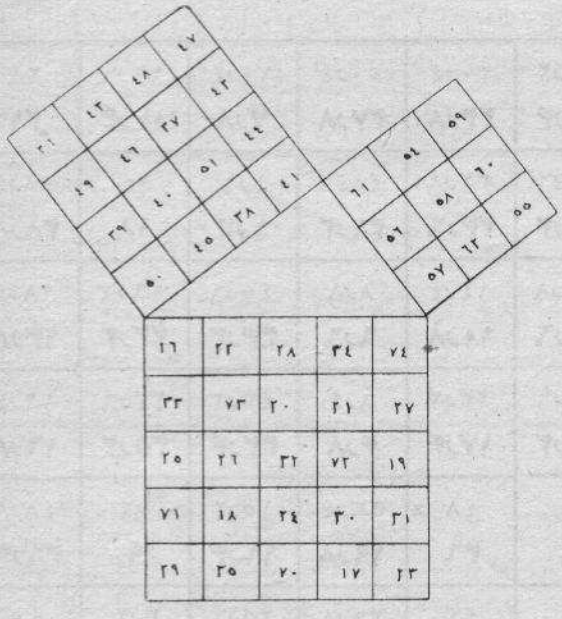
۴۰	۵	۳۰
۱۵	۲۵	۳۵
۲۰	۴۵	۱۰

عدد هرخانه ازقطر بااعداد خانه‌های نظیر ازاضلاع یك مثلث قائم‌الزاویه می‌سازد. همچنین مجموع اعداد هرسطر یا هرستون ازمربع نظیرقطربامجموع اعداد هرسطر یاهرستون‌از مربع‌اضلاع‌یك‌مثلث‌قائم‌الزاویه‌می‌سازدوهمچنین‌برای‌اقطارمربع وهمچنین برای‌مجموع هرمربعی. مربعها نیز همه‌سحری‌هستند.

مثال :

$$۴۰^۲ = ۲۴^۲ + ۳۲^۲$$

$$(۴۰+۵+۳۰)^۲ = (۲۴+۳+۱۸)^۲ + (۳۲+۴+۲۴)^۲$$



۱۶	۲۲	۲۸	۳۴	۷۴
۳۳	۷۳	۲۰	۲۱	۲۷
۲۵	۲۶	۳۲	۷۲	۱۹
۷۱	۱۸	۲۴	۳۰	۳۱
۲۹	۳۵	۷۰	۱۷	۲۳

هرمربعی‌سحری است ومجموع سطرها یاستونها یاقطرها درهرمربعی (چه ۹ خانه‌ای چه۱۶ خانه‌ای وچه۲۵ خانه‌ای) یکسان وبرابر ۱۴۷ است . مجذور مجموع مربع سحری ۲۵ خانه‌ای برابر است بامجذور مجموع مربع سحری ۱۶خانه‌ای به‌اضافهٔ مجذور مجموع مربع سحری ۹خانه‌ای .

مربع سحری مربعات

در هر سطری دو رشته عدد نوشته شده‌است . اعداد زیر، مربع اعدادبالایی هستند هردورشته اعداد مربع‌سحری تشکیل می‌دهند . یعنی مربع‌سحری ۸خانه‌ای چنان‌ترتیب داده شده است که مربعات اعداد جدول نیز مربع سحری تشکیل می دهند .

۵۸ ۳۳۶۴	۱۲ ۱۴۴	۲٤ ۵۷٦	۳۸ ۱۴۴۴	٦۳ ۳۹٦۹	۱۳ ۱٦۹	۱۷ ۲۸۹	۳۵ ۱۲۲۵
۵۳ ۲۸۰۹	۷ ۴۹	۲۷ ۷۲۹	٤۱ ۱٦۸۱	۵۲ ۲۷۰۴	۲ ۴	۳۰ ۹۰۰	٤۸ ۲۳۰۴
۲٤ ۱۹٦	٦٤ ۴۰۹٦	۳٦ ۱۲۹٦	۱۸ ۳۲۴	۱۱ ۱۲۱	۵۷ ۳۲۴۹	۳۷ ۱۳٦۹	۲۳ ۵۲۹
۱ ۱	۵۱ ۲٦۰۱	٤۷ ۲۲۰۹	۲۹ ۸۴۱	۸ ٦۴	۵٤ ۲۹۱٦	٤۲ ۱۷٦۴	۲۸ ۷۸۴
٤۰ ۱٦۰۰	۲۲ ۴۸۴	۱۰ ۱۰۰	٦۰ ۳٦۰۰	۳۳ ۱۰۸۹	۱۹ ۳٦۱	۱۵ ۲۲۵	٦۱ ۳۷۲۱
٤۳ ۱۸۴۹	۲۵ ٦۲۵	۵ ۲۵	۵۵ ۳۰۲۵	٤٦ ۲۱۱٦	۳۲ ۱۰۲۴	٤ ۱٦	۵۰ ۲۵۰۰
۲۰ ۴۰۰	۳٤ ۱۱۵٦	٦۲ ۳۸۴۴	۱٦ ۲۵٦	۲۱ ۴۴۱	۳۹ ۱۵۲۱	۵۹ ۳۴۸۱	۹ ۸۱
۳۱ ۹٦۱	٤۵ ۲۰۲۵	٤۹ ۲۴۰۱	۳ ۹	۲٦ ٦۷٦	٤٤ ۱۹۳٦	۵٦ ۳۱۳٦	٦ ۳٦

۳٦٫٤ ۳۴٫۸	۹٫٦ ۷٫۲	۱۹٫۲ ۱۴٫۴	۳۰٫٤ ۲۲٫۸	۵۰٫٤ ۳۷٫۸	۱۰٫٤ ۷٫۸	۱۳٫٦ ۱۰٫۲	۲۸ ۲۱
٤۲٫٤ ۳۱٫۸	۵٫٦ ۴٫۲	۲۱٫٦ ۱٦٫۲	۳۲٫۸ ۲۴٫٦	٤۱٫٦ ۳۱٫۲	۱٫٦ ۱٫۲	۲٤ ۱۸	۳۸٫٤ ۲۸٫۸
۱۱٫۲ ۸٫۴	۵۱٫۲ ۳۸٫۴	۲۸٫۸ ۲۱٫٦	۱٤٫٤ ۱۰٫۸	۸٫۸ ٦٫٦	٤۵٫٦ ۳۴٫۲	۲۹٫٦ ۲۲٫۲	۱۸٫٤ ۱۳٫۸
۰٫۸ ۰٫٦	٤۰٫۸ ۳۰٫٦	۳۷٫٦ ۲۸٫۲	۲۳٫۲ ۱۷٫۴	٦٫٤ ۴٫۸	٤۳٫۲ ۳۲٫۴	۳۳٫٦ ۲۵٫۲	۲۲٫٤ ۱٦٫۸
۳۲ ۲۴	۱۷٫٦ ۱۳٫۲	۸ ٦	٤۸ ۳٦	۲٦٫٤ ۱۹٫۸	۱۵٫۲ ۱۱٫۴	۱۲ ۹	٤۸٫۸ ۳٦٫٦
۳٤٫٤ ۲۵٫۸	۲۰ ۱۵	٤ ۳	٤٤ ۳۳	۳٦٫۸ ۲۷٫٦	۲۵٫٦ ۱۹٫۲	۳٫۲ ۲٫۴	٤۰ ۳۰
۱٦ ۱۲	۲۷٫۲ ۲۰٫۴	٤۹٫٦ ۳۷٫۲	۱۲٫۸ ۹٫٦	۱٦٫۸ ۱۲٫٦	۳۱٫۲ ۲۳٫۴	٤۷٫۲ ۳۵٫۴	۷٫۲ ۵٫۴
۲٤٫۸ ۱۸٫٦	۳٦ ۲۷	۳۹٫۲ ۲۹٫۴	۲٫٤ ۱٫۸	۲۰٫۸ ۱۵٫٦	۳۵٫۲ ۲٦٫۴	٤٤٫۸ ۳۳٫٦	٤٫۸ ۳٫٦

مربع سحری وابسته به مربع سحری مربعات

در هر خانهٔ جدول دو عدد اعشاری نوشته شده است . اعداد سطرهای‌فوقانی (درهرسطر) مربع سحری‌تشکیل‌می‌دهندوهمچنین‌اعداد سطرهای تحتانی زیادتی دو برابر اعدادفوقانی براعدادتحتانی، اعداد فوقانی‌جدول(مربع‌سحری‌مربعات)را تشکیل‌می‌دهند. مجموع‌مربعات‌اعداد هرخانه‌دراین‌جدول اعدادسطرهای تحتانی‌جدول(مربع‌سحری‌مربعات) را تشکیل می‌دهند .

مربع سحری ممتاز یا خاصیت سحری عدد ۱۷

۱۶	۳	۲	۱۳
۵	۱۰	۱۱	۸
۹	۶	۷	۱۲
۴	۱۵	۱۴	۱

$$۱+۱۴+۱۵+۴+۱۲+۷+۶+۹=۸+۱۱+۱۰+۵+۱۳+۲+۳+۱۶$$

$$۱^۲+۱۴^۲+۱۵^۲+۴^۲+۱۲^۲+۷^۲+۶^۲+۹^۲=۸^۲+۱۱^۲+۱۰^۲+۵^۲+۱۳^۲+۲^۲+۳^۲+۱۶^۲$$

$$۱۰+۱۴+۱۵+۴+۸+۱۱+۱۰+۵=۱۲+۷+۶+۹+۱۳+۲+۳+۱۶$$

$$۱^۲+۱۴^۲+۱۵^۲+۴^۲+۸^۲+۱۱^۲+۱۰^۲+۵^۲=۱۲^۲+۷^۲+۶^۲+۹^۲+۱۳^۲+۲^۲+۳^۲+۱۶^۲$$

البته نظیرهمین روابط نسبت به ستونها نیز وجود دارد (برای هردوسطردلخواه باهم ودوسطر دیگر یادوستون دلخواه نسبت به‌دوستون دیگر) مجموع هرسطروستون وقطر (۳۴) است . مجموع گوشه‌ها و مجموع خانه‌های نظیر (افقی یاقائم) هم ۳۴ است .

مثلا $۱۶+۱۳+۴+۱=۳۴$ $۳۰+۲+۱۵+۱۴=۳۴$

$۵+۹+۸+۱۲=۳۴$ و $۳۴=۷+۶+۱۱+۱۰$ وهکذا $۹+۶+۱۵+۴=۳۴$

وغیره

از همه عجیب‌تر : (مجموع خانه‌های اقطار) :

$$\begin{cases} ۳+۵+۹+۱۵+۱۴+۱۰+۴+۱=۱۳+۱۱+۶+۸+۱۲+۲+۷+۱۶ \\ ۳^۲+۵^۲+۹^۲+۱۵^۲+۱۴^۲+۱۰^۲+۴^۲+۱^۲=۱۳^۲+۱۱^۲+۶^۲+۸^۲+۱۲^۲+۲^۲+۷^۲+۱۶^۲ \\ ۳^۳+۵^۳+۹^۳+۱۵^۳+۱۴^۳+۱۰^۳+۴^۳+۱^۳=۱۳^۳+۱۱^۳+۶^۳+۸^۳+۱۲^۳+۲^۳+۷^۳+۱۶^۳ \end{cases}$$

$$۲+۸+۹+۱۵=۳+۵+۱۲+۱۴=۳۴=2\times17$$

$$۲^۲+۸^۲+۹^۲+۱۵^۲=۳^۲+۵^۲+۱۲^۲+۱۴^۲=۳۷۴=2\times11\times17$$

$$۲^۳+۸^۳+۹^۳+۱۵^۳=۳^۳+۵^۳+۱۲^۳+۱۴^۳=۴۶۲۴=2^4\times17^2=2^2(2+8+9+15)^2$$

با مجموع مکعبات اعداد متوالی مقایسه شودکه این‌مجموع اخیر مساوی است با مربع مجموع اعداد متوالی

مربع سحری ممتاز

مربع سحری ممتازی است که مجموع سطرها و ستونها و قطرها همه‌برابر ۶۵ می‌باشد وبه‌علاوه مجموع‌اعداد خانه‌های‌صلیب یونانی یاصلیب سنت‌آندره نیزهمواره ۶۵است.

۷	۲۰	۳	۱۱	۲۴
۱۳	۲۱	۹	۱۷	۵
۱۹	۲	۱۵	۲۳	۶
۲۵	۸	۱۶	۴	۱۲
۱	۱۴	۲۲	۱۰	۱۸

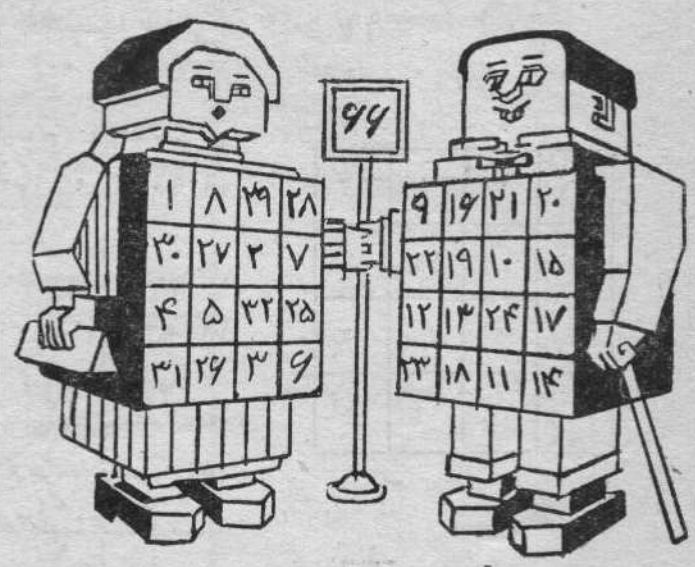
	۱۵	
		۶
	۴	
	۲۲	
		۱۸

صلیب سنت آندره

	۲۱	
۱۹	۲	۱۵
	۸	

صلیب یونانی

مربعهای سحری متحابه یا دوستدار



مربعات سحری که مجموع سطرها وستونها وقطرها هریك درهریك از مربعها برابر ٦٦ است

۱) وبعلاوه چهار گوشهٔ هریك از مربعها نیز ٦٦ تشکیل می‌دهند

٦٦ = ٦ + ٢٨ + ٣١ + ١ و ٦٦ = ١٤ + ٢٣ + ٢٠ + ٩

وگوشه‌های مربعها به‌طورقائم یا به‌طورافقی باهم معادلند

٢٠ + ٩ = ٢٨ + ١ و ٢٣ + ٩ = ٣١ + ١

و ٦ + ٢٨ = ١٤ + ٢٠ و ١٤ + ٢٣ = ٦ + ٣١

۲) مربع کوچك گوشهٔ سمت چپ پائین مربع اول

٤	٥
٣١	٢٦

بامربع نظیرخود دردوم

١٢	١٣
٢٣	١٨

هریك (٦٦) است وهمچنین سایر مربعهای جزء

۳) البته به‌سهولت مشاهده می‌شود که اضلاع این مربعهای جزء نیز مکمل یکدیگرند مثلا ٦٦ = ٣١ + ٤ + ٢٣ + ١٢

(ب) (الف)

۴) وهکذا برای سایر ستونها یا قطرها درهریك ازمربعهای جزء نظیر مثلا ٦٦ = ١١ + ٢١ + ٢٦ + ٨

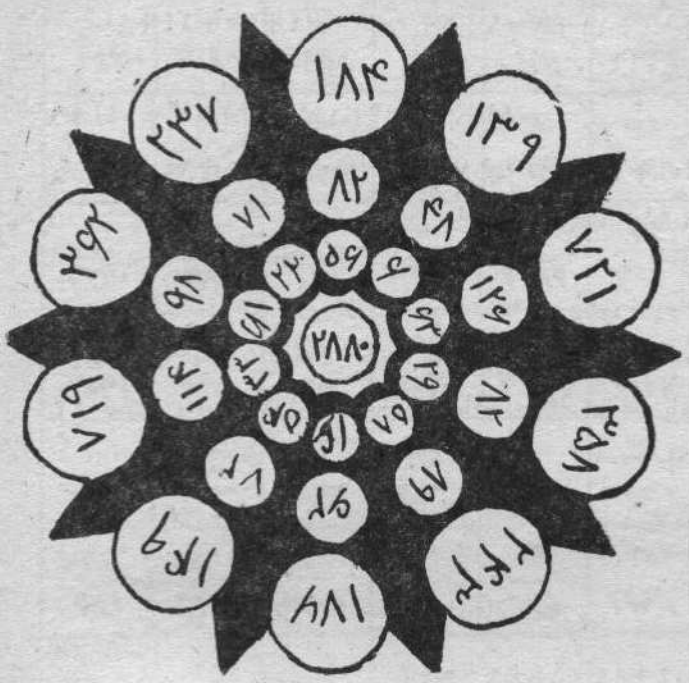
(ب) (الف)

خواص دیگری هم هست که می‌توانید پیدا کنید.

(فرستندهٔ تصویر: ابراهیم طاهری آشتیانی)

دوایر سحری

(جدول از ۲۹ عدد تشکیل شده‌است. عدد ۸۲ یك‌بار تکرار شده است)



اختلاف مربعات دوعدد (دراندرون دوایر متقارن نسبت به‌مرکز) همواره عدد (۲۸۸۰) است مثلا :

$۱۸۴^۲ - ۱۷۶^۲ = ۷۲^۲ - ۴۸^۲ = ۶۳^۲ - ۳۳^۲ = ۲۸۸۰$

بنابراین

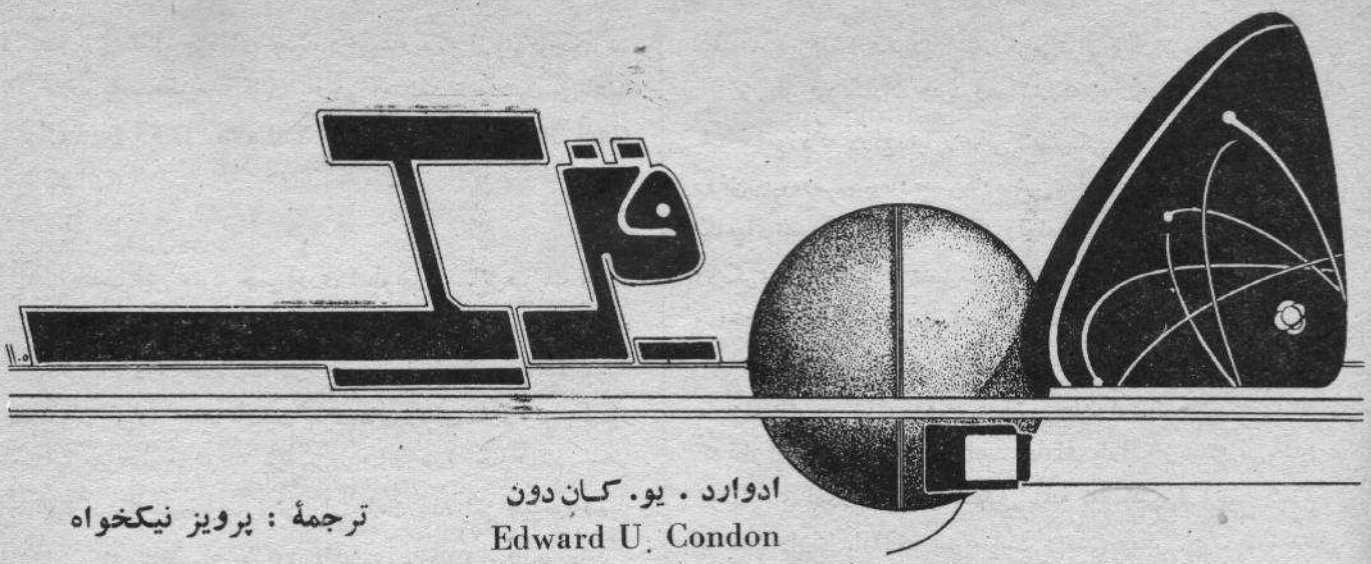
$۱۳۹^۲ + ۷۲۱^۲ = ۱۴۹^۲ + ۷۱۹^۲$

$۷۲۱^۲ + ۳۵۸^۲ + ۱۲۶^۲ + ۸۲^۲$

$= ۷۱۹^۲ + ۳۶۲^۲ + ۱۱۴^۲ + ۹۸^۲$

وهکذا باهرعدد دلخواه به‌شرط آنکه متقارن آن درطرف دوم به‌کار رود .

(فرستندهٔ تصویر: شاهرخ طاهری آشتیانی)



ادوارد . یو. کان دون
Edward U. Condon

ترجمهٔ : پرویز نیکخواه

درسال ۱۹۲۶، هنگامی که اصول مکانیك ذره‌ای کشف شد، ریاضیدان بزرگ شهر گوتینگن (Göttingen)، **دیوید هیلبرت** (Dawid Hilbert) چنین خاطرنشان کرد: « فیزیك حتی برای فیزیك‌دانان هم دارد بسیار مشکل می‌شود». دراربع قرنی که ازآن تاریخ گذشت، مشکلات خاص ریاضیی که باعث چنین اظهارعقیده‌ای شده بود ازمیان برداشته شد. اما، درتحلیل وتشریح مسائل اساسی تئوری اتمی پیشرفت کمی بدست آمده وضمناً نتایج تجربی،موجب پیدایش معضلات تازه‌ای شده است. من حیث‌المجموع می‌توان گفت که گفتهٔ هیلبرت، به‌همان اندازه که آن‌روزصدق می‌کرد، امروز نیزصادق است .

اگرفیزیك برای فیزیك‌دانان بسیارمشکل است، آنها که با فیزیك سروکار ندارند، باید به‌طورکلی مردد باشند که آیا اصلا کوششی برای درك معضلات و ناآشکاریهای آن بکنند یا خیر بی‌هیچ تردید، چنین کوششی پرارزش‌است، زیرا مسائل‌اساسی‌بسیار مهم ونتایج تجربی جدید حیرت‌آورند. برای شخصی که با فیزیك بیگانه است. اندیشهٔ اینکه‌مشکلات جدیدعلم‌فیزیك ناشی‌ازآن‌است که اهل‌فن هنوز نتوانسته‌اند برای‌آنها توضیحات رضایت‌بخشی بدست‌آورند، تسلی‌بخش خواهدبود.

تقسیم‌بندی‌علوم تااندازه‌ای به‌دلخواه انجام‌گرفته است . فیزیك به‌ماده وانرژی به‌هر شکلی که تظاهرکندمربوط‌است و با مطالعات **گالیله**(Galileo)، **کپلر**(Kepler)، و **نیوتون**(Newton) دربارهٔ حرکات مکانیکی اجسام بزرگ به‌طورمرتب‌ومنظمی‌شروع به تکامل کرد. ازآن‌موقع فقطسه‌قرن‌گذشته است. پس‌ازآن‌فیزیك به‌بررسی نیروهای الکتریکی ومغناطیسی وماهیت نوروهمچنین‌اشعهٔ نامرئی مادون قرمزوماوراء بنفش پرداخت واخیراً اشعهٔ ایکس راکشف‌کرد. فیزیك باحرارت و خواص حرارتی ماده سروکار دارد. بیشتراین مطالعات، تا سال ۱۹۰۰ میلادی، بی‌آنکه به تئوریهای خاصی دربارهٔ ساختمان‌اتمی ماده توجه‌شود، انجام‌گرفت.

کارقرن‌ما دربارهٔ تکامل تئوری کمی وبسیاردقیق ساختمان‌اتمی ، تجدیدنظردرمفاهیم فیزیك‌قدیم ازنظرمفاهیم‌اتمی‌وکشف‌موضوعهای تازه، به‌ویژه فیزیك هسته‌ای‌تحت راهنمائی وانگیزهٔ‌ایده‌های‌اساسی ونظری متمرکزمی‌گردد.

فیزیك درارتباط نزدیك با سایر علوم است. علوم نجوم نتایج خودرا براساس اصول فیزیك تعبیرمی‌کند و همینطور زمین شناسی. شیمی ازنتایج فیزیك مدرن به‌طور روزافزونی بهره‌مند می‌شود. زیست‌شناسی ازآنجاکه‌اشیاء زنده به‌هرحال از ماده ساخته شده‌اند، صرف‌نظرازاینکه‌سرانجام‌حیات تنهابرحسب‌اصول‌فیزیکی قابل‌توضیح‌باشدیانباشدناگزیراست که‌دانش فیزیك‌رادرنظر بگیرد.

عصرما شاهدفعالیت بی‌سابقه‌ای در فیزیك است. امروز تعداد پویندگان متبحر وشمارهٔ دستگاههای‌دقیق‌وبسیارپیشرفته‌ای که دراختیارآنهاست‌ازهرزمانی درتاریخ جهان بیشتراست. اما به‌رغم دانش وسیعی که بدست‌آمده هیچ نشانی ازرسیدن به‌مرزهای دانش فیزیك‌وجودندارد. امکانات تحقیق بی‌شمارمی‌باشد وازاین رونزدمحققان فیزیك‌دان موضوع فیزیك بسیارهیجان‌آوراست.

اکتشافات بزرگی که درنیمهٔ اول قرن‌ما انجام‌گرفت، نشانی بروسعت میدان‌کنونی علم فیزیك است . ازقبیل: ماهیت ذره‌ای انرژی نوری (Max Plank & Einstein)، تئوری نسبیت (Einstein)، ساختمان هسته‌ای اتم (Lord Ratherford & Niels Bohr)، تشریح خواص نورافشانی اتمها (Bohr) کشف خواص موجی و احتمالی ماده (Prince Louis de Broglie و Erwin Schrödinger & Max Born)

کشف‌خواص‌موجی واحتمالی‌ئیدرژن سنگین(Harold Urey)، کشف خواص موجی و احتمالی نئوترون (Sir James Chadwick) ، وکشف‌وسایل‌ایجادترانسموتاسیون (۱) مصنوعی عناصر (Sir John Cockroft & Ernest Walton و Frédéric–Curie–Joliot Enrico Fermi و دیگران) ،

(۱) تبدیل یك عنصر باایزوتوپ به عنصریاایزوتوپ دیگر

وکشف یك سلسله چیزهای جدید وخویشاوندکه از اتم کوچکترند وبرخلاف ماده «طبیعی» قابل به‌وجودآمدن و نابودشدن می‌باشند (Carl Anderson, Hideki Yukava, C.F. Powell و دیگران)

***

هدف این مقاله جمع‌آوری اسلوبها ومسائل فیزیك مدرن است. وباید درابتدا تأییدکرد که هراندازه این ایده منتزع جلوه کند، فیزیك درهرحال کوشااست تا به‌سلسلهٔ اصول ومفاهیمی برسد که بتوان آنهارا برای توصیف پدیده‌های دنیای مادی، که به‌طور مستقیم مشاهده می‌شوند، بکاربرد. ما دربارهٔ چیزهایی سخن خواهیم گفت که ظهورآنهارا می‌توان باعث شد؛ این چیزها به‌وسیلهٔ اشخاصی که دستگاههای لازم‌را بااستادی ساخته و بکاربرده‌اند، مشاهده شده یارخ‌دادن آنها رؤیت گردیده است. از آنجاکه همهٔ ملاحظات بسیارمهم وتعیین کننده‌ای که انجام گرفته به‌وسیلهٔ محققان مختلف بوده‌است، امکان اینکه این معلومات به‌سبب دگرگونی‌های ذهنی به‌طورجدی اشتباه‌آمیز باشدبی‌اندازه ناچیزاست.

اما کارفیزیك فقط توصیف دستگاه‌ها وچگونگی ساختمان وعمل آنها ویا معلومات ناپخته‌ای که ازمشاهده‌ها بدست می‌آید نیست. درجهت تفسیر علم ملاحظات مستقیم درچهارچوب منطقی مفاهیم گنجانیده می‌شوند این‌چهارچوب به‌طورمتناوب‌مورد تجدید نظرقرارمی‌گیرد وگسترش‌می‌یابدتاقسمتهای بیشتری ازمعلومات را دربرگیرد. اهمیت تعبیردرحداقل تلاش فکری برای فراهم کردن توصیف‌دقیق وجامع‌واقعیات نهفته است، اجرای‌ملاحظاتی‌را درزمینه‌هایی که هیچگاه قبلا مطالعه نشده پیش‌بینی می‌کند و آزمایشهای «تعیین کننده‌ای» راطرح‌ریزی‌می‌کند ــ یعنی آزمایشهایی که صحت طرح‌های‌فکری‌راتعیین می‌کنندومی‌توانندبه‌جای‌یکدیگر قرارگیرند وازپیش امرمعینی‌را باصراحت کافی توضیح دهند. به‌طورخلاصه، تئوری، برنامهٔ آزمایش‌راطرح‌ریزی‌می‌کندوآزمایش، برای سنجش‌کیفیت تئوری بکارمی‌آید.

فیزیك این‌قرن برآن است که همهٔ پدیده‌هایی‌راکه مشاهده شده‌اند برحسب نحوهٔ عمل اتمها و مولکولها وبرحسب اجزاء متشکلهٔ آنها یعنی ذرات الکتریسته‌دار با الکترونها، پروتونها و غیره، تعبیرکند. صفت ویژهٔ فیزیك قدیم‌آن بودکه نه‌تنها مقیاس پدیده‌هایی‌که مشاهده می‌شدند با اندازهٔ اجسامی‌که دراختیارداریم متناسب بود، بلکه آنهارا طبق طرح فکری درهمان‌مقیاس، مورد مباحثه‌قرارمی‌داد. صفت‌ویژهٔ فیزیك جدیدآن‌است که‌درحالی‌که مشاهدات‌الزاماً باید بادستگاههایی‌که کارکردن‌با آنها به‌اندازهٔ کافی آسان باشد، وباچشم‌بتوان‌آنرادید، صورت‌گیرد، هدف‌آزمایش‌نهیهٔ جزئیات برای یك‌طرح فکری براساس مقیاس بسیارکوچکی که نمی‌توان بامشاهدهٔ مستقیم‌آنرا رؤیت‌کرد می‌باشد. چنین اندازه‌ای را با بزرگ‌کردن خطی‌آن به‌اندازهٔ یك میلیون‌برابر یا یك‌میلیون میلیون‌برابر فقط‌درفکروبادیدهٔ تفکرمی‌توان‌رؤیت‌کرد.

پس فیزیك‌دان جدید وهرکسی که به‌آنچه می‌کند داناست باید بیاموزدکه دردودنیا زندگی‌کند. یکی دنیای برنج، شیشه، روغن، جیوه‌وسیم‌پیچ‌هاوعدسی‌هاوماشین‌تخلیهٔ هواومافوق‌اینهادنیای دستگاههای‌تشدیدکنندهٔ الکترونیکی‌ولوله‌های (Photo Multiplier)، ودیگری دنیای‌تصورو تخیل‌سازنده است‌که با ــــــــــ امفاهیم وساختمانی‌که درخورابعاد اتمی می‌باشد سروکاردارد (یادرمورد کیهان‌شناسی بامحیطی‌سروکاردارد که فهم بشراز دربرگرفتن آن عاجزاست). دردنیای دوم، هستهٔ اتمی چون‌گوی‌کوچك‌سختی است که قطرآن ۱۲ــ۱۰ سانتیمتراست. دارای بارالکتریسیته می‌باشدو ازشماره‌ای ازذرات دیگر تشکیل یافته که بعضی ازآنها چون پروتون دارای بارالکتریسیته است وبعضی دیگر چون نئوترون بارالکتریسیته ندارند. ذراتی‌که بارالکتریسیتهٔ منفی دارند (الکترونها) به دورهستهٔ مرکزی درمسافتی ده‌هزاربرابر بزرگتر ازقطرهستهٔ (۸ــ۱۰ سانتیمتر) درگردش هستند. جزئیات‌عمل این الکترونها باعث خواص شیمیائی اتم، باعث جذب‌و تشعشع اشعهٔ ایکس ونور وبالاخره باعث خواص مغناطیسی وبسیاری از خواص برجستهٔ دیگرمی‌شود.

اولین هدف دانشجوی تازه‌کارباید یکجادرنظرداشتن این دوجهان باشد. وی باید بیاموزدکه چگونه دنیای مشاهدات‌مستقیم به مثابهٔ وسیله‌ای برای مشاهدات غیرمستقیم و بررسی تصورات اوازدنیای اتمی بکارمی‌رود. این مسأله به‌ویژه برای‌خوانندهٔ‌معمولی که تنها درآرزوی بدست‌آوردن اطلاعات درست و صادقانه‌ای از اندیشه‌های فیزیك‌دان است مشکل‌می‌باشد. نویسندگانی که به‌زبان ساده می‌نویسند ونمی‌توانند مطمئن‌باشندکه حواس خواننده‌متوجه آنها هست یاخیر به‌وسوسه‌می‌افتند که تنها شرح‌مصوری‌ازچگونگی بنظرآمدن‌اشیاء درجهان هسته‌ها والکترونها و پرشهای کوانتومی (Quantum Jumps) بدهند. آنان درتلاش آن‌نیستند که به‌خواننده دانشی دربارهٔ اسلوب مشاهدهٔ مستقیم دردنیائی که ابعاداتمی‌دارد، بدهند. اگرما نخواهیم با این‌نوع مطلب آشنا شویم درازای‌داستان ما دوبرابرخواهدشد ونیازمندآن خواهدبودکه خواننده با بعضی ازدستگاههای بسیارپیچیده آشنا شود.

شاید فیزیك بیش‌ازهرعلم دیگری مشاهدات‌خودرابرحسب اعداد بیان می‌کند. وزمانی‌که شاخهٔ تازه‌ای از فیزیك می‌روید، اندازه‌گیریها وتکنیك اندازه‌گیری هیچگاه ازبخش صرفاً توصیفی زیاد عقب نیستند. یکی‌ازرشته‌های اختصاصی علوم فیزیك ریاضی است‌که قوانین فیزیك‌رابا مفاهیم ریاضی فرموله می‌کندوازقوانین عمومی نتایج ویژه‌ای‌را استنتاج می‌کندکه‌می‌توان آنهارا با آزمایش کردن محك زد. تجزیه وتحلیل ریاضی مانع سرسخت دیگری در راه کسی‌است که‌می‌خواهدبی‌آنکه‌درعمق‌مطلب‌فرورودازفیزیك‌مدرن

استنباطی کلی بدست آورد. بسیاری از مفاهیم فیزیکی چنان با توصیف ریاضی آنها درآمیخته است که بیان آنها به نحوی دیگر مشکل است. نمونهٔ بارزی در این مورد چرخش الکترونی (Electron Spin) است. در بسیاری موارد یك الکترون چون فرفره‌ای که به دور محورش می‌چرخد عمل می‌کند، اما نمونهٔ دقیق این چرخش با گردش فرفره‌ای که بچه‌ها با آن بازی می‌کنند بسیار متفاوت است.

فیزیك‌دان قرن نوزده، با فرض کردن ماده‌ای به نام اتر که فضا را پر می‌کند، درجستجوی تعبیر نیروهایی بود که بین بارهای الکتریکی و بین آهن‌رباها عمل می‌کنند. اتر غیرقابل فهم بود. زیرا اجسام جامد می‌توانستند آزادانه از میان آن حرکت کنند، معهذا اتر می‌توانست با عمل کشش در امتداد خطوط نیرو و فشار، نیرویی در جهت عمود بر آنها وارد آورد. (۱)

این الگوشبیه جسم جامد انعطاف پذیری بود که نحوهٔ عملش هم اکنون با فیزیك ریاضی توصیف شده است و نقش آن عبارت بود از مرتبط کردن نحوهٔ عمل مشخص جسم جامد انعطاف‌پذیر به پدیدهٔ الکترومغناطیسی.

ابتدا این تشبیه به شوخی برگزار شد، اما بعد از اندك زمانی فیزیك‌دانها آنرا بیشتر به مثابهٔ یك نمونه تا بیان یك واقعیت در نظر گرفتند. آنها دریافتند که لازم است برای میدان الکترومغناطیسی یك تئوری نامتناقض ومنطقی ابداع شود. چنان تئوری که بتوان پیش‌بینی‌هایش را با آزمایشهای کمی دقیق بررسی کرد. شاید در مراحل ابتدایی یك چنین تئوری اشاره به جسم جامد انعطاف پذیر کمکی باشد. اما این واقعیت که دو دستهٔ مشخص از پدیده‌های فیزیکی را می‌توان با معادلات ریاضی تقریباً یکسانی تعبیر کرد، این نتیجه گیری را که یکی از آنها حقیقت غائی است و برحسب آن باید دیگری را تشریح کرد، توجیه نمی‌کند.

بنابراین، به این دلیل که نیروهای الکترومغناطیسی در بسیاری جهات شبیه به نیروهایی هستند که با تحت فشار قرار دادن نوع ویژه‌ای از اجسام جامد و انعطاف‌پذیر پدید می‌آیند نمی‌توان نتیجه گیری کرد که نیروهای الکترومغناطیسی «درحقیقت» به واسطهٔ چنین فشارهایی در جسم جامدی که با چیز نافذی به نام «اتر» پرشده است، پدید می‌آیند. اگر متوجه شویم که تصویر تخیلی اتر جامد بیشتر به دار بست خانه تا خود خانه واقعی شباهت دارد، در بینش ما دگرگونی‌های زیادی پدید خواهد آمد. سازندهٔ تئوری دیگر خودرا با جزئیات الگوی اولیه محدود نخواهد کرد. او ممکن است دورتر رود و تصویر عمومی‌تری از آنرا در نظر گیرد. وی نه تنها در این کار آزاد است بلکه اگر بخواهد خلاق باشد باید به چنین کاری مبادرت ورزد.

پس تئوریسین چگونه در کارش محدود و راهنمایی می‌شود؟ آیا او می‌تواند هر رابطهٔ ریاضی را به دلخواه بنویسد؟ خیر؛ زیرا باید اصول گسترش یافته ویژه‌ای را که بر همهٔ فیزیك فرمان می‌رانند در نظر بگیرد.

برای نمونه، معمولا چنین فرض می‌شود که در شرایط متشابه، پدیده‌های فیزیکی همانطور که امروز و دیروز رخ می‌دهند، فردا نیز رخ خواهند داد. این بدان معنی است که بیان ریاضی قوانین فیزیك نباید هیچ نشانی از مقدار مطلق زمان، از قبیل همهٔ زمانی که از روز خلقت یا سایر پدیده‌هایی که اهمیت اساسی دارند گذشته است، دارا باشد.

زمان در معادلات به مثابهٔ یك متغیر ریاضی نمی‌آید، بلکه فقط بین اتفاقاتی که به پدیدهٔ مورد نظر بستگی دارد اختلاف زمان می‌تواند وجود داشته باشد؛ زمانی که آزمایشها در تاریخهای متفاوت تقویم تحت شرایط یکسانی انجام گیرند، پدیده‌ها به طور مشابه رخ می‌دهند.

اندك بررسی این نکته نشان می‌دهد که اساس تجربی برای این نتیجه گیری چندان قوی نیست. علم آنقدر جدید است که بیشتر مطالبی، که می‌خواهیم اصول خودرا در مورد آنها بکار بندیم، فقط کمتر از یك قرن است که مورد توجه ما بوده‌اند. پس چگونه می‌توان مطمئن بود قوانینی که از پژوهشهای امروزی ما منتج می‌شوند در همهٔ ازمنهٔ گذشته همان قوانین بوده‌اند و در آینده هم چنین باقی خواهند ماند؟

بنابراین، موقعی که ما عمر یك سنگ را از دانستن اندازهٔ هلیومی که در بردارتخمین می‌زنیم، فرض کنیم که این سنگ محتوی هلیوم را از تجزیهٔ رادیو آکتیو از یك ملیون سال پیش با میزانی برابر سرعت امروزش جمع کرده است، نمی‌توانیم ثابت کنیم که این سرعت یکنواخت بوده است. اما، چون دلیلی هم نداریم که این سرعت تغییر کرده است یا خواهد کرد پس اگر چنین پنداریم که نه تغییر کرده و نه خواهد کرد، فرض خوبی کرده‌ایم.

درمورد الزام بیان قوانین فیزیکی بدون ارتباط دادن آنها با مکان مطلق در فضا یادرمورد قرارگیری دستگاهی درمکان که با آن مشاهداتی شده است، نیز می‌توان دلایل مشابهی ارائه داد. اصول یکنواخت بودن و یك شکل بودن (داشتن خواص متشابه در همهٔ

---

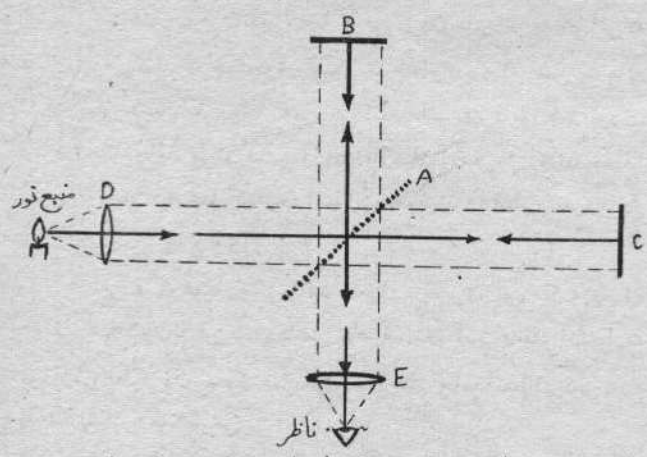
(۱) فیزیك‌دان قرن هفده **کریستین‌های‌جنز** (Christian Huygens) که تئوری موجی نوررا بدست داد از اولین کسانی بود که وجود اتر نافذرا براساس ایده‌های اولیه **رنه دکارت** (René Descartes) و **رابرت‌هوك** (Robert Hooke) فرض کرد تا پایان قرن، انواع واقسام خواص جالب به آن نسبت داده شد. **سرآلیورلاج** (Sir Oliver Lodge) دراین باره می‌گوید که این ماده می‌تواند نوررا به ارتعاش درآورد، و به الکتریسیتهٔ منفی ومثبت «تغییرشکل» یابد، با گردش مارپیچی خود مواد نیارا بسازد و «همهٔ اعمالی را که از ماده سرمی‌زند» به وسیلهٔ پیوستگی و نه به‌وسیلهٔ واردآمدن ضربه انتقال دهد.

جهات) محدودیت دیگری‌را برای‌معادلات ریاضی‌که برای توصیف کمی پدیده‌های فیزیکی‌است باعث‌می‌شود. این‌اصول‌دارای اعتبار تجربی‌مستقیم ومحدودی نیزهستند. اما غالباً فرض می‌شودکه‌آنها درستند، زیرا هیچ مشاهده‌ای ناقص‌آنها نبوده است.

طرزتفکری‌که چنین اصولی را هوشیارانه شناخت وتاقبل از۱۹۰۵ به طوری‌آهسته زمینه به دست می‌آورد دراین سال‌توسط **اینشتین** (Einstein) تسریع شد. اینشتین دراولین‌تزی‌که نوشت این اصول‌را به طوراساسی وگستاخانه در مورد موضوع تازه‌ای‌که به تئوری نسبیت معروف‌است، بکاربرد. قوانین پدیده‌های‌الکترو مغناطیسی همانطورگفته شد برحسب الگویی به نام اتر که چیزی شبیه جسم جامد انعطاف پذیراست وهمهٔ فضارا پرمی‌کند فرموله شده بود. اگرچنین جامدی اصلا می‌توانست وجود واقعی داشته باشد، آن وقت سؤال‌سکون‌کامل‌یا حرکت مطلق معنی پیدامی‌کرد: یك شیئی‌را درحال سکون‌کامل گوئیم اگر نسبت به اتر بی‌حرکت باشد و حرکت مطلق‌آن جهت و سرعت حرکت آن نسبت به اتر خواهد بود.

به واسطهٔ فقدان چنین مقیاس‌هایی فقط می‌توان دربارهٔ حرکت نسبی یك شیئی‌نسبت به شیئی‌دیگرسخن‌گفت وایدهٔ حرکت یا سکون مطلق خالی‌ازمحتوی مشاهده‌یی‌است. درنیمهٔ دوم قرن نوزده چنین تصورمی‌شدکه نوریك حرکت موجی‌می‌باشد واز میان اترجامدی‌که فضارا پرمی‌کند می‌گذرد. برطبق این نظریه طبیعی بودکه فرض شود محتوی یك پدیدهٔ نوری بسته به‌آن‌است‌که منبع نوروناظرنسبت به اتردرحال سکون باشند یادرآن حرکت‌کنند.

آزمایش بسیارحساسی‌که برای بررسی‌این‌نکته طرح شد به‌آزمایش **مایکلسون ـ مورلی** (Michelson ـ Morley)[1] معروف است‌که اولین‌باردرسال ۱۸۸۳ انجام شد وبعدازآن بارها تکرارگردید. این دستگاه شامل دستگاه تداخل امواج ـ (Interferometer) است‌که طرح‌آن در شکل شمارهٔ (۱) نشان داده شده‌است به طوریکپارچه وجامدی ازلوله‌های‌آهنی‌برروی‌پایهٔ سنگی ساخته شده ودر داخل‌ظرفی ازجیوه شناوراست، در نتیجه می‌توان‌آنرا بدون‌آنکه به نوسان درآید یا خللی‌به‌آن وارد شود، گرداند. درروی‌این پایگاه شناور منبع نوری قراردارد‌که قسمتی ازنورآن به وسیلهٔ عدسی‌D تبدیل به‌اشعهٔ موازی می‌شود. این‌دسته اشعهٔ موازی به آینهٔ A که اندکی نقره‌اندود شده‌است برمی‌خوردو دراینجا به دوقسمت تبدیل می‌شود، یك‌قسمت‌انعکاس یافته و به B می‌رود وقسمت دیگرازA عبورمی‌کند وبه قسمت C می‌رود. درB وC این‌دو بخش‌نور به وسیلهٔ آینه‌هایی‌که در B و C است‌منعکس می‌شوند وسپس‌ازطریق A تبدیل به یك‌اشعهٔ می‌شوند و عدسی E که درسرراه این‌اشعه است‌آنرا متمرکزمی‌کند. دستگاه را چنان میزان می‌کنند که فاصلهٔ B و C از آینهٔ A یکی باشد. فرض کنیم‌که دستگاه را چنان قراردهیم‌که AC موازی جهت حرکت زمین دراترباشد. دراین‌صورت AB باید برآن عمودباشد.



پس، طبق تئوری حرکت‌امواج، زمان حرکت اشعه دردو مسیرمتساوی‌الطول باید متفاوت باشد. همینطورکه در مورد دو شناگری‌که باید مسافات متساوی را در رودخانه‌ای‌که در آن آب به سرعت جریان دارد شناکنند و یکی در جهت عرض رودخانه برود وبازگردد ودیگری درجهت جریان شناکند وبازگردد،عبور عرضی ازرودخانه وبازگشت به اندازهٔ حرکت در جهت جریان و بازگشت طولانی نخواهد بود. (زیراآن فاصلهٔ زمانی‌راکه شناور درجهت جریان‌آب به دست می‌آورد کمتراززمانی است‌که ازدست می‌دهد) چنین فرض شدکه درمورد دو شعاع نورکه یکی در جهت حرکت زمین ازمیان اترودیگری درجهت عمود به حرکت زمین حرکت‌کند، سرانجام همزمان سفرخودرا به پایان نمی‌رسانند. از آنجاکه معلوم نبودکدام جهت، جهت حرکت زمین دراتراست، مشاهداتی‌که درآزمایش واقعی انجام شد باگرداندن دستگاه در جهات مختلف تؤام بود. علاوه براین، خودآزمایشگاه باگردش زمین وحرکت مداری‌سالیانهٔ زمین درفضا درگردش‌بود. اما چون سرعت حرکت زمین درمدارش‌فقط یك ده‌هزارم سرعت نوراست و تئوری نشان می‌دهدکه اختلاف درسرعت حرکت به‌اندازه مجذور این‌مقدار یا به نسبت یك به صد میلیون می‌باشد، تأثیرآن‌کم خواهدبود. معهذا دستگاه با چنان حساسیتی ساخته شدکه تأثیری بدین‌اندازه‌کم هم‌آشکارا قابل مشاهده بود.[2]

این‌آزمایش، گرچه بارها تکراروبررسی شد، هیچ نشانه‌ای

---

(۱) این‌آزمایش به نام طراحان‌آن فیزیك دان مشهورآمریکائی‌آلبرت‌آبراهام مایکلسون (1931 ـ 1852) و شیمی‌دان آمریکائی ادوارد ویلیامز مورلی (1923 ـ 1838) نام‌گزاری شده.

(۲) دراختلافی‌که دروضع رشته‌های تداخلی، نوارهای تاریك وروشن متناوب،که از تداخل امواج نور به دست می‌آید.

ازحرکت زمین نسبت به اتری که بی‌حرکت فرض شده‌است به‌دست نداد. نتایجی که حاصل شد آشکارا با نحوهٔ تفکر آن دوران متناقض بود. اما زمانی که تصور حرکت مطلق در فضا نمی‌تواند هیچ زمینه‌ای در مشاهدات دقیق ومکرری که برای شناسایی آن طرح شده بود به دست آرد، نه تنها احتمال دارد که دارای ارزش مشکوکی در فیزیک باشد، بلکه همچنین مسئول بدست دادن نتایج غلطی می‌باشد که سدی در راه پیشرفت فیزیک بوده است.

اینشتین به اندازه کافی درشناختن این مطلب جسور بود که بگوید همهٔ تضادها را می‌توان با فرض کردن یك قانون اساسی طبیعت مبنی بریکی بودن سرعت نور بنظر همهٔ ناظران، صرف نظر ازحالت حرکت ناظری نسبت به ناظر دیگر، ازمیان برداشت. مطمئناً این بیان مشخص وآشکاری ازشواهد تجربی بود. اما همین گفته ریاضیات الکترومغناطیس را که درآن هنگام پدید آمده بود نقض می‌کرد در حالی که آن ریاضیات محققاً مقدار متنابهی حقیقت به همراه داشت زیرا برای طرح دستگاههای الکترونیکی به طور موفقیت آمیزی ازآن استفاده می‌شد.

اینشتین نشان داد که مشکلات ناشی ازآن است که در اساس تکنیك اندازه‌گیری مکان و زمان فرضهای نادرستی شده است، اندازه‌گیری طول در ساده‌ترین شکل با قراردادن خط‌کش نامتغیر اندازه‌گیری درطول مکانی که باید اندازه‌گیری شود انجام می‌گیرد. اندازه‌گیری زمان به وسیلهٔ خواندن ساعت درابتدای وانتهای زمانی که باید اندازه‌گیری شود انجام می‌گیرد. اساس مسئله دربارهٔ طریقهٔ دقیقی است که دوناظر A وB که نسبت به هم حرکت یکنواختی دارند وبخواهند اندازه‌گیری مسافت وزمانی را که هردوی آنها ازیك پدیدهٔ طبیعی به دست می‌آورند باهم مقایسه کنند. به ویژه، آنها باید به طریقی بتوانند ساعتها وخط‌کشهای اندازه‌گیری خودرا باهم مقایسه کنند.

طریقهٔ مستقیم مقایسهٔ خط‌کشهای اندازه‌گیری آن است که B خط‌کش خود را به آزمایشگاه A بفرستد تا آنرا باخط‌کش A اندازهٔ بگیرند وببینند آیا این اندازه‌ها باهم مطابقت دارند یا نه؟ اما بعداز آنکه این جریان طی‌شد باید خط‌کش اندازه‌گیری B ازحالت سکون خود درآزمایشگاه A دارای شتاب مناسبی شود تا برای بازگشتن به آزمایشگاه B سرعت مناسب را به دست آورد. ما می‌دانیم که برای بالابردن سرعت اجسام جامد باید نیرو به‌کار رود و بهیچوجه نمی‌توانیم فرض کنیم که این نیروها دراندازهٔ میله‌ای که هم‌اکنون آنرا بررسی کرده‌ایم تغییری نخواهد داد. درواقع **جورج فرانسیس فیتزجرالد** (George Francis Fitzgerald) فیزیك دان اهل **دوبلین** (Dublin) وفیزیك دان اهل هلندی **ه. آ. لورنتز** (H.A.Lorentz) مستقل ازیکدیگر چنین فرض کردند که اگر میله‌ای درحال حرکت باشد درحالت حرکت منقبض می‌شود. گرچه میسر بود که از تئوری الکترومغناطیسی **کلرك ماکسول** (Clerk Maxwell) و ساختمان الکتریکی ماده چنین تناقضی به‌دست آید، معهذا این اندیشه کمتر از نتایجی که **مایکلسون- مورلی** به دست آوردند شگفت‌انگیزتر محسوب نشد، و فیزیك دانها از قبول یك اندیشهٔ نابسامان برای توضیح اندیشهٔ دیگری امتناع ورزیدند.

نکات مشابهی دربارهٔ هرجریانی که ساعت B را با A مقایسه کند و متضمن فرستان ساعت B به آزمایشگاه A برای مقایسهٔ سرعت زمان سنجی آنها شود می‌توان ذکر کرد.

هنگامی که ساعت B، بعدازآنکه در آزمایشگاه A برای بازگشتن به B به شتاب لازم برسد، ما بهیچوجه نمی‌توانیم فرض کنیم که این ساعت با سرعت مشابهی برابرهمان سرعتی که موقع بررسی کار می‌کرد، کار کند.

برای ازمیان بردن این مشکلات **اینشتین**[1] راهی را پیشنهاد کرد که بدان وسیله A و B می‌توانستند ساعتهای خودرا باهم مقایسه کنند وخط‌کشهای خودرا باهم بسنجند بی‌آنکه مجبور شوند آنهارا پهلوی هم قراردهند. اسلوب او براساس فرستادن علائم نوری بین آزمایشگاه A وB است، درحالی که آنها نسبت به هم درحرکتند. دراین مورد خود جریان سنجش اندازه‌گیری ها همان ترتیب آزمایشهای انتقال نور مایکلسون ـ مورلی را به دست می‌دهد.

همین واقعیت که پیشنهاد اینشتین توانایی آنرا نداشت که از بن‌بستی که گفتگوی آن رفت رهایی یابد کشف بزرگی است. زیرا این نتیجه‌گیری باعث می‌شود- یکی ازقابل‌توجه ترین بصیرتهای اینشتین - که پدیدهٔ انتشارامواج به نظرهمهٔ ناظرین صرف نظر از حالت حرکت نسبی آنها نسبت به یکدیگریکی است، واین از خواص ماهوی جریان اندازه‌گیری می‌باشد. به عبارت دیگر، نتایج مایکلسون ـ مورلی به‌طورناگزیر ازاسلوب آزمایش منتج می‌شود و حتی تصور لورنتز و فیتزجرالد نیزحقیقت دارد؛ معهذا تضاد موجود ربطی به‌اترندارد.

بر حسب روابط ریاضی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد: A یك رشتهٔ آزمایشهای اساسی انجام می‌دهد، و از آنها یك سلسله قواعدی برای محاسبهٔ تأثیرات الکترومغناطیسی و نوری برحسب فواصل زمانی و مکانی که او درآزمایشگاه خود اندازه

(۱) البته خواننده متوجه است که مادربارهٔ آزمایشهای تصوری ونه واقعی بحث می‌کنیم وراه حل اینشتین راه حل تئوریك یك مسألهٔ تئوریك است.

می‌گیرد، استنتاج می‌کند. سپس B نیز همان‌را دربارهٔ کمیت‌هایی که در آزمایشگاه خود اندازه می‌گیرد انجام می‌دهد و درمی‌یابد که آن قوانین ریاضی که مشاهدات اورا توصیف می‌کنند برحسب فواصل زمانی ومکانی‌ای که او اندازه‌گیری کرده دارای همان شکلی هستند که A برحسب فواصل زمانی ومکانی خود یافت.

ما این خاصیت را چنین توصیف می‌کنیم که شکل قوانین نسبت به معلومات زمانی‌ومکانی دوناظری که نسبت به‌هم متحرک هستند تغییرناپذیر است.

این مفاهیم درزمان خود انقلابی وتغییردهنده بود، ونشان داد که فیزیک دانها مرتکب گناه تجزیه و تحلیل سطحی جریان مقایسهٔ اندازه‌گیری‌ها، دردوآزمایشگاه متفاوت که نسبت به هم درحرکت یکنواخت هستند، شده‌اند. وتاقبل ازاین زمان موضوع را بسیارروشنترازآن می‌پنداشتند تابررسی دقیقی دربارهٔ آن کنند.

دلیل دیگری نیزبرانقلابی بودن این ایده‌ها وجودداشت. قوانین مکانیک که درسال ۱۶۶۰ به‌وسیلهٔ **اسحق نیوتون** تنظیم شده بود به مثابهٔ پای برجا ترین بخش فیزیک انگاشته می‌شد. قوانین الکترومغناطیس دوقرن بعد کشف شد، وطبیعتاً بشربه‌صحت نظریات خودآنقدرمطمئن نبود که به تعالیم نیوتن اطمینان‌داشت. اما افکارتازهٔ اینشتین نه فقط درمورد قوانین الکترومغناطیسی، بلکه همچنین در مورد نوشته‌های نیوتون که هیچگاه تاآن زمان مبارزی درمقابل خود ندیده بود، خواهان دگرگونی وتغییر بود.

مقدار تصحیح لازم آنقدراندک بود که درشرایط عادی هیچ نتیجهٔ قابل ملاحظه‌ای‌ازآن به دست نمی‌آمد. وچنان بود که به بشری که تا به حال گفته شده خطوط خاصی مستقیم بوده‌اند، اینک گفته شود که درحقیقت این خطوط دارای انحنای بسیارکم و غیر قابل رؤیتی می‌باشند. معهذا هنوز می‌توان فهمید که این‌وضعیت درمیان فیزیک دانها تولید هیجان کرد، بین تصورما ازکامل ناب واندک ذره‌ای ناکامل فاصلهٔ بسیاراست.

سرعت انتشارعلائم نوری که برطبق شواهد تجربی به نظر همهٔ ناظران یکسان است ۱۸۶۰۰۰ میل درثانیه می‌باشد. اگر این رابا سرعت هایی که‌ما به طورطبیعی باآنها سروکارداریم یاحتی با سرعت گردش زمین یا سایرکرات درمدارهایشان مقایسه کنیم، سرعت‌فوق‌العاده‌زیادی‌خواهدبود، وچنین‌می‌شود که‌تغییرات‌درقوانین قدیم مکانیکی نیوتون که درنتیجهٔ تئوری نسبیت اینشتین بودشامل تصحیحی درحد $(\frac{V}{C})^2$ می‌شود که V سرعت حرکت شیئی مورد مطالعه و C سرعت نوراست. درمورد همهٔ تجارب معمولی تفاوتی که درنتیجهٔ پیش‌بینی‌این دوتئوری مشخص‌است کمترازیک بیلیونیم می‌باشد که خودکمیتی بسیارکوچکترازدقت و صحتی است که حتی دقیق‌ترین اندازه‌گیری‌ها ازاین‌نوع را می‌توان درواقع انجام داد. بنابراین، درمکانیک عملی‌تفاوتی که به دست‌آمد دارای هیچ نتیجهٔ عملی نبود. اما تجدید نظردرمفاهیم چنان پراهمیت بود که طرح آزمایشهایی که باآن‌تئوری‌های نیوتون واینشتین‌را بتوان‌آزمایش کرد، دارای اهمیت زیادی شد. ازآنجاکه این تفاوت موقعی که ذراتی با سرعت‌های قابل‌سنجش با سرعت نوردرحرکتند قابل اندازه‌گیری می‌شود (حتی‌زمانی که سرعت یک ذره برابر یکدهم سرعت نوراست اختلاف بین این دوتئوری یک درصد می‌شود) لذا مطالعهٔ نحوهٔ عمل یک اشعهٔ متمرکز از الکترونها درلوله‌ای که خوب از هوا تخلیه شده باشد و در نتیجهٔ نیروهای مغناطیسی و الکتریکی منحرف شود، ضروری گشت. بسیاری ازاین مشاهدات معادلهٔ دگرگون شدهٔ اینشتین را دربارهٔ مکانیک ذره‌ای تصدیق کردند تا قوانینی که ازنیوتون به جای مانده بودند.[۱]

یکی ازنتایج معادلهٔ انیشتین این اصل تازه بود که هیچ شیئی‌سریعتراز سرعت‌نور نمی‌تواندحرکت کند. میزان ازدیادسرعت یک شیئی موقعی که نیروی ثابتی برآن اثرمی‌گذاردبرابرخارج‌قسمت این نیروبا جرم‌آن شیئی است که اندازه‌ای ازاینرسی آن است. درنظریهٔ نیوتونی درهمهٔ سرعتها جرم ثابت می‌ماند. درنظریهٔ اینشتین جرم باازدیاد سرعت افزایش می‌یابد و درنتیجه توانایی یک نیروی ثابت برای زیادکردن‌سرعت‌درحالی که‌سرعت دائماً رو به‌افزایش است، تضعیف می‌شود. در وهلهٔ اول این تأثیر کوچکی است. اما تأثیرآن همینطورکه سرعت نسبی افزایش می‌یابد، زیاد می‌شود وعمل نیروی شتاب‌دهنده‌را موقعی که سرعت شیئی بالاخره به سرعت نورمی‌رسدبه‌هیچ بدل می‌کند. اینشتین همچنین مشاهده

---

(۱) مباحثه درباره فرضیات اینشتین ازتعمیم دادنهای معمولی متفاوت است. دوفرض‌ضروری تئوری خاص نسبیت درعبارات آشنا وخلاصه به قرارزیراند:

۱) سرعت نوردرخلاء ثابت ومستقل ازحرکت منبع ودرنتیجه مستقل ازسرعت‌نسبی‌ناظر ومنبع می‌باشد.

۲) اگردو سیستم نسبت به یکدیگر درحرکت یکنواخت باشند، آنوقت همهٔ پدیده‌هایی که دریک سیستم است نسبت به سیستم دیگرطبق قوانینی جریان می‌یابندکه نسبت به سیستم اول، یعنی اینکه همهٔ اندازه‌گیری ها در یک سیستم به وسیلهٔ حرکت (یکنواخت،) خود سیستم بی‌تأثیر است، یا به عبارت دیگر هیچیک از اندازه‌گیری هائی که کلا در یک سیستم انجام‌گیرد نمودار حرکت یا سکون سیستم نیست.

کردکه ازدیاد اینرسی شیئی دقیقاً با ازدیاد درانرژی حرکت آن متناسب است؛ و درنتیجه او به‌استنتاج عمومی‌تری رسیدکه همهٔ اشکال انرژی دارای اینرسی هستند واینرسی هرسیستمی موقعی که محتوی انرژی شیئی زیادشودفزونی می‌یابد.

این نتیجه تاکنون کشف نشده بود، زیرا برای نمونه در پرانرژی‌ترین واکنشهای شیمیائی، نقصان درجرم کل یااینرسی که مربوط‌به‌انرژی‌آزاد شده است فقط به‌اندازهٔ یك بیلیونیم مقدارکل است . اما، سالها دیرتربا پیدایش مطالعهٔ انتقالات هسته‌ای، این استنتاج خردمندانه تصدیق شد، زیرادراین جریانات‌قوی،تغییرات انرژی درواحد وزن عناصرترکیب‌شونده چندین میلیون برابر بزرگتراست، وتغییرات جرمی‌ایکه بااین جریانها همراه می‌باشدو درحدود چنددهم درصداست به‌آسانی قابل مشاهده می‌باشدواهمیت تعیین‌کننده‌ای دراستنباط کامل دارد .

انرژی‌ای‌که درداخل‌یك‌لولهٔ اشعهٔ ایکس‌که در ۵۰۰۰۰۰ ولت‌کارمی‌کند به الکترون داده می‌شود کافی است‌که اینرسی آن را دوبرابر کند. بنابراین اشعهٔ ایکسی که‌دربسیاری ازبیمارستانها مورد استفادهٔ روزانه دارد به‌وسیلهٔ الکترونهایی بدست می‌آیدکه نحوهٔ عمل آنها تحت تأثیرشدید نتایج رابطهٔ‌مشهور $E=mc^2$ است. این رابطهٔ انرژی E را با جرم معادل m و سرعت نورc مربوط می‌کند. حتی درلولهٔ تصویرتلویزیون‌های هزارها خانه،الکترونها درنتیجهٔ‌انرژی حرکتی‌که باآن به‌صفحهٔ تصویر فلورسنت برخورد می‌کنند دارای پنج‌درصد جرم اضافی هستند.

رقابت‌موفقیت‌آمیزاینشتین با فیزیك نیوتونی یادآورخوبی است‌که ما باید به‌طورروشن حدواقعی تغییرات قوانین فیزیکی معلوم‌را درنظرداشته وآمادهٔ‌آن باشیم‌که در فرمول‌بندی معادلات ابتدایی خود موقعی‌که ثابت‌شددیگرآنها برای توصیف‌حدوسیعتری ازپدیده‌ها کافی نیستند دگرگونی دهیم.

***

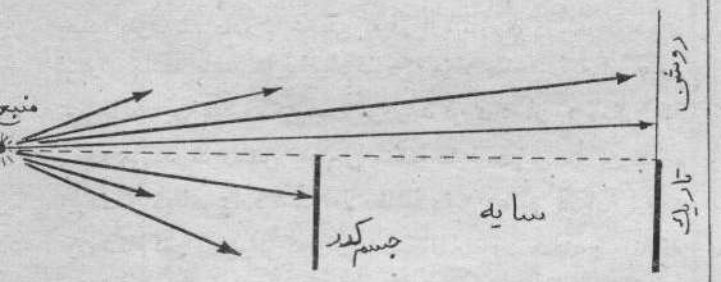
این اندیشه‌که ذرات‌کوچك با قوانین حرکت نیوتونی یا با تغییراتی‌که اینشتین درآنها به وجودآورده است‌حرکت‌می‌کنند برای ما قابل تصوراست. گلوله‌های متحرك، کرات یاراکتها اشیاء آشنائی درزندگی روزانه‌اند. به‌طورمشابه تصورمعمولی ما برآن خواهدبودکه یك‌اثررا می‌توان با انتشارامواج از محلی به محل دیگربه‌وسیلهٔ رشته امواجی‌که نوسان می‌کنند، چون امواجی‌که درنتیجهٔ‌پرتاب سنگی‌به‌داخل‌استخر، برروی‌آب‌آن گسترش‌می‌یابد، منتقل‌کرد.

سه‌قرن پیش موقعیکه‌بشر دربارهٔ ماهیت اثری‌که ما آنرا نورمی‌نامیم می‌اندیشید،همان‌اثری‌که ازشمع به‌چشم جریان‌می‌یابد، بعضی‌کسان برآن بودندکه شمع جریانی‌ازذرات بسیارکوچك‌نور راکه ازفضا وهمچنین ازمیان مواد شفاف متراکم چون شیشه‌می‌توانندعبورکنند، به خارج می‌فرستد. این‌تئوری‌ذره‌ای‌نوراست.

دیگران چنین می‌اندیشیدندکه اثری‌که نورنامیده‌می‌شود یك‌حرکت‌موجی‌است وچنین فرض می‌کردندکه انتشاراین امواج ازداخل مادهٔ فضا پرکنی انجام می‌گیرد که **اترلومنیفه‌روس** (Luminiferous) [1] نامیده شد وسپس به‌عنوان همان اثرفضا پرکنی فرض‌شدکه وسیلهٔ انتشاراثرات مغناطیسی والکتریکی‌است.

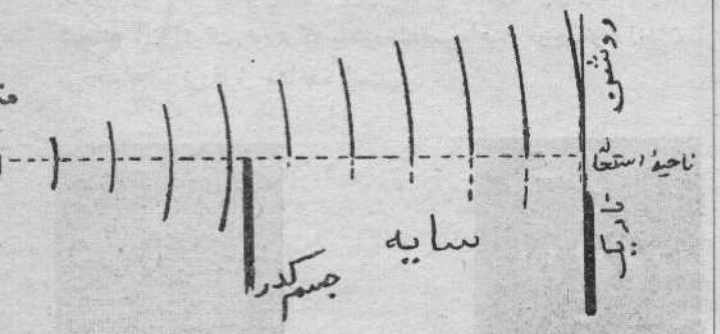
نیوتون ازتئوری ذره‌ای حمایت می‌کرد وهای‌جینزفیزیك دان هلندی معاصراوازتئوری موجی.

سایهٔ یك شیئی به‌وسیلهٔ نوری‌که از منبع‌کوچکی خارج می‌شود بسیارقاطع‌است. تصویرشمارهٔ (۲) وخط‌مشخصی‌بین‌روشنائی دوروبر وسایه وجود دارد. اگرنورشامل جریانی از ذراتی باشد که به‌طور مستقیم ازمنبع ساطع می‌شوند ، چنین تصویری باید بدست‌آید.



(ش۲)

چگونگی عمل امواج موقعی‌که‌به مانع برخورد می‌کنند با مشاهدهٔ امواج روی‌آب یك استخربرای‌ما روشن است. امواج آب به‌طورقاطع به‌وسیلهٔ سدقطع نمی‌شوند ، بلکه اندکی به‌دورآن منحرف می‌شوند وبه‌راه خود ادامه می‌دهند وازاینروحرکت‌موجی درطرف دیگرسدکه ازمنبع‌موج دوراست دیده می‌شود. سپس، اگر نوربا حرکت موجی انتشاربابدماباید انتظارداشته باشیم‌که سایهٔ اشیاء دارای لبه‌های نامشخص و پهنی باشند . بنابراین چنین به‌نظرمی‌رسدکه مشخص‌بودن لبه‌های سایه، این تئوری راکه نور شامل جریانی ازذرات است تصدیق می‌کند. این نحوهٔ‌استدلال در رهبری نیوتون برای ردتئوری موجی نقش تعیین‌کننده‌ای‌داشت . (تصویرشمارهٔ ۳) .



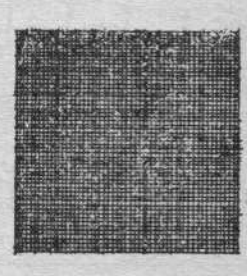
(ش۳)

(۱) آنکه نوررا پدیدمی‌آورد، بازمی‌دهدیاانتقال‌می‌دهد(م)

اما مسأله به‌این‌سادگی نیست. آزمایشهایی که سالها بعداز نیوتون انجام‌گرفت نشان دادکه‌منحرف‌شدن امواج به‌داخل‌نواحی ماوراء سد، فقط درصورتی قابل مشاهده است‌که اندازهٔ‌مانع نسبت به‌طول موج (مسافت بین دوبطن که درجهت حرکت اندازه‌گیری شود) کوچك‌باشد. درموردعکس‌آن موقعی‌که طول موج نسبت به اندازهٔ مانع کوچك است؛ حرکت موجی قابل اندازه‌گیری‌نیست ، ونمی‌توان‌آنرا شناخت. به‌عبارت دیگراگرطول موج نسبت‌به‌شیئی که سایه می‌اندازدکوچك باشد- چیزی‌که غالباً رخ می‌دهد- فقط باآزمایشهای بسیارحساسی می‌توان مسألهٔ تئوری ذره‌ای و موجی نوررا روشن‌کرد.

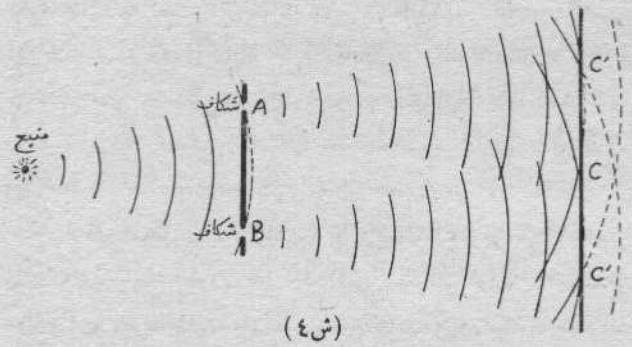
زمانی‌که تکنیك‌آزمایش ودستگاهها به‌اندازهٔ‌کافی‌بهبودی یافت، استنباطی درسطح عالیتربدست‌آمد. فیزیك‌دانها توانستند نشان دهندکه نوربه‌داخل منطقهٔ سایه مقداری منحرف می‌شود.این پدیده تفرق نام دارد . شخصی که دربارهٔ تئوری ذره‌ای عقیده‌ای استوار داشته باشد. شایدایرادگیردکه مواد صفحه‌ای‌که از عبور نورممانعت می‌کند ممکن است برذرات نوری‌که از نزدیکی لبهٔ صفحه می‌گذرند وسپس به‌داخل منطقهٔ سایه متمایل می‌گردند ، نیروی جاذبه‌ای واردکند. اما مطالعهٔ دقیق وعمیق دربارهٔ اینکه نورهنگام‌گذر ازاشیائی‌که دارای اشکال متفاوت هستندچه‌اندازه به داخل سایهٔ خود منحرف می‌شود نشان می‌دهد که این پدیده بدین‌طریق قابل تعبیرنمی‌باشد. ازطرف دیگرمیسرمیشدکه این پدیده‌را بتوان براساس تئوری انتشار امواج توصیف‌کرد،مفروض براینکه نوررنگ خاصی شامل امواجی ازیك‌طول موج باشد. نور آبی‌طبق این‌نظریه دارای طول موجی برابربا ٤×١٠^{-٥} سانتیمتر است. نورقرمزکه درانتهای طیف نورمرئی قراردارد با امواجی به‌طول دوبرابر این مقدار در حرکت است . اشعهٔ ماوراء بنفش نامرئی دارای طول موجی کوچکترازنوربنفش می‌باشدواشعهٔ‌نامرئی مادون قرمزدارای طول موجی بیشترازنورقرمزاست.

کوچکی طول این موج نسبت به‌طول موج امواج‌آب که‌یك میلیون‌برابربزرگتراست باعث شدکه مشاهدهٔ پدیدهٔ تفرق بسیار مشکل‌ترشود ودرنتیجه این پدیده برای مدت مدیدی ازچشم بشر پوشیده بماند. معهذا اینك‌که این مطالب به‌طورعمیق‌تری فهمیده شده‌اند، آن اثرات نوری‌که به‌طورمستقیم ماهیت موجی‌نوررا نشان می‌دهد به‌آسانی قابل مشاهده است.





ازمیان چتری‌که ازپارچه سیلك است یا ازپشت‌یك‌دستمال سیلك‌که درفاصلهٔ چندین پایی‌چشم قرارگرفته، به‌چراغی‌درانتهای یك خیابان بنگرید. به‌جای‌آنکه تصویرمستقیم ومعمولی چراغ‌را مشاهده‌کنیدکه شاید به‌واسطهٔ پخش‌شدن‌آن درپارچه اندکی تارتر بنماید، شما دورشته تصاویراضافی خواهیددیدکه ازمرکز تصویر مستقیم چراغ درجهات عمود برهم ادامه دارند. به‌آسانی می‌توان دریافت‌که جهات‌گسترش این تصاویرهمان جهات تاروپود پارچه است. این تصاویراضافی‌را می‌توان به‌طورکلی براساس‌تئوری‌موجی نورتوصیف‌کرد. دراینجا نکتهٔ ضروری آن است‌که یك حرکت موجی که ازچراغی‌درانتهای خیابان‌گسترش می‌یابدبه نقاط‌متفاوت پارچه برمی‌خورد ودرنتیجه بخشهایی ازاین حرکت‌موجی‌ازپارچه به‌طرف دیگر می‌گذرند وازمیان منافذی‌که به‌طوریکنواخت روی پارچه درکناریکدیگرقرارگرفته‌اند، عبورمی‌کنند. اگرما نوری راکه ازمنبع دوری‌می‌آیدوازداخل پرده‌ای‌که‌درآن‌دوشکاف‌نزدیك به‌هم قراردارد عبورمی‌کند، همان‌طورکه درتصویرشمارهٔ (٤) نشان داده شده، درنظرگیریم؛ ایده‌ای‌راکه دراینجا نهفته‌است آسان‌تر می‌توان توصیف‌کرد.

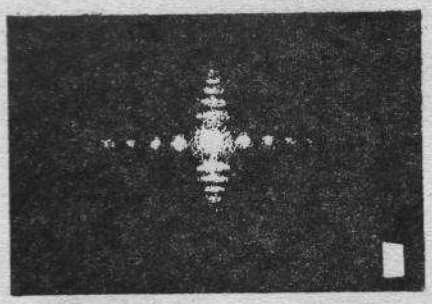


(ش٤)

اگرکسی زحمت این‌کار را به‌خود هموارکند، می‌تواندچنین صفحهٔ تاریکی‌را به‌وسیلهٔ یك فیلم عکاسی‌که به‌شدت نوردیده است، تهیه‌کند وبا تیغ‌صورت‌تراشی دوشکاف بسیارباریك ونزدیك‌به‌هم روی‌آن پدیدآورد. تیغ نواربارپکی ازفیلم سیاه‌شده را خواهد برید ونورازشکاف ایجادشده می‌تواند عبورکند . موقعی‌که ازاین صفحه برای مشاهدهٔ منبع نوری درفاصلهٔ دور، استفاده شود چنین خواهیم یافت‌که تصویرمستقیم با تصاویرضعیف‌تر دیگری‌که در مجاورت‌آن قراردارندهمراه خواهدبود وجهت‌آنها عمود برجهت شکاف روی صفحه است. مشاهدهٔ دقیق تصاویرجنبی‌که‌ازمیان‌چتر سیلك یا ازصفحه‌ای‌که دوشکاف روی‌آن است، دیده می‌شودمعلوم خواهدکردکه تصویرمرکزی سفیدوتصاویرجنبی چون قوس وقزح رنگی‌است وسرقرمزطیف دردورترین نقطه‌نسبت به قسمت مرکزی قراردارد.

اینك می‌توانیم به مطالعهٔ شکل ٤ بپردازیم.فرض‌کنیم‌که پرده چنان قرارگیردکه شکاف AوB درفواصل متساوی نسبت به منبع S قرار داشته باشند. این‌کار ضرورت ندارد اما بحث ما را

آسان می‌کند. دراین‌صورت بطن امواج در یک زمان به A و B می‌رسند. درطرف دیگر پرده دورشته موج یا مرکز جدید A و B منتشر می‌شوند و باهم همزمان هستند زیرا به منابع جدید A و B فقط ازمنبع S نور می‌رسد.



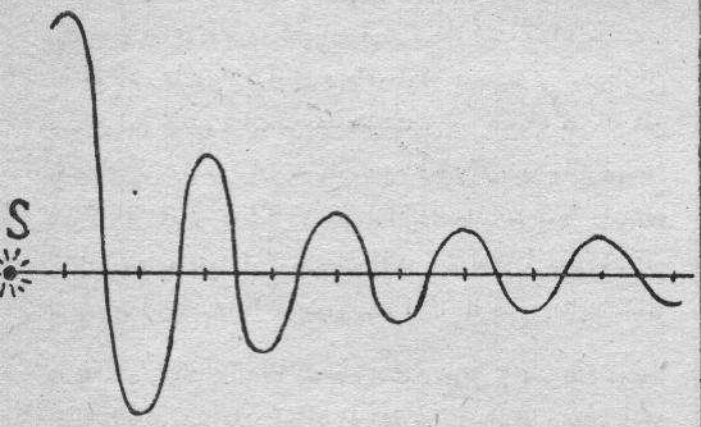
(ش ٦)

ما باید این نکته‌را درنظرداشته باشیم که عاملی که بریک دستگاه بررسی نورچون چشم اثرمی‌گذارد، دامنهٔ منتجهٔ امواج متفاوتی است که به‌آن می‌رسد. فرض کنیم که C به یك فاصله از نقطهٔ A و B واقع است. دراین‌صورت بطن امواجی که از A و B می‌آیند درهمزمان به C می‌رسند ویکدیگررا تقویت می‌کنند، تا موج بزرگتری بسازند. بنابراین ما باید انتظار داشته باشیم که C ازهر نقطهٔ دیگر روشن‌تر باشد گرچه در ناحیهٔ سایهٔ پرده قراردارد وطبق نظریهٔ ذره‌ای باید تاریك باشد حال ببینیم در نقطهٔ دیگری چون C′ که اندکی بالا یا پائین‌تر از نقطهٔ C واقع شده است چه‌رخ می‌دهد.

اگرما از C به C′ حرکت کنیم، فاصلهٔ ما از B افزایش می‌یابد اما از A کم می‌شود. فرض کنیم که درحالت ویژه‌ای C′ چنان وضعی‌را دارا باشد که اختلاف بین AC′ و BC′ برابر نصف طول موج گردد. دراین‌صورت بطن امواجی که از A می‌آیند با گرهٔ امواجی که از B می‌آیند برخواهند خورد واین امواج یکدیگررا خنثی خواهند کرد. به‌عبارت دیگر اگرفرض کنیم که نوریك حرکت موجی است C′ باید تاریك باشد. حال اگر C را حرکت دهیم تا فاصله‌اش تا A و B برابریك طول موج گردد. دراین‌صورت بطن هرموجی که از A′ می‌آید با بطن امواجی که از B می‌آیند تلاقی خواهند کرد ودرنتیجه نور شدت خواهد یافت، وچنانچه C′ را متناوباً به‌طرف بالا ببریم موقعی که اختلاف بین مسیرها مضرب صحیحی از طول موج ومضرب صحیحی ازطول موج به‌علاوهٔ نصف طوك موج شود، نقشهای روشن و تاریك خواهیم یافت. این خاصیت ویژهٔ امواج که وقتی بطن‌ها با یکدیگر برخورد کنند یکدیگررا تقویت، و هنگام برخورد گره‌ها با هم یکدیگررا تضعیف می‌کنند، تداخل امواج نامیده می‌شود ودلیل کمی تصاویر نوری است که ازپشت چتری که ازپارچهٔ سیلك ساخته‌شده مشاهده می‌گردد. برای نمونه دلیل اینکه بخش قرمزرنگ طیف ازقسمت آبی‌رنگ دورتر است، آن است که طول موج نورقرمز ازنورآبی بزرگتر می‌باشد وبه‌این‌جهت درمورد نور قرمز برای بدست‌آوردن اختلاف مسیری برابر با نصف طول موج لازم است به نقطهٔ دورتری رفت تا درمورد نورآبی.

درطول قرن نوزده . شمارهٔ زیادی ازموارد خاص نحوهٔ عمل نور؛ زمانی که ازمیان مانعی با یك یاچند منفذ، به‌اشکال متفاوت، می‌گذرد هم به‌طورتئوریك وهم به‌طور تجربی دقیقاً تجزیه‌وتحلیل شد. ومعلوم شدکه نتایج را می‌توان برحسب تئوری ریاضی انتشار امواج تعریف کرد، و ازآنجا تئوری موجی نور به‌طور استواری محرزگشت. به دانش‌آموزان‌آموختند که نوریك حرکت موجی است وهنگامی که آنها موقع امتحان همین‌را به‌استاد خودباز گفتند نمرهٔ خوب گرفتند.

معهذا مطالعهٔ پدیدهٔ جدیدی آغاز شدکه باردیگر درجهت تئوری ذره‌ای بود . اثراتی که دراینجا توصیف می‌شود، به طور قاطعی درجهت این نتیجه بودکه اشعهٔ نورشامل جریانی از ذراتی است که دارای اندازهٔ معینی می‌باشند و حامل انرژی و **مامنتوم** (Momentum) هستند ، وازآنجا فیزیك دانان با دو رشته از شواهد مواجه شدند، یك رشته به طورمجاب کننده‌ای ثابت می‌کرد که شعاع نور هم جریانی ازذرات ریزاست . نور به مثابهٔ جریانی ازذرات ساطع وجذب می‌شود، رشتهٔ دیگربرآن بودکه نورمی‌تواند ازنقطه‌ای به نقطهٔ دیگر، مثل اینکه یك حرکت موجی باشد ، بگذرد وازمانعی عبورکند . روشن است که درهردو الگو حقیقت نهفته است و تبدیل این دو نظریه به تصویرواحدی به طور مبری ضرورت دارد . دوگانگی «موجی ــ ذره‌ای» معمای نگشوده‌ای‌از فیزیك جدیداست .



(ش ٥)

پیش‌ازآنکه تأثیرات را جزء به جزء بررسی کنیم، ابتدا باید متذکرشدکه طبق نظریهٔ موجی، شدت نور به دامنه نوسان موج بستگی دارد ؛ واگر دقیق‌تربگوئیم با مجذور دامنهٔ موج بستگی دارد. موقعی که یك موج گسترش می‌یابد، این‌دامنه پیوسته کوچکترمی‌شود ودرنتیجه شدت نورکاهش می‌یابد، درنظریهٔ ذره‌ای، انرژی اشعهٔ نورمجموع انرژی شمارهٔ زیادی ازذراتی‌است که مستقل ازیکدیگر درحرکتند و درعبارات جدید آنرا ذرهٔ نوری ــ

(Light Quanta) می‌نامند . مقدار انرژی‌ای که به وسیلهٔ هر ذره حمل می‌شود همیشه مقدار ثابتی‌است ـ نقصان در شدت اشعه فقط درنتیجهٔ کاهش درشمارهٔ ذراتی‌است که درواحد زمان ازواحد سطح می‌گذرد. دریك نظریه انرژی پیوسته روی همهٔ مکانی که با اشعهٔ نور اشغال می‌شود پخش می‌گردد ؛ و در نظریه دیگر در مجموعه‌ای از توده‌های (Bundle) کوچکی که فقط بخشی از مکان را اشغال می‌کنند، متمرکزاست ـ چون ، ملکولهای یك گاز در فشارهای معمولی که فقط یك بیلیونیم همهٔ فضائی‌را که گازپرمی‌کند، اشغال می‌کنند

اثرفتوالکتریك اولین نشانه را ازماهیت ذره‌ای عمل‌جذب وساطع شدن نور به دست داد . زمانی که نوربه ویژه نور ماوراء بنفش به قطعهٔ فلزی‌که اززمین‌عایق‌شده دارای‌بارمنفی‌الکتریسیته باشد ، بتابد بارالکتریکی ازراه هوا ازفلزخارج خواهد شد. در تعریف ساده آزمایش‌اثراتی‌که پدید می‌آید با عمل لایه های هوا که فلزآنهارا جذب می‌کند[1] غامضترمی‌شود. درنتیجه، فیزیك‌دانها که علاقمند به مطالعهٔ اثـر فتوالکتریك هستند این فلـز را در لوله‌ای‌که درخلاء است ومی‌توان گازداخل‌آنرا تا فشار بسیارکمی تخلیه‌کرد ، محبوس می‌کنند . مقـداربارالکتریسیته‌ایکه ازفلز آزاد می‌شود، بلشدت نوری‌که به‌آن می‌تابـد متناسب است . این واقعیت راهم برحسب نظریهٔ موجی و هم نظریهٔ ذره‌ای می‌تـوان تعبیرکرد. اما چنین معلوم شده‌است‌که رهائی بارمنفی ازفلز در نتیجهٔ خارج شدن الکترونها ،که دارای بارمنفی هستند، به‌وسیلهٔ نور می‌باشد . اندازه‌گیری سرعت خـارج شدن این الکترونهـا نشان می‌دهدکه مقدارانرژی لازم برای خارج شدن آنها با عکس طول موج نوری‌که مورد استفاده قرارگرفته است متناسب است . درواقع انرژی حرکت الکترونهای آزاد شده اندکی‌کمتر ازآن است‌که این قاعده نشان می‌دهد . اینشتین در ۱۹۰۵ گفت‌که این نتایج تجربی را می‌توان به ساده‌ترین وجهی فهمید ، اگرفـرض کنیم‌که انرژی نوربه شکل ذراتی ازانرژی‌جذب می‌شود، وانرژی یك ذره تنها برای‌آزادکردن یك الکترون به‌کار می‌رود. انرژی یك ذره برابربا hc/λ محسوب شده است. h ضریب ثابتی است

که به عدد پلانك Plank معروف است ، c و λ به‌ترتیب سرعت وطول موج نور می‌باشد. مقدارانرژی حرکت الکترونهای آزاد شـده‌که مشاهده‌گردیده است تقریباً به انـدازهٔ ثابتی از hc/λ کمتراست زیرا فقط بخشی ازانرژی‌که به وسیلهٔ ذرهٔ نـور فراهم می‌شود صرف رهائی‌الکترون از نیروهای جاذبه‌ای می‌گردد که در حالت عادی‌آنرا درفلز نگه می‌دارند.

هنگامی‌که به جای نور اشعهٔ ایکس برای خارج کـردن الکترونها به‌کاررود ، اثرات مشابهی مشاهده خواهد شد . اثرات ذره‌ای به سبب اینکه طول موج اشعهٔ ایکس تقریباً ده هزاربرابر بزرگترازذرهٔ نورمرئی‌است، وضوح بیشتری دارد. امـا، به علت کوچکی طول موجهـا مشاهدهٔ پدیدهٔ تداخل وتفرق برای مـدت درازی درمورد اشعهٔ ایکس،که به ما تعیین‌کننده‌ترین مبـانی را برای ماهیت موجی نورمرئی می‌داد غیرممکن بود .

چنین رخ داده است‌که طـول موج اشعهٔ ایکس تقـریباً به اندازهٔ مساحت بین لایه‌های اتمها، لایه‌هائی‌که درکریستال‌هائی چون‌کوارتز یا بلور نمك به ترتیب منظمی وجود دارد ، می‌باشد این بدان معنی است‌که هنگامی‌که یك دسته اشعهٔ ایکس برروی کریستالی بتابد وپراکنده شود، همان اثرتداخلی نوری‌که ازچتر سیلکی می‌گذرد مشـاهده می‌شود . به جـای اشعهٔ پـراکنده‌ای (Scattend)که تقریباً به طورمتساوی ودرهمهٔ جهات‌از کریستال خارج‌شود، اشعه‌ای تنها درجهات خاصی پراکنده می‌شود. این‌جهات با رابطه‌ای‌که بین طول‌موج اشعهٔ ایکس‌وفواصل اتمی درکریستال است تعیین می‌شود. بنابراین با توجه به این پدیده وبااستفادهٔ‌از کریستال معلومی‌می‌توان طول‌موج اشعهٔ ایکس را ازمنابع مختلف تعیین‌کرد، یا متنابلا با اشعهٔ ایکسی‌که طول موج معلومی دارد ، اطلاعات دقیقی دربارهٔ ترتیب اتمها درکریستالی‌که شکل‌هندسی نامشخصی‌داردکشف‌کرد. تفرق اشعهٔ‌ایکس‌به‌وسیلهٔ ترتیب‌منظم‌اتمها درکریستال، درسال ۱۹۱۲ **ماکس‌فودلائه** (Max von Laue) کشف شد . در این جریان پراکندگی به وسیلهٔ الکترونهایی‌که نسبتاً به طورمحکمی به اتمهای‌کریستال وابسته‌اند،انجام می‌گیرد. در ۱۹۲۲ **آرتور ، ه ، کامپتون** (Arthur . H . Compton) خصوصیت دیگری را دربارهٔ پراکنده شدن اشعهٔ ایکس به وسیلهٔ ماده‌کشف‌کرد . وی متوجه شدکه اشعهٔ ایکس، بخصوص زمانی‌که دارای انرژی زیادی است به وسیلهٔ عناصرسبکتری چـون‌کـربن پخش می‌شود. طول موج اشعهٔ ایکس انعکاس یافته‌که اندکی‌ازطول موج اشعهٔ ایکس قبل‌ازانعکاس، بزرگتراست. مقـدار این‌تغییرکه به تغییر کامپتون نام دارد پیوسته از صفر ، همـانطور که زاویهٔ

---

(۱) گرچه‌آزمـایشهایی‌که درهوا انجام شود به‌آسانی می‌توان اثرات‌کیفی را نشان داد ، اما اندازه‌گیری دقیق حـرکت الکترونهاکه به وسیلهٔ نور به بیرون می‌جهند متضمن‌آن است‌که فلزرا درداخل لوله‌ای در خلاء قراردهیم ، هم به واسطهٔ عمل شیمیـائی هوا ، به ویژه رطوبت برروی فلزکه باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در بیرون رانـدن الکترونها می‌شود ، و هم به این سبب‌که در صورت وجودگاز الکترونها به سرعت پراکنده می‌شوند و به ملکول‌های‌گاز می‌چسبند ودرنتیجه مشاهدهٔ سرعتی‌که با آن بیرون می‌جهند مشکل می‌گردد .

انعکاس افزایش می‌یابد، به‌سمت طول موجهای بلند زیاد می‌شود. کامپتون نشان داد که این نحوهٔ عمل درست همان است که باید از تئوری ذره‌ای انتظار داشت. اگر اشعهٔ ایکس به شکل ذرات مشخص انرژی هستند، پس طبیعتاً می‌توان فرض کرد که این ذرات مقادیر معینی مامنتوم همراه دارند. وزمانی که به یك الکترون تقریباً آزاد یا الکترونی که دارای پیوندهای ضعیف است برمی‌خورند ومنعکس می‌شوند ـ کامپتون چنین فرض کرد ـ طبق همان قوانین مکانیکی که در مورد گلوله‌های بیلیارد صادق است ازیکدیگر جدا می‌شوند. موقعی که اشعهٔ ایکس به طور مورب بتابد، جهت آن فقط اندکی منحرف می‌شود و مقدار بسیار کمی انرژی به الکترونی که با آن برخورد می‌کند می‌دهد. موقعی که تابش مستقیم تراست، زاویهٔ انعکاس افزایش می‌یابد وانرژی بیشتری به الکترونی که به‌آن برمی‌خورد می‌دهد، و در نتیجه انرژی خود اشعه کاهش می‌یابد و طول موجش بلندتر می‌گردد.

این وضع دوگانگی را کامل کرد. اشعهٔ ایکسی که درمورد انکسار آن به وسیلهٔ الکترونهایی که دارای پیوند محکمی با اتمهای یك کریستال هستند واتمها نیز به ترتیب منظمی قراردارند ـ چون قطاری ازامواج به طول موج مشخص عمل می‌کند، همچنین ـ در مورد انکسار آنها به وسیلهٔ الکترونهایی که پیوند ضعیف دارند ـ نحوهٔ عمل آن بیشتر شبیه نحوهٔ عمل توده‌های کوچکی ازانرژی و مامنتوم است تا امواج پیوسته وگسترش یافته. این توده‌های کوچك یا ذره‌ها هنگام برخورد با الکترونها ازقوانین عادی برخورد مکانیکی پیروی می‌کنند. برای توصیف همهٔ این پدیده‌ها لازم است که گاهی اوقات اشعهٔ ایکس را یك حرکت موجی دانست وزمانی از آن به مثابهٔ جریانی ازذرات سخن گفت.

لطیفه‌ای که دربین فیزیك دانها رایج شد این بود که اشعهٔ ایکس را باید درروزهای دوشنبه، چهارشنبه وجمعه به مثابهٔ حرکت موجی فرض کرد ودرروزهای دیگر به مثابهٔ جریانی ازذرات. در واقع این دو جنبه چنان به هم درآمیخته‌اند که دونظریهٔ کاملا جدا نمی‌تواند وجود داشته باشد. برای نمونه در آزمایش کامپتون به دنبال پخش شدن اشعهٔ ایکس در کربن که با زبان ذره‌ای یا کوانتایی توصیف می‌شود پخش‌شدن همان نوع اشعهٔ ایکس به وسیلهٔ یك کریستال برای نشان دادن اینکه طول موج آن در پخش‌شدن اولی تغییر می‌کند ضروری است.

دردههٔ اول این قرن روشن شد که اتمهای ماده دارای ذرات کوچکی هستند که بار منفی الکتریسیته دارند. این ذرات الکترون نامیده شدند سپس به مطالعهٔ عناصر رادیو آکتیو طبیعی ومشهورتر از همه رادیوم توجه زیادی شد. رادیوم در یك آن سه نوع اشعه ساطع می‌کند، اشعهٔ گاما، که نوعی اشعهٔ ایکس با انرژی زیاد است و دارای طول موجی بینهایت کوتاه می‌باشد، اشعهٔ بتا که شامل الکترونهایی با سرعت زیاد است وذرات آلفا که اینك معلوم شده است ذرات الکتریسیته داری هستند و ۸۰۰۰ برابر سنگین‌تر از الکترون می‌باشند.

در ۱۹۱۲ **ارنست رادرفورد** (Ernest Rntherford) در انگلستان آزمایشی انجام داد. دراین آزمایش یك دسته از ذرات آلفایی که از رادیوم ساطع می‌شدند برروی یك ورقهٔ نازك طلا می‌تابید. وی برآن بود که دربارهٔ نیروهایی که به وسیلهٔ آنها اتمهای طلا ذرات پرانرژی آلفا را ازخط مستقیم ازمیان ورقهٔ طلا منحرف می‌کنند، تحقیقات بیشتری بکند. رادرفورد دریافت که ذرات آلفا گاهی اوقات بیش از یك زاویهٔ قائمه پراکنده می‌شوند وگاهی اوقات پس از برخود به ورقهٔ طلا به‌طور مستقیم بازمی‌گردند. ازاینجا مقدار نیرویی را که به وسیلهٔ اتم طلا برروی ذرهٔ آلفا وارد می‌آید حساب کرد. طبیعی بود که فرض شود این نیرو الکترواستاتیك است زیرا با اثرات معمولی برخورد مکانیکی تشریح این پدیده نشدنی بود. اتم طلا که اتم خنثی است باید هم دارای الکتریسیتهٔ مثبت باشد و هم دارای الکترونهایی که بار منفی الکتریسیته دارند. شواهد دیگری صحت این مطلب را نشان می‌دهد: الکتریسیتهٔ مثبت ذراتی را که دارای بار مثبت الکتریسیته هستند دفع می‌کند. قبل ازانجام این آزمایشها فرض می‌شد که الکتریسیتهٔ مثبت به طور یکنواخت روی کره‌ای که تقریباً به اندازهٔ سطح اتم است پخش‌شده است. کارهای رادرفورد ثابت کرد که این غیرممکن می‌باشد. زیرا اگر این بار مثبت به طوریکنواختی پخش شده باشد آن وقت نمی‌توانست یك نیروی قوی برذرهٔ آلفا واردکند و درنتیجه جهت حرکت آنرا معکوس کند. به طورخلاصه، آزمایش نشان داد که بار مثبت باید درذرهٔ کوچکی محدود باشد که اندازهٔ آن یك ده هزارم شعاع اتم است. رادرفورد این ذره را هستهٔ اتم نامید.

بدین‌ترتیب الگوی هستهٔ اتمی که اساس همهٔ کارهای بعدی در فیزیك است پدید آمد. هر اتمی شامل هستهٔ مرکزی به قطر ۱۲–۱۰ سانتیمتر ودارای بار الکتریکی مثبت است وبا شمارهٔ لازمی ازالکترونهایی که کره‌ای را به قطر تقریباً ۸–۱۰ سانتیمتر پرمی‌کنند احاطه می‌شود تا بارالکتریکی درمجموع برابر صفر گردد. مقدار مورد قبول بارالکتریکی الکترون $۴٫۸۰ \times ۱۰^{-۱۰}$ واحد مطلق الکتریسیتهٔ ساکن (Absolute Electnstatic Units) می‌باشد. پروتون که ذرهٔ باردار هسته‌است دارای بار مثبتی معادل بارمنفی الکترون وجرمی ۱۸۴۵ برابر بزرگتر از جرم الکترون است. مقدار بارالکتریکی درهستهٔ مرکزی وهمچنین شمارهٔ الکترونهایی که به دور هستهٔ مرکزی می‌گردند، انواع مختلف اتمها را معین می‌کند. این شماره را شمارهٔ اتمی می‌نامند که با z نمایش داده می‌شود و ازیك، در مورد اتم ئیدرژن که ساده‌ترین اتمها است، شروع شده وبه ۹۲ درمورد اورانیوم وحتی ازآنهم بالاتر در مورد اتمهایی که نتیجهٔ ترانسموتاسیون مصنوعی

می‌باشند ختم می‌گردد .

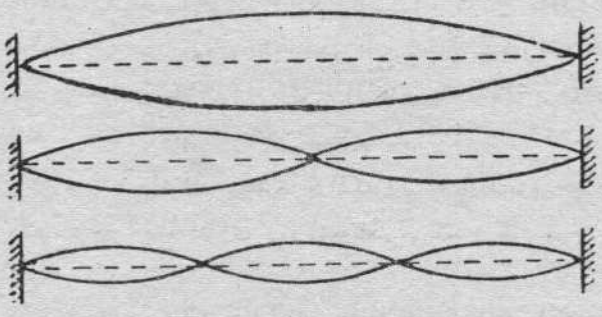
نیلز بور(Niels Bohr)، دانشمندی از شهر کپنهاگ ، موقعی که یك دانشجوی محقق وجوان بود بارادرفورد کارمی کرد. وی ایدهٔ هستهٔ اتمی‌را مورد بررسی‌قرارداد، واین‌ایده را با ایدهٔ دفع وجذب نور به شکل ذره که درنتیجهٔ پدیدهٔ فتوالکتریك معلوم گشته بود توأم‌کرد و نشان دادکه چگونه می‌توان طیف ویژهٔ رنگهای نوری راکه در تخلیهٔ الکتریکی و جرقه ساطع می‌شود دقیقاً وجزء به جزء تشریح کرد .

بور ، برای این منظور ، مجبور بودکه دربارهٔ حرکت الکترونها دراتم یك رشته فرضیات اساسی کند واین باعث جدائی جدی‌تری ازمکانیك نیوتونی می گشت وخیلی‌بیش‌ازتصحیح کوچکی درنتیجهٔ تئوری نسبیت ۱۹۰۵ اینشتین می‌بود ، بورفرض کردکه سیستم مکانیکی فقط در مواضع مشخص سطحهای انرژی می‌تواند وجود داشته باشد . یعنی یك اتم فقط می‌تواند مقادیر «مجاز» خاصی ازهمهٔ انرژی‌اش را داشته باشد ؛ برخلاف مکانیك کلاسیك، چنین فرض شدکه اتم نمی‌تواند در سایرمقادیر همهٔ انرژی خود وجود متعادلی داشته باشد . بور فرض کردکه ساطع شدن نور به وسیلهٔ بیرون جهیدن یك ذرهٔ نوری، موقعی که اتم درحال گذار ازیك وضعیت متعادل انرژی به وضعیت دیگری ازانرژی درسطح پائینتراست رخ می‌دهد . وازآنجا طول موج‌های طیف خاصی ، همانطورکه دراسپکتروسکوپ مشاهده می‌شود، مستقیماً تفاوت‌بین سطوح مجازانرژی را نشان می‌دهد .

این ایده‌هادرتشریح طیف نوری که‌اتمهاساطع می کنندبسیار مفید واقع‌شد وبه زودی‌ازآنها برای تجزیه وتحلیل‌طیف‌اشعهٔ‌ایکس وهمچنین‌طیف‌بسیارپیچیده‌تری که‌ازملکولها به‌دست‌می‌آیداستفاده‌شد. از۱۹۱۲ تا ۱۹۲٤ فیزیك دانها به طورعمده سرگرم بررسی‌نتایج الگوی بور بودند . در جریان این‌کار آنها جزئیات بسیار قابل توجه وزیادی به‌این تئوری که‌به سرعت درحال رشد بود، افزودند. به ویژه، چرخش الکترون راکشف کردند مبنی‌براینکه‌الکترونها علاوه برواردکردن نیرو به واسطهٔ بارمنفی‌الکتریسته خود، چون آهن‌رباهای کوچك ودوك ریسندگی عمل‌می کنند.

همانطورکه بور تأکیدکرد اساس این پیشروی هنوز دقیقاً مشخص نشده بود تا بتواند برای تعیین‌کردن سطوح مجاز انرژی درهمهٔ حالات قوانین عمومی به دست دهد. حتی‌محاسبهٔ‌آن درمورد اتم هلیوم‌که پس از نیوتون ساده ترین اتمهاست و دارای ۲ الکترون می‌باشد نادرست درآمد .

در ۱۹۲٤ ، **لوئی دوبرگلی** (Louis de Broglie) در رسالهٔ دکترای خود، درپاریس، پیشنهادی‌کردکه در نتیجهٔ‌آن راه پیشرفت بزرگ بعدی هموارگردید . وی سئوال‌کردکه آیا حالت دوگانگی موجی ـ ذره‌ای نور را می‌توان به ذرات اساسی مادّه نیز بسط داد.آیا انرژی الکترونها نیز دارای جنبه موجی می‌باشند، همانطورکه درآن زمان جنبهٔ ذره‌ای را دربارهٔ حرکت موجی نورکاملا مورد قبول بود. او به‌طورمشخص نگفت‌که چگونه یك الکترون با یك حرکت موجی همراه است یا باآن رابطه دارد. اما ، به عنوان یك فرض موقتی پیشنهادکردکه رابطهٔ بین طول موج این امواج ومامنتوم الکترون همان است‌که برای نورو اشعهٔ ایکس مجرز شده است .



(ش ٦)

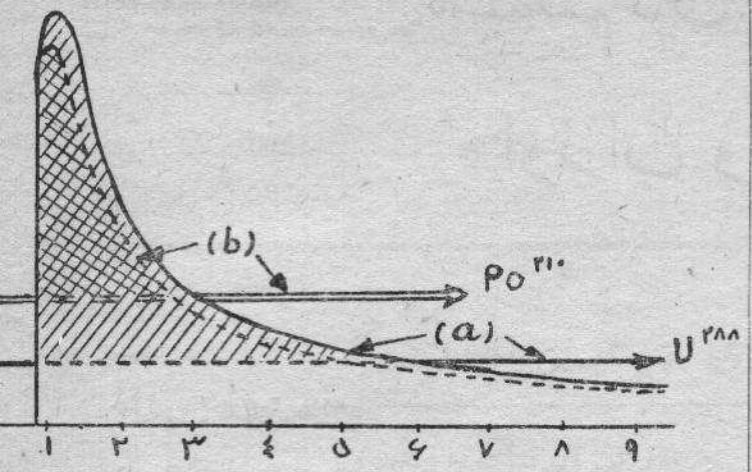
طریقی‌که حرکت موجی ، اتم را به انرژی‌های خاصی محدود می کند شبیه طریقی‌است‌که یك سیم ویلون با طول وکشش معینی فقط می‌تواند با فرکانس‌های خاصی به ارتعاش درآید. این فرکانس‌هارا فرکانس اصلی وهارمونیك‌های‌آن می‌نامند . ارتعاش سیم چنان است‌که طول سیم مضرب صحیحی از نصف طول موج می‌گردد . دو سال بعد اروین اشرودینگرکه آنوقت در دانشگاه زوریخ بود واینك دردوبلین است ، رابطه ریاضی بسیارمشخص‌تر و دقیق‌تری ازایده موجی دوبرگلی به دست داد . نتیجهٔ‌کاراو از رابطه بندی اصلی بور جلو افتاد و به زودی یافته شدکه‌آن در شرایطی‌که رابطه ابتدائی بود نمی‌توانست به‌کار رود با آزمایش مطابقت داشت

بزودی بعدازآن س . جی دیویسن (C.J. Dawisson) و ل ، ه . جرمر (L. h. Germer) در نیویورك وجی . پ ـ تامسون (G.P. Thomson) در انگلستان مستقل از یکدیگر دست به‌آزمایش‌های تعیین‌کننده‌ای زدندکه پراکندگی یك اشعه پرانرژی الکترون را به وسیله‌کریستالی‌که مستقیماً ماهیت‌موجی الکترون را نشان می‌داد، تصدیق می‌کرد. این آزمایش‌ها نشان دادکه الکترونها تنها دریك جهت مشخص پراکنده می‌شوند واین جهات ، همان جهاتی است‌که از پراکندگی یك حرکت موجی به وسیله‌کریستال به دست می‌آید. اندك زمانی بعدازآن ، دوباره آزمایشاتی‌که به وسیله اوتو استرن (Ottu Stern) درهامبورگ انجام‌گرفت ، نشان دادکه پروتون‌های هسته مثبت اتم نیدرژن نیزچون امواج به وسیله‌کریستال پراکنده می‌شوند . بنابراین خصوصیت موجی نحوهٔ عمل ذرات اتمی به طوراستواری محرز گشت .

نتیجهٔ ریاضی دیگر اختلاف بین نحوهٔ عمل ذرات وامواج، کلید درك تجربهٔ رادیوآکتیو موادی را چون رادیوم ، اورانیوم وتوریوم (Thorium) ، که به طور طبیعی رادیوآکتیو هستند هستند به دست داد . درمکانیك ذره‌ای کلاسیك ، عمل نیروها بر روی ذرات ممکن است به وسیلهٔ تعیین انرژی پتانسیل آنها در هروضعی در مکان توصیف شود . و برای یافتن مجموع انرژی آن باید انرژی جنبشی ذره را به‌آن افزود و این مجموع در طول حرکت ذره ثابت می‌ماند. انرژی جنبشی با مجذورسرعت متناسب والزاماً مثبت است. براساس مبانی کلاسیك می‌توان به این نتیجه رسید که یك ذره به سمت‌مواضعی که انرژی پتانسیلی‌اش بیشتر از مجموع انرژی آن است نمی‌تواند حرکت کند ؛ زیرا این امر متضمن‌آن خواهد بود که انرژی جنبشی منفی باشد . با وجوداین ریاضیات گسترش امواج ازاین قاعده جدا می‌شود. قاعده تاآنجا صادق‌است که موج به مقدارزیاد به مناطق کلاسیك وغیرمجازانرژی، که سد انرژی نام دارد داخل نشود. اما، نکتهٔ ضروری آن‌است که موج می‌تواند داخل این مناطق بشود . همین باعث پیدایش خصوصیات ویژهٔ اتمی یامکانیك کوانتائی‌شد که در ۱۹۲۸ به وسیلهٔ **ای. یو. کاندون** (E.U. Condon) **ور. و. گرنی** (R.W.Gurney) درپرینستون (Princeton) و **ژرژگامو** (George Gamow) درگوتینگن، جدا ازیکدیگر، برای تعبیر کمی نحوه‌ای که ذرات آلفا ازهستهٔ مواد رادیوآکتیو ، چون رادیوم ، بیرون می‌جهند به‌کار رفت . چنین تعبیری تئوری موجی را برای ذرات هسته‌ای محرز کرد واولین‌تعبیر تئوریك‌وجزء به جزء خصوصیات دینامیکی نحوهٔ عمل هستهٔ اتمی‌را به دست داد .

تصویرشمارهٔ۷ منحنی نمایش رابطهٔ بین‌انرژی عمل‌متقابل ذرات آلفا را با بقیه هسته و فاصلهٔ ذره تا بقیهٔ هسته را نشان می‌دهد. مقیاس محورعرضها (محورقائم) برحسب واحد MEV ، یعنی یك میلیون الکترون ولت، است. یك میلیون الکترون‌ولت انرژی است که به وسیلهٔ الکترونی که به طورآزاد بین اختلاف پتانسیلی برابر یك میلیون ولت سقوط می‌کند ،کسب می‌شود ؛ مقیاس مسافت روی محور طولها (محور افقی) برحسب اندازه‌های ۱۲− سانتیمتری است .

درمسافتی بیش‌ازیك واحد، همهٔ انرژی متقابل شامل دفع الکترواستاتیکی بین ذرهٔ آلفا ومابقی هسته‌است که هردوی آنها بارمثبت دارند. منحنی (a) تصویرعمل‌متقابل بااورانیوم ومنحنی (b) با پولونیوم (Polonium) است. منحنی‌دومی افتاده‌تر است زیرا مابقی هستهٔ پولونیوم بعدازساطع کردن n ذرهٔ آلفا۸۲ درصد واحد بارالکتریسته دارد . واین‌مقدار درمورد اورانیوم ۹۰است



(ش ۷)

درمسافتی کوچکتر ازیك واحد، نیروهای جاذبهٔ نیرومندی پدید می‌آیند. واین دفع الکتریکی را خنثی می‌کند وباعث‌کاهش سریع انرژی عمل متقابل می‌گردد. این‌کاهش به وسیلهٔ سقوط تقریباً عمودی هردومنحنی نمایان است. سد انرژی عمومی را گاهی اوقات سدکولمب Coulomb می‌نامند، زیرا به طور عمده در نتیجهٔ رفع الکترواستاتیکی، از نوعی که اولین بار به طورکمی به وسیلهٔ فیزیك‌دان فرانسوی **چارلز.آ.کولمب** در اواخرقرن هیجده مطالعه شد ، می‌باشد .

انرژی لازم برای ساطع کردن یك‌ذرهٔ آلفا ازاورانیوم۲۳۸ برابربا ٤/۲٥ MEV است که درشکل به‌وسیلهٔ خط مستقیمی که نموداراین مقداراست نشان داده شده‌است .

طبق مکانیك کلاسیك اگرذره‌ای دارای این انرژی‌باشدیا درداخل هسته وبا بیرون ازهسته درمسافتی بیش از۶۰۲ واحد می‌تواند وجود داشته باشد. درچنین مسافتی مجموع‌انرژی کمتراز ارتفاع سد است. درنظریهٔ کلاسیك، ذره‌ای که درداخل سدقراردارد فقط به‌جلووعقب نوسان می‌کند و درهرثانیه با سطح داخلی هسته درحدود ۱۰۲۱ بار برخورد می‌کند .

اماطبق نظریهٔ مکانیك موجی ، چنین ذره‌ای‌دارای‌امکان بی‌نهایت کوچك،معهذا قابل محاسبه،فرارمی‌باشد. این‌امکان‌برای هربرخوردبا دیوارداخلی‌درحدودیك به ۱۰۳۶ است. طریق‌دیگر بیان این مطلب آن است که ذره باید ۱۰۳۶ باربکوشد تابتواند امکان یك موقعیت را برای گذرازدیوار داخلی بدست‌آورد.چون ۱۰۲۱ برخوردردرهرثانیه وجود دارد [۱]

(دنباله در صفحه۱۲۲)

(۱) دراینجا استدلال براساس اعداد نادقیقی است. اما، این استدلال را درواقع می‌توان چنان پیش برد که با نتایج تجربی کاملا وفق دهد.

سیستم بین المللی اوزان و مقادیر

تهیه و تنظیم از :
هوشنگ شریف زاده

الف : مقدمه

دراغلب کتب‌علمی وفنی‌و حل‌المسئله‌ها اشتباهاتی در بارهٔ واحدها مشاهده می‌شود. حتی‌بعضی‌ازمؤلفین به‌دلخواه‌خودعلامتی را برای‌یك‌واحد درنظر می‌گیرند ، مثلاباخواننده شرط‌می‌کنند که Am علامت‌آمپر و KG علامت‌کیلوگرم نیرو می‌باشد . این موضوع باعث می‌شودکه به تدریج تعداد علائم زیاد شده و حالت تشتتی‌که باروح علوم مبانیت دارد در میان کتب مختلف پیدا شود . برای یکنواخت شدن نوشته‌ها وواحدها پیشنهاد می‌شودکه درایران نیز به مفادفرمان‌کمیسیون بین‌المللی اوزان و مقادیر که درسوم مه ۱۹۶۱ برای جهانیان اعلام شدعمل‌نمایند وسعی‌شود که حتی‌المقدورآن رادرکتابهای درسی نیز به‌کاربرند:

طبق فرمان ۶۱ر۵۰۱ مورخ ۳مه ۱۹۶۱ ، سیستمی که توسط **جیووانی جیورجی** Giovani Giorgi تحت علامت اختصاری M.K.S.A پیشنهادشده بود، با تغییراتی‌که درآن داده‌شد، به‌نام سیستم بین المللی (S.I) مورد قبول واقع گردید. در این سیستم شش واحد اصلی به شرح زیر پذیرفته شده است :

۱ـ متر (واحددرازا) ۲ـ کیلوگرم (واحد جرم)
۳ـ ثانیه(واحد زمان) ۴ـ آمپر(واحدشدت‌جریان)
۵ـ درجه‌کلون(واحددرجهٔ‌حرارت) ۶ـ شمع(واحدشدت‌نور)

همین فرمان تمام قوانین‌داخلی و واحدهای اندازه‌گیری را که غیر عمومی بود و همچنین سیستم M.T.S و سیستم M.K.P.S را لغو وباطل اعلام وبه کار بردن آنها راممنوع نمود. در این‌کنفرانس از همهٔ ملتها و کشورها خواسته شدکه سعی‌کنند سیستم فوق را درمملکت‌خود به‌کار برده ودرکتب‌علمی و فنی از به‌کاربردن سایر دستگاه‌ها احتراز نمایند تا درآیندهٔ نزدیکی زبان علمی تمام دنیا (واحدها) یکسان گردد .

مادراینجا ابتدا تعاریفی‌راکه برای واحدهای اصلی قائل شده‌اند ذکر وسپس علامت اختصاری ضرایب واحدها را بیان می‌کنیم. امیدوارم که بزودی‌تعاریفی‌را که دربارهٔ سایر واحدها شده‌وهمچنین‌جدول کاملی‌ازآحادتقدیم‌خوانندگان گرامی‌بنمایم.

ب ـ تعاریف واحدهای اصلی

۱ ـ متر (m) متر عبارت از طولی‌است‌که ۱۶۵۰۷۶۳ر۷۳ برابر طول موج در خلاء شعاع حاصل از ترانزیسیون‌بین سطوح $2p_{10}$ و $5d_5$ اتم‌کریپتون ۸۶ می‌باشد.

تبصرهـ سطوح $2p_{10}$ و $5d_5$ سطوحی از اتم هستند که در آنها بی‌نظمی دیده نمی‌شود .(در مقالهٔ «تغییر تعریف متر» مذکوردرشمارهٔ ۷ یکان توسط دکترقلمسیاه به‌تفصیل بحث‌شده‌است)

۲ـ کیلوگرم (kg) ـ جرم نمونهٔ اصلی ، از پلاتین ایریدیه ، که درکنفرانس عمومی اوزان و مقادیر پاریس۱۸۸۹ به تصویب رسیده و در عمارت برتوی Breteuil موزهٔ سور Sevres قرار داده شده است .

تبصرهـ جرم یك دسیمتر مکعب آب ، با چگالی ماکزیمم ۴°C میلیگرم‌کمترازجرم واحد می‌باشد و برابر است با ۰ر۹۹۹۹۷۴ کیلوگرم.

۳ـ ثانیه (s) ـ $\frac{1}{31556925.9747}$ سال اعتدالی به مبنای ژانویهٔ ۱۹۰۰ .

تبصره ـ سال اعتدالی année tropique مدت زمان میان دو عبور متوالی خورشید متوسط از نقطهٔ اعتدال ربیعی است و مدت‌آن‌کمی از سال نجومی‌کمتر و برابر ۳۶۵ روز متوسط و۵ ساعت و ۴۸ دقیقه‌و ۴۵ر۹ ثانیه است.

۴ ـ آمپر (A) ـ شدت جریان ثابتی است که اگر ازدوسیم هادی موازی و مستقیم به طول بینهایت و به سطح‌مقطع دایره‌ای شکل غیر قابل ملاحظه ، که در خلاء به‌فاصلهٔ یك‌متر

از یکدیگر قرار گرفته باشند عبور کند، بین آنها نیرویی معادل ۲×۱۰^{-۷} نیوتن بر هر متر از سیم برقرار کند.

۵ - درجه کلون (درجهٔ حرارت مطلق °K Kelvin) — درجه‌ای از مقیاس ترمودینامیکی درجات مطلق حرارت است که در آن درجهٔ حرارت انجماد آب ۲۷۳٫۱۶ درجه است.

۶ - شمع (cd) - شدت نوری که در جهت معین از فضایی به مساحت $\frac{۱}{۶۰}$ سانتیمتر مربع و عمود بر آن از یك جسم سیاه در درجهٔ حرارت انجماد پلاتین تابش می‌شود.

ج - علایم اختصاری ضرایب واحدها

نام ضرایب	علامت			بزرگی آن نسبت به واحد
ترا	T	$۱۰^{۱۲}$	یا	۱٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰
ژیگا	G	$۱۰^{۹}$	یا	۱٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰
مگا	M	$۱۰^{۶}$	یا	۱٬۰۰۰٬۰۰۰
هکتوکیلو	hk	$۱۰^{۵}$	یا	۱٬۰۰٬۰۰۰
میریا	ma	$۱۰^{۴}$	یا	۱۰٬۰۰۰
کیلو	k	$۱۰^{۳}$	یا	۱۰۰۰
هکتو	k	$۱۰^{۲}$	یا	۱۰۰
دکا	da	۱۰	یا	۱۰
واحد				
دسی	d	$۱۰^{-۱}$	یا	۰/۱
سانتی	c	$۱۰^{-۲}$	یا	۰/۰۱
میلی	m	$۱۰^{-۳}$	یا	۰/۰۰۱
دسی میلی	dm	$۱۰^{-۴}$	یا	۰/۰۰۰٬۱
سانتی میلی	cm	$۱۰^{-۵}$	یا	۰/۰۰۰٬۰۱
میکرو	μ	$۱۰^{-۶}$	یا	۰/۰۰۰٬۰۰۱
نانو	n	$۱۰^{-۹}$	یا	۰/۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۱
پیکو	p	$۱۰^{-۱۲}$	یا	۰/۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۱

د: علایم اختصاری واحدها (به‌اختصار)

نام	علامت		نام	علامت		نام	علامت	
	صحیح	غلط		صحیح	غلط		صحیح	غلط
آمپر	A	a, amp Amp	درجه کلون	°K	° °k	کولن	C	cb Cb
آمپردور	At	at Amp tr	درجهٔ سانتیگراد	°C	° °c	لوکس	lx	Lx
الکترووولت	eV	ev EV	دسی‌بل	dB	db DB	لومن	lu	L Lu
اهم	Ω	O ω	دیوپتری	ϑ	diop D	گرم	g	gr
استوکس	Sk	St st sk	دور	tr	t	گراد	gv	g
اسپات	sp	Sp st	درجه(واحدقوس)	°		متر	m	M
استرادیان	sr	Sr	دقیقه (واحدقوس)	′		میکرون	μ	
اسب بخار	ch	C . V	دقیقه(واحدزمان)	mn	Mn	نیوتن	N	Nton n
بـار	bar	br b Bar	رادیان	rd	rad Rd	نپر	Np	
باری			زیمنس	S	mho	هرتز	Hz	HZ hz
پاسکال	Pa	⁄ea P	ژول	J	j	هانری	H	Hy h
پواسوی	Pl	P po	شمع	cd	Cd B	ولت	V	v
تن	t	ton T	فاراد	F	fd Fd	ولت آمپر	VA	Va ، va ، vA
تسلا	T	ta t Ta	کیلومتر	km	kM KM Km K	وات	W	w
ثانیه(واحدقوس)	"		کیلوگرم	kg	kgr Kgr Kg	وات ساعت	Wb	
ثانیه(واحدزمان)	s	S sec	کیلوگرم نیرو	kgf	kg KG	وبر	Wh	wb
دین	dyn	dy ' D						

مقایسهٔ واحدهای سیستم بین‌المللی با سایر سیستمهای اندازه‌گیری

M.T.S	M·K·S.A	C.G.S electrost	C.G.S electrom	متفرقه	$M.K._p.S$	آنگلوساکسون
				$10^6\mu$ (میکرون)		۱٫۰۹۳۶۱۴yd (یارد)
1m	1m	10^2cm	10^2cm	$10^{10}A^\circ$ (آنگستروم)	1m	۳٫۲۸۰۸۳۹ ft (فوت)
						۳۹٫۳۷۰۱ (اینچ)
10^{-3}t	1kg	10^3g	10^3g		۰٫۱۰۲UMK$_p$S	۲٫۲۰۴۶ lb(پوند)
1s	1s	1s	1s	$\frac{1}{3600}$ h(ساعت)	1s	
1A	1A	3×10^9UES	10^{-1}UEM		1A	
						فارینهایت
1°C	1°K	1°C	1°C	$\theta_c=\frac{5}{4}\theta_R$ رئومو	1°C	$\theta_c=\frac{5}{9}(\theta_F-32)$
				$\theta°C=\theta°K$ مطلق۲۷۳٫۱۶ −		$\theta_F=\frac{9}{5}\theta_c+32$
۰٫۹۴۷۳ شمع اعشار بین‌المللی قدیمی		10^7UES	10^7UEM	۰٫۹۴۷۳ شمع اعشار بین‌المللی قدیمی		

مقادیر فیزیکی			شمارهٔ ترتیب	واحدهای سیستم بین‌المللی		دیمانسیون یا ابعاد		
نام	علامت	تعریف نسبی		نام	علامت	در S.I	در C.G.S electras	در C.G.S electrom
درازا	L، l		۰۰۱	متر	m	L	L	L
جرم	M		۰۰۲	کیلوگرم	kg	M	M	M
زمان	T، t		۰۰۳	ثانیه	s	T	T	T
شدت‌جریان الکتریکی	I، i		۰۰۴	آمپر	A	I	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}$
درجهٔ حرارت	θ، T، t	اشل سانتیگراد اشل مطلق	۰۰۵	درجهٔ مطلق	°K	θ	θ	θ
شدت نور	I		۰۰۶	شمع	cd	I	ML^2T^{-3}	ML^2T^{-3}

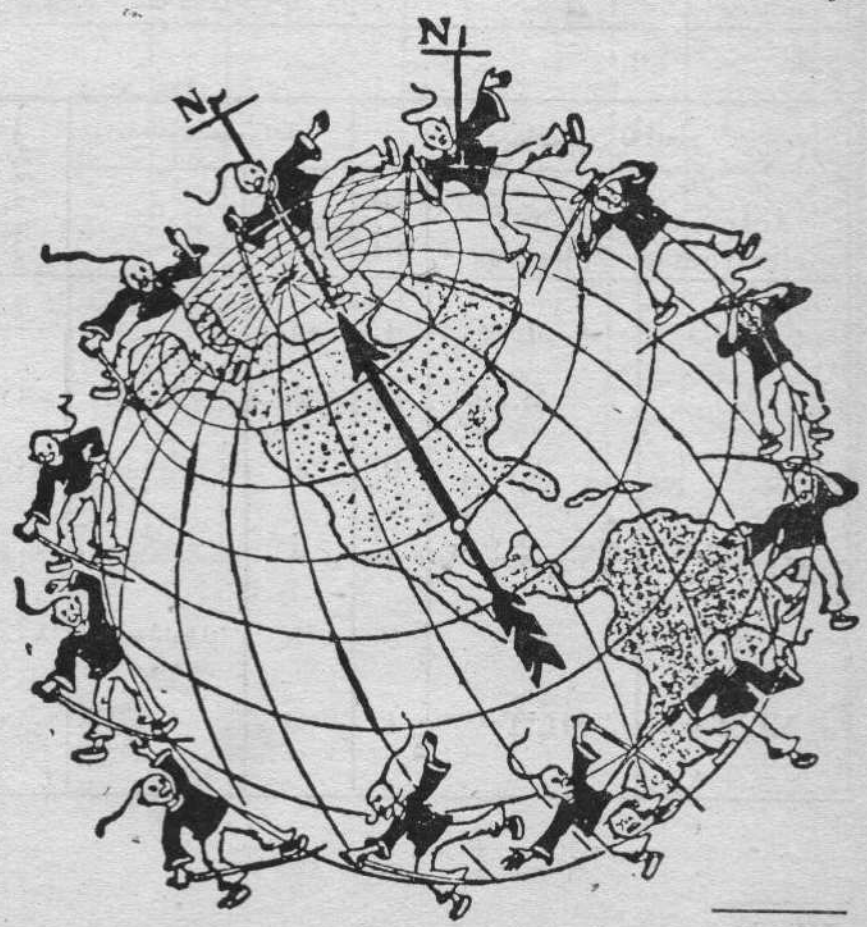
آیا از زمین پرت می‌شویم؟



بازی جالب زیر از جمله کارهای حیرت‌انگیز **سام‌لید** ماژیسین معروف آمریکایی می‌باشد ودرحقیقت شاهکاروی به‌شمار می‌رود . وی این بازی را برای اولین‌بار درسال ۱۸۹۶ عرضه‌نمود و تنها در ایالات‌متحدهٔ آمریکا بیش‌از ده‌میلیون نسخه ازآن به‌فروش رفت.

در شکل مقابل سیزده جنگجوی چینی‌را مشاهده می کنید که دراطراف کرهٔزمین مستقرشده‌اند .

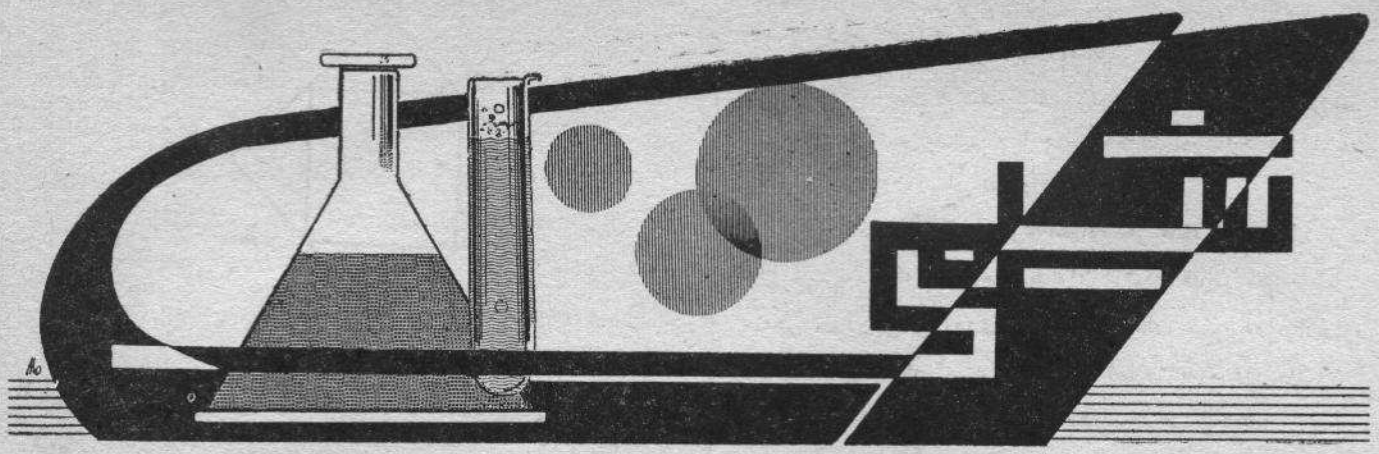
شکل‌را دقیقاً روی‌یك صفحهٔ کاغذ کپیه کنید آنگاه کاغذ را روی‌یك‌مقوا یا تخته چسپانده ومقوا یاتخته را درست روی دایرهٔ دورهٔ ظاهری تصویر کرهٔزمین ببرید. قسمت بیرونی را روی تختهٔ دیگری ثابت کنید وقسمت درونی‌راروی همان‌تخته به‌وضع اولیهٔ خود قرارداده‌در مرکزآن سنجاق یامیخی فرو کنید.



اکنون قسمت داخلی را درجهت خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت بگردانید به طوری که پیکان در برابر N_2 واقع شود (شکل‌پائین) .

حال‌جنگجویان‌چینی‌را بشمارید. یکی‌ازآنها اززمین پرت‌شده است. بازی را ادامه دهید ونتایج را ملاحظه کنید.

ازکتاب«ریاضیات،سحرجادو» ترجمه‌ع.م.



نوشتهٔ: **جان رید**

John Read

یکی ازمشهورترین شیمیدانهای معاصرانگلستان

ترجمهٔ: مهندس نصرت‌الله نهورای

علوم طبیعی‌را ازنظر عملی‌ونظری، به‌علت‌دامنهٔ وسیع‌آن، به دو دستهٔ علوم فیزیکی‌که شامل فیزیك، شیمی وزمین‌شناسی‌است وعلوم بیولوژی که‌شامل گیاه‌شناسی، جانورشناسی وفیزیولوژی‌است تقسیم کرده‌اند. ولی رشته‌های مختلف علوم به‌علت یکپارچگی اصولی طبیعت به یکدیگر مربوط بوده بین‌آنها مرزهای مشخصی یافته نمی‌شود.

شیمی رشته‌ای ازعلوم است‌که دربارهٔ شناسایی ماده بحث می‌کند. یا به‌عبارت‌دیگر، دربارهٔ صفات اختصاصی‌آن چیزی‌بحث می‌کندکه دنیای مادی ما ازآن ساخته شده است. همان‌طور که آشکارا احساس می‌شود، ماده دراطراف ما به مقدار فراوان و به شکلها و نوعهای گوناگون یافته می‌شود. وظیفهٔ علم شیمی است که ازاین مجموعهٔ نامتجانس، گروههای مختلف متجانسی‌راکه به آنها اجسام شیمیایی گفته می‌شود وهرکدام‌دارای خواص‌وساختمان مشخصی می‌باشندجدا نماید. درنتیجهٔ آزمایشها ومشاهدات وسیعی‌که تا به امروزانجام‌گرفته‌اطلاعات زیادی دراین‌باره‌جمع‌آوری گردیده است. براثرمشاهدات صفات این اجسام ورابطهٔ‌آنها با یکدیگر توانسته‌اندآنهارا رده‌بندی بکنند. از یك جسم شناخته شده جسم دیگری را ساخته یا اجسام جدیدی که درطبیعت یافته نمی‌شوند تهیه وتکمیل نمایند.

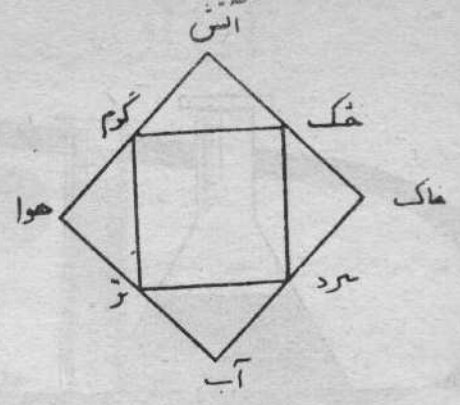
قبل ازاینکه بتوان دربارهٔ ساختمان اصلی یا تقریبی‌ماده عقیدهٔ صحیحی‌را ابراز نمود، لازم بوده‌است‌که آزمایشهای وسیع‌و مشاهداتی طولانی انجام‌گیرد. درتوسعهٔ علم شیمی جدید، حقایقی‌که ازآزمایشهای دقیق به دست‌آمده‌اند قوانین علم شیمی‌را به‌وجود آورده‌اند. ازبعضی‌ازاین قوانین در اثرتفکر و تخیل دانشمندان علوم فیزیکی نظریه‌هایی پدیدارگشته است‌که وقتی‌که صحت آنها کاملاتئید گردید، ازصورت نظریه به صورت فرضیه درآمدند. بنابراین، فرضیه نتیجه‌ای است که ازحقایق جمع آوری شده گرفته می‌شود وازروی‌آن‌می‌توان‌حقایق دیگری‌را پیش‌بینی‌نمود.

درتعقیب وتشخیص مبدأ وتوسعهٔ معلومات علم شیمی باید درنظر داشت‌که این علم اساساً براصولی‌که‌کاملا مبهم بوده پایه‌گذاری شده است؛ نهایت براثر اندیشه وآزمایشهای اولیه‌که‌در طول زمانهای‌گذشته انجام گرفته‌اند، این اصول‌از صورت ابهام درآمده‌اند. علم شیمی نسبت به سایر رشته‌های علوم پیچیده‌تر است ولی ازهمهٔ‌آنها افسانه‌ای‌تر و بدیع‌ترمی‌باشد. تاریخ توسعهٔ آن ازیك دوران هزارسالهٔ کیمیاگری گذشته و وارد دورانهای خرافی ومذهبی ماقبل تاریخ می‌گردد. انسان اولیه می‌بایست‌به موادی‌که دراطراف اوبوده‌اند توجه‌کرده وازآنها به‌نحوی که می‌دانسته استفاده‌کرده باشد. وازهمین‌جا است‌که مبدأ علم شیمی نظری وعملی‌آغازمی‌گردد.

تمدن قدیم خاورمیانه درطول‌قرون متمادی اطلاعات‌زیادی دربارهٔ فلزات، همبسته‌ها، تهیه واستفاده از مایعات تخمیر شده، صابون، شیشه، سفال، چرم وغیره به دست‌آورده است،ولی‌ازآنچه ماآن‌را علم شیمی می‌نامیم هیچ‌اطلاعی نداشته‌اند.

دراین موقع برای‌آنکه به عقاید اولیهٔ بشر دربارهٔ فضای کیهانی‌آشنا گردیم بهتراست یادآوری گردد که قبل از دکارت Descartes، یعنی قبل‌ازقرن‌هفدهم‌میلادی، عقیدهٔ‌مردم براین‌بود که جسم وجان ازیکدیگر مجزا نیستند. درقرون اولیهٔ میلادی و قرون وسطی اعتقاد براین‌بودکه مواد محسوس و بزرگ به وسیلهٔ مواد ریزتر مانند مه، دود، هوای بازدم وهوا به اتر (ether)، روح‌حیوانات‌وروان‌آدمی‌تبدیل‌می‌گردندوعلت‌یکپارچگی اصول‌طبیعت نیز همین رابطه بین‌آنها است.

قدیمیترین عقیده‌ای‌که می‌توان‌آن‌را به نام فرضیه‌نامید، فرضیهٔ مربوط به وجود چهارکیفیت وچهار عنصراولیه است که معمولاآن‌را به ارسطو نسبت می‌دهند، و حال‌آنکه درحقیقت اگر به عقب‌بنگریم، می‌بینیم‌که مردم مصر وهند از ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح با این نظریه آشنا بوده‌اند. این فرضیه که به صورتهای مختلف مورد اعتقاد ملتهای بسیاربوده است، مؤید این نظر است که «یگانگی بزرگی دربارهٔ عقیدهٔ انسان راجع به اصول جهانی مشاهده می‌شود». این فرضیه را اغلب به این صورت ترسیم کرده‌اند(شکل۱):



ش ۱

طبق این فرضیه مواد ازچهارعنصر خاك، هوا، آتش و آب ساخته شده‌اند. هرعنصر به نوبهٔ خود از ترکیب دوکیفیت اساسی ازچهار کیفیت گرما، سرما، تری وخشکی به‌وجود آمده است. به این فرضیهٔ بدوی نباید با نظر تمسخرنگاه کرد. هرکدام از این عناصر پس‌از بررسیهای بسیارانتخاب شده‌اند و این فرضیه خلاصه‌و نتیجهٔ تفکر ومشاهدات فراوان بوده است. انسان درمراحل اولیهٔ توسعه و تکامل نیروی تفکر، توانسته است بین آنچه ما امروز سه‌حالت ماده می‌نامیم فرق بگذارد. این‌سه‌حالت جامد، مایع و گاز درفرضیهٔ مذکور به صورت خاك، آب‌و هوا نشان‌داده‌شده‌اند. چهارمین عنصر یاآتش همان است‌که ما امروزه‌آن‌را حرارت یا انرژی می‌نامیم.

بیایید به این نظرباکمی تعمق بنگریم. آب هم‌سرد و هم تراست. اگرآن‌را حرارت دهیم ازحالت سردی خارج شده گرم می‌شود؛ونتیجهٔ این گرم شدن تبدیل آن به‌بخار آب‌است. یا به‌عبارت دیگر، ازحالت‌مایع به‌حالت گازی یاهوادرمی‌آید. بدین‌صورت‌و به‌عقیدهٔ قدمایك‌عنصر به‌عنصر دیگرتبدیل‌شده‌است. یا به‌اصطلاح کیمیاگران عمل‌استحاله‌انجام گرفته‌است. دراین‌فرضیه‌عقیدهٔ‌اساسی کیمیاگران‌در بارهٔ استحاله عناصرمشخص شده است. ولی امروزما این عمل‌را تبدیل‌آب مایع به وسیلهٔ جذب حرارت یا انرژی به‌حالت بخار یا گازی همان‌جسم می‌دانیم، بی‌آنکه قبول‌کنیم‌که عمل‌استحاله‌انجام گرفته باشد.

قبل‌ازقبول وتوسعهٔ این فرضیهٔ‌قدیمی، نظریهٔ دیگری‌وجود داشت به نام «**اصل‌دو متضاد**» و آن مربوط بود بـه شناسایی و تشخیص یك زوج‌متضاد، مانندگرما وسرما یا تری و خشکی. مثلا دوعنصرآب وآتش‌یك زوج متضادمهم درکیمیاگری بودند.

پس ازاین دوره‌ها به عصرکیمیاگری می‌رسیم‌که پیشروعلم شیمی بوده است. کیمیاگری مدت زیادی دوام یافت. دورهٔ آن از اوایل دوران‌عیسویت تاآخر قرن هفدهم طول‌کشید. کیمیاگـری تنها شیمی مقدماتی نبودبلکه معجونی بود ازاین علم و رشته‌هـای دیگر مانند ستاره‌شناسی، فلسفه، مذهب، شعبده‌بازی و سایـر علوم. اصول مربوط به‌کیمیاگری چنان فکر انسان را بـه خود جذب‌کرده بودکه حتی درسالهای اخیر عقایدی از طرف مردان برجسته‌ابرازشده‌است که‌در تحصیل‌علم‌شیمی نه‌تنها باید به‌کیمیاگـری روآورد بلکه در تحصیل علم روانشناسی نیز باید باآن‌آشنا شد. اکنون دوقرن است‌که‌کیمیاگری منسوخ شده است وما دراین‌عصر نمی‌توانیم تشخیص بدهیم‌که تا چه‌حد این‌علم درعقاید و نظریات وهنر مردم قرون‌وسطی نفوذداشته است.

دربارهٔ مبدأ کیمیاگری اظهار نظر قاطعی نمی‌توان کرد. ولی شك نیست‌که دانش مربوط به‌آن ازتمدن قدیمی مصر، بابل، هندوستان وچین‌گردآوری شده وازراه یونان، سوریه‌وایران‌وارد دنیای اسلام‌گردیده است. کیمیاگران اسلامی به مرور زمان‌آن‌را توسعه دادند وازراه اسپانیا وارد اروپای غربی کردند.

اصول اولیهٔ مربوط به کیمیاگری عبارت بود از: نخست آنکه تمام شکلهای ماده‌ازیك مبدأ به‌وجودآمده است. دوم آنکه این شکلهای مختلف دراثرروشهای تکاملی ازشکلهای اولیه‌حاصل شده است. سوم‌آنکه مواد دارای روحی مشترکندوفقط ایـن روح است‌که می‌تواند به طور دایم وجود داشته باشد وشکل ظاهـری آن پایداربماند وضمناً به وسیلهٔ عمل استحاله تغییریافته وبه‌شکل دیگر درآید. این عقاید، ازنظر اصول، با نظریات علوم فیزیکی جدید شباهت بسیار دارد. زیرا دراین عنصر، قـرن بیستم، علم شیمی یا به عقیدهٔ **لردراترفورد**(Rutherford) کیمیاگری جدید توانسته است ازعناصری‌که روزی تغییرناپذیر به‌حساب می‌آمدند به وسیلهٔ عمل استحاله عناصر جدیدی به‌وجود آورند.

درفلسفهٔ قیاسی یونان قدیم براین عقیده بودندکه‌به وسیلهٔ تفکر وبادرنظرگرفتن اصول‌کلی می‌توان به‌حقیقت اجسام پی‌برد. بیشتر عقاید ودلایل کیمیاگری نیز از یونان قدیم سرچشمه گرفته بود. تعجب‌آور نیست‌که این دلایل نیز قیاسی و برروی دو فرض مقدم پایه‌گذاری‌شده بودند. این دو فرض عبارت بودند از: اولا یکپارچگی ماده وثانیاً وجود داشتن وسیله‌ای کـه بتوان مـاهیت اجسام‌را باآن‌تغییر داد. واین‌وسیله‌را حجرالفلاسفه (سنگ‌فیلسوف) (Philosopher's stone)می‌نامیدند.

ازیکپارچگی‌تمام اجسام چنین نتیجه‌گرفته می‌شدکه‌باآشنا شدن به خصوصیات فلزات می‌توان با خصوصیات بدن انسان نیز آشناشد ودراین‌حالت‌بخصوص اکسیرحیات جایگزین سنگ‌فیلسوف که باعث ایجاد استحاله درفلزات می‌گردد می‌شد.

بدین‌گونه می‌توان پی‌بردکه چه چیز بـاعث ایجاد چنین انگیزه‌ای قوی شده است‌که دراثرآن چهل نسل‌کیمیاگر بااصرار زیاد ومخارج هنگفت وکار طاقت‌فرسا برای به دست‌آوردن‌سنگ فیلسوف ویا اکسیرحیات‌کوشش‌کند. به‌عقیدهٔ **گوته** «طلا قـدرت می‌بخشد بدون‌آنکه با سلامت‌ولذت توام باشد. نزدکسانی‌که بـه جستجوی‌آن می‌روند تمایل به عمر طولانی جای تمایـل بـه عمر جاویدان را می‌گیرد». به‌نظر **لیبیگ**(Liebig) «برای اینکه‌ثابت

شود سنگ فیلسوف وجود ندارد لازم می‌بود که تمام موادی که دردسترس داشتند آزمایش گردد. از این رومی‌توان به قدرت نفوذ اعجاز انگیز این‌عقیده، یعنی وجود سنگ‌فیلسوف، پی‌برد.

درسلك کیمیاگران علاوه برفلاسفه، استادان زبردست و متخصصان ماهر، جادوگران، وکسانی که قصد ساختن طلا ازسایر فلزات داشتند، ودغل‌بازانی که برای سرکیسه کردن مردم این حرفه‌را انتخاب کرده بودند وجود داشتند. برای کیمیاگران‌واقعی کیمیاگری یك علم‌تجربی‌نبود بلکه‌یك‌مکتب‌فلسفی نیزبود. به‌نظر آنها تلاش برای تبدیل سایر فلزات به طلا فقط بدین سبب انجام می‌گرفت که حقیقت وجود این مکتب فلسفی به وسیلهٔ آزمایش، ثابت می‌شود.

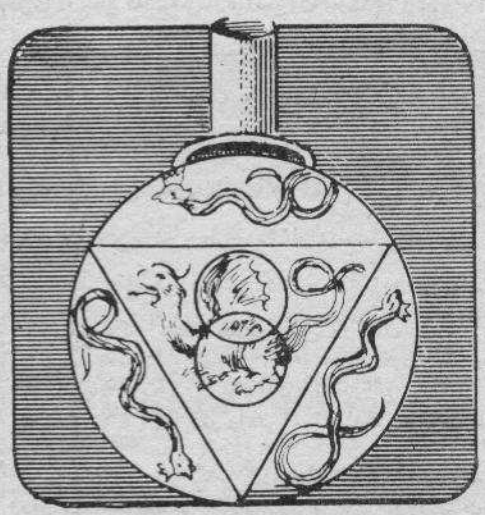
اگردرتاروپود کیمیاگری آنچه مربوط به شیمی است تعقیب کنیم، می‌بینیم که دو عنصرمتضاد آب و آتش شکل جدیدی به‌خود می‌گیرد و به صورت فرضیهٔ جیوه وگوگرد که توسط کیمیاگران مسلمان، درقرن هشتم، پیشنهاد شده است درمی‌آید. مقصود از جیوه وگوگرد، دراین‌فرضیه، اجسام محسوسی که ماآنهاراامروز به این‌نام می‌شناسیم نیست بلکه وجود دواصل مطلق است که در آن‌گوگرد یکی ازاصولی است که باعث سوختن اجسام می‌گردد وجیوه به فلزات‌آن خواصی رامی‌دهدکه دراثر آن ذوب شده وبه حالت مایع درمی‌آیند. درحقیقت این اصول فرضی همان نظریهٔ چهارعنصراولیهٔ ارسطو می‌باشندکه به‌صورت‌جدیدتری درآمده‌اند.

طبق این نظریه کیمیاگران قرون وسطی معتقدندکه وقتی که این دواصل طبیعی، تحت نفوذ ستارگان، به همدیگر نزدیك شدند، نتیجهٔ آن تشکیل فلزکامل یا طلا می‌باشد. اما اگر این دواصل خودکمی ناخالص باشند، نقره واگر ناخالصی‌بیشترباشد، فلزات‌کم قیمت مانند قلع وسرب به‌دست می‌آیند. چنانچه بتوان این دواصل را دریك حالت خلوص فوق‌العاده به‌هم نزدیك‌کرد، چیزی به دست می‌آیدکه ازطلا خالص‌تر می‌باشد ومقدارکمی از این جسم (یا سنگ فیلسوف) کافی است که مقدارزیادی فلزات کم قیمت‌را به‌طلا تبدیل کند.

همین‌اعتقادبود که، نسل پس‌ازنسل، کیمیاگران را درقرون وسطی و حتی تا زمان **بویل** (Boyle) و **نیوتون** (Newton) به خود مشغول داشته بود. بهترین عمل کیمیاگران ماهراین‌بودکه بتوانند تغییراتی را که در طبیعت رخ می‌دهد تقلیدکرده یاآن‌را تکمیل کنند. واین همان انگیزهٔ علم شیمی جدید می‌باشد. اگر بگوییم که‌سنگ فیلسوف (حجرالفلاسفه) به زبان امروز همان **معین عمل** (Catalyst) است سخنی به‌گزاف نگفته‌ایم. می‌بینیم که کیمیاگران در اینجا نیز تبرئه می‌شوند؛ زیرا چه معین‌عملی قویتر از نوترون (Neutron) می‌توان یافت که باعث شروع و انتشار سریع استحالهٔ اورانیوم ۲۳۵ به سایر عناصر می‌گردد.

ویلیام بلیك (William blake) شاعر انگلیسی می‌گوید: «هرچیزی‌راکه بتوان باورداشت تصویری ازحقیقت‌است. آن‌چیزی که امروزبه نظرثابت شده می‌آید، روزی فقط خیال بوده است.»

جزکشفهای اتفاقی روشها و اجسام جدید وتکمیل وسایل، تا اوایل قرن شانزدهم پیشرفتی درکیمیاگری مشاهدنشده است. تاآنکه **پاراسلسوس** (Paracelsus) با مربوط‌کردن کیمیاگری به‌علم طب‌دامنهٔ آنرا بزرگترکرد. پاراسلسوس(۱۵۴۱-۱۴۹۳) یك مبلغ نوظهور سویسی بودکه پزشکان زمان خودرا بانیش‌زبان وقلم‌خود بی‌رحمانه انتقادمی‌کرد. وی عقیده داشت که‌هدف اصلی کیمیاگری باید تهیهٔ داروهای جدید باشد نه تهیهٔ طلا. این‌نظریه که به نام شیمی پزشکی (iatrochemistry) نامیده می‌شد تا قرن هیجدهم طرفدارانی‌داشت؛ با این احوال کیمیاگری به شکل قدیم خود نیز هنوز تعقیب می‌شد، نهایت‌کم‌کم عدهٔ طرفداران‌آن تقلیل می‌یافت. پاراسلسوس فرضیهٔ گوگرد وجیوه‌را با اضافه‌کردن اصل سومی به‌نام‌نمك‌تغییرداد. دراین‌دستگاه سه اصلی، که اغلب‌به شکل مثلث نشان داده می‌شد (شکل۲)، نامهای گوگرد، جیوه، ونمك علاوه برمعانی شیمیایی دارای معانی مجازی نیز بودند. ازنظرشیمیایی آنهاسبب مشتعل شدن، فلزی بودن، وپایدار بودن اجسام بودند وازنظرمجاز، روح، اندیشه، و بدن انسان‌را نشان می‌دادند.



ش۲

درطب، گیاه‌شناس دوران پیشین مبدل به داروساز یا ترکیب کننده مواد شیمیایی شده‌بود. در اواخرقرن هفدهم شیمی پزشکی نفوذ خودرا ازدست داد. ولی دراین دوره اطلاعات‌مربوط به علم شیمی‌وتجربه‌های‌آزمایشگاهی رشد محسوسی نمود. تبدیل تدریجی کیمیاگری به شیمی پس ازانتشار پی‌درپی کتابهای مربوط به علم شیمی درقرن هفدهم مشهود شد وپس از انتشار اثر مشهور **لمری**(lemery) به نام مبحث شیمی (Cours de chymie) به اوج خود رسید. لمری (۱۷۱۵-۱۶۴۵) در پاریس داروسازی

می‌کرد و نخستین سخنرانیهای مربوط به شیمی به‌وسیلهٔ او برای مردم ایراد گردیده‌است. کتاب او که کاملاجنبهٔ عملی‌داشت وعاری از هرگونه اصطلاح مرموز وعقاید کیمیاگری بودشهرت قابل ملاحظه‌ای پیداکرد وبه چند زبان ترجمه گردید. این کتاب بیشتر ازهر اثر دیگر باعث‌شد که مردم با علم شیمی، قبل ازبه‌وجودآمدن علم‌شیمی جدید در اواخر قرن هیجدهم، آشنا گردند. درهمین قرن بود که **گلوبر** (Glouber) به عنوان یك‌محقق‌شیمیایی زندگی می‌کرد. کشفیات ونوشته‌های او اثرجامعی برروی علوم اولیه داشت. وی درحال فقروپریشانی رخت ازاین جهان بربست واین جملهٔ معروف را ازخود باقی گذاشت که **«از آنچه من درطول عمرخودم نوشتم‌حتی یك‌شاهی‌هم به‌دست نیاوردم»**.

حال باید نظر خودرا از این مردان عمل به متفکران وصاحبنظران‌دوران معاصر معطوف داریم. در بد وامر بااین‌سؤال روبرو می‌شویم که‌انقلابات علمی قرن‌هفدهم چرادرعلم شیمی‌تأثیری نداشته است؟ اگربه عقب برگردیم می‌بینیم که قبل از اینکه علم شیمی بتواند خودرا از منضم بودن‌به‌کیمیاگری‌آزادکندبایستی‌به چند سؤال مهم پاسخ می‌داد. بهترین‌آنهاعبارت‌بودند از: ۱ـطبیعت عناصر شیمیایی. ۲ـکیفیت‌تغییرات شیمیایی بویژه‌احتراق‌وسوختن وآنچه‌به‌نام‌عنصرآتش شناخته‌شده‌بود. ۳ـکیفیت شیمیایی عنصرهای مذکورآب وهوا. این خود مشخصه‌ای است بزرگ برای طرح چهار عنصری ارسطو که سه‌تا ازعناصرآن درسدی وجود دارند که مانع جدا شدن علم شیمی ازکیمیاگری درقرن‌هیجدهم‌بوده‌است، دورانی که ۳۰۰۰ سال از زمان به‌وجودآمدن عقیدهٔ چهار عنصر اولیه درهند ومصرفاصله دارد.

این مطالب تنها به وسیلهٔ تفکر محض قابل حل نبود. برای حل‌آنها آزمایشهای پی‌درپی، طرح سؤالهای منطقی دربارهٔ طبیعت ومشاهدات و تغییرهای‌دقیق، یعنی خلاصه اتخاذ روش علمی لازم بود. بعضیها معتقدندکه انتشار مقالهٔ بویل در سال ۱۶۶۱، تحت عنوان شیمیدان‌کافر، باعث پایان‌یافتن دورهٔ کیمیاگری‌شد. روبرت بویل (۱۶۹۱ـ۱۶۲۷) که یك دانش‌آموزبه‌اولقب **«پدر شیمی و عموی‌چوب‌سفید»** داده بود فیزیکدانی متبحر، عاشق تجربه‌های شیمیایی ودارای خصوصیات اخلاقی ویژه بود. اودرکتاب‌معروف خود به عقیدهٔ وجود چهار عنصر اولیه یا سه اصل مهم پاراسلسوس سخت حمله‌کرد وعقیدهٔ‌جدیدی‌را پیشنهادنمودکه برطبق‌آن‌عناصر شیمیایی اجسامی هستندکه قابل تبدیل به اجسام ساده‌تر نیستند. بااین‌همه، یك قرن دیگرصبرلازم بود تا علم شیمی‌جدیدظهورکند.

چراکیفیت احتراق تا این اندازه مهم بود؟ چون در بین تمام‌روشهای‌شیمیایی‌ازهمه‌اصولیترو بدیعتراست. ضمناً درنظرداشته باشیدکه هرچهارعنصر ارسطو دراین پدیده وجود دارد. یك قطعه چوب برای سوختن به **هوا** احتیاج‌دارد؛ **آتش**‌ازسوختن‌آن پدیدار می‌گردد؛ **آب** یکی از ترکیبات مهمی است که از سوختن آن حاصل می‌شود؛ و **خاك** (خاکستر) پس‌ازسوختن‌آن باقی می‌ماند. همچنین نباید اهمیت حیاتی احتراق ازنظردور بماند، چه احتراق کند و منظم است که حرارت لازم را، که‌برای زیستن ضروری است، در بدن حیوانات تأمین می‌کند.

هوك(Hooke) نابغهٔ رشتهٔ علوم و مکانیك که روزی نیز دستیار بویل بود تقریباً به حل این مسئله نزدیك شده بود. اودر درمقالهٔ خود به نام میکروگرافیا (micrographia)که در سال ۱۶۶۵ منتشرشد چنین نوشت: «سوختن اجسام به‌علت جسمی‌است که درهوا وجود دارد. این جسم شبیه جسمی است که درشوره به صورت ثابت وجود دارد، اگرهمان جسم نباشد». نظریهٔ اودربارهٔ احتراق به‌صورت یك‌کارفرعی‌انجام‌گرفت وکاراصلی اوعبارت‌بود ازترسیم موجودات میکروسکوپی. **میو** (Mayow) معاصرهوك که پزشکی حاذق وکوتاه عمربود، نظریه‌های قبلی را دربارهٔ انقباض هوا(کاسته‌شدن حجم‌هوا) پس ازاحتراق ثابت‌کرد ونشان دادکه هوای بازمانده ازاحتراق دیگرقادربه ادامهٔ عمل احتراق یاتنفس نیست. ودلیل اینکه چراکیفیت احتراق تا یك‌قرن‌دیگر ناشناخته ماندآن است که بویل، هوك ومیو اطلاعات‌کمی دربارهٔ‌جداکردن ویا به‌کاربردن‌گازها داشتند وبنابراین هیچگونه اطلاعی دربارهٔ ترکیب ساختمانی هوا، گازکربنیك یاآب نداشتند. و همان‌طورکه کیمیاگران می‌گفتندکه‌هوا غذای‌آتش است، می‌شدتصورکردکه‌آب وگازکربنیك نیزنتیجهٔ احتراق تمام موادآلی‌است.

علت غلط بودن نظریهٔ **استال** (Stahl)، استاد علم طب، همان‌عدم اطلاعات‌کافی دربارهٔ‌گازها ونداشتن وسایل‌کافی برای انجام‌آزمایش روی آنها بود. طبق نظریهٔ استال قابلیت احتراق اجسام به علت وجود ترکیبی در آنها به نام فلوژیستون (phlogiston)است. عمل احتراق موازی‌باازدست‌رفتن‌فلوژیستون بوده وفلزعبارت بودازترکیب اکسیدش با فلوژیستون. لذا عقیده براین بودکه دراثراحتراق ازوزن فلزات‌کاسته می‌گردد، همچنان که ازوزن یك قطعه چوب یایك‌شمع دراثرسوختن‌کاسته می‌گردد. (البته‌درآن‌موقع‌گازهای حاصل‌ازاحتراق‌رانمی‌توانستندجمع‌آوری ووزن‌آنهاراتعیین‌کنند).

به رغم‌آزمایشهایی‌که نشان می‌داد قلع وبعضی فلزات‌دیگر دراثرسوختن بروزنشان اضافه می‌گردد وهوایی‌که‌درآن، احتراق انجام‌گرفته است ازحجمش‌کاسته می‌شود، این نظریه هنوز پابرجا مانده بود.

بهرحال این‌فرضیه‌ای بودکه‌مشاهدات قبلی رابه هم‌مربوط می‌ساخت ومحرك تفحصات علمی می‌بود. درپرتوآن تعدادی‌بسیار ازمحققان، درقرن هیجدهم، اطلاعات فراوانی فراهم و روشهای آزمایشگاهی جدیدی‌را به وجود آوردند. همین روشها و اطلاعات

به‌دست آمده بود که درپایان قرن باعث اضمحلال این فرضیه گردید. درمیان این محققان از **بلك** (Black) اهل اسکاتلند، **پریستلی** (Priestly) و **کاوندیش** (Cavendish) اهل انگلستان و **شیلی** (Sheele) اهل سوئد را می‌توان نام برد.

بلك (۱۷۹۹ـ۱۷۲۸) استاد شیمی در ادینبورو (Edinburgh) درسالهای ۱۷۶۶ تا ۱۷۹۹ بود. او مرد مجردی بود که خوب فلوت می‌نواخت ودارای ذوق وسلیقهٔ سرشار بود و صدای خوبی نیز داشت. مجموع این صفات امروزه به ندرت در یك استاد شیمی یافته می‌شود. بلاك درسال ۱۷۵۵ نشان داد که وزن آهك حاصل از حرارت دادن سنگ آهك وسنگ مرمر بسیار کمتر ازوزن آن سنگها قبل ازحرارت دادن است و این کاهش وزن به‌علت خروج هوای ثابت (گاز کربنیك) است. وی توانست این گاز را جمع آوری کند. کشف بلاك دربارهٔ اینکه بین گاز کربنیك وهوا اختلافی وجود دارد و اینکه گاز کربنیك می‌تواند درجامدات وجود داشته ودراین حالت نیز وزن آن تعیین گردد، هستهٔ اصلی فرضیهٔ لاووازیه را دربارهٔ احتراق تشکیل داد. علاوه براین، استفادهٔ بلاك از ترازودر آزمایش‌های شیمیایی سرآغازیك پیشرفت عمیق بود و باعث توسعهٔ رشتهٔ شیمی کمی گردید. بنیان علم شیمی جدید به‌وسیلهٔ استفاده ازترازو یا سایروسایل اندازه گیری دقیق برای کمیت تغییرات شیمیایی گذارده شد. مشاهدهٔ این کیفیت که سنگ آهك دراثرحرارت به گاز کربنیك وآهك تجزیه می‌گردد یکی ازدوقدمی است که برای شناختن این تغییر شیمیایی است. دومین قدم که ازاولی مهمتر است این است که به‌وسیلهٔ اندازه گیری مشخص کرد که چه مقدار آهك وچه حجم گاز کربنیك از حرارت دادن مقدار معینی سنگ آهك به دست می‌آید.

پریستلی (۱۸۰۴ـ۱۷۳۳) پسر یك خیاط اهل یورکشایر بود که یك عالم غیرحرفه‌ای (آماتور) برجسته گردید. کشفیات وی، که اغلب بی‌هدف انجام می‌گرفت، ارزشی گران داشت. افکارمترقی او بخصوص درزمینهٔ سیاسی، که اغلب درجهت عقاید عموم نبود، باعث می‌شد که مورد حملهٔ دستجات مردم قرار گیرد. به‌همین دلیل به آمریکا مهاجرت کرد ودر ایالت پلسیوانیا بدرودحیات گفت. پریستلی توانست روشهای مؤثری برای جداکردن ونگهداری گازها بیابد. او نه‌تنها مانند بویل، میو وهیلز توانست گازهارا روی آب جمع آوری کند، بلکه توانست آنهارا روی جیوه نیز جمع آوری کند و بدین ترتیب گازهای آمونیاك، انیدریدسولفورو، ئیدرژن کلره، و سایر گازهائی راکه در آب محلول بودند کشف کند.

چنین به نظر می‌رسد که پریستلی معتقد بود که گازهایی (هواهایی) که کشف کرده است همان هوای معمولی است که بامقدارهای مختلفی ازفلوژیستون مخلوط گردیده است. درسال ۱۷۷۴ وی نائل به‌کشف جدیدی شد که درتوسعهٔ علم شیمی تأثیرفراوان داشت. از روزاول ماه‌اوت این‌سال درکتب تاریخ ذکری به میان نیامده‌است ولی این‌روز به حق اهمیت فوق‌العاده‌ای درتاریخ ترقی بشردارد. چون دراین‌روز بود که پریستلی به وسیلهٔ حرارت دادن اکسید جیوه توانست اکسیژن را کشف کند. او اکسید جیوه‌را داخل شیشه‌ای که یك سرآن مسدود بود قرار داد. شیشه را ازجیوه پرکرد و آن‌را روی صفحه‌ای که باجیوه انبوده شده بود برگرداند و حرارت داد.

اجسام می‌توانستند دراین گاز باشدتی که تاآن تاریخ سابقه نداشت محترق گردند. پریستلی دراین‌باره نوشته است: «یك قطعه چوب نیمه افروخته را اگردرآن فرومی‌بردند ازاحتراق جرقه می‌زد ویك موش در این گاز به راحتی می‌توانست برای مدتی معادل دوبرابر مدت معمول درهوا تنفس کند ووقتی که ازآن خارج گردد زنده وبشاش باشد.» پریستلی چنین نتیجه گرفت که این گاز کاملا عاری ازفلوژیستون می‌باشد ونام آن‌را «هوای بدون فلوژیستون» گذارد.

شیلی (۱۷۸۶ـ۱۷۴۲) مستقلا نیزاکسیژن راکشف کرد. شیلی یکی‌ازپیشقدمان شیمی کیفی بود که درعمر کوتاه خود توانست اکسیژن، کلر، اسید تانگستیك (Tungstic)، گلیسیرین وعده‌ای بسیارازاسیدهای آلی کشف کند. این داروساز فعال که خاطرهٔ اودر استکهلم به وسیلهٔ مجسمه‌ای زنده نگهداشته می‌شود روزی به رفیق خود چنین نوشت: «شاید توفکر کنی که دنیای مادی روزی مرا مجذوب خودکند وباعث شود که من ازتجربیات شیمیایی خود دست بردارم، ولی آسوده باش که چنین نیست واین علم شریف آرمان من است.»

پس‌ازاین داروساز فعال به نوهٔ یك دوك انگلیسی به نام کاوندیش که‌خودخواه وثروتمند بود می‌رسیم. وی از زنها نفرت داشت وازهیچ نوع گوشتی جز گوشت گوسفند وازهیچ شهری جز شهر لندن‌خوشش نمی‌آمد. این‌شخصیت معمایی، به‌عنوان یك دانشمند دارای مهارت خارق‌العاده‌ای دربه‌کاربردن وسایل آزمایشگاهی وذکاوت بسیار درتشخیص کمیت اجسام داشت. او شخصاً گازهای (هوای مصنوعی) مختلفی‌را با اندازه گیری چگالی آنها تعیین کرد. هوای معمولی‌را تجربه‌کرد ونشان داد که کمی بیش‌از ۲۰ در صدآن از اکسیژن (هوای‌بدون‌فلوژیستون) تشکیل‌شده است. همچنین‌دریافت که وقتی که‌دوحجم هوای قابل سوختن (ئیدرژن) را با یك حجم هوای بدون‌فلوژیستون (اکسیژن) منفجر کنیم‌جسمی که‌بدست‌می‌آید آب‌است وگازهای ترکیب‌شونده‌دراین‌فعل وانفعال ناپدیدمی‌گردند. ازاین‌کاوشها ساختمان‌شیمیائی عناصر قدیمی آب‌وهوا روشن گردیدند.

دراین موقع، مانند اغلب اوقات درتاریخ علوم، به نقطه‌ای می‌رسیم که حقایق دانسته شده باعث می‌شوند که قدمهای بزرگی به پیش برداشته شوند وتنها سدی که دراین‌راه وجوددارد یك سد فکری است، چه یکی‌ازمشکلترین کارهای فکری، جمع آوری یك رشته حقایق عادی وروابط‌بین‌آنها ونگاه کردن‌به آنها از دیدگاه

جدید فکری است.

در اینجا است که قدرت نبوغ **لاووازیه** نمایان می‌شود که بی‌انکه جسم یا پدیدهٔ طبیعی جدیدی را کشف کند در سالهایی که از ۱۷۸۰ تا ۱۷۹۰ طول کشید، سد راه ترقی شیمی را از میان برداشت. وی با آزمایشهای کمی که دقیقاً انتخاب شده بودند نشان داد که هوای جذب شده به وسیلهٔ جیوه حرارت داده شده از نظر حجم درست برابر با هوای بدون فلوژیستونی است که از حرارت دادن شدید اکسید جیوه حاصل به دست می‌آید. این آزمایش ساده ومنطقی دفتر سرنوشت فرضیهٔ فلوژیسیون را مهروموم کرد و نشان داد که اکسید حاصل ازحرارت دادن جیوه عبارت بود ازترکیب جیوه باهوای بدون فلوژیستون یا قسمت فعال هوای جو که لاووازیه آنرا اکسیژن نامید. بدین صورت فرضیهٔ جدید احتراق به وجود آمد. برای نشان دادن ساختمان ترکیبی آب، لاووازیه اول آزمایشهای کاوندیش را ثابت کرد وبعد باعبوردادن بخار آب از روی برادهٔ آهن پیش‌بینی خودرا ثابت نمود که وقتی که اکسیژن آب را به وسیلهٔ آهن ازآن جدا کنیم تا جسمی مثل زنگ آهن به دست بیاید ئیدرژن آزاد می‌گردد.

لاووازیه (۱۷۹۴-۱۷۴۳) یك وکیل دادگستری، یك دانشمند ویك شخصیت مشهوراجتماعی درفرانسه بود. اعدام او درسال ۱۷۹۴ یکی ازاحمقانه ترین جنایات انقلاب فرانسه بود. درمحاکمهٔ او **کافینهال** (Coffinhal)، رئیس محکمه، با «خشم زیاد فریاد زد که جمهوری ما احتیاج به مردان دانشمند ندارد.

درهمان زمان **لاگرانژ** (Lagrange) ریاضیدان مشهور، در این باره چنین نوشت: «آنها برای جدا کردن سر او ازبدن بیش‌از چند لحظه لازم نداشتند درصورتی که برای پدیدآمدن مغزی مانند مغزاو یك قرن لازم است». برای پی‌بردن به صحت این جمله بد نیست بدانید که پاستور، که‌ازنظرمقام مانند لاووازیه بود ویکی‌از چهارمرد بزرگی است که فرانسه به جهان دانش عرضه داشته‌است صد سال بعداز مرگ لاووازیه‌فوت کرد.

متروك شدن فرضیه‌های قدیمی وگردآوری نتایج کمی‌دقیق باعث پیدایش فرضیهٔ اتمی گردید که شاخه‌های متعدد تشکیل سلسله اعصاب ساختمان بدن فیزیکی راکه امروزه ما باآن آشنا هستیم می‌دهد. **دالتن** (Dalton) اول با شغل نظامت یك مدرسه دریکی ازدهکده‌های انگلیسی به‌کارآغاز کرد. گرچه تاآخر عمر ازدواج نکرد ولی برخلاف کاوندیش ازمصاحبت زنها لذت می‌برد، البته ازمصاحبت زنهای واجد صفات عالی وهنر با ارزش و افکار برجسته. اولین چاپ فرضیهٔ اتمی دالتون درسال ۱۸۰۷ انتشار یافت. حتی **اپیکور** (Epicurus) درحدود ۳۰۰ سال قبل از میلاد معتقد بود که مادهٔ ناپیوسته ودانه دانه است و این نظریه ریشه‌ای قدیمی اززمان **ذیمقراطیس** (Democritus) **ولوسیپوس** (Leucippus) یعنی ۶۰۰ سال قبل از میلاد مسیح دارد. نظریهٔ دالتون راجع به اتمی بودن ماده از عقاید نیوتون سرچشمه گرفته بود نه یونان قدیم. وی یك اندیشهٔ گنگ را به صورت فرضیه‌ای دقیق درآورد.

به عقیدهٔ نیوتون اتم ذره‌ای سخت، غیرقابل نفوذ ومتحرك است. آندرسخت است که ساییده نمی‌شود ونمی‌شکند وهیچ‌نیروی عادی قادرنیست آنچه راکه خدا از روزازل به صورت ذرهٔ واحدی خلق کرده است به ذرات کوچکتری تقسیم کند. این نظریه که اتم را نمی‌توان به وجود آورد یا از بین برد باعث به وجود آمدن قانون بقاء ماده که در فرضیهٔ اتمی دالتون نیز به‌آن اشاره شده است گردید. به عقیدهٔ دالتون میلیونها نوع مختلف اجسام دنیای مادی ازاجتماع تعداد محدودی ازاتمهای مختلف مربوط به عناصر به وجودآمده‌اند. تمام اتمهای یك عنصر مشخص شبیه به هم بوده ووزنشان باهم برابراست. به نظر او تشکیل یك ترکیب شیمیائی عبارت است از ترکیب شدن تعداد کمی از اتمهای عناصر متشکلهٔ آن ترکیب و اتمهای مرکب یا ملکولهای حاصل همه‌شبیه‌به هم بوده ووزنشان باهم برابراست.

این نظریات به وسیلهٔ مشاهدات تجربی باعث به وجودآمدن سه قانون اصلی که اساس فرضیهٔ اتمی دالتون را تشکیل می‌دهند گردید. این سه قانون عبارتند از:

۱ - قانون نسبت های معین طبق این قانون عناصر بایکدیگر به نسبتهای معین ازوزن ترکیب می‌شوند. یا به‌عبارت دیگر، یك ترکیب شیمیائی همیشه ازترکیب همان عناصر وبه همان مقدار به وجود می‌آید. مثلا آب خالص به هر صورتی که تهیه گردد همیشه شامل $\frac{1}{9}$ ئیدرژن و $\frac{8}{9}$ اکسیژن برحسب وزن است.

۲- قانون نسبتهای مضربی: طبق این قانون وقتی که دو عنصر با هم ترکیب شوند و بیش از یك نوع ترکیب شیمیایی تولیدکنند وزنهای مختلف یکی نسبت به وزن ثابت دیگری با یکدیگردارای نسبتهای ساده می‌باشند. قبلا ئیدرژن و اکسیژن تولیدآب وآب اکسیژنه می‌کنند. وزن اکسیژن که با یك واحد وزن ئیدرژن ترکیب گردیده در آب ۸ واحد ودرآب اکسیژنه ۱۶ واحد می‌باشد که نسبت آنها به یکدیگر $\frac{8}{16}$ یا $\frac{1}{2}$ می‌باشد.

۳- قانون نسبتهای معکوس: طبق این قانون نسبتهایی که دوعنصر نسبت به یکدیگر، وقتی که به طور جداگانه با عنصر سومی ترکیب می‌شوند دارند نسبت به نسبت حاصل ازوقتی که این دوعنصر باخود ترکیب می‌شوند به‌صورت نسبت ساده‌ای می‌باشد. مثلا یك واحد ازوزن اکسیژن با ۱۲۵ر. واحد ازورن ئیدرژن ترکیب

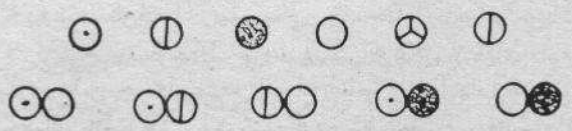
شده تولید آب می‌کند. همین مقدار اکسیژن با ۸۸۵ر. واحد وزن ازت ترکیب شده اکسید ازت (NO) را می‌دهد. نسبت ئیدرژن به ازت دراین دو ترکیب برابر است با $\frac{۱۲۵ر.}{۸۷۵ر.}$ یا $\frac{۱}{۷}$

ئیدرژن و ازت بایکدیگر ترکیب شده آمونیاك می‌دهند. نسبت ئیدرژن به ازت در آمونیاك $\frac{۱ر۵}{۷}$ می‌باشد. نسبت این دو به یکدیگر به صورت $\frac{۱ر۵}{۷} : \frac{۱}{۷}$ یا $\frac{۲}{۳}$ می‌باشد که نسبت ساده‌ای است.

باکمی تفکر می‌توان دریافت که نتایج خلاصه شده در این قوانین نتایج منطقی حاصل از نظریات اولیهٔ دالتون می‌باشد.

گرچه اتم بی‌اندازه کوچك می‌باشد ولی هر نوع آن دارای وزن اتمی مشخصی می‌باشد. وزن مطلق یا جرم اتم ئیدرژن برابر با $۱ر۶۶ \times ۱۰^{-۲۴}$ گرم می‌باشد. چون درابتدا اوزان مطلق اتمها را نمی‌توانستند تعیین کنند، وزن اتمی ئیدرژن یا سبکترین عناصر را برابر با واحد فرض کردند واوزان سایر اتمهارا نسبت به اتم ئیدرژن به دست آوردند. درروزهای اولیهٔ فرضیهٔ اتمی تعیین اوزان نسبی اتمی به وسیلهٔ روشهای دقیق کمی ازطرف شیمیدان سوئدی **برزیلیوس** (Berzelius) انجام گرفت.

دالتون به پیروی ازسنت کیمیاگران برای مشخص کردن اتمهای ساده واتمهای مرکب باملکولها علامات معینی را به کاربرد ولی برزیلیوس این علامات را به حروف تبدیل کرد. شش علامات اولیه که دالتون به‌کاربرد (شکل ۳) به ترتیب عناصر ئیدرژن، ازت، کربن، اکسیژن فسفر وگوگردرا نشان می‌دهند. خط دوم علامات انتخابی برای ملکولهای زیرمی‌باشند: آب، آمونیاك، اکسیدازت اتیلن، واکسید کربن.



ش۳

درعلم شیمی جدید به جای علامات فوق از حروف استفاده می‌شود وهرحرف شاخص یك اتم آن عنصرمی‌باشد. حروفی که به جای علامات فوق به‌کار می‌روند عبارتند از: H، N، C، O، P و S برای عناصر، و HO، HN، NO، HC و CO برای ترکیبات. هرکدام از پنج علامات آخر را فرمول ملکولی می‌نامیم که نوع و تعداد اتمها را درهرملکول مشخص می‌کند. فرمول ملکولی صحیح پنج ترکیب فوق به صورت زیرین است:

$$H_۲O,\ NH_۳,\ NO,\ C_۲H_۴,\ CO$$

باکشف وآزمایش عناصرجدید، برای **نیولاندز** (New lands) که شیمیدان یك کارخانهٔ قندسازی درلندن بود ممکن شد تا پیشنهاد خودرا به نام **قانون هشتایی** (Lew of Octaves) منتشر سازد وی نشان داد اگر عناصر را بر حسب زیاد شدن وزن اتمی آنها مرتب کنیم ودرجدولی بنویسیم هرعنصری راکه در نظربگیریم با عناصری که هفت، یامضربی ازهفت، قبل وبعدازآن درجدول نوشته‌شده است دارای خواص مشترك است. این نظریه مورد استقبال قرارنگرفت ونیولاندز دلسرد گردید، بخصوص آنکه عده‌ای ازاعضای جامعهٔ شیمیدانان لندن از وی سؤال کردند که آیا سعی کرده‌است عناصررا برحسب حروف الفباء منظم کند.

شیمیدانهای دیگراین عقیده را تعقیب کردند تا درسال ۱۸۶۹ یك شیمیدان روسی به نام **مندلیف** که کوچکترین عضو یك خانوادهٔ سیزده نفری بود وبعداًاستاد شیمی درشهر **پطرزبورگ** (Petersburg) گردید عناصررا به‌صورت جدولی منظم کرده به نام جدول تناوب عناصر چاپ کرد. وی در این جدول نشان داد که وقتی که عناصر برحسب ازدیاد وزن اتمی منظم گردند به خانواده وگروههای منظمی منقسم می‌گردند که درآنها تناوب خواص فیزیکی وشیمیایی کاملا مشهود است. بی‌آنکه وارد جزئیات بشویم برای مثال از ترتیب زیرین که ازجدول جدید تناوب عناصر استخراج شده است (شکل ٤) می‌توان استفاده کرد. علامت ووزن اتمی هر عنصر در زیرآن قرارداده شده است.

هیلیوم	لیتیوم	برلیوم	بور	کربن	نیتروژن	اکسیژن	فلوئورین
He٤	Li۷	Be۹	B۱۱	C۱۲	N۱٤	O۱٦	F۱۹
نئون	سدیم	منیزیوم	آلومینیوم	سیلیکن	فسفر	گوگرد	کلر
Ne۲۰	Na۲۳	Mg۲٤	Al۲۷	Si۲۸	P۳۱	S۳۲	Cl۳۵ر۵
دسته ۰	I	II	III	IV	V	VI	VII

ش٤

گروه صفر (۰) شامل گازهای غیرفعال موجوددرهوا مثل نئون، آرگون وغیره می‌باشد که ازسایر عناصر به علت ثبات غیر طبیعی و عدم فعالیت شیمیائی متمایز می‌باشند. گروه اول (I) خانواده فلزات قلیائی است که از فلزاتی مانند لیتیوم، سدیم، پتاسیم وغیره تشکیل شده است. این فلزات نرم ونقره‌ای فام آب را به سرعت تجزیه کرده ئیدرژن آن را آزاد ساخته و تولید ئیدراکسیدهای سدیم، پتاسیم و غیره که دارای خاصیت قلیایی قوی می‌باشند می‌کنند. گروه هفتم (VII) که به نام هالوژنها خوانده می‌شوند با ئیدرژن ترکیب شده تولید اسید می‌کنند، مانند اسید کلریدریك اسیدبرمیدریك. این اسیدها به نوبهٔ خود با ئیدراتهای فلزات قلیائی گروه اول ترکیب شده نمك تولید می‌کنند. مثلا اسید کلریدریك با ئیدرات سدیم ترکیب شده کلرورسدیم (نمك طعام) وآب می‌دهد.

مندلیف وجود فواصل خالی در جدول خود را مربوط به عناصر کشف نشده می‌دانست. کمی پس ازاو بعضی ازعناصر کشف

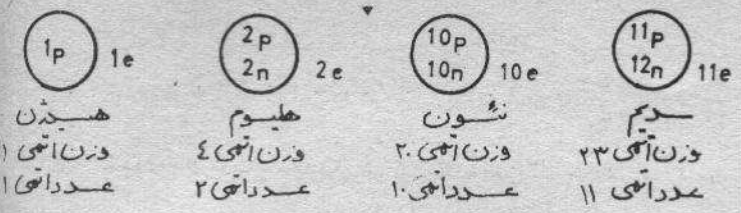
گردیدند و خواص آنها باخواصی که مندلیف برای آنها پیش‌بینی کرده بود مطابقت می‌کرد. وجود چنین روابطی میان خواص عناصر باعث شد که دربارهٔ علت اصلی آن تحقیقات فراوانی انجام گیرد و نظر دانشمندان بیش از پیش به ساختمان اتم معطوف گردد. آیا ممکن بود که عناصر مختلف نتیجهٔ تغییراتی درساختمان اتمها باشند؛ اگر چنین می‌بود پس نظریهٔ دالتون دربارهٔ ذرهٔ غیر قابل تجزیه‌ای که دارای ساختمان منظمی نیست، وهمچنین این جمله‌اش که « شما هرگز کسی را که قادر به شکستن اتم باشد پیدا نخواهید کرد» باید کنار گذاشته شود.

درهمین اوقات یعنی ازسال ۱۸۵۰ به بعد، فیزیکدانها بیشتر تحقیقات خودرا در اطراف تخلیهٔ الکتریکی در خلاء انجام می‌دادند. باتکمیل یافتن روشهای آزمایشگاهی درعلوم فیزیکی، که دراواخرقرن نوزدهم بیشتر ازهرموقع دیگر مشهود گردیده بود، تحقیقاتی دراین زمینه انجام گردیده ودرسال ۱۸۹۷ **تامسون** (J.J.Thomson) به کشف ذرهٔ کوچکی که $\frac{۱}{۱۸۴۰}$ اتم ئیدرژن وزن داشت گردید. این ذرات که ازمواد مختلف به دست آمده و سبکترین ذراتی بودند که تاآن زمان کشف شده بودند دارای بار الکتریکی منفی بودندوبه آنها نام الکترون (electron) دادند. بدین وسیله نظریهٔ الکترونی بودن اتم به تبع ماده به وجودآمد.

پس از تجربیات فیزیکی بسیاری که به وسیلهٔ **راترفورد** - (Rutherford) که پس از تامسون درکامبریج جای اورا اشغال کرد و **بوهر** (Bohr) استاد فیزیك درکپنهاك ودیگران، شکل اتم به صورت یك هستهٔ باردار با بارمثبت که در اطراف آن الکترونها به تعداد متفاوت، بر حسب نوع عنصر، در گردش می‌باشند درآمد. هسته که عملا تمام جرم اتم را در بردارد عبارت است از اجتماع ذراتی با بارهای مثبت ومنفی به نامهای پروتون والکترون که به صورت پروتون (proton) و نوترون (Neutron) که حاصل از ترکیب الکترون با پروتون می‌باشد درآن قرار گرفته‌اند، تعداد پروتونها (غیراز پروتونهایی که به صورت نوترون نیستند) درهسته برابر با عدد اتمی یا شمارهٔ اتم در جدول جدید تناوب عناصر می‌باشد.

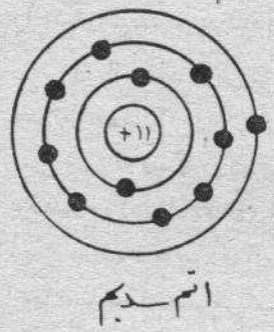
ساختمان اتمی بعضی از عناصر درشکل (۵) نشان داده شده است. هسته به صورت دایره که درآن پروتون (p) ونوترون (n) قرار گرفته‌اند نشان داده والکترونهای خارجی (e) در خارج ازدایره قرار گرفته‌اند. وزن اتمی (A.W.) وعدد اتمی (A.N.o) آنها نیز مشخص گردیده‌اند.

پروتون (+) والکترون (−) دارای بار الکتریکی مساوی اما با علامت مخالف می‌باشد. دریك اتم درحالت طبیعی بار مثبت هسته به وسیلهٔ بارهای منفی الکترونهای خارجی خنثی



ش۵

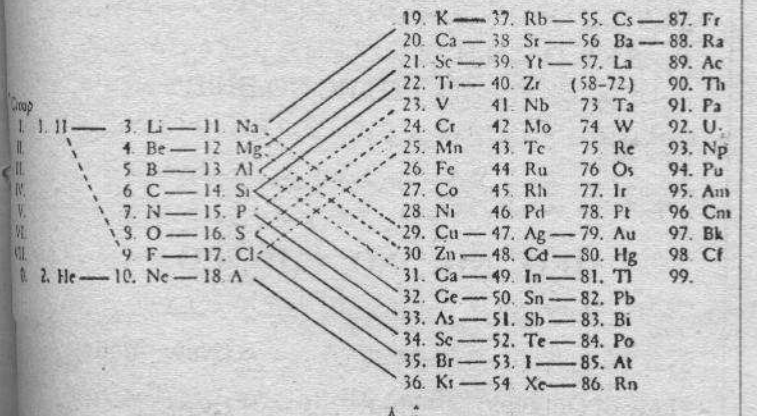
می‌گردد و تعداد الکترونها و پروتونها برابراست. ازدست دادن یا گرفتن یك الکترون این تعادل بارالکتریکی را به هم زده وذرهٔ باردار یا یون (ion) را به وجود می‌آورد. الکترونهایی که به دور هسته درمدارهای ثابتی درحرکتند به صورت اجتماعات مختلفی قرارگرفته که به هریك از این اجتماعات یا گروه یك جام الکترونی گفته می‌شود. این اجتماعات هنگامی پایدارند که دارای ۲ (درداخلی‌ترین جام) ۱۸،۸، و ۳۲ الکترون باشند. ساختمان اتم خنثی و یون سدیم (با یك بارمثبت) درشکل ٦ نشان داده شده است.



ش٦

خواص شیمیائی اتم بستگی به تعداد الکترونهای خارجی‌ترین جام آن دارد این الکترونها که به آنها الکترونهای ظرفیتی گفته می‌شود معمولا از هشت تا بیشتر نمی‌شوند. پس قانون هشت تایی نیولاندز مربوط به تناوب خواص شیمیائی بستگی به ازدیاد الکترونهای ظرفیتی درآخرین جام ازیك به هشت می‌باشد. تعداد الکترونهای ظرفیتی درتمام عناصر یك خانواده برابر می‌باشد.

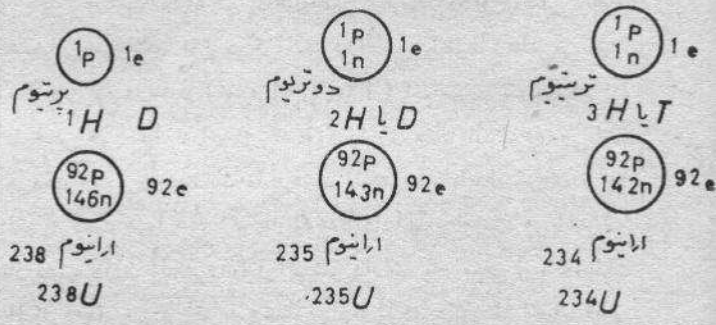
طرح جدید جدول تناوب عناصر درشکل ۷ نشان داده‌شده است. دراین جدول عدد اتمی به عناصر داده آنهارا به صورت گروههای یك تا هشت وهمچنین گروه صفر تنظیم کرده‌اند. (عناصر نادر ۷۲-۵۸ بطورجداگانه نشان داده شده‌اند) جمعاً ۹۲ عنصر طبیعی کشف شده‌اند که از ئیدرژن (وزن اتمی ۱ و عدد اتمی ۱)



ش۸

شروع شده به اورانیوم (وزن اتمی ۲۳۸ وعدد اتمی ۹۲) ختم میگردند. علاوه براین‌چند عنصر کاملا مصنوعی نیز کشف شده که از شمارهٔ ۹۳ به بعد درجدول قرار گرفته‌اند.

همانطور که دربالاگفته شد خواص شیمیائی یك اتم بستگی به ساختمان الکترونی‌آن دارد. ممکن است که دو یا چند هسته دارای تعداد الکترون متساوی باشند و طرزقرارگرفتن‌آنها نیز کاملامشابه هم باشد.دراین‌صورت‌این اتمهارا ایزوتوپ(Isotope) یکدیگر می‌نامند. ایزوتوپها دارای خواص شیمیایی یکسان بوده عدد اتمی‌آنها برابراست ولی وزن اتمی‌آنها متفاوت است. بیشتر عناصردارای ایزوتوپ می‌باشند. مثلا ئیدرژن و اورانیوم هر یك دارای سه ایزوتوپ شناخته شده می‌باشند (شکل ۸). ئیدرژن معمولی از ۶۰۰۰ قسمت **پروتیوم** (Protium) و یك قسمت **دوتریوم** (Deuterium) تشکیل‌شده است. **تریتیوم** (Tritium) یك ایزوتوپ‌کاملا مصنوعی‌است. مقدارکمی اکسید دوتریوم (آب سنگین) D_2O درآب‌معمولی وجوددارد.



ش۸

فرضیهٔ جدید ساختمان عناصر شیمیائی مارا بیاد عقیدهٔ ارسطو دربارهٔ ابتدایی بردن ماده و فرضیهٔ کیمیاگران دربارهٔ یکپارچگی‌آن می‌اندازد. دربیست وسه قرن پیش افلاطون عقیده داشت‌که طبیعت بریك طرح ریاضی پایه‌گذاری شده‌است وحقیقت نهایی‌راباید در ریاضیات جستجوکرد. راستی‌چه صحیح فکرکرده بود.اگرباز به‌عقب برگردیم می‌توانیم شباهتی‌بین فرضیهٔ‌الکترونی ماده وفرضیهٔ اولیهٔ دوجسم متضاد بیابیم. مثل‌این است‌که فکر انسان مانند الکترون درمدار بسته جولان می‌کند.

در تمام فعل و انفعالات شیمیایی معمولی، اتم‌کاملا پایدار مانده ومانندیك‌ذرهٔ غیرقابل‌تجزیه باقی‌می‌ماند. ولی‌ازسال۱۸۹۶ به بعد شواهدی به دست‌آمدکه نشان می‌دادکه عناصرسنگین (با وزن‌اتمی‌زیاد) مانند اورانیوم ۲۳۸ ورادیوم ۲۲۶ دارای‌خواص **رادیواکتیویته** (Radioacitvity) هستند. بعداً معلوم شدکه این پدیده همان تجزیهٔ‌آنی اتم وتبدیل‌آن به اتمهای دیگر است ودر این تغییروتبدیل دائماً انرژی خارج می‌شود واین درحکم استحالهٔ طبیعی است. در سال ۱۹۱۹ راترفورد نخستین استحالهٔ مصنوعی را با بمباران‌کردن اتم ازت به وسیلهٔ ذرهٔ الفا (هستهٔ هلیوم) که درآنی باانرژی جنبشی فوق‌العاده زیاد می‌باشند واز رادیوم منتشرمی‌گردند انجام داد. دراثراین عمل اتم ازت به‌اتم اکسیژن تبدیل‌گشت. در آزمایشهای بعدی توانست تریلیوم را به‌کربن تبدیل‌کند. این‌تغییرات هسته‌ای فقط به مقداری بسیار محدود انجام‌گرفت ولی‌انرژی حاصل ازهمین‌مقدارکم بسیاربیشتر ازانرژی حاصل‌ازفعل‌وانفعالات شدید غیرهسته‌ای (فعل وانفعالاتی که هستهٔ اتم تغییرنمی‌کند) بود. درتمام این‌نوع فعل‌وانفعالات‌که قبل‌ازسال ۱۹۳۸ انجام‌گرفته‌است انرژی داده‌شده به وسیلهٔ ذراتی که برای‌بمباران به‌کارمی‌رفته‌اند خیلی بیشترازانرژی حاصل‌ازفعل وانفعال بوده است ودرنتیجه لازم بوده است‌که برای ادامهٔ عمل استحاله عمل‌بمباران ادامه یابد.

به وسیلهٔ روشهای شکلی می‌توان اورانیوم ۲۳۵ را از اورانیوم طبیعی‌که تقریباً۷ر. درصدآن‌را تشکیل‌می‌دهد جداکرد. درسال ۱۹۳۸ مشاهده شدکه اگراین‌ایزوتوپ اورانیوم رابه وسیلهٔ نوترون بمباران‌کنیم فعل وانفعال خود به‌خود دراثر آزاد شدن نوترونهای جدید حاصل از متلاشی شدن یا تجزیه شدن هستهٔ اتمها توسعه یافته ودرنتیجه انرژی زیادی‌که خیلی‌بیشترازانرژی حاصل‌ازانفجار مواد منفجرهٔ‌آلی‌می‌باشد به دست می‌آید. متأسفانه برای بشریت تجربهٔ بسیار تلخی بود که نخسین استفاده ازاین منبع جدید وخارق‌العاده انرژی به شکل بمب‌اتمی درآمد. یکی ازمسائل بزرگی‌که دانشمندان معاصربا‌آن مواجهند، یافتن راههای‌مناسبی‌است برای‌استفاده ازاین انرژی جهت تولید نور، حرارت وحرکت؛ وشاید بزرگترین وظیفهٔ انسان‌این‌قرن‌جلوگیری ازاستفاده انرژی‌اتمی درمصارف جنگی‌باشد.

برگردیم به شیمی معمولی. اتم به جای‌آنکه دریك حالت تنهایی به سر برد وارد ترکیب شده ملکولها را تولید می‌کند. ملکول ئیدرژن معمولی از اتصال بین دواتم ئیدرژن حاصل شده وبه صورت H_2 نوشته می‌شود. ملکول‌آب H_2O دارای دو اتم ئیدرژن ویك اتم اکسیژن‌است. همین‌طور ملکول‌آمونیاك به‌صورت NH_3 و ملکول متان به صورت NH_4 نوشته می‌شود. ملکولهای یك جسم خالص همگی مشابه یکدیگرند. ملکول عناصرفقط دارای یك نوع اتم می‌باشند وملکول ترکیبات شیمیایی شامل دو یا چند نوع اتم مختلف می‌باشند. هرتغییری‌که باعث تغییر درساختمان ملکول‌گردد، مانند تبدیل ازحالت مایع به حالت بخار یاازحالت جامد به‌حالت مایع را تغییرفیزیکی می‌نامند. درتغییرات شیمیایی اتمهای ملکولها ازهم جدا می‌شوند مانند تجزیهٔ آب به ئیدرژن و اکسیژن.

درسال ۱۸۱۱ **آوگادرو** (Avogadro) یکی از خواص کلی ملکولها را معین‌کرد. طبق نظریهٔ او درشرایط مساوی از فشار ودرجهٔ حرارت، تعدادملکولهای‌گازها درحجم مساوی به‌یك

اندازه می‌باشد. درحالت گازی ما می‌توانیم یك جامعهٔ دمکرات کامل بیابیم . چون‌در گازهاهرواحد جامعه یا ملکول دارای همان اندازه فضای حیاتی بوده وهیچ تفاوتی بین‌آنها وجود نداشته و وکاملا ازهرلحاظ با یکدیگرشبیه می‌باشند.

فرمول ملکولی یك جسم مانند H_2، H_2O، NH_3 که دربالابه‌آنها اشاره شد، تعداد ونام اتمهای مختلفی‌که درآن ملکول وجود دارد مشخص می‌کند. این فرمول به وسیلهٔ محاسبهٔ ساده‌ای‌ازروی اوزان نسبی اتمی عناصر، درصدترکیبی‌آنها(حاصل ازتجزیهٔ کمی) ودانستن‌وزن ملکولی جسم به‌دست می‌آید. وزن ملکولی عبارت است ازوزن هرملکول نسبت به وزن ئیدرژن که یك فرض شده است وبه راحتی ازمقایسهٔ چگالی بخار اجسام یا چگالی ئیدرژن با درنظرداشتن قانون آوگادرو ودانستن این‌که هرملکول ئیدرژن از دو اتم‌ئیدرژن‌تشکیل‌شده‌است‌به‌دست‌می‌آید.

طبق فرضیهٔ ظرفیت‌که برای نخستین‌بار درسال ۱۸۵۲ به‌وسیلهٔ**فرانکلند**(Frankland) استاد شیمی درمنچستر پیشنهادشد، هرنوع اتم دارای یك قدرت ترکیبی می‌باشدکه به آن ظرفیت گفته وبه‌صورت عدد صحیح وکوچکی نشان داده می‌شود. اتم یك ظرفیتی ئیدرژن‌را به‌صورت $-H$ واتم دوظرفیتی اکسیژن‌را به‌صورت $-O-$ می‌نویسند. خطوط افقی، اتصالهای ظرفیتی‌یامحل اتصال اتمهارا به یکدیگرنشان می‌دهند. مثلا فرمول‌آب‌رامی‌توان به‌صورت $H-O-H$ که درآن نشان داده شده‌که اتمهاچگونه به هم متصل هستند نوشت . این نوع‌فرمول‌را فرمول ساختمانی می‌گویند. ظرفیت اتمها همیشه ثابت نمی‌باشد. مثلادرآمونیاك‌ازت

$$H-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{N}}}}-H$$

سه ظرفیتی بوده و دراسید نیتریك‌پنج ظرفیتی

$$H-O-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{N}}=O$$

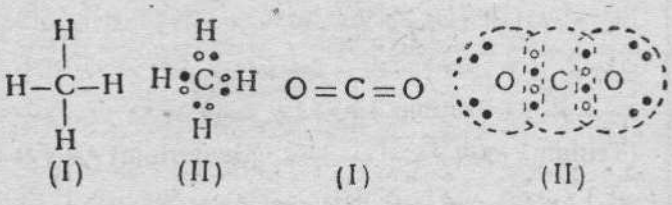
است. دراین فرمول ساختمانی اخیر ، هم اتصالهای یك‌ظرفیتی و هم اتصالهای دوظرفیتی بین اتمها نشان داده شده است. اتصالهای سه‌ظرفیتی (سه‌گانه) نیزوجوددارند.

درفرضیهٔ جدید الکترونی ظرفیت ، طبیعت این اتصالها که دونوع اصلی تشکیل شده‌اند تشریح شده است. به‌عنوان‌یك‌مثال ساده‌کووالانتی (ظرفیت اشتراکی) از ملکول ئیدرژن می‌توان‌نام برد. دراین ملکول هراتم ئیدرژن یك‌الکترون خودرا با اتم‌دیگر به اشتراك می‌گذارد.

$$H\cdot + \cdot H \rightarrow H:H$$

بدین‌صورت‌هراتم‌دارای‌یك‌جام‌ثابت(داخلی‌ترین) بادوالکترون می‌گرددهمین‌طورساختمانی‌الکترونی‌ترکیب کووالانتی‌متان، CH_4، راممکن است‌چون شکل۹ نشان داد که‌درآن‌چهارالکترون‌ظرفیتی کربن به وسیلهٔ دایره‌های توخالی نشان داده شده‌اند. اتم کربن چهار الکترون‌را با چهاراتم ئیدرژن به اشتراك می‌گذارد وبدین وسیله هراتم ئیدرژن دارای دوالکترون واتم‌کربن دارای هشت الکترون شده به حالت‌ثبات درمی‌آید.

دراین ترکیبات اتصالها همه یگانه هستند. اتصال دوگانه یا دوظرفیتی ازاشتراك چهار الکترون بین دواتم‌که هرکدام دو الکترون به اشتراك می‌گذارند حاصل می‌شود، مانند ملکول CO_2 که تمام اتمهای متشکلهٔ‌آن، مدار پایدار هشت الکترونی خود را به دست می‌آورده‌اند.



ش۹

ظرفیت کووالانتی یا غیرقطبی یکی از دونوع اصلی اتصال شیمیایی می‌باشد. نوع دیگرالکتروولانس یاظرفیت‌قطبی‌می‌باشد. مثلا در کلرورسدیم (نمك طعام) $ClNa$ اتم سدیم تنها الکترون ظرفیتی خود را به اتم‌کلر که خود دارای هفت الکترون می‌باشد می‌دهد وبدین‌صورت یك مدارهشت الکترونی پایدار برای هردو اتم به دست می‌آید . اتم سدیم حالا دارای بارمثبت می‌باشد (با از دست دادن الکترون) و اتم‌کلر دارای بار منفی (با دریافت الکترون). هردو اتم به وسیلهٔ جاذبه الکتریکی با اتصال قطبی جذب یکدیگرشده‌اند.

این نوع اجسام برخلاف اجسام قبلی در محلول‌به یونهائی با بارهای مختلف تبدیل می‌گردند . در معادلهٔ زیر که باید با شکل ٦ مقایسه‌گردد فقط الکترونهای ظرفیتی آخرین جام به وسیلهٔ نقطه نشان داده شده‌اند.

$$Na\cdot + \cdot\ddot{Cl}: \rightarrow NaCl: \rightarrow [Na]^+ [:\ddot{Cl}:]^-$$

تقریباً تمام نمکهای اسیدهاوبازها به‌علت‌وجوداتصال‌قطبی قابل یونیزه شدن می‌باشند ولی ترکیبات کووالانتی‌که شامل‌اکثر ترکیبات‌آلی‌می‌گردند این‌خاصیت‌را ندارند. طبق فرضیهٔ تفکیك الکترونی،اسیدهاوبازها ترکیبات‌یونی‌می‌باشندکه به‌ترتیب‌یون‌ئیدرژن $+[H]$ ویون‌ئیدروکسیل $-[OH]$ درمحلولها تولیدمی‌کنند.

شیمیدانها امروزه‌باید درآن واحد دردوجهت فکرکنند ، یکی کمی ودیگری کیفی. این دونوع رابطه‌را که درتمام ترکیبات شیمیایی وجود دارند می‌توان به‌صورت قابل استفاده‌ای به شکل یك معادلهٔ شیمیایی نشان داد . مثلا اثراسید نیتریك برئیدرات سدیم‌راکه تولید نیترات سدیم و آب می‌کند به‌صورت معادلهٔ زیر می‌توان نشان داد.

$$NO_3H + NaOH = NO_3Na + H_2O$$

که به صورت یونی به این شکل نوشته می‌شود:

$$[NO_2]^- + [H]^+ + [Na]^+ + [OH]^- = [Na] + + [NO_2]^- + H_2O$$

(آب تقریباً غیر قابل‌یونیزه شدن است). به‌طور کلی یك اسید وقتی که با یك باز ترکیب‌شود یك‌مایع وآب به‌دست‌می‌دهد. معادلهٔ تشکیل آب ازاکسیژن‌و ئیدرژن‌به‌صورت زیراست:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

این معادله نشان‌می‌دهد که‌چهارقسمت (برحسب‌وزن) ئیدرژن (وزن‌اتمی‌برابربا یك) با ۳۲ قسمت اکسیژن (وزن اتمی‌مساوی ۱۶ ترکیب) ترکیب شده ۳۶ قسمت (برحسب وزن)آب می‌دهد. همین‌طور برحسب فرضیهٔ آوگادرو درهمان درجهٔ حرارت وفشار۲ حجم ئیدرژن با یك حجم اکسیژن ترکیب شده ۲ حجم‌گاز آب (بخار) به دست می‌آید.

درمعادلات‌کاملتر تغییرات انرژی نیز نشان داده می‌شوند. مثلا درمثال بالاکه یك فعل وانفعال‌گرمازا می‌باشد، باید مقدار انرژی حاصل نیز نشان داده شود.

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O\,(\text{مایع}) + \text{۱۳۶٫۸ کالری}$$

برحسب این‌معادله ازترکیب چهارگرم ئیدرژن و۳۲گرم‌اکسیژن ۳۶گرم‌آب درحالت مایع و ۱۳۶٫۸کالری حرارت‌حاصل‌می‌شود وبه عکس تجزیهٔ ۳۶گرم‌آب مایع‌به اکسیژن وئیدرژن‌همین‌مقدار حرارت یا انرژی به صورت دیگر لازم دارد. طبیعت حسابگری دقیق درفعل وانفعالات شیمیایی است. بعضی از فعل و انفعالات گرماگیرمی‌باشند وحرارت جذب می‌کنند. دراین‌جا ما به رشتهٔ ترموشیمی (thermochemistry) که خود قسمت کوچکی‌است ازیك رشته بزرگ شیمی فیزیك کـه مربوط به مطالعهٔ تغییرات وخواص فیزیکی همراه با تغییرات شیمیایی‌است برخورد می‌کنیم. شیمی فیزیك، مانند خود فیزیك، درتوسعهٔ خود به ریاضیات‌متکی بوده است.

عناصربه صورتهای مختلفی‌که بستگی به ظرفیت وخواص شیمیایی‌آنها دارد. با یکدیگرترکیب می‌شوند وتشکیل‌ملکولهای مختلف وپیچیده‌ای مانند ملکول سادهٔ ئیدرژن H_2 که از دواتم ئیدرژن تشکیل شده و ملکولهای بزرگی‌که از اتمهای گوناگون به تعداد r مختلف ساخته شده‌اند می‌دهند. بعضی ازاین ترکیبات معین به‌طور طبیعی درموجودات بی‌جان‌را یا جمادات یافت شده‌و عده‌ای دیگر جزء ساختمان‌بدن موجودات زنده یاآلی می‌باشند. بدین وسیله درقرن هیجدهم تفاوتی بین موادآلی و مواد معدنی به وجودآمد ودرنتیجه این تفاوت باعث ایجاد دو رشتهٔ بزرگ علم شیمی به نام شیمی‌آلی وشیمی معدنی گشت.

شیمی وشیمی‌آلی

درمیان انواع مختلف وبسیار موادمعدنی گازهای آتمسفر، آب، سنگها، فلزات واکسید وبرنمکهای‌آنها، غیرفلزات‌وترکیبات آنها مانندا‌سید سولفوریك واسیدکلریدریك وجود دارند. ترکیبات آلی طبیعی شامل چربی حیوانات و نباتات ، ئیدراتهای کربن، پروتیئنها- رنگها الکالوئیدها، عطرها، الکلها ، اسیدهای‌آلی- کائوچو، ذغال سنك ، نفت ، وعدهٔ بیشمار دیگر می‌باشد .

از نگاهی به این نامها مستفاد میشود که صنایع بزرگ مانند صنایع‌کشاورزی که از همه قدیمی‌تراست روی هر دو رشتهٔ شیمیایی پی‌ریزی شده‌اند . ضمناً کاملا مشهوداست‌که موقعی‌استفاده ازمواد خام صنعتی با صرفه است‌که از آنها طبق روشهای صحیح و پی درپی شیمیائی استفاده شود . شیمی معدنی وابسته به زمین- شناسی ، سنگ شناسی و فلز شناسی است و حال‌آنکه شیمی‌آلی با فیزیولوژی ، بیوشیمی و بیولوژی مربوط است .

در اوایل‌قرن۱۹ متوجه شدندکه تمام ترکیبات‌آلی‌طبیعی دارای عنصرکربن است . امروزه بیشتر ترکیبات‌آلی طبیعی را به وسیلهٔ روشهای مصنوعی تهیه کرده‌اند . علاوه بر این هزاران ترکیب‌کربن‌که در طبیعت یافت نمی‌شوند مصنوعاً ساخته شده‌اند. تمام این ترکیبات جزء شیمی‌آلی می‌باشند . به طوری‌که امروزه به شیمی‌آلی شیمی ترکیبات‌کربن می‌گویند . سایرترکیبات جزء رشتهٔ ترکیبات معدنی می‌باشند .

تعداد ترکیبات کربن از مجموع ترکیبات سایر عنـاصر بیشتراست ، با انکه این ترکیبات به طورکلی از عناصرکربن ، ئیدرژن ، اکسیژن ، و ازت ساخته شده‌انـد . C ، H ، O و N چهـار عنصر بزرگ شیمی آلی می باشند . علت بیشمار بـودن ترکیبات آلی موقعی روشن شد که **ککوله** (Kekulé) استاد شیمی شهر بن فرضیهٔ خودرا دربـارهٔ ساختمان ملکولی ترکیبات آلی درسال ۱۸۵۸منتشرکرد . این فرضیه بر دواصل پایه‌گذاری شده است . یکی چهار ظرفیتی بودن اتم کربن و دیگری قابلیت اتمهای کربن در متصل شدن به یکدیگر . ککولـه تعریف کرده است‌که روزی در اتوبوس شهرلندن دراواخرشب درخواب وخیال فرو رفتم . ناگهان اتمها در مقـابل چشم من به جست و خیـز درآمدند ، ومن مشاهده‌کردم‌که چگونه دو اتم باهم ترکیب‌گشتند تا تشکیل یك زوج بدهند چگونه یك اتم بزرگ دو اتم‌کوچك را بدنبال خود می‌کشید وچگونه اتمهای بزرگتر سه یا حتی‌چهار اتم‌کوچك دردنبال خود داشتند و تمام اینها درحال جست و خیز بودند . بالاخره‌دیدم‌که اتمهای بزرگ تشکیل یك زنجیره دادند و اتمهای کوچك را به دنبال خود کشیدند . » این بود سرآغاز فرضیهٔ ساختمان ملکولی.

در ساده ترین ترکیبات‌آلی یا ئیدروکربورها ظرفیت‌های باقی‌مانده‌کربن‌ها که در زنجیره قراردارندبه وسیلهٔ اتم ئیدرژن تکمیل‌گردیده‌است. دریك‌زنجیرهٔ ساده‌مانند C—C—C—C

هریك از دو اتم دوسرملکول (کربن نوع اول) احتیاج به سه اتم ئیدرژن و هریك ازکربنهای وسط (کربن نوع دوم) احتیاج به دو اتم ئیدرژن دارند تا چهار ظرفیت خود را تکمیل کنند . در این مثال بخصوص فرمول ساختمانی ئیدروکربور به صورت $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ در می آید . برای طولانی کردن طول زنجیره کافی است که به آن گروههای دو ظرفیتی $-CH_2-$ اضافه کنند . درنتیجه ترکیبات آلی را می‌توان به‌صورت گروه های متجانس Homologus Series منظم کرد که اعضای همجوار آن در ساختمان ملکولی خود ، فقط در تعداد $-CH_2-$ تفاوت دارند .

ئیدروکربورها درطبیعت فراوانندبخصوص درنفت خام که تقریباً تمام آن از این ترکیبات تشکیل شده است . نفت طبیعی ایالت پنسیلوانیای آمریکا سرشار ازترکیبات‌متجانس‌سری‌پارافینها می باشد که چهار ترکیب اولیهٔ این سری عبارتند از متان CH_4 -- اتان C_2H_6 یا CH_3-CH_3 و C_3H_8 (فرمول ملکولی) یا $CH_3-CH_2-CH_3$ (فرمول ساختمانی) و بالاخره بوتان C_4H_{10} یا $-CH_2-CH_3$ که آن را به این صورت نیز می‌توان نوشت :

$$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$$

درمیان ترکیبات این‌گروه متجانس‌که فرمول‌کلی آنها به‌صورت C_nH_{2n+2} می‌باشد ترکیباتی‌که تا هفتاد کربن در ملکولشان وجود دارد یافته می‌شود . ترکیبات بعدی این‌گروه به حالت مایع بوده مانندنفت، بنزین وروغنهای معدنی وبالاخره بقیه به‌حالت جامد هستند مانند واکسها وپارافینهای جامد. در این سری ازبوتان به‌بعد دیگرفرمول ساختمانی به یك‌صورت‌نیست ومی‌توان آن‌را بیش ازیك‌نوع نوشت . مثلا دونوع بوتان وجود دارد یکی $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ یا بوتان نرمال و دیگری $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_3$ یا **ایزوبوتان** (isobutane). ترکیب اول دارای یك زنجیرهٔ چهارکربنی بدون شاخه، وترکیب دوم دارای یك‌زنجیرهٔ چهارکربنی‌شاخه‌دار می‌باشد. این‌دوترکیب‌را **ایزومر**(Isomers) می‌گویند یعنی ترکیباتی‌که دارای فرمول ملکولی مشابه بوده (C_4H_{10}) ولی با همدیگر ازنظرخواص فرق دارند، چه اتمهای ملکولهای آنها ازنظرطرزقرارگرفتن‌باهم‌متفاوت‌هستند. ایزومربودن به‌ندرت در شیمی معدنی یافته می‌شود ولی درشیمی‌آلی به صورتهای مختلف و فراوان وجود دارد. هرچه فرمول ملکولی پیچیده‌ترگردد، تعداد ایزومرها بیشتر شده و گاهی به اعداد غیرقابل تصوری می‌رسند. مثلا ترکیب $C_{30}H_{62}$ که ازدونوع اتم ئیدرژن و کربن تشکیل شده است به‌طورنظری بیش‌از ۴۰۰۰ملیون ایزومردارد.

هیچ عنصر دیگری جزکربن دارای‌این‌قابلیت اساسی‌نیست که بتواند اتمهای‌خودرابه‌هم دیگر متصل کند. به علت‌همین‌خاصیت منحصروچهار ظرفیتی بودن اتم‌کربن است‌که تعداد ترکیبات آن نامحدود می‌باشد و ازاین‌جا می‌توان دریافت که دامنهٔ رشتهٔ شیمی آلی بسیار وسیع است.

گاهی دواتم کربن مجاورهم به وسیلهٔ یك اتصال مضاعف دوکووالانتی‌به یکدیگرمتصل می‌شوند. مانند اتصال‌بین‌کربن و اکسیژن درانیدریدکربنیك . ساده‌ترین مثال این نوع‌ترکیبات، اتیلن است‌که فرمول ساختمانی آن‌به‌صورت $H_2C=CH_2$ می‌باشد. وجود اتصالهای سه‌گانه نیز ممکن است ، مانند استیلن یا C_2H_2 به فرمول ساختمانی $CH\equiv CH$. اتصالهای دوگانه و سه‌گانه عوامل فعالی درملکول‌این ترکیباتندکه‌به‌آنها ترکیبات سیرنشده درمقابل ترکیبات سیرشده (ترکیباتی که دارای اتصال دوگانه وسه‌گانه بین‌کربنها نمی‌باشند) می‌گویند. فعالیت ملکول اتیلن مثلا در قابلیت‌آن درگرفتن دواتم ئیدرژن است هنگامی‌که باگاز ئیدرژن درحضوریك معین عمل (مثلاکودنرم‌نیکل) مخلوط گردد. یعنی‌با ئیدرژن ترکیب شده وبه ملکول سیرشده‌اتان‌تبدیل می‌گردد . به این نوع فعل و افعال ئیدرژناسیون به وسیلهٔ معین عمل گفته می‌شود.

$$C_2H_4+H_2=C_2H_6$$

این یك‌مثال معمولی‌وانفعالات‌اضافی‌است‌که‌یکی‌ازمشخصات ترکیبات سیرنشده‌است. معین عمل‌جسمی‌است‌که‌با مقدارنسبتاً کمی باعث می‌شودکه یك فعل وانفعال شیمیایی انجام‌گیرد بدون آنکه درخودآن تغییر یا نقصان‌دائمی روی‌دهد. عمل‌آن‌به وسیلهٔ‌تشکیل ترکیبات واسط یا به وسیلهٔ ازدیاد غلظت ترکیباتی که وارد فعل و انفعال می‌شوند درسطح خارجی خود می‌باشد.

ازلحاظ‌نظری‌ئیدروکربورهارامی‌توان‌ترکیبات‌مادرعدهٔ‌زیادی ازترکیبات مختلف‌آلی دیگردانست‌که ئیدرژن‌آنهابه‌وسیلهٔ‌اتمهای عناصردیگر یاگروههای دیگر استخلاف شده است . البته این بدین معنی نیست که عملا هم می‌توان این عملیات استخلاف یا جابجایی‌را درصنعت‌انجام داد واگرهم‌بتوان چنین‌کرد، این روش بهترین راه تهیهٔ این ترکیبات استخلاف شده نمی‌باشد.مثلا الکل معمولی (الکل اتیلیك) رامی‌توان همان ئیدروکسی اتان C_2H_5-OH دانست‌که یکی ازشش اتم ئیدرژن اتان‌به‌وسیلهٔ عامل یك ظرفیتی ئیدراکسیل (OH−) استخلاف شده است. عملا الکل اتیلیك را از اتان، در دومرحله که درمعادلات زیرنشان داده شده‌اند می‌سازند.

(۱) $C_2H_6+Cl_2=HCl+C_2H_5Cl$ (کلوراتیل)

(۲) $C_2H_5Cl+NaOH=ClNa+C_2H_5oN$

(الکل‌اتیلیك)

هرکدام‌ازاین‌معادلات یك واکنش استخلافی‌را نشان‌می‌دهد.

که‌از مشخصات‌ترکیبات سیرشده است . معمولا الکل اتیلیک‌رادر صنعت ازتخمیر مواد قندی مانند گلوکز $C_6H_{12}O_6$ تهیه‌می‌کنند . این فعل وانفعال به وسیلهٔ یك معین عمل آلی وپیچیده یا **آنزیم (Enzyme)** انجام می‌گیرد که دربعضی از موجودات ذره‌بینی به‌نام مخمرها وجود دارد.

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

عامل معمولی الکلها، $-OH$ می‌باشد که مستقیماً به‌یك کربن اشباع شده متصل است. این عامل مانند عامل ئیدراکسید سود یونیزه‌نمی‌گرددچون‌به‌اتم‌کربن‌به وسیلهٔ یك اتصال‌کووالانتی متصل است درحقیقت اتصالهای‌ترکیبات‌آلی‌ازنوع‌کووالانتی بوده مگر در بعضی از قسمتهای مخصوص ملکولهای اسیدها ـ بازها واملاح‌آلی‌که مانند ترکیبات مشابه معدنی خود قابل یونیزه‌شدن می‌باشند. به استثناء ترکیبات اخیر بقیهٔ ترکیبات‌آلی‌قابل‌یونیزه شدن نیستند. از میان تعداد زیادی ازعاملهای ترکیبات آلی از

عامل کربوکسیل $-C(=O)-H$ دراسیدهای‌آلی و عامل

الدئیدی $-C(=O)-H$ را می‌توان نام برد. مثال ساده ازاین‌عاملها را می‌توان در اسید استیك CH_3COOH و استالدئید CH_3-CHO یافت.

اینها وتعداد زیادی ازترکیبات‌آلی دیگررا امروزه می‌توان به طورمصنوعی به وسیلهٔ یك رشته روشهای شیمیائی‌ازعنصر کربن به صورت‌کك با زغال چوب تهیه‌کرد. در درجه حرارتهای زیادکه درکوره‌های الکتریکی وجود دارد کربن باآهك(اکسید کلسیم) ترکیب شده تولیدکلسیم و اکسیدکربن می‌نماید:

$$CaO + 3C = C_2Ca + CO$$

آب‌باکربورکلسیم ترکیب شده استیلن وآب‌آهك‌می‌دهد:

$$C_2Ca + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

درحضور یك‌معین عمل‌استیلن باآب ترکیب شده استالدئید می‌دهد:

$$C_2Ca + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

درحضوریك‌معین عمل استیلن باآب ترکیب‌شده استالدئید می‌دهد:

$$C_2H_2 + H_2O = CH_3CHO$$

اگربه استالدئیدبه وسیلهٔ هیدرژناسیون درحضور معین عمل یا راههای دیگرئیدرژن اضافه کنیم الکل اتیلیك مشابه الکلی که ازقند به دست‌می‌آید تهیه می‌گردد وچنانچه به‌آن باکمك‌معین عمل یا راههای دیگر اکسیژن بدهیم اسید استیك به‌دست می‌آید

(الکل‌اتیلیك)

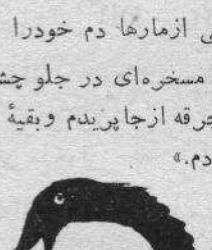
$$CH_3-CHO + 2H = CH_3-CH_2OH$$

(اسید استیك)

$$CH_3-CHO + O = CH_3-COOH$$

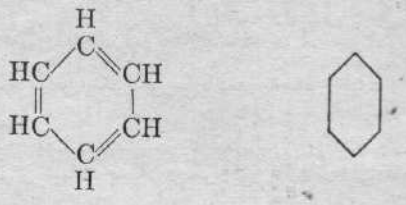
این دوفعل وانفعال نمونه‌های ساده‌ای ازتغییرات شیمیایی که کاملا درجهت عکس یکدیگر می‌باشند به نام احیاء و اکسیداسیون می‌باشند.

درمیان ترکیبات بسیار دیگرآلی، بازهای‌آلی قابل ذکر می‌باشند. این ترکیبات را می‌توان به صورت مشتقات آمونیاك (NH_3) شناخت‌که ساده‌ترین‌آنها اتیل‌آمین $C_2H_5NH_2$ و انیلین $C_6H_5NH_2$ هستند . انیلین همچنین یکی از مشتقات ئیدروکربور قطران‌زغال سنگ یا بنزن می‌باشدکه درنفت خام‌نیز یافت می‌شود . با ذکر بنزن وارد یك قسمت مهم وجدید شیمی‌آلی می‌گردیم ومجدداًرویاهای ککوله به‌نظر می‌آید. گرچه‌وضع‌لشکر بی‌شمار ترکیبات با زنجیره باز به وسیله فرضیهٔ اصلی ساختمان ملکولی ککوله‌روشن گردیدولی‌بنزن‌وترکیبات‌مترادف‌آن(ترکیبات معطر Aromatic چون عدهٔ بسیاری ازآنهادرگیاهان‌معطر کشف شده‌اند.) دروضع جداگانه‌ای قرارگرفته بودند. برای مدت‌چندین سال‌ککوله‌نتوانست فرمول ساختمانی صحیحی برای بنزن پیشنهاد نمایدکه بین اصول فرضیه خود وپایداربودن ترکیبی باشش‌کربن وشش ئیدرژن موازنه‌ای برقرارسازد. درسال ۱۸۶۵ ناگهان‌عقیدهٔ جدیدی به‌صورت‌جرقه به اونازل شد. او جریان‌را چنین تعریف می‌کند: «پشت میزم نشسته بودم داشتم می‌نوشتم. کارم‌هیچ‌پیشرفت نمی‌کرد. فکرم‌جای دیگربود.صندلی خودرابه طرف‌آتش‌گردانیدم وشروع به چرت زدن‌کردم، مجدداً اتمها درمقابل چشم من‌شروع به جست وخیزکردند- ولی این دفعه دستجات‌کوچك درعقب باقی می‌ماندند . چشم بصیرت من که به‌وسیلهٔ رویاهای مشابه تیزبین‌تر شده بود می‌توانست ساختمانهای ملکولی بزرگی را تشخیص دهد که به صورتهای مختلفی قرار گرفته بودند . ردیفهای طویلی که گاهی‌باهم‌خیلی نزدیکتر بودندمثل‌ماردرپیچ‌وتاب‌بودند.اوه‌نگاه‌کن! آن دیگرچیست؟ یکی ازمارها دم خودرا به دندان‌گرفته است‌و واین شکل به صورت مسخره‌ای در جلو چشم من چرخ می‌خورد . به‌یکباردرست مانندجرقه ازجاپریدم وبقیهٔ شب‌را برای شکل‌دادن به فرضیهٔ خودکارکردم.»



بدین‌وسیله از رؤیای مار (دم‌دار) **اوروبوروسی** Durobros

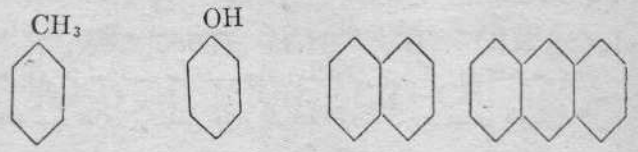
شکل ۱۱ مصر و یونان قدیم فرضیهٔ حلقهٔ بنزن با زنجیرهٔ بسته حاصل ازشش اتم کربن به‌پا خاست. نظریه‌ای که چون تاج برفرق فرضیهٔ اتصال اتمهای کربن به یکدیگر می‌درخشد.



(شکل ۱۲)

بایستی تذکر داد. که اتصالهای مضاعفی که درحلقهٔ بنزن نشان‌داده‌شده است خیلی کمتر از اتصالهای مضاعف ترکیبات با زنجیرهٔ باز فعال بوده وبه همین دلیل بنزن به سهولت وارد فعل و انفعال استخلافی می‌گردد (به جای فعل و انفعال اضافی)

درهمین‌هنگام **پرکین** (Perkin) یك دانشجوی جوان رشتهٔ شیمی کالج سلطنتی لندن درتعطیلات بهاره در آزمایشگاه ناقص منزل خود نخستین ترکیب سردستهٔ هزاران ترکیب دیگر که به‌نام رنگهای حاصل از قطران زغال سنگ خوانده می‌شوند، به نام (Mauve) را (رنگ بنفشی که ازاکسیده کردن انیلین قطران زغال سنگ به دست می‌آید) تهیه کرد. بعداً این رنگ به‌نام خود اوخوانده شد. به‌علت این کشف وراهی که بعداً درصنعت پیش گرفت پرکین را مؤسس شیمی نظری وعملی قطران زغال می‌دانند. بنزن وتعداد زیاد دیگری ازترکیبات اولیهٔ موجود در قطران زغال سنگ مانند تولوئن (متیل‌بنزن) ـ فنل (ئیدروکی‌بنزن) نفتالین و انتراسین رشتهٔ جدید درشیمی آلی به‌وجود آوردند



Toluene	Phenol	Naphthalene	Anthracene
$C_6H_5-CH_3$	C_6H_5-OH	$C_{10}H_8$	$C_{14}H_{10}$

(شکل ۱۳)

فرضیهٔ ساختمانی ملکولی حلقهٔ بنزن ککوله درست به‌موقع مناسبی پیشنهاد شد، چه به عنوان یك چراغ راهنمای کشفیاتی که از پرکین شروع شدوتا به امروز ادامه دارد گردید. بعضی از ترکیبات اولیهٔ موجود در قطران زغال سنگ به‌وسیلهٔ روشهای شیمیائی تبدیل به ترکیبات واسط که تعدادشان ازهزار بیشتر است می‌گردند، مثلا بنزن بامخلوطی ازاسیدسولفوریك واسیدنیتریك تولیدترکیب یك استخلافی بنزو بنزن را می‌نماید.

$$C_6H_6+NO_2H=C_6H_5NO_2+H_2O$$

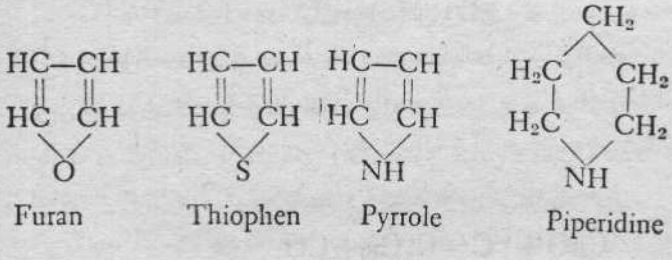
بنزوبنزن به وسیلهٔ ئیدرژن نوزاد حاصل از اثراسید کلریدریك بر آهن احیاء شده وانیلین که یکی‌ازترکیبات واسط پرمصرف‌می‌باشد به دست می‌آید.

$$C_6H_5NO_2+6H=C_6H_5NH_2+2H_2O$$

به وسیلهٔ روشهای مختلف شیمیایی‌ازآنیلین وسایرترکیبات واسط (Intermeliate) توانسته‌اند هزاران نوع رنگهای مصنوعی خالص، داروهای مختلف، مواد شیمیایی موردمصرف‌عکاسی، عطرها، مواد منفجره و موادشیمیایی دیگر تهیه کنند. این پیشرفتها که دارای اهمیت اقتصادی شگرفی می‌باشند همه‌ازلوله‌ولیوان‌آزمایش آزمایشگاه کوچك پرکین که به هنگام ساختن (Mauve) شاگرد مدرسه‌ای بیش نبودو ازرؤیاهای ککوله دربارهٔ‌ماری که دم خود را گازمی‌گرفت حاصل شده‌اند.

امروزه ئیدروکربورهائی که به‌مقدار زیاد درنفت خام‌یافته می‌شوند همان نقش‌را درصنعت شیمی آلی بازی می‌کنند و رشتهٔ جدیدی را درشیمی‌آلی به نام رشتهٔ پتروشیمی به‌وجود آورده‌اند.

ازطرف دیگر حلقهٔ بنزن دریچه‌را به‌روی سایر ترکیبات حلقوی که تعداد واهمیت آنها ازترکیبات‌زنجیری کمتر نمی‌باشدباز نمود. تعداد بیشماری ازسیستمهای حلقوی مختلف شناخته‌شده‌اند که در حلقهٔ آنها بین ۳ تا بیش‌ازسی‌اتم یافته‌می‌شود. ساختمان‌ملکولی این سیستمهای حلقوی یاحلقه‌جور (Homocyclic) است که‌فقط از اتمهای کربن تشکیل شده، مانند حلقهٔ بنزن (شکل ۱۴)، و یا حلقهٔ‌باجور (Hetesocyelic) است که غیرازاتمهای کربن اتمهای عناصر دیگر مخصوص اکسیژن یا ازت درحلقهٔ آنها وجود دارد.



(شکل ۱۴)

سیستمهای یك حلقه‌ای (شکل ۱۴) فقط دارای یك‌حلقه‌در ملکول خود می‌باشند. درسیستمهای چند حلقه‌ای بیش‌ازیك حلقه وجود دارد مانند نفتالین و انتراسین (شکل ۱۳). انواع مختلف حلقه‌های جور وناجوربا یکدیگر به راههای مختلف وصل شده و تولید تعداد بیشماری ترکیبهایی که‌هریك دارای مشتقات مخصوص به خود هستند می‌نمایند. از این گذشته هیچ حدی برای اینکه ساختمانهای زنجیری وارد ملکولهایی که‌دارای ساختمان ملکولی حلقوی‌می‌باشند بشوند وجود ندارند.

این است امکانات بی‌حد تارهای درهم‌پیچیدهٔ دنیای‌ملکولهای شیمی‌آلی که بنحو استادانه‌ای پیچیده وبه‌طرزشگرفی ساده خلق شده‌اند. وجود صورتهای مختلف حیات که ما باآنها آشنایی داریم بستگی به قابلیت‌منحصر به‌فرداتم کربن‌چهارظرفیتی است که‌می‌تواند به خودش به صورت زنجیر یاحلقه متصل شود.

درمیان ترکیبات طبیعی و مصنوعی آلی همه نوع ملکولهای پیچیده وساده یافته می‌شود. ملکولهای آلی طبیعی (که اغلب آنهارا می‌توان مصنوعی تهیه کرد) از ملکولهایی که دارای یك اتم کربن هستند شروع شده وبه آنهایی که چند هزار اتم کربن دارند ختم می‌گردند. به‌طورکلی ملکولهای طبیعی‌دارای ساختمان پیچیده‌ای هستند وبا یك نظر به ترکیبات ئیدراتهای کربن، چربی نباتات و حیوانات وپروتئینها می‌توان به این حقیقت پی‌برد.

ازنظر نهایی توسعه وپیشرفت موادآلی درروی زمین بستگی به فعالیت ساختمان برگ سبزدرختان دارد که عمل کرد یاخته‌های کوچك آنها ازمحصول هر آزمایشگاه شیمی‌آلی موجود در دنیا بهتراست. دراین یاخته‌ها است که هستهٔ اولیهٔ تولید ترکیبات‌آلی ایجاد می‌گردد. همان‌طورکه اشعیای پیغمبر درقرنها پیش گفت که «بدن تمام حیوانات ازعلف به وجودآمده است» ، شیمیدان آلی به تبع این فکر ممکن است چنین بگوید : « طبیعت چه تورهای درهمی به هم می‌بافد که ازیاختهٔ برگها آغاز می‌شود.»

ئیدراتهای کربن و همچنین پروتئینها ، هم برای ساختن بافتهای موجودات زنده به‌کار می‌روند وهم انرژی لازم را برای فعالیت آنها به وجود می‌آورند . ئیدراتهای کربن ، شامل قندها نشاسته‌ها وسلولزها می‌باشند که درنباتات ازانیدریدکربنیك وآب به وسیلهٔ روش **فتوسنتز** (Photosynthetic) دربرگها و در حضور دانهٔ رنگین نباتات سبز به نام کلروفیل که به عنوان معین عمل رفتار می‌کند وبه‌کمك انرژی نورخورشید ساخته می‌شوند . این انرژی باعث می‌شود که اکسیژن ملکولهایی مانند انیدرید کربنیك وآب که کاملا اکسیده شده یا سوخته‌اند از آنهاجدا شود. در نتیجه آنها به مولکولهای بزرگی که به منزلهٔ منبع ذخیرهٔ انرژی می‌باشند مانند گلوکز $C_6H_{12}O_6$-سوکروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ ونشاسته $(C_6H_{10}O_5)_n$ تبدیل می‌گردند.

این ترکیبات و ترکیبات دیگر مانند روغنها و چربیها وقتی که دربدن موجودات زنده به وسیلهٔ اکسیژن‌هوا آهسته اکسیده می‌گردند . انرژی ذخیره شدهٔ در خود را به صورت حرارت یا انرژی‌عضله‌ای آزادکرده‌وخود مجدداً به‌گازکربنیك‌و آب تبدیل می‌گردند.

مثلا برای ساختن ۳۴۲ گرم شکرمعمولی یا سوکروز از گازکربنیك و آب نیشکر یا چغندر قند ۱۳۴۹٫۶ کالری حرارت ازخورشید دریافت می‌کنند . همین مقدارانرژی از اکسیداسیون شکر به‌گازکربنیك وآب آزاد می‌گردد.

$$C_{12}H_{22}O_{11}+12O_2=12CO_2+11H_2O+1349{,}6Cal$$

این به طورخلاصه دورهٔ غذایی کربن درطبیعت است(شکل ۱۵) . ازت نیز دارای یك چنین دورهٔ غذایی می‌باشد که در آن پروتئینهای ازت دار با اوزان ملکولی که گاهی از ۱۰۰۰۰۰ هم بیشتر است ازگازکربنیك ،آب ،آمونیاك و انرژی ساخته شده و مجدداً باازدست‌دادن انرژی به همان ترکیبات اولیه برمی‌گردند.

ئیدروکربورها بیش از سایر ترکیبات‌آلی دارای انرژی ذخیره‌ای می‌باشند . این ترکیبات در منابع زیرزمینی به صورت نفت خام یافته می‌شوند که ممکن است در طول دورانهای زمین شناسی ازتجزیهٔ باقی‌مانده‌های موجودات دریائی یاباطلاقی به‌وسیلهٔ عوامل طبیعی به وجود آمده باشند . موقعی که ئیدروکربورهارا درهوا می‌سوزانیم یاآنهارا به حالت بخاردرآورده ودرهوامنفجر می‌کنیم (موتورهای درون سوز) دوفعل وانفعال گرمازا به وجود می‌آید که یکی اکسیداسیون کربن به گاز کربنیك و دیگری اکسیداسیون ئیدرژن به‌آب است . دراین واکنشها مقدارمتنابهی انرژی به صورت حرارت آزاد می‌گردد . ولی ئیدروکربورها مانند پروتئینها قندها وچربیها از به هم پیوستن ترکیبات ساده به وجود نیامده‌اند ، بنابراین نمی‌توان از آنها به عنوان مادهٔ غذایی استفاده کرد ولی مخلوطهایی ازآنها به صورت نفت، بنزین گازوئیل وغیره که ازنفت خام به دست می‌آیند وقتی که بااکسیژن هوا ترکیب شوند تولید مقدار زیادی انرژی می‌کنند که برای تولید حرارت، حرکت وروشنایی مصرف می‌شود.

در بعضی از ملکولهای آلی انرژی ذخیره شده به مقدار بسیار زیاد وجود دارد ، مانند مواد منفجره که نیترو گلیسرین $(C_3H_5O_9N_3)$ یکی از آنهاست . این ملکولها قادرندکه با اکسیژن موجود درساختمان‌ملکولی خود به وسیلهٔ ضربه‌ای‌ناگهان اکسیده شده ومقداری‌گاز به حجم بسیارزیاد دردرجه حرارتهای بالا تولید نمایند . درچنین شرایطی، نیتروگلیسرین مایع دریك چشم برهم زدن می‌تواند تقریباً ۱۰۰۰۰ برابرحجم خودگازهای داغ تولید نماید.

در میان ترکیبات‌آلی طبیعی دانه‌های رنگین و رنگهایی مانندکلروفیل ، هموگلوبین،نیل، الیزارین، عطرهایی که درروغن نباتات وجود دارند، هورمونها (اورنالین ، تیروکسین‌وغیره) ، ویتامینها(اسیداسکوربیك یاویتامین‌Cوغیره)؛الکالوئیدها (استریکنین کنین و غیره) ، انتی بیوتیکها (پنی‌سیلین و غیره) وترکیبات مختلف دیگر وجود دارند. ساختمان ملکولی تعداد زیادی ازاین ترکیبات معین شده‌اند ومعمولا با شناخته شدن‌ساختمان ملکولی آنهارا به‌طورملکولی تهیه‌می‌کنند. برای‌این‌کارمعمولااول‌طرح ساختمان ملکولی‌ترکیبات‌آلی صنعتی را معین می‌کنند وبعدسعی‌میکنندبا ساده‌ترکردن ساختمان ملکولی ملکول جدیدی به طور مصنوعی تهیه‌کنندکه تمام خواص‌مفید ترکیب طبیعی پیچیده را داراباشد. مثلاقسمتی‌ازملکول کوکائین که فعالیت فیزیولوژیکی دارد به‌صورت **نووکائین**(Novocaine)مصنوعاً ساخته شده که هم خیلی ارزانتر

است و هم از بعضی لحاظ نسبت به کوکائین طبیعی برتری دارد . کارهایی از این قبیل دررشتهٔ (Therapeutics) مورد استفاده قرارمی گیرد ودراین زمینه کارهای وسیعی باقی مانده که بایدانجام بگیرد .

یکی ازنکات رشد مهم شیمی آلی درحال حاضرتولیدمصنوعی موادی است که ازملکولهای بسیار بزرگ (Macromolcules) یا ملکولهایی با وزن ملکولی بسیار زیاد ساخته شده‌اند . این مواد شامل پلاستیکها ،کائوچوها والیاف مصنوعی می‌باشند. به‌عنوان یك مثال ساده می‌توان گفت که گاز اتیلن $CH_2=CH_2$ که به سهولت ازالکل به دست می‌آید ، چون درآن ظرفیت کربنها از نظر تعداد ئیدرژن کامل شده‌اند یك ترکیب سیر نشده است . در تحت فشارزیاد مولکولهای اتیلن به صورت واحدهای دو ظرفیتی $-CH_2-$ درمی‌آیند که صدها واحد به یکدیگرمتصل شده و تشکیل زنجیرهٔ طویل پلی اتیلن $(-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-)_n$، که یك جسم جامد شمعی شکلی است ومصارفی مختلف دارد، می‌دهند .

ملکول طویل ورشته‌ای مانند کائوچوی طبیعی را می‌توان ازنظرتئوری تشکیل شده ازهزاران واحد **ایزوپرین**(isoprene) C_5H_8 که به یکدیگر به طور منظم و مسلسل وسرته (سر یك واحد به انتهای‌واحد دیگر) متصل شده‌اند دانست . نقاط نقطه‌چین شده در فرمول زیرمحل این اتصالها را در ملکول کائوچوی طبیعی نشان می‌دهد .

وغیره

$$\cdots CH_2-C(CH_3)=CH-CH_2\cdots CH_2-C(CH_3)=CH-CH_2\cdots$$

وغیره

هنوزکائوچوی طبیعی را به طور مصنوعی نساخته‌اند ولی تعداد مختلفی‌کائوچو که ساختمان‌ملکولی‌آنها همان طرح ساختمان ملکولی‌کائوچوی طبیعی را دارد به طورکاملا مصنوعی ساخته شده است . مانند **نئوپرین** (Neoprene) که به جای‌بنیان متیل‌ $(-CH_3)$ ملکول‌کائوچوی طبیعی ، اتم‌کلر $(-Cl)$ قرار داده‌اند :

$$\cdots CH_2-C(Cl)=CH-CH_2\cdots CH_2-C(Cl)=CH-CH_2\cdots$$

ملکولهای نئوپرین ازتغییرشکل‌آنی و ترکیب ملکولهای کلروپرین $CH_2=CCl-CH=CH_2$ با یکدیگر حاصل می‌شود .

کلروپرین را می‌توان به سهولت ازاستیلن تهیه کرد .

ترکیب تعداد زیادی از یك نوع ملکول را با یکدیگر و تشکیل یك ملکول بزرگ با وزن ملکولی زیاد را **پلی‌مریزاسیون** (Polymerization) می‌گویند . ملکولهای کوچك ترکیب‌شونده را **مونومر** (Monomer) وملکول‌های بزرگ حاصل‌را **پلی‌مر** (Polymer) می‌نامند . ملکولهای بزرگ اغلب، ولی نه همیشه به وسیلهٔ پلی‌مریزاسیون ساخته می‌شوند .

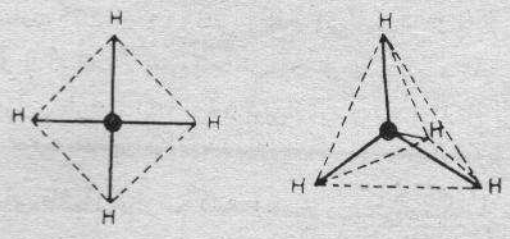
کائوچوهای مصنوعی جانشین برای‌کائوچوی طبیعی نیستند چه خواص فیزیکی‌آنها ازقبیل مقاومت در مقابل سایيدگی ، روغنها، مواد شیمیایی واکسیداسیون بسیار متفاوت است . این کائوچوها درچند مرحله از ترکیبات‌آلی ساده ، مانند استیلن ـ اتیلن ـ الکل و بنزن ساخته می‌شوند. باید گفت که پلی‌مرها در طبیعت به مقدار فراوان به صورت کائوچه‌ی طبیعی ، سلولز و پروتئینهای اجسام مختلفی مانند سفیدهٔ تخم مرغ و ابریشم یافته می‌شوند . ساختمان نایلون (یك پلی‌مرکاملا مصنوعی) با تغییرات مهمی ازروی ساختمان این پروتئینها اقتباس شده‌است.

پیچیدگی شیمی‌آلی به وسیلهٔ فرضیهٔ فضایی‌که بنای‌آن به وسیلهٔ پاستور در سال ۱۸۴۸ گذاشته شده است و به وسیلهٔ شیمیدان فرانسوی **لوبل**(Le Bel) وشیمیدان‌هلندی **وانت هف** ـ (Van't Hoff) در سال ۱۸۷۴ پیشنهاد شده بیشترگردید . در یك کاوش کلاسیك و در ابتدای‌کار خود پاستور نشان دادکه اسید تاتاریك به دو صورت چپ وراست می‌تواند وجود داشته باشد ، به قسمی‌که محلولهای‌آنها نورپلاریزه را به طرف چپ یا راست منحرف می‌کند . این تفاوت به خواص فیزیکی‌آنها مربوط است وحال‌آنکه خواص شیمیایی‌آنها کاملا یکسان است . کاوشهای بعدی نشان دادکه عدهٔ زیادی از ترکیبات آلی دارای این خاصیتند و ساده‌ترین‌آنها‌آنها اسید لاکتیك (Acid Lactic) $CH_3-CH(OH)-COOH$ است .

این جزء مشاهدات عمومی است که بسیاری ازاجسام‌عادی مانند دست ، پا ، دستکش وکفش لنگه به لنگه بوده ودارای‌لنگهٔ چپ و راست می‌باشند . به اینها اجسام نامتقارن می‌گویند . در حقیقت تمام اجسامی‌که دارای شکل معین نیستند به دو گروه متقارن ونامتقارن تقسیم می‌شوند . یك جسم متقارن مانند قوری درآئینه تصویری شبیه خودش تولید می‌کند ولی تصویر یك جسم نامتقارن درآیینه شبیه‌آن نیست یعنی طرف چپ تصویر درمقابل طرف‌راست جسم قراردارد بنابراین ملکولهای نامتقارن (وبه‌طور کلی تمام ملکولها) دو بعدی و مسطح نبوده بلکه سه بعدی می‌باشند .

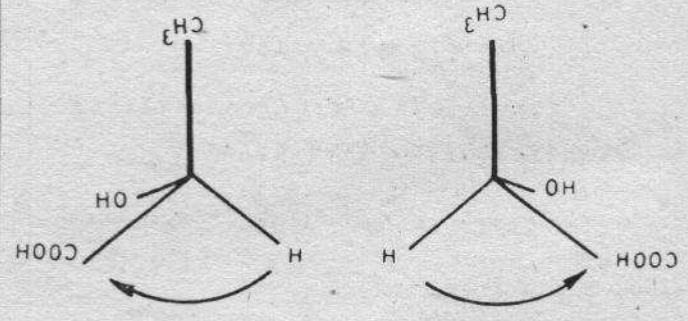
فرضیهٔ فضایی‌که‌کاملا به اثبات رسیده‌است فرمول‌ساختمانی سطح ککوله‌را به وسیلهٔ نمونه‌های سه بعدی جانشین نموده است. دراین نمونه‌ها چهار ظرفیت کربن در چهارگوشهٔ یك چهاروجهی

منتظم(که در آن اتم کربن در مرکز قرار گرفته) به جای چهار گوشهٔ یك مربع قرار گرفته‌اند . برحسب فرضیهٔ الکترونی ظرفیت ، ظرفیت کووالانتی جهت دار (Directional) می‌باشد (ظرفیت الکتروووالانس جهت معینی ندارد) . ازفرضیهٔ فضایی چنین نتیجه گرفته می‌شود که **زاویهٔ طبیعی** بین دو ظرفیت کووالانتی اتم کربن یك **زاویهٔ چهاروجهی** به اندازهٔ ۱۰۹°۲۸'' می‌باشد (شکل ۱۶)



(شکل۱۶)

متان یك چهار وجهی متقارن می‌باشد و به همین دلیل دارای نوعهای چپ وراست نیست. ولی چنانچه چهاراتم یا چهار گروهی که به اتم کربن متصل می‌باشند ازنوعهای مختلف باشندآن وقت ملکول نامتقارن می‌گردد . این حالت دراسید تارتاریك و اسید لاکتیك وجود دارد واین ترکیبات دارای ملکولهای راست بر و چپ بر هستندکه تصویر آنها شبیه خودشان نمی‌باشند . چنان‌که درفرمول فضایی زیربرای اسید لاکتیك (شکل۱۷) نشان داده شده است. دراین‌شکل اتم‌کربن به چهارگروه متفاوت‌متصل است و به نام‌کربن نامتقارن خوانده می‌شود. این‌کربن در مرکز هـریك از اشکال قرارگرفته است . فلش ٦ جهت مخالف‌گردش نورپلاریزه را نشان می‌دهد .



(شکل ۱۷)

زاویهٔ چهار وجهی معمولا برای کم‌کردن تلاش داخلی در ملکولهای آلی حفظ شده است . مثلا درئیدروکربورهای پارافینی متقارن ، زنجیرهٔ کربنها به شکل زیك زاگ قـرار گرفته‌اند و به طوری که‌ککوله پیشنهادکرده بـود به صورت یك خط مستقیم نیستند. همین‌طور درترکیبات حلقوی با حلقه هـای بزرگ برای آنکه تلاش داخلی درساختمان ملکولی به وجود نیاید درچندجا تا خورده و به صورت اشکال چند سطحی درمی‌آیند . ولی وجود مقـدار زیادی فشارداخلی درترکیباتی‌که دارای اتصالهای دو یا سه‌گانه می‌باشند ودرحلقه‌های سه یا چهار اتمی غیر قابل اجتناب است .

بیشترترکیبات‌آلی ساده دارای ملکولهای متقارن‌می‌باشند ولی درمیـان ترکیبات پیچیده وجودملکولهای نامتقارن‌کاملاعادی است. بیشترترکیبات‌آلی نباتات وحیوانات نامتقارن بوده ودارای فعالیت نوری می‌باشند .

برای منظورهای معمولی فرمول مسطح ککوله هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرد . ولی دربعضی مواقع بخصوص در بیوشیمی (که خود یکی از رشته‌هایی است‌که از توسعهٔ شیمی‌آلی به وجود آمده) اغلب واجب می‌گردد که فرمول سه بعدی به‌کار رود چـون خاصیت راست بری وچپ بری ملکولها درخواص‌فیزیولوژی‌آنها مؤثرمی‌باشد. این نتیجهٔ نامتقارن بودن مواد موجود درموجودات زنده‌می‌باشد.همانطورکه پاستوردرسال۱۸٦۰ نوشت«گرائرنامعلومی که‌باعث‌نامتقارن‌بودن‌محصولات‌طبیعی‌می‌گردد روزی جهت خودرا تغییردهدآن‌وقت‌تمام‌ترکیبات‌موجوددرموجودات‌زنده‌جهت‌نامتقارن بودن خودرا تغییرداده وجهت مخالف را درپیش می‌گیرند ودنیای جدیدی درمقابل چشم ما ظاهرمی‌گردد.» اگرسلولزکه راست بر است چپ بـرگردد یا البومین‌خون‌که حالا چپ بـراست راست‌بر گردد چه کسی می‌تواند وضع موجودات زنده را پیش‌بینی‌کند ؟ اینها نکاتی‌است‌که باید دُرآینده‌مورد توجه قرارگیرد ودانشمندان برای روشن ساختن‌آن تلاش همه جانبه بکنند .

در قرن حاضر شیمی وبه طورکلی علوم همچون تصاعدی هندسی پیشرفت‌کرده‌اند. صنعت وفن نیزپابه‌پای‌عقیده وفرضیه‌هایی که دائماًکاملتر و پیچیده‌تر می‌گردند پیش می‌رود . دیگر جایی برای دانشمندان غیرحرفه‌ای (آماتور) وفیلسوفهایی‌که در تمام رشته های علم مطالعه وکار می‌کرده‌اند وجود ندارد . جای آنها به وسیلهٔ دانشمندان حـرفه‌ای ، آنهاکه در رشتهٔ خود تخصص فوق‌العاده یافته‌اند ، اشغال شده است .

پیشرفتهای‌مادی شیمی جدیدکه به وسیلهٔ لشگرعظیم وروزافزون دانشمندان انجام‌گرفته فوق‌العاده شگفت‌آوراست . از این گذشته ، اطلاعات فیزیکی وشیمیایی وسیعی‌که انسان‌دربارهٔمحیط خود به دست آورده است نشـانهٔ بزرگترین پیشرفت فکری او می‌بـاشد . پیشرفتی‌که وسعت دامنهٔ خود را مدیون ثابت شـدن یکپارچگی ساختمان ماده در همه جا (زمین ، ستارگان دور و نزدیك) است .

دانش‌بشری مستمراً به پیش‌می‌رود واکتشافات واختراعات تازه‌ای به عالم بشریت هدیه می‌کند ؛ این وظیفهٔ رهبرهای‌اخلاقی و سیاسی جامعه ها است‌که از این پیشرفت درجهت بهبود زندگی

انسان نه‌برعلیه مصالح‌او، استفاده کنند: درواقع یکی ازمشکلات عمدهٔ امروزی تمدن بشری همین مسئلهٔ مهم است .

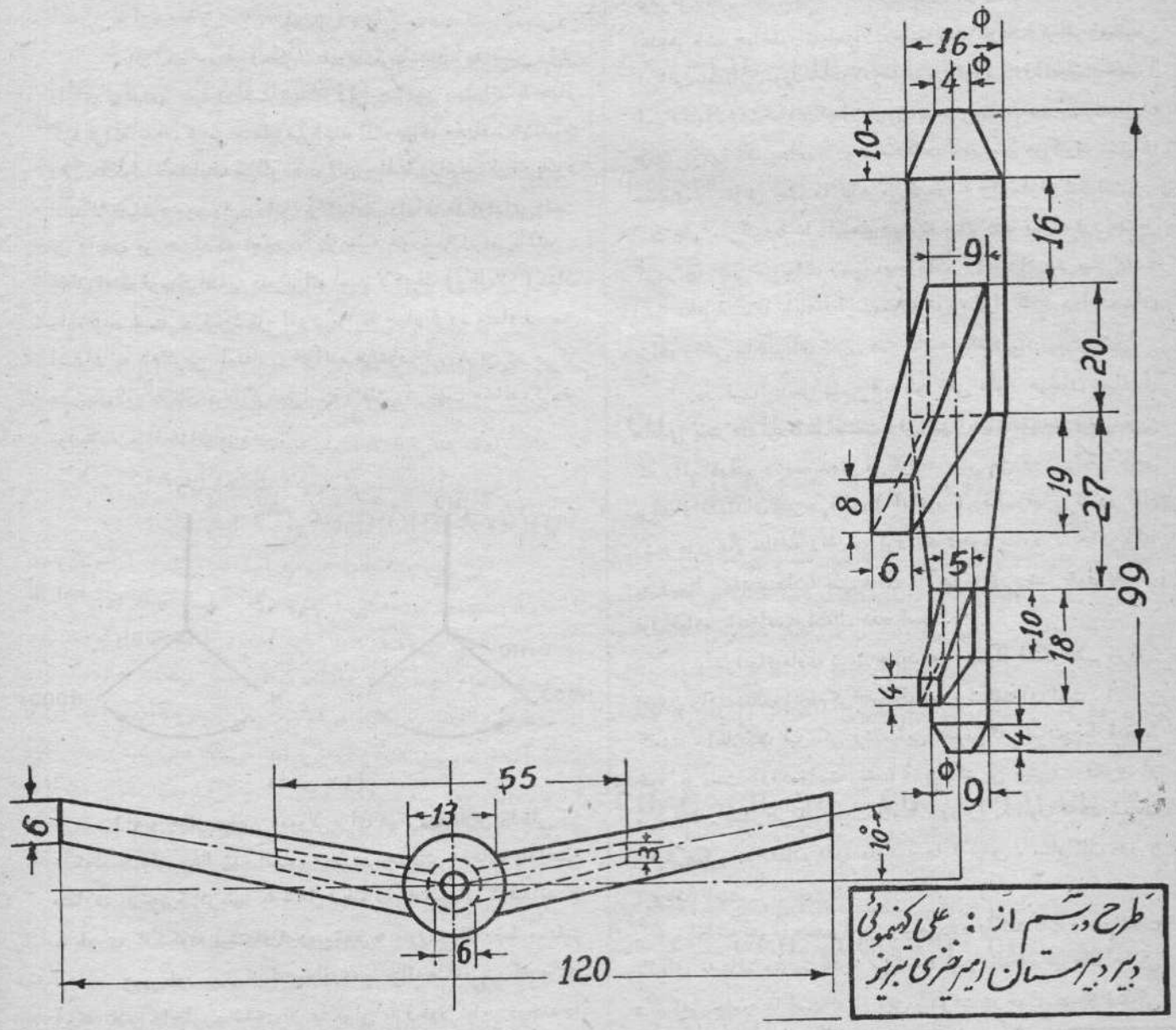
این مقالهٔ مختصر دربارهٔ این رشتهٔ وسیع را می‌توان با این جمله که دریك قرن‌پیش از میلاد مسیح به وسیلهٔ **لوکرتیوس** (Lucretius) ادا شده است ختم کرد : «تجربه توأم با معلومات مکتسب دماغهای خستگی ناپذیر، به تدریج به‌آدمیان درحالی که خودگام به‌گام پیش می‌رفتند ، همه چیزرا آموخت . همچنین‌زمان به تدریج هرچیز خاص را درمقابل دیدگان بشر قرارداد ومنطق بر آن نور استدلال تابانید تا به‌کمال رسید زیرا تا چیزها ، بر حسب فنون مختلف ، یکی پس‌از دیگری درروشنایی قرارنگیرند به حد اعلای کمال نمی‌رسند .»

پایان

پاسخ «چگونه فهمیده بود»

چون الکل دوبرابر آب است ،گنجایش مجموع ظرفهایی که پرشده باید بر۳ قابل قسمت باشد . مجموع گنجایشهای شش ظرف عبارت است از ۱۳۷ لیتر . این‌عدد ۲واحد ازمضربی از۳ بیشتر است. تنها ظرفی که گنجایش‌آن‌دوواحدازمضربی از۳ بیشتر است‌عبارت است ازظرف‌به‌گنجایش ۲۳ لیتر. بنابراین ، این ظرف بایدخالی‌مانده‌باشد وبقیهٔ ظرفها پرباشند . مجموع گنجایش‌ظرفهای پرعبارت است از ۱۱۴لیتر . ثلث این مقدار گنجایش ظرفهای مملو ازآب‌است یعنی‌گنجایش آن ظرفها برابر۳۸لیتر می‌باشد بنابراین ظرفهای ۱۶ و۱۸ لیتر‌ازآب وبقیه ازالکل پرشده‌اند.

رسم فنی : نمای افقی‌و نمای نیمرخ جسم به‌شکل زیراست . نمای قائم‌آن رارسم کنید (پاسخ دریکی دیگر ازصفحات)



طرح و رسم از : علی کنعانی
دبیر دبیرستان امیرخیزی تبریز

استاد دکتر محسن هشترودی

برای آنها که خوب فکر می کنند

I) از خواص اعداد : اگر دو برابر مجذور عددی یك‌واحد ازمجذور عدددیگر بیشتر باشد خواص زیر بین این دوعدد وجوددارد:

۱ـ اگرعدد کوچکتر بر۵ بخش‌پذیر باشدعددبزرگتر بر۷ بخش‌پذیراست (واین عدد بزرگتریا به ۹۳ ویا به ۰۷ ختم می‌شود) .

۲ـ اگرعدد کوچکتر بر ۲۹ بخش‌پذیر باشد عدد بزرگتربر ۴۱ بخش‌پذیراست.

مثال $x=۵$ و $y=۷$

$x=۲۹$ و $y=۴۱$

$x=۹۸۵=۵\times۱۹۷$

$y=۱۳۹۳=۷\times۱۹۹$

$x=۱۹۵۰۲۵=۵^۲\times۲۹\times۲۶۹$

$y=۲۷۵۸۰۷=۷\times۴۱\times۳۱^۲$

$x=۱۲۷۶۰۶۸۱۲۱=۲۹\times۵۳\times۸۳۰۲۳۳$

$y=۱۸۵۵۰۷۷۸۴۱=۴۱\times۴۵۲۴۵۸۰۱$

وهمچنین خواص دیگر. آیا رابطهٔ ترجیعی بین‌مقادیر مختلف x یا y وجود دارد؟

☆ ☆ ☆

II) حداقل مبنای لگاریتم‌راتعیین کنید که‌لگاریتم هر عدد مثبت از خود عدد کمتر باشد.

☆☆☆

III)قطعه‌زمین‌مستطیل‌شکلی‌را بین۹فرزندده‌قانی‌بنا بر وصیت‌وی‌چنان تقسیم کردند که شکل‌زمین‌هریك‌ازفرزندان مربع کامل‌وسطح‌هرمربع باسن‌صاحب‌آن‌متناسب‌بود. می‌دانیم که‌فرزندان‌دارای‌سنین‌متفاوت‌اندوسال‌عمر آنها کسری ندارد (سنین‌آنهااعدادصحیح‌است)وفرزند میانه(فرزند پنجم) کمتر ازده سال دارد. سنین فرزندان ونسبت تقسیم زمین‌رابا شکل ترسیم کنید.

☆ ☆ ☆

IV) اضلاع مثلث ABC رادریك‌جهت‌به n قسمت متساوی تقسیم کرده‌ایم وهر نقطهٔ‌تقسیم را به‌رأس مقابل‌وصل کرده‌ایم تا مثلث $A'B'C'$ به دست می‌آید . نسبت سطح این مثلث‌را به‌سطح مثلث ABC تعیین کنید.

☆ ☆ ☆

V) کشتی A که‌سرعت‌آن $KV_۰$ کیلومتردرساعت است کشتی B راکه سرعت‌آن $V_۰$ کیلومتر درساعت است تعقیب می کند که‌به‌آن‌رسیده وآن‌را وادار به تسلیم کند. کشتی B (کشتی راهزنان دریایی) به قطعهٔ بزرگی از مه تیره که برروی دریاست نزدیك می‌شود وبااستفاده از این استتار می‌خواهدازچنگ کشتی A (کشتی پلیس)بگریزد.

فرماندهٔ کشتی A می‌داند که کشتی B پس‌ازورود به مه تیره یك‌بار جهت خودرا تغییر داده ودرامتداد جدید با سرعت $V_۰$ خواهد گریخت آیا کشتی A چگونه حرکت کند که به قطع ویقین کشتی B را دریابد؟

چرا چنین است؟

زیاد اتفاق افتاده است که تقویم نویسان در تعیین روز اول ماهی از سال قمری اشتباه کرده باشند . مثل اینکه محاسبه‌های مربوط به تعیین این روز (در اصطلاح غرهٔ ماه گفته می‌شود) از جملهٔ کارهای بسیار دقیق و مخصوص اهل فن است . اما راه ساده‌ای که در زیر بیان می‌شود شمارا راهنمایی می‌کند که فقط با دانستن شمارهٔ سال و نام ماه به مقصود برسید و بدین وسیله یك تقویم قمری دائمی در اختیار شما گذاشته می‌شود . آنچه که ازهجرت گذشته بر ۹۹۰ وباقیماندهٔ این تقسیم را بر ۸ تقسیم کنید و این باقیمانده را در ردیف بالای جدول یافته بادر نظر گرفتن نام ماه مورد نظر ، روز اول آن را پیدا کنید . آیا این روش صددر صددرست است ؟ و چرا چنین است ؟

ماه	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۰
محرم	یك‌شنبه	پنجشنبه	سه‌شنبه	شنبه	چهار شنبه	دوشنبه	جمعه	چهار شنبه
صفر	سه شنبه	شنبه	پنجشنبه	دوشنبه	جمعه	چهارشنبه	یکشنبه	جمعه
ربیع‌الاول	چهار شنبه	یکشنبه	جمعه	سه‌شنبه	شنبه	پنجشنبه	دوشنبه	شنبه
ربیع‌الاخر	جمعه	سه‌شنبه	یکشنبه	پنجشنبه	دوشنبه	شنبه	چهار شنبه	دوشنبه
جمادی‌الاول	شنبه	چهار شنبه	دوشنبه	جمعه	سه‌شنبه	یکشنبه	پنجشنبه	سه‌شنبه
جمادی‌الاخر	دوشنبه	جمعه	چهارشنبه	شنبه	چهار شنبه	سه‌شنبه	دوشنبه	پنجشنبه
رجب	سه‌شنبه	شنبه	پنجشنبه	دوشنبه	جمعه	چهارشنبه	یکشنبه	جمعه
شعبان	پنجشنبه	دوشنبه	شنبه	چهارشنبه	یکشنبه	جمعه	سه‌شنبه	یکشنبه
رمضان	جمعه	سه‌شنبه	یکشنبه	پنجشنبه	دوشنبه	شنبه	چهارشنبه	دوشنبه
شوال	یکشنبه	پنجشنبه	سه‌شنبه	شنبه	چهار شنبه	دوشنبه	جمعه	چهارشنبه
ذی‌القعده	دوشنبه	جمعه	چهارشنبه	یکشنبه	پنجشنبه	سه شنبه	شنبه	پنجشنبه
ذی‌الحجه	چهارشنبه	یکشنبه	جمعه	سه شنبه	شنبه	پنجشنبه	دوشنبه	سه‌شنبه



نوبل

ترجمه و اقتباس از : **محمود روح‌الامینی** (پاریس)

دربین دانشمندان و شخصیتهای علمی جهان کمتر کسی را سراغ داریم که پس از مرگ ، به اندازهٔ **الفردنوبل** (Aflred - Nobel) شهرتش عالمگیر شده باشد . کسی که امروزه به خاطر جوایزش زبانزد خاص وعام است دردوران زندگی ، فقط کسانی که به نحوی ازانحاء باوی سروکارداشتند اورا می‌شناختند .

الفرد نوبل در۱۸۳۳ در **استکهلم** به دنیاآمد. اجدادش اواخر قرن هفدهم درسکانی (Scanie) منطقهٔ جنوبی **سوئد** ودر قلمرو کلیسای محلی **نوبلو** (Nöbbelöv) که نام نوبل ازآن آمده است زندگی می‌کردند .

نوبل ازطفولیت ضعیف‌الجثه بود واغلب بناراحتی به‌وضع سلامتی خود می‌اندیشید وحتی زمانی که صاحب شهرت ومکنت بود دربارهٔ خود چنین می‌نویسد: « الفردنوبل، این‌بینوای علیل‌المزاج که بهتربود به وسیلهٔ یك طبیب بشردوست دراولین‌روزهای‌زندگی ازبین می‌رفت ....»

اما نوئل نوبل پدرآلفرد مهندسی بسیار با قریحه، مبتکر وباپشتکاربود . غرور واطمینان بی‌اندازه‌ای که به طرح نقشه های خویش داشت باعث ورشکستگی‌اش شد ، این ورشکستگی‌مصادف با تولد الفرد بود .

اما نوئل پس‌از ورشکستگی با زن وفرزندان خویش عازم سن پطرزبورك (لنین‌گراد فعلی) گردید ودرآنجا کارخانه‌ای مجهز به دستگاه‌های مکانیکی بنا کرد. دراین زمان جنگ کریمه‌آغاز شد واما نوئل، ساختن‌مین زیردریایی وکشتی جنگی را برای دولت روسیه به عهده گرفت، شهرت وموفقیتش به مراتب بیشتروسریعتر ازآن بودکه فکرمی‌کرد اما این رونق بازاردوامی نیافت و با پایان جنگ کریمه ، بحران وشکستی که معمولا بعدازجنگ به سراغ کارخانه های اسلحه سازی و مهمات می‌رود ، کارخانه او را نیز بی‌نصیب نگذاشت ؛ اما نوئل برای دومین بارورشکست شد .

اما نوئل دو پسرش را در روسیه گذاشت و خود با الفرد ، به استکهلم بازگشت . الفرد، تحصیلات مقدماتی را درخانه نزد معلم خصوصی فراگرفت و باآنکه هیچگاه به مدرسه نرفت ، در بیست سالگی شیمی‌دان کارآمدی ازکاردرآمد و علاوه بر زبانهای سوئدی وروسی ،آلمانی وانگلیسی وفرانسه را به خوبی می‌دانست ضمن بررسی یادداشتهای او به مدارکی برمی‌خوریم که علاقه‌اش را به ادبیات نشان می‌دهد .

نوئل تحقیقات علمی‌را ازبیست سالگی‌شروع وتاپایان‌حیات دنبال‌کرد. اوعمرخود راوقف تحقیق‌و بررسی موادمنفجره‌خصوصاً **نیتروگلیسرین** (Nitroglycérine) کرد،وتوانست‌نیتروگلیسرین مایع راکه حمل ونقل‌آن بی‌اندازه مشکل وخطرناك بود بااضافه کردن مواد بی‌اثر و بدون‌آنکه درخاصیت احتراق‌آن خدشه‌ای وارد سازد ، به نیتروگلیسرین جامد تبدیل‌کند (۱۸۶۷) و چند سال بعد (۱۸۷۳) با مخلوط نیتروگلیسرین و **فولمیکتن** - (Fulmicoton) مادهٔ ژلاتینی دیگری به دست آوردکه خاصیت انفجارش از دینامیت بیشتربود . نوبل دراین آزمایشها خسارات فراوانی نیزدیدوچندین مرتبه‌آزمایشگاهش طعمهٔ **حریق و انفجار**

شد ودریکی ازاین انفجارها برادرش امیل‌را ازدست داد .

نوبل قریب سیزده سال بعد **بالیستید** (Balistide) را کشف کرد و این اولین گردی است که بر اساس نیتروگلیسرین ساخته شده ، مؤثرترازآن وبی‌دود است .

نوبل با ساختن دینامیت وسایرمواد محترقه ونیز با بهره‌برداری ازکارخانه‌هایی که با شرکت برادرانش درنواحی نفت خیز باکو تأسیس کرد سرمایه فراوانی به دست آورد .

کشف و پیروزی نوبل این تصوررا به وجودآورد که هدف وی اختراع مواد منفجرهٔ جنگی است و ثروتش رابادر اختیار گذاشتن این مواد به دست‌آورده است . وحال‌آنکه او نوددرصد سرمایه‌اش را از راه به‌کار بردن دینامیت در استخراج معادن و ساختن جاده وتونل کسب کرده بود .

مؤسسات وشرکتهایی که درنقاط مختلف جهان تأسیس کرده بود باعث شدکه بیشتر وقتش را درمسافرت به‌کشورهای آلمان ، فرانسه ، بریتانیا ، اتریش ، ایتالیا واتازونی بگذراند ونتواند اختراع جدیدش‌را که درحال رشد وتکوین بود دنبال کند. درمدت اقامتش درپاریس تقریباً باآنکه به امورآزمایشگاهی و تجربیات علمی می‌پرداخت درعین‌حال می‌بایست به تشکیلات کارخانه‌های دینامیت سازی وبه‌امرحمل‌ونقل‌آن به انبارهای بزرگ جهانی و جلب مشتری رسیدگی کند وضمناً با ثروتمندی سرسخت و معروف چون **رکفلر** (Rockefeller) نیز رقابت کند . این بود مختصری دربارهٔ شیمی‌دان وسرمایه دار بزرگ نیمهٔ دوم قرن نوزدهم .

خصوصیات اخلاقی واجتماعی نوبل :

نوبل باآنکه همواره‌درسیروسفرو باملیت ها وطبقاب مختلف مردم معاشر بود ، اغلب در دنیای درون خود به سر می‌برد . وسواسی فطری آمیخته با طبیعتی خشك وطبعی حساس حتی در مراحل شهرت وافتخار، رفتار واعمالش را دربرگرفته بود .

همنشینی مداومش با طبقات مختلف و مردم متفاوت این مالیخولیا را در او تلقین وتشدیدکرده بودو اغلب انعکاس‌آن‌را در نوشته هایش می‌بینیم ، نوبل در نامه‌ای چنین می‌نویسد : « شما به دوستان فراوان من در نامه‌تان اشاره‌کرده بودید، کجایند این دوستان ؟ اینهایا در منجلاب تخیلات کوته نظرانه‌غوطه وربد و یا به شنیدن صدای جرینگ جرینگ پولهای پس‌اندازشان مشغول و مشعوف .

دوستان فراوان درشمارسگانی هستندکه ازگوشت همجنسان تغذیه می‌کنند و یا کرمهایی که تغذیه شان حتی ازگوشت و رگ درونی خودشان است و تا شکمشان سیراست حق‌شناسند .. »

نوبل اغلب درحال انزوا به سر می‌برد ، وگاهی دربروی خود می‌بست و مدت زیادی ،کسی او را نمی‌دید ، و حتی به سرکشی مؤسساتی که در نزدیکی خانه‌اش قرار داشت ، نمی‌رفت. در چنین موقعیت روحی است که وقتی ازخودش حرف می‌زند، چنین می‌نویسد: «دلم می‌خواست که همواره با درختان جنگل و بوته‌های بیابان زندگی کنم ، زیرا این دوستان‌مهربرلب‌زده به طبع حساس وزود رنج من احترام می‌گزارند.» نوبل‌ازکسانی که دردنیای کسب وکار معاشرش بودند و جزتظاهر وخود نمائی چیزی نداشتند ، دوری گزیده ، به انزوا پناه می‌برد .

هیچوقت شهرت ونام ؛ نوبل را به دنبال خود نکشانید ، خبرنگار یکی‌ازروزنامه‌ها درخواست‌عکس و شرح حالش‌راکرد ، او با امتناع جدی ابرازداشت « من‌گمان نمی‌کنم لیاقت شهرت و افتخار را داشته باشم به علاوه حال وذوق سازگاری باجنجالی که شما می‌خواهید برایم برپاکنید ، ندارم»

شاید به علت همین روحیهٔ انزوا طلبی بودکه او هیچگاه به تشکیل خانه وخانواده نپرداخت وتا پایان عمرمجرد ماند.

نوبل با آنکه وطن و مولدش را عزیز می‌داشت ، بیشتر عمرش را درممالك‌خارج بسربرد وبه همین‌علت اورا «ثروتمندترین خانه بدوش اروپا» لقب داده‌اند .

درسفر وحضر ، درانزوا وتحقیق وفعالیت ، نسبت به یك موجود ازهیچ‌گونه محبت‌وفداکاری دریغ نداشت وهمواره می‌کوشید که زندگی به‌کام اوگوارا باشد ، این شخص مادرش بودکه تا حد پرستش اورا دوست می‌داشت . حالاکه با کنجکاوی وارد زندگی خصوصی نوبل شده‌ایم ، بجاست‌که به این نکته نیز اشاره شودکه «مادر» زن منحصربه‌فرد زندگی خصوصی او نبود.

به طوری‌که‌ازیادداشتهاونامه‌هایش‌برمی‌آید درجوانی‌عشقی ناکام، منشأ اندیشه‌های‌مبهم وتاریك اوبودومدت‌مدیدی‌او راشکنجه داده است ولی اطلاعی ازاین زن دردست نداریم .

دراولین سفرش به پاریس بادختری که زیبائی‌افسانه‌آمیزی داشت‌آشناشد ، این دخترکه نامش‌را نمی‌دانیم ، درزمینهٔ ادبیات الهام بخش اوبود . بعدها به زنی دیگر، دل بست‌که ۲۳ سال از اوکوچکتربود و درراه تعلیم وتربیت و بالا بردن سطح فکر او کوشش فراوان ولی بدون نتیجه‌کرد . وازآن به بعد نوبل را جز با دنیای درون باکسی دیگرمعاشر نمی‌بینیم .

نوبل در ۱۸۹۰ آزمایشگاهی در **سان رمو**(San Remo) که یکی از شهرهای خوش‌آب وهوای ایتالیا است ، تأسیس کرد ، ودر۱۰ دسامبر ۱۸۹۶ درهمین شهردرگذشت .

وصیت نامه وجوایز نوبل

نوبل در۲۷ نوامبر ۱۸۹۵ ، قریب یکسال قبل‌ازمرگش، وصیت نامهٔ معروفش را در پاریس امضاء کرد : وصیت نامه‌ای‌که می‌بایست به تئوریها وآرزوهای انسانی‌اش جامهٔ عمل به پوشاند،

تئوریهائی که جای بزرگی درزندگانی او اشغال کرده بود .

این انسان بشر دوست («من ترجیح می‌دهم که عمرم صرف بهبود وضع زندگان شود تا ساختن آرامگاه مردگان») دروصیت‌نامه‌اش قید می‌کند که ثروتش که بیش‌از ۲۳۰۰ میلیون ریال بود (۱۴۴ ملیون فرانك جدید فرانسه) دریك بنگاه تجارتی سرمایه گذاری شده وسودآن هرساله بین پنج نفر که درزمینه‌های علمی وادبی و اخلاقی به بشریت خدمت کرده‌اند اختصاص داده شود . اینك قسمتی از متن وصیت نامهٔ او در « بند » مربوط به تقسیم جوایز :

« . . . . . ودرآمد سالیانهٔ ، مؤسسات به وسیلهٔ کسانی که این وصیت نامه به‌آنها اختیار داده است به پنج نفر که درجریان سال قدم بزرگی به نفع بشریت برداشته‌اند اعطاء گردد .

درآمد خالص به پنج جایزه مساوی تقسیم وهر جایزه به‌کسی اعطاء گردد که :

۱ـ در فیزیك موفق به‌کشف یا ابداع مهمی گردد .

۲ـ درشیمی اکتشاف قابل توجهی بنماید .

۳ـ درپزشکی یا فیزیولوژی قدم قابل توجهی بردارد .

۴ـ در زمینهٔ ادبیات اثر با ارزش هنری عرضه بدارد .

۵ ـ به شخص یا مؤسسه‌ای که بیشتر یا بهتر در راه صلح ودوستی بین‌ملل یاتحدید ویاتقلیل تسلیحات بکوشد .

ـ جوایز فیزیك وشیمی به وسیلهٔ آکادمی علوم سوئد وجایزهٔ فیزیولوژی یاپزشکی به وسیلهٔ انستیتو کارولین استکهلم و جایزهٔ ادبی به وسیلهٔ آکادمی استکهلم و جایزهٔ صلح به وسیلهٔ پنج نفر منتخبین نمایندگان مجلس نروژ ، تعیین واعطاء گردد .

آرزوی قلبی من این است که اعطاء جوایزدور ازاغراض وتعصبات خصوصی و ملی ومذهبی باشد، و جایزه به کسی اعطاء شود که استحقاق آنرا دارد .»

انگیزه‌ای که نوبل را به تنظیم این وصیت نامه واداشت ، نیت پاك ولبریزازامیدواری اونسبت به انسانیت وآیندهٔ اختراعات واکتشافات بشری بود که خودش با خلوص نیت به تجربه رسانیده وبارها درنوشته هایش بیان کرده بود .

تصادفی نیست که نوبل جوایزش را به پنج موضوع فوق اختصاص داده است ؛ علاقهٔ او به ادبیات وآشنایی او به‌آثارادبی نویسندگان مقام قابل توجهی در زندگی او داشت و خود گاهی به سرودن شعر مبادرت می‌ورزید . مجموعهٔ آثارادبی او چند سال پیش دراستکهلم‌چاپ گردید .

در مورد فیزیولژی وطب علاقهٔ عمیق و تجربه‌ای که دراین امرداشت ، عامل مؤثری درتخصیص یکی از جوایز به این رشته است . اودریکی ازآزمایشگاهایش، تجربیات متعددی را درزمینهٔ پزشکی هدایت کرده بود .

اختصاص جوایز فیزیك وشیمی که درقلمرو تحقیقات اصلی واساسی او به شمارمی‌رودکاملا طبیعی به نظرمی‌رسد .

اختصاص یکی از جوایزش به فعالیت های صلح نیز جای تعجب نیست نوبل درتمام دوران حیاتش به جستجوی یك فلسفه و نیت مذهبی واخلاقی بود درجوانی تحت تأثیرافکارمسالمت جویانهٔ (Shelly) (یکی ازشعرای انگلستان ۱۷۹۲ـ۱۸۲۲) بود ونیز روح انزواجو وآرامش‌طلب اوعامل مؤثری بوده است . و به‌علاوه وقتی‌دید که محصول اکتشافات علمی او درجنگ مورد استفاده‌قرار می‌گیرد. شاید من‌غیرمستقیم خودرا مقصر می‌دانست و می‌خواست بدین‌وسیله گناهش‌را شسته دین‌خود را به‌بشریت اداکند.

وصیت‌نامهٔ نوبل رادر ژانویهٔ ۱۸۹۷ (یکماه‌بعدازمرگش) گشودند. قریب چهارسال طول‌کشید تا مفاد وصیت نامه‌که مورد اعتراض چند نفر از خویشان نزدیك اوقرارگرفته بود ، اجرا و تثبیت گردد .

چون وصیت نامه دریك مقام ودفتررسمی به ثبت نرسیده بود این بودکه اثبات و اجرای‌آن به مشکلات و موانع گوناگونی روبروشد که‌دردرجهٔ اول کشمکش بین‌چنددولت بودکه نوبل به‌تناوب درآن کشورها زندگی کرده بود وهریك می‌خواستند این حقوق را به خود اختصاص دهند تا اینکه بالاخره حقوق و مسئولیت اجرای وصیت نامه نصیب دولت سوئدگردید .

مشکل دیگر اینکه ثروت نوبل در هشت‌کشور اروپائی پراکنده بود واجراکنندگان وصیت نامه دراخذ و جمع‌آوری‌آن با موانع زیادی روبرو شدند مجموعهٔ این سرمایه تشکیلاتی راکه به نام «مؤسسهٔ نوبل» موسوم است پایه‌گذاری کرد .

وبالاخره بعداز مباحثات ومجادلات طولانی وکشمکش بین سوئد ونروژ ،آئین‌نامهٔ موضوعه درباره مؤسسه ، ومقررات توزیع واعطای جوایز در۲۹ ژوئن ۱۹۰۰ رسماً به وسیلهٔ **اسکار** پادشاه سوئد اعـلام‌گردید ، دولت نروژ نیز در۱۰آوریل ۱۹۰۵ رسماً موافقت واعتبارآئین‌نامه را اعلام‌کرد وازآن‌زمان تاکنون جوایز پنجگانه با تفاهم و همکاری دوستانه بین نـروژ و سوئد ، اعطاء می‌گردد .

اولین بار درسال ۱۹۰۱ جوایز اعطاء گردید ، هر جایزه عبارت است از یك مدال طلا و دیپلم افتخار و مبلغی که براساس درآمد «مؤسسهٔ نوبل» متغیراست . مجموع جوایز سال اول قریب ۲۲۵۰۰۰۰ ریال و در سالهای اخیر در حدود ۳۳۷۵۰۰۰ ریال بوده است .

آثار علمی وادبی وطبی واقدامات مربوط به صلح تاآخر ژانویهٔ هرسال باید به‌کمیسیونهای مربوط‌معرفی گردد وازاول‌فوریه این‌کمیسیونها تحقیق و بررسی خود را در مورد آثارکسانی که استحقاق جوایزرا دارند ، شروع می‌کنند .

توزیع واعلام جوایز دردهم دسامبرهرسال ، سالگردمرگ نوبل ، صورت می‌گیرد ، تاکنون این جوایز هرساله بدون وقفه تعیین وتوزیع گردیده است، جزدرجریان دو جنگ جهانی که اگر تحقیقی واکتشافی‌هم صورت‌گرفته‌بود مجالی‌برای بررسی‌آن‌نبود.

فهرست همهٔ افرادی‌که تاکنون جوایز نوبل را دریافت داشته‌اند درجدولهای صفحه‌های‌بعد بیان می‌شود .

❁ ❁ ❁

چگونگی‌معرفی‌وانتخاب

نامزدهای دریافت جایزهٔ نوبل (*)

بنابراساسنامه‌ای‌که برای مؤسسهٔ نوبل تنظیم شده‌است‌چهار هیئت برای اعطاء جوایز پنجگانهٔ نوبل فعالیت می‌کنند: آکادمی سلطنتی علوم (برای جوایزفیزیك وشیمی) ــ مؤسسهٔ طبی سلطنتی کارولین (برای جایزهٔ طب وفیزیولژی)ـ آکادمی سلطنتی سوئد (برای جایزهٔ ادبیات) ــکمیتهٔ وابسته به پارلمان نروژ (برای جایزهٔ صلح). علاوه برآن پنج‌کمیته وجود داردکه هریك برای توزیع یکی‌ازجوایز فعالیت می‌کند.

هیئتهای فوق‌الذکر هرساله دربارهٔ برندگان جوایز تصمیم می‌گیرند. نامزدی برندگان جوایزباید تاقبل‌ازاول فوریه هرسال به‌این هیئتها ابلاغ شود . اشخاص یا مؤسسه‌های واجد شرایط خاص می‌توانندکاندیداهارا به هیئتهای مزبور معرفی‌کنند.

کمیته‌های پنجگانهٔ نوبل هریك سه‌تاپنج عضودارد که‌توسط هیئت مربوط تعیین می‌شوند (انتخاب اعضاء کمیتهٔ صلح توسط پارلمان نروژ به‌عمل می‌آید)وظیفهٔ کمیته‌ها مقدماتی و مشورتی است وهریك ازکمیته‌ها می‌توانند متخصصینی از ملیت‌های مختلف را برای شوروِمذاکره دعوت نمایند.

اشخاص یا مؤسسه‌هایی‌که می‌توانندمعرف نامزدهای جوایز باشند عبارتنداز: برندگان سابق جوایزنوبل (دررشته‌ای‌که برای آن جایزه‌گرفته است)ــ اعضاء هیئتها وکمیته‌های جوایز(دررشتهٔ مربوط)ــ استادان برجستهٔ دانشگاهها ــ اشخاصی‌که توسط اعطا کنندگان جوایز انتخاب می‌شوند ــ رئیس بنگاه مخصوص چاپ آثارکاندیداها (برای جایزهٔ ادبیات)ــاعضاء تازه‌ای ازسازمانهای پارلمانی یا حقوقی‌بین‌المللی (برای جایزهٔ صلح)ــاعضاءپارلمانها وکابینه‌ها(برای جایزهٔ صلح).

دراول فوریهٔ هرسال‌کمیته‌ها دربشت درهای بسته مشغول مطالعهٔ دقیق پیشنهادهای رسیده می‌شوند وتا پایان‌کارخود و اخذ تصمیم نهایی، فعالیتها و نظریات خودرا مسکوت می‌گذارند و در پایان، به‌طورمختصرعلت وحقانیت انتخاب خودرااعلام می‌دارند (مگردرموردبرندهٔ جایزهٔصلح).

هریك ازجوایزنوبل ممکن‌است به‌یك‌نفریا مشترکاً به‌چند نفر(با ملیتهای مختلف)اعطاء گردد.

جوایزپنجگانه همه‌ساله طی مراسم باشکوهی درتاریخ‌دهم دسامبر در استکهلم برگزار می‌شود. برندگان جوایز حتی‌المقدوربه استکهلم می‌روند ومدال ودیپلم ومبلغ جایزه را شخصاً ازدست پادشاه سوئد دریافت می‌دارند. در مراسم مزبور هریك از برندگان سخنرانیهایی ایراد می‌نمایند.

بعضی برندگان ممکن‌است ازدریافت جایزه‌خودداری‌کنند ویااینکه درشرایطی باشندکه نتوانندآنرا دریافت نمایند. دراین مورد مبلغ جایزه تااول‌اکتبرسال‌بعدنگاهداری می‌شود وبعدازآن به‌حساب صرفه‌جوئیهای مؤسسهٔ نوبل منظور شده موجب افزایش مبلغ جوایزسالهای‌بعدمی‌شود.

---

* درتنظیم این‌قسمت ازنشریهٔ‌مخصوص‌سفارت‌کبرای سوئددرتهران‌استفاده شده‌است. (تهیه کنندهٔ نشریه : منصور فراماسیون)

فهرست برندگان جوایز نوبل
(از ابتدا تا آخر سال ۱۹٦٤)

سال	فیزیك	شیمی	طب و فیزیولژی	ادبیات	صلح
۱۹۰۱	و . رانتگن ـ آلمان	ی.ه. وانت‌هف ـ هلند	ا.ا.فون بهرینگ ـ آلمان	سالی پرودم ـ فرانسه	ژ.ه. دونانت ـ سویس ف. پاسی ـ فرانسه
۱۹۰۲	ه . ا. لورنز ـ هلند پیتر زیمان ـ هلند	ه.ای. فیشر ـ آلمان	ر. روس ـ انگلستان	تئودورمامسن ـ آلمان	ای. دوکومن ـ سویس چ.ا. گوبات ـ سویس
۱۹۰۳	ا.ه. باکرل ـ فرانسه پ. کوری ـ فرانسه م کوری ـ فرانسه	س.ا.آرهنوس ـ سوئد	ن.ر. فینسین ـ دانمارك	ب. بیورنس ـ هلند	و.ر. کرمر. انگلستان
۱۹۰٤	ج.و.س.ریلی ـ انگلستان	و. رامسی ـ آلمان	ا. پ. پاولف ـ روسیه	فردری‌میسترال ـ فرانسه ژوزه‌اچه‌گارای ـ اسپانیا	موسسهٔ بین‌المللی حقوق
۱۹۰۵	ف.ا.ا.فون‌لنارد ـ آلمان	ی.ف.و.ا. فون بایر ـ آلمان	ر. کوخ ـ آلمان	هنریك‌زنکیویچ ـ لهستان	ب.س.ف. فون‌ساتز. اطریش
۱۹۰٦	ج.ج.تامسن ـ انگلستان	ه . موآسان ـ فرانسه	ک. گلژی ـ ایتالیا س. رامون . ایکاپال ـ اسپانیا	گیوزه کا دوچی ـ ایتالیا	ت. روزولت ـ آمریکا
۱۹۰۷	ا.ا. میکلسن ـ آمریکا	ا. باکز ـ آلمان	ش.ل.ا.لاوران ـ فرانسه	ر. کیپلینگ ـ انگلستان	ای.ت. مونتا . ایتالیا ل. رنو. فرانسه
۱۹۰۸	گ.لیپمن ـ فرانسه	ا. روترفورد ـ انگلستان	ب . ارلیخ ـ آلمان ی. مچنی‌کف ـ روسیه	رودولف‌آیوکن ـ آلمان	ك. پ. آرنولدسن. سوئد ف. بایر ـ دانمارك
۱۹۰۹	گ.مارکونی ـ ایتالیا ک.ف. بران ـ آلمان	و. استوالد ـ آلمان	ای.ت. کوخر ـ سویس	سلما لاگرلف ـ سوئد	ا.م.ف. بیرنارت. بلژیك پ. ه. ب. ب. دوربکه دوکستانت . فرانسه
۱۹۱۰	ی د.وان‌درواالس هلند	او. والاخ ـ آلمان	ا. کوزل ـ آلمان	پل‌هایسه ـ آلمان	دفترصلح دائمی بین‌المللی . برن
۱۹۱۱	و. وین ـ آلمان	م. کوری ـ فرانسه	ا. گلستراند ـ سوئد	موریس‌مترلینگ. بلژیك	م.ک. آسر ـ هلند ا.ه. فرید. اطریش
۱۹۱۲	ن.گ. دالن ـ سوئد	و. گرینارد ـ فرانسه پ . ساباته ـ فرانسه	ا. کارل ـ آمریکا	ج. هوپتمن ـ آلمان	ای. روت. آمریکا
۱۹۱۳	ه. کامرلینگ‌انز ـ هلند	ا. ورنر ـ سویس	ش.ر. ریشه ـ فرانسه	رابیندرانات‌تاگور ـ هند	ه.لا. فونتن . بلژیك
۱۹۱٤	م. فون‌لا ـ آلمان	ت.و. ریچارد ـ آمریکا	ر. بارانی ـ مجارستان	—	—

سال	فیزیك	شیمی	طب‌وفیزیولژی	ادبیات	صلح
۱۹۱۵	و.ه. براگ، انگلستان و.ل براگ، انگلستان	ر.م. ویل‌شتاتر + آلمان	—	رومن‌رولاند ـ فرانسه	—
۱۹۱۶	—	—	—	ورنر. فون‌هدنستام،سوئد	—
۱۹۱۷	س.گ بارکلا،انگلستان	—	—	کارل گیلروپ،دانمارك هنریك پونتوپیدان ـ دانمارك	کمیتهٔ صلیب‌سرخ‌بین‌المللی ژنو
۱۹۱۸	م.ك.ا.ل. پلانك،آلمان	ف. هابر، آلمان	—	—	—
۱۹۱۹	ی. اشتارك، آلمان	—	ژ. بورده. بلژیك	کارل‌اشپی‌تلر ـ سویس	ت.و. ویلسن، آمریکا
۱۹۲۰	ش.ا. گیلومه، فرانسه	و.ه. نرنشت، آلمان	ش.ا.س کروخ،دانمارك	کنوت‌هامسن، نروژ	ل.و.ا. بورژوآ، فرانسه
۱۹۲۱	ا. اینشتین. آلمان	ف. سودی، انگلستان	—	آناتول‌فرانس، فرانسه	ك.ی. برانتیگ، سوئد ک. ل. لانگه، نروژ
۱۹۲۲	ن.بوهر، دانمارك	ف.و.آستن، انگلستان	ا.و. هیل انگلستان او.ف.مایرهوف، آلمان	ژ. بناونت، اسپانیا	ف. نانسن، نروژ
۱۹۲۳	ر.ا. میلیکان، امریکا	ف.پرگل، اطریش	ف.گ.بانتیك، کانادا ج.ج.ر. مك‌لود.کانادا	و.ب.ییتز، ایرلند	—
۱۹۲۴	ك.م.ج.سیگبان،سوئد	—	و. اینتهوون ـ هلند	ولادیلاوریمونت،لهستان	—
۱۹۲۵	ج. فرانك،آلمان گ، هرتز، آلمان	ر.ا.زیگموندی،آلمان	—	ج.ب. شاو، انگلستان	ج.ا.چامبرلین،انگلستان چ.گ. داوس،امریکا
۱۹۲۶	ژ.ب. پرین ، فرانسه	ت. شودبرگ، سوئد	ی.ا.ج. فیبیگر ـ دانمارك	گرازیا دلادا، ایتالیا	ا. بریان فرانسه ج. اشترشمن، آلمان
۱۹۲۷	ا.ه. کمپتن ، آمریکا	ه.او. ویلاند، آلمان	واگنریارگ، اطریش	هانری برگسن،فرانسه	ف. بوسون، فرانسه ل کوئید، آلمان
۱۹۲۸	او. و. ریچاردسن ، انگلستان	ا.او.ر.ویناس،آلمان	س.ل.ه. نیکل،فرانسه	زیگریداندست ، نروژ	—
۱۹۲۹	ل.و. دوبروگلی،فرانسه	ا. هاردن، انگلستان ه.ك.ا.س.فون‌الرچلپین ـ سوئد	ف.گ.هوپکین،انگلستان ک . ایکمان ـ هلند	توماس‌مان، آلمان	ف.ج. کلوگ، امریکا
۱۹۳۰	س.و. رامان ، هند	ه. فیشر، آلمان	ك. لاندشتیز . اطریش	سینکلرلوئی ، امریکا	ل.او.ن.شودربلوم،سوئد
۱۹۳۱	—	ک. بوش،آلمان ف. برگیوس،آلمان	او.ه.واربرگ،آلمان	ای.آ۰ کارل‌فلد، سوئد	ج.آدامس،آمریکا ن.م. بوتلر، آمریکا
۱۹۳۲	و. هایشنبرگ،آلمان	ای لانگ‌میر،آمریکا	س.س . شرینگتون ، انگلستان ای.د.آدریان ـ انگلستان	جان‌گالسورتی، انگلستان	—

سال	فیزیك	شیمی	طب و فیزیولژی	ادبیات	صلح
۱۹۳۳	ای. شرودینگر، اطریش ب.آ.م.دیراك، انگلستان	—	ت.ه.مورگان، آمریکا	ایوان بونین	ن ر.ل.آنجل، انگلستان
۱۹۳٤	—	ه.ك.یوری ، آمریکا	ج.ه. ویپل، آمریکا و.پ. مورفی، آمریکا ج.ر.مینوت، آمریکا	لئوجی پیراندلو-ایتالیا	آ.هندرسن، انگلستان
۱۹۳۵	ج.چادویك، انگلستان	ف. ژولیو کوری، فرانسه ا. ژولیو کوری، فرانسه	ه. اسپمان، آلمان	—	س.فون اوشتزکی، آلمان
۱۹۳٦	و.ف.هس، اطریش ك.د.آندرسن، آمریکا	پ.ژ.و. دبیه، هلند	ه.ه. دال، انگلستان ا. لوئوی، اطریش	یوجین اونیل- آمریکا	ك.سا ودرالاماس آرژانتین
۱۹۳۷	ك.ج. داویسن، آمریکا ج.پ.تومسون، انگلستان	و.ن. هاورث، انگلستان پ.کارر، سویس	ا.س.گ.فون ناگیرایولت مجارستان	روژه مارتین دوگار- فرانسه	ا. آ.ر.ج. سسیل، انگلستان
۱۹۳۸	ا. فرمی - ایتالیا	ر.کوهن، آلمان	ك.ژ.ف.هیمان، بلژیك	پیرل بوك، آمریکا	اداره بین المللی نانسن برای پناهندگان-ژنو
۱۹۳۹	ا.او.لارنس، آمریکا	ا.ف.ی.بوتنانت، آلمان ل.روزیکا ، سویس	گ. دوماگ، آلمان	ف.ای.سیلانپیه، فنلاند	—
۱۹٤۰	—	—	—	—	—
۱۹٤۱	—	—	—	—	—
۱۹٤۲	—	—	—	—	—
۱۹٤۳	ا. استرن آمریکا	ج. دوهوسی، مجارستان	ا. آ. دویسی، آمریکا ه.ك.پ. دام، دانمارك	—	—
۱۹٤٤	ا. آ. رابی، آمریکا	او.هاهن، آلمان	ج. ارلانگر، آمریکا ه.س.گاسر، آمریکا	ی.و.ینسن ، دانمارك	کمیتهٔ صلیب سرخ جهانی ژنو
۱۹٤۵	و. پولی، اطریش	آ.ی. ویرتانن، فنلاند	آ. فلمینگ، انگلستان ای.ب. چین، انگلستان	گابریلا میسترال، شیلی ج.ه.فلوری، انگلستان	س. هول، آمریکا
۱۹٤٦	پ.و.بریجمن، آمریکا	ج.ب. سامنر، آمریکا ج.ر.نورثروپ، آمریکا و.م. استانلی، آمریکا	ه.ج. مولر، آمریکا	هرمان هسه- سویس	ای .گ.بالچ- آمریکا ج.ر.موت- آمریکا
۱۹٤۷	ا.و.آپلتون، انگلستان	ر.روبینسن، انگلستان	ك.ف.کوری، آمریکا ج.ت.کوری، آمریکا ب.آ. هوسی، آرژانتین	آندره ژید- فرانسه	هیأت کمك دوستان انگلستان کمیته کمك دوستان آمریکائی
۱۹٤۸	پ.م.س.بلاکت انگلستان	آ.و.ك.تیزلیوس، سوئد	پ.ه. مولر ، سویس	ت.س.الیوت، انگلستان	—
۱۹٤۹	ه. یوکاوا، ژاپن	و.ف. گیاك- آمریکا	ا.ك.اگازمونیز، پرتقال و.ر.هس. سویس	ویلیام فالکنر، امریکا	ج. بویداور، انگلستان

سال	فیزیك	شیمی	طب و فیزیولژی	ادبیات	صلح
۱۹۵۰	س.ف. پادل-انگلستان	او.پ ه. دیلز-آلمان ك. آدلر - آلمان	پ.س. هنك-آمریکا اك. كندال- آمریکا ت. ریشتن- سویس	برتراندراسل-انگلستان	ر. بونچ- امریکا
۱۹۵۱	ج.د. كوكرافت-انگلستان ا.ت.س. والتن- ایرلند	ا. م.مك‌میلان-آمریکا گ.ت.سی برگ-آمریکا	م. تیلر-افریقای‌جنوبی	ب.ل. كویست. سوئد	ل. ژوهو- فرانسه
۱۹۵۲	ف. بلوك-آمریکا ای.م. پورسل-آمریکا	ا.ج.پ. مارتین-انگلستان ر.ل م-سینگ-انگلستان	س. آ. واكسمن-آمریکا	فرانسوامورياك-فرانسه	آ. شوایت‌زر-فرانسه
۱۹۵۳	ف. زرنیك- هلند	ه. اشتینگر-آلمان	ه.آ. كربز- انگلستان ف.آ. لیپمن-آمریکا	وینستون‌چرچیل-انگلستان	ج.ك. مارشال-آمریکا
۱۹۵۴	م. برن-انگلستان و. بوته، آلمان	ل.ك. پولینگ- آمریکا	ج.ف اندرسن-آمریکا ت.ه. ولر- آمریکا ف.س. روبینس-آمریکا	ارنست‌همینگوی-آمریکا	دفتر كمیته‌عالی‌پناهندگان ژنو
۱۹۵۵	و.ی. لامب-آمریکا پ. كوش-آمریکا	و. دووینیاد-آمریکا	ا.ه.ت. تئورل -سوئد	هالدورلاكنس-ایسلند	—
۱۹۵۶	و.شوكلی-آمریکا ج.باردین- آمریکا و.ه. براتین-آمریکا	ن.ن. سمونوف-روسیه س.ن. هینشلوود	ف. فورسمن-آلمان د.و. ریچارد-آمریکا ا.ف. كورناند-امریکا	ژ.ر. ژیمنس- اسانیا	—
۱۹۵۷	چ.ن. یانگ-چین ت.د. لی-چین	ا.ر. تود - انگلستان	د. باوت- ایتالیا	آلبر كامو - فرانسه	ل.ب. پیرسن- كانادا
۱۹۵۸	ب.آ. چرن‌كف-روسیه ا.م. فرانك- روسیه ا.ای. تام- روسیه	ف. سانگر- انگلستان	ج.د. بیدل-انگلستان ا.ل. تاتوم- آمریکا ج. لدربرگ-آمریکا	بوریس‌پاسترناك-روسیه	ژ. پیره-بلژیك
۱۹۵۹	ا.ج. سكره- آمریكا او.چامبرلین-آمریكا	ی. هیرووسكی- چكوسلواكی	س. اوكوئا-آمریكا آ. كورنبرگ-آمریكا	سالوادور كازیمدو-ایتالیا	ف.ج. نوئل‌بیكر-انگلستان
۱۹۶۰	د.آ. گلاسر-آمریكا	و.ف. لیبی-آمریكا	ف.م. بورنه-استرالیا پ.ب. مداوار-انگلستان	سن‌ژان پرس-فرانسه	آ.ج. لوتولی-افریقای جنوبی
۱۹۶۱	ر. هوفستادتر- آمریكا ر.ل. موسبایر-آلمان	م. كالوین-آمریكا	ج. فون‌بكسی-آمریكا	ایوآندریك-یوگسلاوی	د.اگ. هامرشولد-سوئد
۱۹۶۲	ل.لاندو- روسیه	ج.س. كندرو م.ف. پروتز } انگلستان	م.ه.ف. ویلكنز-انگلستان ف. كانتن كریك-انگلستان ج.د. واتسن-آمریكا	ج. اشتنبك-آمریكا	—
۱۹۶۳	اوژن ویگر- آمریكا ماریا گوفرت‌مایر-آمریكا ژ.هانس.د. جانسون آلمان	كارل زیلگر- آلمان ژیولیوناتا -ایتالیا	سرگراواكلس-استرالیا ا. لیودها-انگلستان	ژیورگوس‌بنزیس‌یونان	—
۱۹۶۴	چ. تونز - آمریكا ن. باسف-روسیه ا. پروكوروف- روسیه	د. هوجكین	ا.فیولدینگ‌هاكسلی-انگلستان	ژان‌پل سارتر-فرانسه	م. لوترکینگ-آمریكا

جدول کلی تقسیم جوایز نوبل بین کشورهای مختلف (تا آخر سال ۱۹۶۴)

کشور	فیزیك	شیمی	طب	ادبیات	صلح	مجموع
آرژانتین	—	—	۱	—	۱	۲
آلمان	۱۴	۲۱	۹	۵	۳	۵۲
اتحاد شوروی	۶	۱	۲	۱	—	۱۰
اتریش	۳	۱	۳	—	۲	۹
اسپانیا	—	—	۱	۳	—	۴
استرالیا	—	—	۲	—	—	۲
افریقای جنوبی	—	—	۱	—	۱	۲
ایالات متحده آمریکا	۲۳	۱۳	۲۷	۶	۱۳	۸۲
ایتالیا	۲	—	۲	۴	۱	۹
ایسلند	—	—	—	۱	—	۱
ایرلند	۱	—	—	۱	—	۲
بریتانیا	۱۵	۱۳	۱۵	۶	۷	۵۶
بلژیك	—	—	۲	۱	۳	۶
پرتقال	—	—	۱	—	—	۱
چکسلواکی	—	۱	—	—	—	۱
چین	۲	—	—	—	—	۲
دانمارك	۱	—	۴	۳	۱	۹
ژاپون	۱	—	—	—	—	۱
سوئد	۲	۴	۲	۴	۴	۱۶
سوئیس	—	۳	۴	۲	۳	۱۲
شیلی	—	—	—	۱	—	۱
فرانسه	۷	۶	۳	۱۱	۸	۳۵
فنلاند	—	۱	—	۱	—	۲
کانادا	—	—	۲	—	۱	۳
لهستان	—	—	۱	—	—	۱
مجارستان	—	۱	۲	—	—	۳
نروژ	—	—	—	۳	۲	۵
هلند	۵	۲	۲	—	۱	۱۰
هندوستان	۱	—	—	۱	—	۲
یوگسلاوی	—	—	—	۱	—	۱
یونان	—	—	—	۱	—	۱
مؤسسات	—	—	—	—	۷	۷

جمع تمام جوایز داده‌شده : ۳۵۰

آیا شما هم می‌توانید

یک چنین بازیهایی را با اعداد پیدا کنید؟

● عددی فکر کنید، آنرا در ۵ ضرب کنید، به‌حاصل ۶ بیفزایید، حاصل‌را در ۴ ضرب کنید، به‌این حاصل ۹ بیفزایید، حاصل‌را مجدداً در ۵ ضرب کنید، از حاصل ۱۶۵ را کم کنید و باقیمانده‌را بر ۱۰۰ تقسیم کنید خارج قسمت همان عددی است که فکر کرده‌اید.

● عددی فکر کنید، به‌آن ۱۰ بیفزایید، حاصل‌را در ۲ ضرب کنید تعداد ریالهای پولی که درجیب دارید به‌آن اضافه کنید، حاصل‌را در ۴ ضرب کنید، به‌حاصل ۲۰ بیفزایید، چهار برابر تعداد سالهایی‌را که پشت‌سر گذارده‌اید به‌آن اضافه کنید، حاصل‌را بر ۲ تقسیم کنید، دو برابر تعداد ریالهای پولی که درجیب دارید از آن کم کنید، از حاصل ۱۰ کم کنید، حاصل‌را بر ۲ تقسیم کنید، عدد سن خودرا از آن کم کنید، حاصل‌را بر ۲ تقسیم کنید، و از حاصل ۱۰ کم کنید. عددی که فکر کرده‌اید به‌دست می‌آید.

● طاس تخته‌نردرا سه‌مرتبه بیندازید و سه‌عدد به‌دست آمده‌را یادداشت کنید، عدد اولی‌را در ۲ ضرب کنید، حاصل‌را با ۵ جمع کنید، حاصل‌را در ۵ ضرب کنید، عدد دومی‌را به‌این حاصل بیفزایید، آنچه که به‌دست آمد در ۱۰ ضرب کنید و عدد سومی را به‌حاصل بیفزایید، از حاصل ۲۵۰ را کم کنید. عددی سه‌رقمی به‌دست می‌آید که ارقام آن از چپ به‌راست همان سه‌عددی است که توسط طاس نشان‌داده شده است.

● عدد سالهای سن خودرا در ۲ ضرب کنید، به‌حاصل ۵ بیفزایید، حاصل را در ۵۰ ضرب کنید، عدد ریالهای پولی که درجیب دارید به‌حاصل بیفزایید (کمتر از ۱۰۰ ریال)، تعداد روزهای سال‌را از حاصل کم کنید. به‌این حاصل ۱۱۵ اضافه کنید. عددی چهاررقمی به‌دست می‌آید که دو رقم سمت چپ آن سن شما و دو رقم سمت راست آن مبلغ پول شما را نشان می‌دهد.

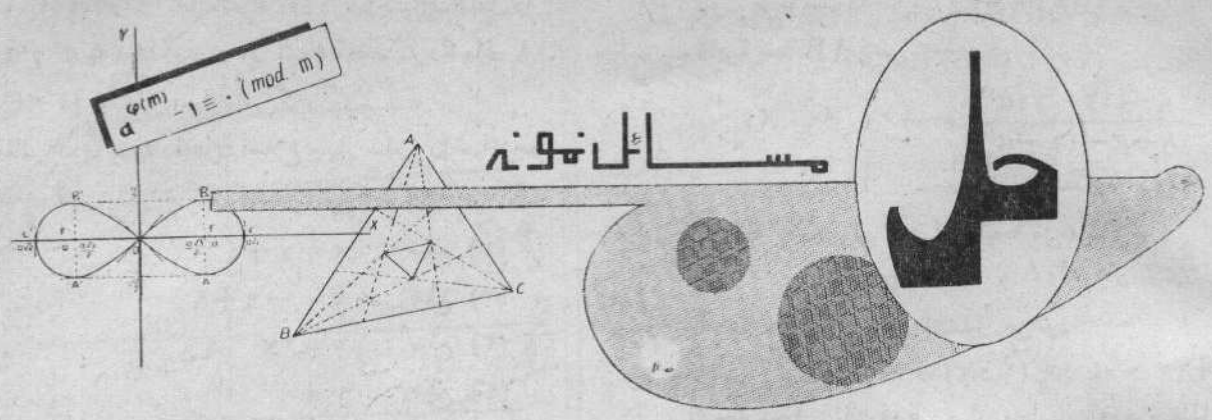
● عددی فکر کنید که سه رقمی باشد، آن‌را مقلوب کنید (به‌ترتیب عکس بنویسید) آن‌را که کوچکتر است از دیگری کم کنید، رقم وسط باقیمانده ۹ و مجموع دو رقم آن نیز طرفین برابر با ۹ خواهد بود.

● عددی فکر کنید، یک رقم صفر به سمت راست آن اضافه کنید، از حاصل عددی‌را که فکر کرده بودید کم کنید، چند برابر ۹ را به حاصل بیفزایید، یکی از رقم‌های عدد حاصل را به‌دلخواه کنار بگذارید. باقی ارقام که اعلام شود چون مجموع آنها از کوچکترین مضربی از ۹ که ممکن است کم شود رقم کنار گذاشته‌شده حاصل شود.

● عددی فکر کنید، از این عدد مجموع ارقامش را کم کنید، ترتیب ارقامش‌را به‌هرنحو که می‌خواهید به‌هم بزنید، به‌عدد حاصل ۳۱ اضافه کنید، یکی از رقمهای عدد به‌دست آمده‌را که ۹ نباشد کنار بگذارید، از مجموع ارقام باقیمانده ۴ کم کنید، حاصل‌را از کوچکترین مضرب ۹ که ممکن است کم کنید، باقیمانده همان رقم حذف‌شده می‌باشد.

● یک عدد اول بزرگتر از ۳ انتخاب کنید، آنرا مجذور کنید، به‌حاصل ۱۷ بیفزایید، حاصل‌را بر ۱۲ تقسیم کنید، باقیمانده برابر ۶ خواهد بود.

ع.م. از کتاب «تفننها و معماهای ریاضی»



روش بیسابقه در حل و بحث یك مسئلهٔ ممتاز هندسه

از : محمد حسن زراقی خمسی

۱ـ چهارضلعی غیرمشخصی در صفحه مفروض است (اعم‌ازمحدب یامقعر). مستطیلی چنان رسم کنید که هررأسش روی‌یك ضلع چهار ضلعی (یابرامتداد آنها) واقع گردد (بحث)

***

تحقیق در شرایط امکان ـ درشمارهٔ اول مجلهٔ یکان ضمن مقالهٔ نسبتاً مبسوطی توضیح دادیم که یك مسئلهٔ هندسه چه وقت قابل‌حل است یعنی می‌توانیم به‌کمك خط‌کش و پرگار از روی مفروضات مسئله شکل هندسی را ایجاد کنیم ـ در آنجا به این نتیجه رسیدیم که درمحاسبات مربوطه معادلاتی‌که برای یافتن نقاط مجهول مسئله نوشته می‌شود حداکثر نباید از درجهٔ دوم تجاوز نماید . در مسئله‌ای‌کـه اکنون مورد بحث مـاست معادلات مربوطه از درجهٔ اول بوده و جواب مسئله منحصر به فرد است . پس از این لحاظ و ازلحاظ کیفیتی که در صورت مسئله دیده می‌شود می‌توانیم‌آن را درعداد مسائل ممتاز به‌شمار آوریـم :

بعد ازاین مقدمه‌اکنون می‌پردازیم به‌محاسبه :محورهای مختصات قائم راطوری انتخاب‌می‌کنیم‌که $x'x$ بریك ضلع‌چهار ضلعی‌منطبق بوده و مبدأ مختصات یك رأس‌آن باشد . معادلات اضلاع چهار ضلعی (اعم ازمحدب یا مقعر) بـه صورت زیـر نوشته می‌شود :

ضلع (۱) : $y=ax+b$

ضلع (۲) : $y=cx+d$

ضلع (۳) : $y=ex$

ضلع (٤) : $y=0$

اگر نقاط $A(\alpha$ و $\beta)$ و $B(\alpha'$ و $\beta')$ روی اضلاع (۱) و (۲) دورأس مستطیل مطلوب فرض شوند و اگر AB باامتداد معینی موازی‌باشدیعنی اگرضریب زاویهٔ خط AB را K فرض کنیم ؛ اولین معادلـهٔ مربوط بـه محاسبهٔ مجهولات مسئلـه نوشته می‌شود :

$$\frac{\beta-\beta'}{\alpha-\alpha'}=K$$

دراین معادله β'وβ را برحسب α و α' حساب‌می‌کنیم. تامعادله شامل دو مجهول شود :

$$(a-K)\alpha-(c-K)\alpha'+b-d=0$$

حال معادلات خطوط عمود بر خط AB در نقاط A و B را می‌نویسیم به طوریکه مختصات دو رأس دیگر ازمستطیل مطلوب یعنی نقاط C و D از حل دو دستگـاه دو معادلـهٔ دو مجهولی زیر بدست می‌آید :

$$C\begin{cases} y-\beta'=-\frac{1}{K}(x-\alpha') \\ y=ex \end{cases}$$

$$D\begin{cases} y-\beta=-\frac{1}{K}(x-\alpha) \\ y=0 \end{cases}$$

جوابهای x و y دستگاههای فوق یعنی مختصات نقاط C و D توابعی هستند از درجهٔ اول برحسب α و α' که بـه سهولت می‌توانیم‌آنها را محاسبه نمائیم .

بعد از محاسبهٔ مختصات نقاط C و D می‌نویسیم که ضلع CD از مستطیل ضریب راویه‌اش برابـر است با K (ضریب

زاویهٔ ضلع AB) و ازآنجا معادلهٔ دوم از درجهٔ اول شامل دو مجهول α و α' به دست‌آمده و در نتیجه مختصات رأسهای A و B و C و D مستطیل معلوم می‌گردد .

مثال عددی ـ معادله‌های اضلاع چهار ضلعی را بـاتوجه به تعریفهای قبلی به‌طریق زیر انتخاب می‌کنیم (K = −۲)

(۱) ضلع . $y = x - ٤$

(۲) ضلع : $y = -x + ٩$

(۳) ضلع : $y = ٢x$

(٤) ضلع : $y = ٠$

این چهارضلعی را از روی معادله‌های فوق دریك دستگاه محورهای‌مختصات قائم باواحد سانتیمتر رسم می‌کنیم (شکل۱) مطابق‌آنچه‌که قبلا گفته شده است ازروی معادلهٔ

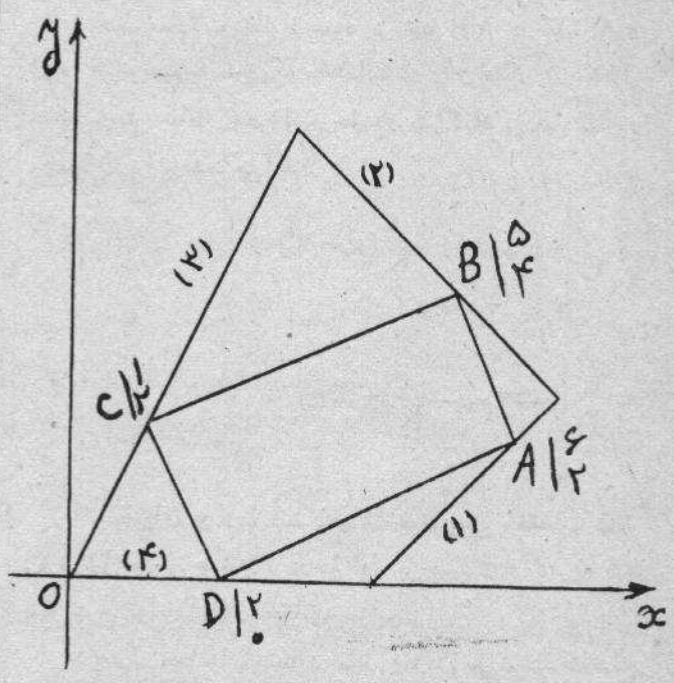
$$\frac{\beta - \beta'}{\alpha - \alpha'} = -٢$$

به سهولت نتیجه می‌شود .

(I) $٣\alpha - \alpha' - ١٣ = ٠$

حال معادله‌های خطوط عمود بر AB درنقاط A و B رانوشته سپس مختصات نقاط تلاقی این دوخط را بااضلاع (۳) و (٤) چهار ضلعی پیدا مـی‌کنیم پس از محاسبات لازم نتیجه مـی شود :

D | $x = ٨ - \alpha$, $y = ٠$ و C | $x = ٦ - \alpha'$, $y = ١٢ - ١٢\alpha'$



ش ۱

اکنون می‌نویسیم‌که ضریب زاویهٔ خط CD برابر است باضریب زاویهٔ خط AB یعنی ۲−

$$\frac{٠ - (١٢ - ١٢\alpha')}{٨ - \alpha - (٦ - \alpha')} = -٢$$

یا (II) $\alpha - ٢\alpha' + ٤ = ٠$

ازحل‌دو معادلهٔ دومجهولی I و II نتیجه می‌شود :

$\alpha = ٦$ و $\alpha' = ٥$

و ازآنجا مختصات چهار راس مستطیل می‌شود :

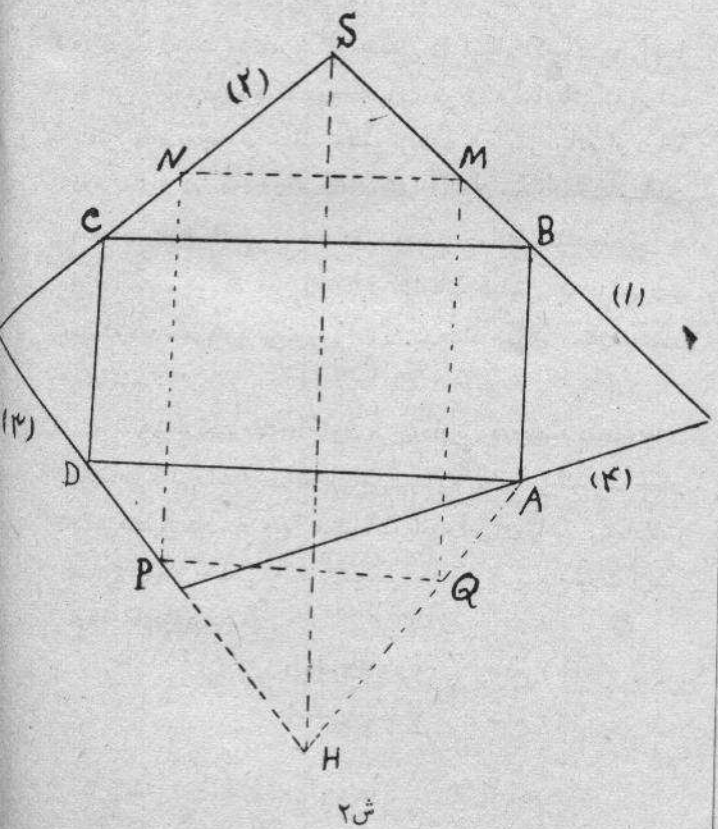
A(۲ و ٦) و B(٤ و ٥) و C(۲ و ۱) و D(۲ و ۰)

نتیجهٔ محاسبات فوق ـ از محاسبات فوق بـه این نتیجه رسیدیم کـه اگر چهارضلعی غیر مشخصی داشته بـاشیم بینهایت مستطیل ABCD می‌توانیم رسم‌کنیم که رأسهای A و B و C و D ازآن روی‌چهارضلع این چهار ضلعی‌یابرامتداد آنها واقع گردد بنابراین وقتی مسئله جواب منحصر به فرد داردکه امتداد ضلع AB از مستطیل معلوم باشد . پس بـرای هر امتداد معلوم از AB ، درحالت‌کلی یك جواب وفقط یك جواب برای مسئله موجود است

***

حل هندسی مسئله

طرز رسم ـ اضلاع چهارضلعی را بشماره‌های (۱) و (۲) و (۳) و (٤) می‌نامیم (شکل ۲)



ش۲

مستطیل MNPQ را طوری می‌سازیم که ضلع MN از آن موازی با امتداد مفروض بوده و رأسهای M و N و P به ترتیب روی اضلاع (۱) و (۲) و (۳) واقع گردند و رأس چهارم Q از آن آزاد باشد سپس عمودی از رأس S بر MN رسم کرده امتداد می‌دهیم تا ضلع (۳) را در H قطع کند خط HQ ضلع (۱) را در A تلاقی می‌نماید که رأس مستطیل مطلوب است (مستطیل ABCD)

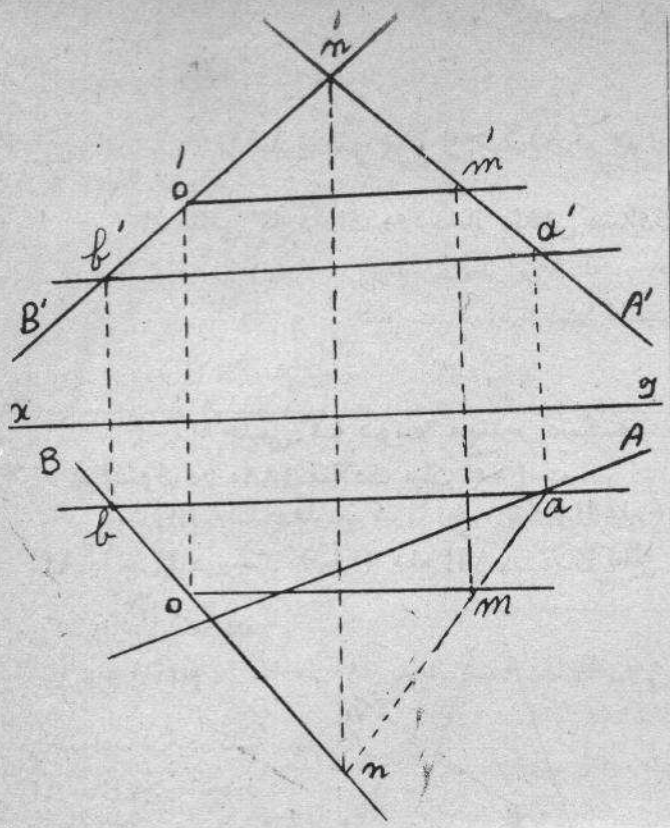
استدلال - برای حل این مسئله از یک مسئلهٔ معروف هندسهٔ فضایی الهام گرفته شده است . صورت آن مسئله چنین است : بر دو خط متنافر خطی به موازات امتداد معلوم Δ متکی کنید . این مسئله در تمام کتابهای هندسهٔ ترسیمی حل شده است وما دراینجا از حالت خاص آن استفاده کرده ایم - صورت مسئله در حالت خاص در هندسهٔ ترسیمی چنین است :

بر دو خط متنافر خط مواجهی متکی کنید - چون تصویرهای هر دو خط متنافر در هندسهٔ ترسیمی در حالت کلی یک چهار ضلعی به وجود می‌آورند و تصویرهای خط مواجه متکی بر دو خط متنافر در فضا با رابط های نقاط تقاطع مستطیلی تشکیل می‌دهند پس این همان مستطیل مطلوب در صورت مسئله است که چهار رأس آن روی چهار ضلعی قرار دارد به این نکته نیز باید توجه کنیم که در اینجا موضع خط الارض هیچگونه نقشی در حل مسئله ندارد وفقط دانستن امتداد آن که همان امتداد ضلع AB است لازم می‌باشد .

اکنون برای اینکه به مفهوم واقعی طرز رسم گفته شده پی ببریم طریقهٔ ترسیم را در هندسهٔ ترسیمی به طریقی که معمول است در شکل (۳) کاملا بیان می‌کنیم :

می‌خواهیم بر دو خط متنافر AA' و BB' خطی متکی کنیم که با xy متوازی باشد. ابتدا بر یکی از دو خط مثلا بر BB' صفحهٔ مواجهی مرور می‌دهیم بدین طریق که از نقطهٔ دلخواه oo' واقع بر BB' خطی موازی با خط الارض رسم می‌کنیم و بعد فصل مشترک خط AA' را با صفحهٔ دو خط متقاطع از oo' پیدا می‌کنیم و این نقطه aa' است و مواجه ada'b' جواب مسئله است (شکل ۳)

بحث- می‌دانیم که در بحث یک معادلهٔ درجهٔ اول سه مورد پیش می‌آید یا معادله یک جواب منحصر به فرد دارد ، یا جواب معادله مبهم است و در حقیقت بینهایت جواب دارد یا معادله جواب نداشته و ممتنع است . چون محاسبات مربوط به مجهول مسئله منجر به حل معادلهٔ درجهٔ اول می‌باشد پس از این موضوع در



ش ۳

مورد بحث مسئله استفاده کرده و در واقع بحث هندسی را با بحث جبری تطبیق می‌دهیم: مسئله موقعی جواب منحصر به فرد دارد که قطر چهار ضلعی بر امتداد مفروض عمود نباشد (امتداد خط الارض) ومی‌دانیم که این شرط در هندسهٔ ترسیمی شرط متنافر بودن دو خط فضایی است واگر این قطر بر امتداد مفروض عمود باشد دو خط فضایی متقاطع بوده و تشکیل یک صفحه رامی‌دهند واین صفحه درحالت کلی خط الارض راقطع می‌کند ونمی‌توان روی آن خط مواجه یافت .

بنابراین دراین حالت مسئله ممتنع است موقعی مسئله بینهایت جواب دارد (جواب مبهم در معادلهٔ درجهٔ اول) که دو خط متقاطع فضایی داخل یک صفحهٔ مواجه قرار داشته باشند و به سهولت تحقیق می‌کنیم که در این حالت دو قطر چهارضلعی بر یکدیگر عمودند زیرا می‌دانیم که در هندسهٔ ترسیمی نقطهٔ تقاطع تصویرهای یک خط نقطه‌ای است متعلق به صفحهٔ منصف الفرجهٔ دوم وفصل مشترک یک صفحهٔ مواجه یا صفحهٔ منصف الفرجهٔ دوم خطی است مواجه واز آنجا نتیجه می‌گیریم که اگر در یک چهارضلعی غیرمشخص دو قطر بر یکدیگر عمود باشند بینهایت مستطیل ABCD وجود دارد که اضلاعش موازی دو قطر چهارضلعی بوده وچهار رأس آن روی چهارضلع چهارضلعی واقع است .

قدیمترین وجدیدترین راه حل یك مسئلهٔ معروف

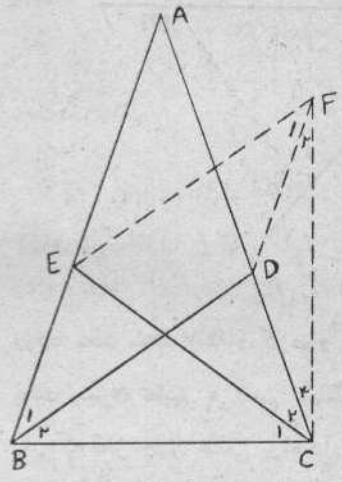
۲ـ مثلثی که دارای دو نیمساز داخلی متساوی باشد متساوی الساقین است

(چندین راه‌حل این مسئله در دوجلد از کتابهای حل المسائل هندسه تألیف از گمی ـ شهریاری ارائه شده‌است . دراینجا ابتدا قدیمیترین و معروفترین وبعد جدیدترین راه‌حل مسئله ذکر می‌شود .)

عبدالحسین مصحفی

I- راه حلی که توسط مهندس دسکوب فرانسوی در ۱۸۸۰ میلادی بیان شده است .

مثلث ABC را درنظر می گیریم، نیمساز زاویهٔ B ضلع AC را در D و نیمساز زاویهٔ C ضلع AB را در E قطع می کندبه‌فرض اینکه‌داشته باشیم $BD=CE$



ش ۳

می‌خواهیم ثابت کنیم $AB=AC$. چنانچه‌دو زاویهٔ B وC برابرباشند مثلث متساوی الساقین خواهد بود . فرض کنیم این‌دوزاویه برابرنباشند و مثلا $\angle C<\angle B$ باشد در این صورت

$\angle C_2=\angle C_1<\angle B_2=\angle B_1$. EF را موازی ومساوی با BD رسم کرده FC وFD را وصل می کنیم در متوازی الاضلاع BEFD داریم .

$BE=DF$ و $\angle B_1=\angle F_1$

ودر مثلث متساوی‌الساقین ECF داریم .

$\angle F_1+\angle F_2=\angle C_2+\angle C_3$

و چون $\angle C_2<\angle B_1$ و $\angle B_1=\angle F_1$ بوذ نتیجه می‌شود که $\angle C_3<\angle F_2$ باشد واز آنجا لازم می‌آیدکه $CD<DF$ و درنتیجه $CD<BE$ باشد. دردو مثلث BCD و BCE ضلع BC مشترك ودوضلع BD وCE متساوی اما $CD<BE$ است بنابراین $\angle C_1<\angle B_2$ و در نتیجه $\angle C<\angle B$ خواهدبود که خلاف فرض‌است. بنابراین بافرض $BD=CE$ زاویهٔ B نمی‌تواند بزرگتر از زاویهٔ C اختیار شود و چنانچه در ابتدا زاویهٔ B کوچکتر از زاویهٔ C اختیار شود با روش مشابه‌نتیجه خواهد شدکه $\angle B<\angle C$ که بازهم خلاف فرض‌است. بنابراین دوزاویهٔ B وC بایکدیگر برابر بوده و مثلث متساوی‌الساقین است .

***

II- راه حلی که در شمارهٔ هشتم دورهٔ پنجاه و هفتم مجلهٔ

(The Mathematics Teacher)

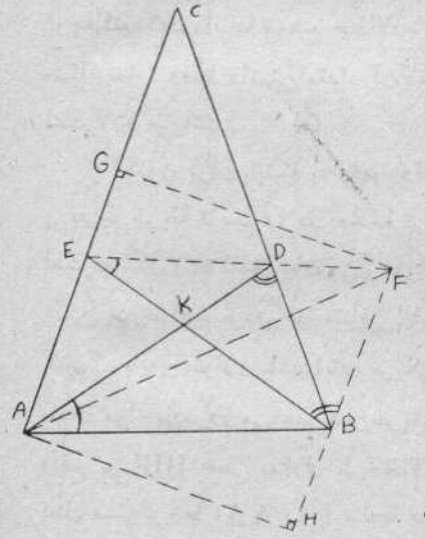
چاپ آمریکا مورخ دسامبر ۱۹۶۴ به‌نام پرفسور هاپکینس ذکر شده است :

فرض ـ مثلث ABC که در آن نیمسازهای AD وBE متساویند

مستنبط ـ مثلث متساوی‌الساقین است.

اثبات :

۱ـ زاویهٔ BEF را مساوی بازاویهٔ BAD و زاویهٔ FBE را مساوی بازاویهٔ ADB می‌سازیم .



ش ٤

۲ـ FB را تا H امتداد داده وعمود FG رابر AC وعمود AH رابر FH رسم‌می کنیم

۳ـ AF را وصل می کنیم

٤ـ چون زاویه‌های BAD و ADB دو زاویه ازیك مثلث هستند مجموع آنها از دوقائمه کمتر بوده ودوخط BF و EF متقاطع می‌باشند

٥ـ دومثلث ABD و EFB برابرند

٦ـ نتیجه می‌شودکه $BD=BF$ و $AB=EF$

۷ـ $\angle AKB=\angle KAE+\angle AEK$

$=\angle BEF+\angle AEK=\angle AEF$

۸ـ اما $\angle AKB=\angle KDB+\angle DBK$

$=\angle FBK+\angle KBA=\angle FBA$

۹ـ نتیجه می‌شود $\angle AEF=\angle FBA$

۱۰- نتیجه می‌شود $\angle ABH = \angle FEG$

۱۱- وازآنجا دومثلث FGE و AHB برابرند

۱۲- درنتیجه $GF = HA$ و $GE = HB$

۱۳- نتیجه می‌شود که مثلث FGA با مثلث FHA برابر باشد

۱۴- درنتیجه $GA = HF$

۱۵- وازآنجا $AE = FB = BD$

۱۶- نتیجه می‌شود که مثلث ABE بامثلث BAD برابر باشد

۱۷- ونتیجه می‌شود که زاویهٔ EBA بازاویهٔ BAD برابر باشد

۱۸- همچنین زاویهٔ CBA با زاویهٔ BAC برابر باشد .

۱۹- وبالاخره نتیجه می‌شود که $CA = CB$

مسئلهٔ ((پاپوس))

۳- از نقطهٔ واقع برنیمساز زاویهٔ قائمهٔ مفروض قاطعی رسم کنید که قطعه‌ای از آن‌که بین اضلاع زاویه محصور می‌شود برابر باطول معلوم l باشد.

« مسئلهٔ پاپوس از جمله مسائل مشهور ریاضی است . حل جبری این مسئله به‌حل معادلهٔ
« درجهٔ ٤ منجر می‌شود . در حالتیکه نقطهٔ مفروض برنیمساز زاویه واقع باشد، معادلهٔ
« مربوط به‌معادله‌های درجهٔدوم تبدیل شده قابل‌حل می‌باشد ودراین‌حالت حل‌هندسی‌مسئله
« نیز ممکن است . اما چنانچه وضع نقطهٔ مفروض در داخل زاویه غیرمشخص باشد ، حل
« معادلهٔ درجهٔ چهارم مربوط‌ممکن‌نبوده ومسئله‌ازلحاظ هندسی نیزغیرقابل‌حل‌می‌باشد. در
« حالتی‌که زاویهٔ مفروض حاده یا منفرجه باشد بازهم اگرنقطه برنیمساز واقع باشدمسئله
« ازراه جبری وازراه هندسی قابل حل وگرنه غیرقابل حل می‌باشد . »

یکی ازراه‌حلهای جبری مسئلهٔ پاپوس

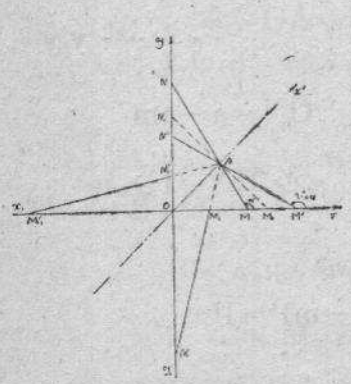
ترجمه‌وانتخاب‌توسط : **عبدالحسین مصحفی**

از کتاب « مسئلهٔ پاپوس و صد راه حل اولیهٔ آن »

تألیف : **A. MAROGER** چاپ ۱۹۲۵ پاریس

اضلاع‌زاویهٔ‌قائمهٔ مفروض رامنطبق برمحورهای‌مختصات $x'ox$ و $y'oy$ انتخاب می‌کنیم. نقطهٔ A رابر ox' نیمساز xoy (واقع دردربع اول محورها) درنظرگرفته و مسئله رادر حالت کلی بررسی می‌کنیم، اگر MN قطعه‌خط مطلوب باشدکه $MN = l$ و M بر $x'x$ و N بر $y'y$ بوده و A برقطعه‌خط MN یابرامتداد آن واقع باشد یعنی‌قطعه‌خط MN جوابی از مسئله باشد ، چون ox' محور تقارن شکل است ، قرینهٔ MN نسبت به ox' نیز جوابی از مسئله خواهد بود . m ضریب زاویهٔ امتداد MN را مجهول مسئله انتخاب می‌کنیم. m برابر با تانژانت زاویهٔ α است‌که امتداد MN بامحور $x'x$ (درجهت مثلثاتی) می‌سازد .

αممکن است حاده یامنفرجه باشد. ازA دوخطمی‌توان رسم‌کردکه باامتداد$x'x$ زاویه‌ای برابر با قدر مطلقα بسازد اگرزاویهٔ MN یکی ازاین‌دوخط با $x'x$ برابربا α باشد زاویهٔ M_1N_1 خطدیگر برابربا $\pi - \alpha$ می‌باشد ودراریم$AM = AM_1$. وقتی $|\alpha| = 45$ باشد



یکی ازدوخط به‌وضع M_0N_0 عمود بر ox' و دیگری بر ox' منطبق خواهدبود ودراینحال $M_0N_0 = 2OA$ می‌باشد .

چنانچه $|\alpha| < 45^\circ$ باشد یك نقطهٔ M به‌وضع M_1' واقع بر نیم محور ox_1 ویك نقطهٔ دیگر آن به‌وضع M' واقع بر نیم‌محور ox و N_1' و N' نقاط نظیر آنها هردو بر نیم‌محور oy واقع می‌باشند. و چنانچه $45^\circ < |\alpha| < 90^\circ$ باشد هردووضع M بر ox بوده اما N نظیر $90^\circ < \alpha < 135^\circ$ بر oy و N_1 نظیر $45 < \alpha < 90$ بر oy_1 واقع می‌باشد .

درهرمثلث‌نیمساز داخلی‌یك‌زاویه بین ارتفاع ومیانهٔ‌نظیر این‌زاویه واقع‌بوده درنتیجه طول‌نیمسازازطول میانه کوچکتر می‌باشد وچون درمثلث قائم‌الزاویه طول میانـه نصف طول وتر است‌پس طول‌وتر ازدوبرابر طول‌نیمساز بزرگتر خواهدبود . بنابراین MN که در بخش اول محورها واقع‌باشد از $2OA$ بزرگتر است.

نتیجهٔ کلی آنکه اگر $l = 2OA$ باشد مسئلهٔ پاپوس فقط دارای یك جواب می‌باشد (M_0N_0) و اگر $l > 2OA$ باشد مسئله دارای چهارجواب می‌تواند باشد. دوجواب واقع دردربع اول یك‌جواب واقع دردربع دوم وجواب دیگر واقع در ربع‌چهارم محورهای $x'x$ و $y'y$ واگر $l < 2OA$ باشد مسئله برای‌ربع اول محورها جواب نـداشته دارای دوجواب واقع‌دردربعهای دوم‌وچهارم می‌تواند باشد.

ازبررسی مقدماتی مسئله نتیجه می‌شودکه معادلهٔ نسبت‌به m بایددارای چهار ریشه باشد وبنابراین درجهٔ‌چهارم خواهد بود .

تشکیل‌معادله: مختصات A را aوa فرض می‌کنیم . معادلهٔ خطی بـا ضریب زاویـهٔ m که بـر نقطهٔ A می‌گذرد عبارتست از

$$y - a = m(x - a)$$

چنانچه M نقطهٔ تلاقی خط با $x'x$وN نقطهٔ تلاقی‌آن با $y'y$ باشد داریم :

$$\overline{OM} = a - \frac{a}{m} \quad و \quad \overline{ON} = a - am$$

به‌فرض $MN = l$ داریم

$$\overline{OM}^2 + \overline{ON}^2 = l^2$$

$$a^2\left(1 - \frac{1}{m}\right)^2 + a^2(1-m)^2 = l^2$$

و بعد از اختصار نتیجه خواهد شد

$$m^4 - 2m^3 + \left(2 - \frac{l^2}{a^2}\right)m^2 - 2m + 1 = 0$$

معادله‌ای است نسبت به m معکوسهٔ از درجهٔ چهارم و شامل یك پارامتر $\frac{a}{l}$ یا $\frac{l}{a}$.معادلهٔ‌بالا بافرض $m + \frac{1}{m} = s$ به معادلهٔ زیر تبدیل خواهدشد

$$s^2 - 2s - \frac{l^2}{a^2} = 0$$

این‌معادله دارای دوریشهٔ حقیقی می‌باشد:

$$s' = 1 + \sqrt{1 + \frac{l^2}{a^2}} \quad و \quad s'' = 1 - \sqrt{1 + \frac{l^2}{a^2}}$$

وازآنجا برای تعیین m دومعادلهٔ زیررا خواهیم داشت

(۱) $m^2 - s'm + 1 = 0$ ؛ $\Delta_1 = s'^2 - 4$

(۲) $m^2 - s''m + 1 = 0$ ؛ $\Delta_2 = s''^2 - 4$

فرض‌می‌کنیم $R = \sqrt{1 + \frac{l^2}{a^2}}$، داریم

$$\Delta_1 = 1 + R^2 + 2R - 4 = R^2 + 2R - 3$$

چون $R > 1$ است $\Delta' > 0$ بوده و معادلهٔ (۱) همواره دارای دوریشه می‌باشد. برای معادلهٔ (۲)داریم:

$$\Delta_2 = 1 + R^2 - 2R - 4 = R^2 - 2R - 3$$

$\Delta_2 > 0$ است اگر $R \geq 3$ باشد یعنی

$$\sqrt{1 + \frac{l^2}{a^2}} \geq 3 \quad یا \quad \frac{l^2}{a^2} \geq 8 \quad و \quad \frac{l}{a} \geq 2\sqrt{2}$$

$$l \geq 2a\sqrt{2}$$

نتیجه : در ازاء $l > 2a\sqrt{2}$ از معادله‌های (۱)و(۲) برای m چهار مقدار به‌دست می‌آید .

در ازاء $l = 2a\sqrt{2}$ از معادلهٔ (۱) دومقدار $m = -1$ واز معادلهٔ (۲) مقدار $m = 2 \pm \sqrt{3}$ به‌دست می‌آید (یك‌جواب خط پاپوس M_0N_0 واقع در ربع اول است که بامحور $x'x$ زاویهٔ 135° می‌سازد ودوجواب دیگر آن‌در ربعهای دوم وچهارم است که بامحور $x'x$ زاویه‌های 15° و 75° می‌سازند) .

درازاء $l < 2a\sqrt{2}$ معادله فقط دوجواب‌داردکه ازمعادلهٔ(۱) به دست می‌آید .

یك راه حل هندسی مسئلهٔ پاپوس

حل‌توسط : **عبدالحسین مصحفی**

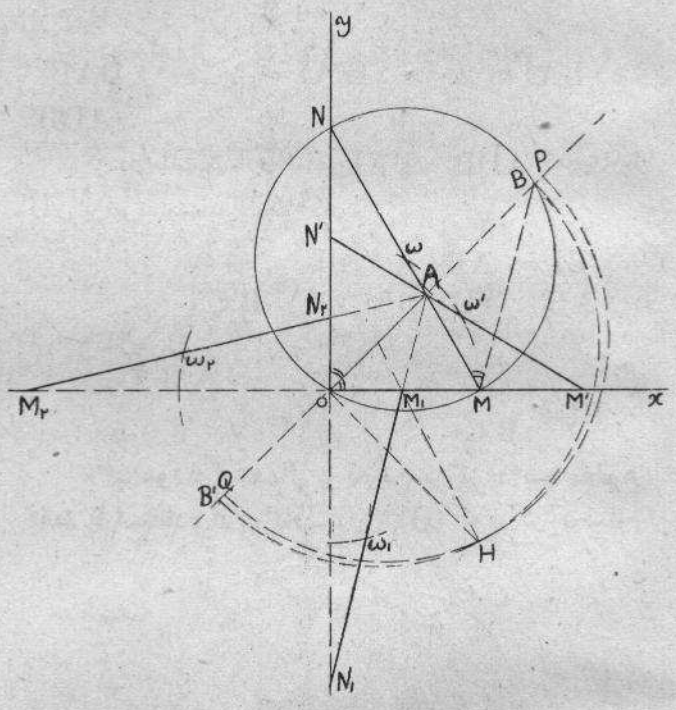
(راه‌حل زیر که برای زاویهٔ قائمه بیان می‌شود با اندك تغییری در مورد زاویهٔ غیرقائمه نیز مورد استفاده است .)

فرض‌می‌کنیم مسئله حل‌شده است و $MN=l$ ازنقطهٔ A واقع برنیمساززاویهٔ قائمهٔ xOy گذشته، M برOx و N بر Oy واقع‌باشد . دایرهٔ محیطی مثلث MON را رسم و OA را امتداد می‌دهیم تااین دایره را در B قطع‌کند . دومثلث OMB و BAM متشابهند و داریم

$$\frac{BM}{OB}=\frac{BA}{MB}$$

یا

$$\overline{BM}^{2}=BA\cdot BO$$



طول BM که‌وترکمان ۹۰° از دایرهٔ به‌قطر l می‌باشد برابر با $\frac{l\sqrt{2}}{2}$ است وتفاضل قطعه‌های BO و BA برابر با OA ومعلوم است. بنابراین برای حل مسئله ابتدا طولهای OB و BA را که واسطهٔ هندسی و تفاضل آنها معلوم است تعیین نموده و بابدست‌آوردن نقطهٔ B نقطهٔ ω مرکز دایره و بالاخره نقاط M وN مشخص می‌شود. به‌ترتیب‌زیر:

راه‌حل :

۱ـ برامتدادی‌که از OA گذشته است دونقطهٔ Q و P را طرفین O چنان انتخاب می‌کنیم‌که $OP=l$ و $OQ=\frac{1}{2}$ باشد .

۲ـ درنقطهٔ O عمود Ot رابر OA اخراج می‌کنیم

۳ـ به‌قطر PQ دایره‌ای رسم می‌کنیم‌که Ot را در H قطع می‌کند ، $OH=\frac{l\sqrt{2}}{2}$ می‌باشد

۴ـ به مرکز I وسط OA وبه‌شعاع IH دایره‌ای رسم می‌کنیم که امتداد ماربر OA را در B و B' قطع می‌کند.

(دایرهٔ فوق الذکر مکان هندسی نقاطی است که از آن نقاط مماسهایی مساوی با OH بر دایرهٔ به قطر OA رسم می‌شود) .

۵ـ دو دایره به شعاع $\frac{1}{2}$ یکی به‌مرکز B ودیگری به مرکز O رسم می‌کنیم . اگر ω نقطهٔ تلاقی این‌دودایره باشد خط Aω جواب مسئله است.

بحث برای اینکه نقطهٔ ω به‌دست آید لازم است که $OB<l$ باشد اگر $OA=a$ فرض شود با محاسباتی ساده داریم :

$$OB=\frac{1}{2}\left(a+\sqrt{a^{2}+2l^{2}}\right)$$

$$OB'=\frac{1}{2}\left(\sqrt{a^{2}+l^{2}}-a\right)$$

بعداز محاسبه‌های لازم نتیجه خواهد شد.

۱ـ اگر $l>2a$ باشد $OB>1$ بوده ودونقطهٔ ω'وω به‌دست می‌آید و نظیر آن دوقطعه خط MN و M'N' واقع درداخل زاویهٔ xoy حاصل می‌شود .

۲ـ اگر $l=2a$ باشد $OB=1$ بوده یك نقطهٔ ω منطبق بر A حاصل می‌شود و مسئله در داخل‌زاویهٔ xoy فقط دارای‌یك‌جواب M.N عمودبر OA می‌باشد .

۳ـ اگر $l<2a$ باشد مسئله برای داخل زاویهٔ xoy دارای جواب نیست.

۴ـ به‌ازاء هرنامساوی‌که بین 1و a برقرارباشد همواره $OB'<1$ بوده و دایره‌های به مرکزهای O وB' وبه شعاع $\frac{1}{2}$ همواره یکدیگر را در دونقطهٔ ω_1وω قطع می‌کنند ونظیر آن‌قطعه‌های $M_1N_1=M_2N_2=1$ بدست می‌آید که یك‌سر ازآنها برامتداد ضلعی از زاویهٔ xoy واقع می‌باشد.

تعیین مرکز دایرهٔ معلوم فقط با استفادهٔ از پرگار

ترجمهٔ : **عبدالحسین مصحفی**
از کتاب «مسائل و تمرینهای ریاضی»
تألیف A . Combes

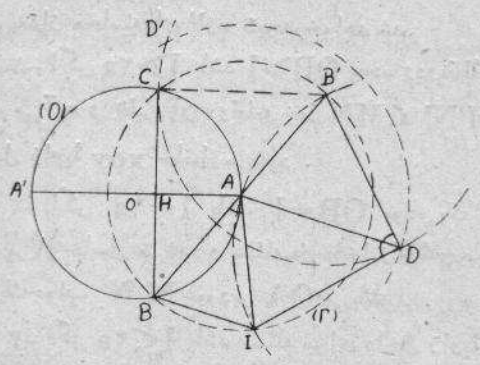
مسئلهٔ ۴ـ دایرهٔ (O) به مرکز O و به شعاع R و A نقطه‌ای از آن مفروض است . دایره‌ای مانند (Γ) به‌مرکز A و به شعاع ρ دایرهٔ (O) را در B و C قطع می‌کند ! نقطهٔ متقاطر B از دایرهٔ (Γ) را B′ می‌نامیم . دایرهٔ به مرکز B′ و به شعاع B′C و دایرهٔ به مرکز A و به‌شعاع B′C یکدیگر را در دو نقطه قطع می‌کنند که یکی از آن دو نقطه را D می‌نامیم ؛ بالاخره دایرهٔ به مرکز D و به شعاع DA دایرهٔ (Γ) را در I قطع می‌کند .

۱) ثابت کنید که $\rho^2 = R.\ B'C$ و بر حسب مقادیر ρ در وجود نقطهٔ D بحث کنید

۲) مقدار ρ چنان انتخاب شده است که D وجود دارد، دو مثلث BAI و ADB′ را مقایسه کنید و نتیجه بگیرید که $BI = R$

۳) **مورد استعمال** : دایره‌ای با مرکز نا معلوم داده‌شده است ، فقط با استفادهٔ از پرگار مرکز آن را پیدا کنید

حل : ۱ـ اگر A′ انتهای دیگر قطر AA′ از دایرهٔ (O) و H وسط BC باشد ، چون A وسط BB′ است پس $B'C = 2AH$ و از مثلث قائم‌الزاویهٔ ACA′ به دست می‌آید



$$\overline{AC}^2 = AA'.AH \quad \text{یا} \quad \rho^2 = 2R.AH$$

و بالاخره $\rho^2 = R.B'C$

بحث ـ نقطهٔ D که نقطهٔ تقاطع دو دایرهٔ متساوی با مرکزهای A و B′ و با شعاع مشترک B′C می‌باشد وقتی وجود دارد که داشته باشیم .

$$AB' \leqslant 2B'C \quad \text{یا} \quad \rho \leqslant 2\frac{\rho^2}{R} \quad \text{و} \quad \rho \geqslant \frac{R}{2}$$

درحالت تساوی ، دودایره مماس خارج می‌باشند

۲ـ اولا دومثلث BAI و ADB′ هردومتساوی‌الساقین می‌باشند زیرا $AB = AI = \rho$ و $DA = DB' = B'C$

دومثلث ADB′ و ADI نسبت به AD قرینه‌اند چون A و B′ نقاط تقاطع دودایرهٔ بامرکزهای A و D می باشند، نتیجه می‌شود که دوزاویهٔ DAI و DAB′ متساوی بوده و از آنجا :

$$B'AI = 180^\circ - 2\text{ز}\ DAB' \qquad \text{ز}\ BAI = 180^\circ - \text{ز}\ ADB'$$

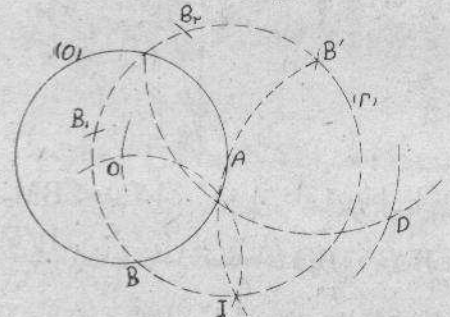
و دو مثلث متساوی‌الساقین BAI و ADB′ که درزاویهٔ رأس برابرند متشابه هستند وداریم

$$\frac{BI}{AB'} = \frac{AB}{AD'} \quad \text{یا} \quad \frac{BI}{\rho} = \frac{\rho}{B'C}$$

بالاخره :

$$BI = \frac{\rho^2}{B'C} = R$$

۳ـ مورد استعمال : تعیین مرکز دایرهٔ معلوم فقط با استفاده از پرگار ـ دایرهٔ (O) که مرکز آن معلوم



نیست داده‌شده است. نقطهٔ A را براین دایره انتخاب می‌کنیم. به مرکز A دایره‌ای مانند (Γ) رسم می‌کنیم که شعاع آن از نصف شعاع دایرهٔ (O) بیشتر باشد و دایرهٔ (O) را در B و C قطع کند . به مرکز B و به شعاع BA دایره‌ای رسم می‌کنیم که دایرهٔ (Γ) را در B_1 قطع می‌کند. به‌مرکز B_1 و با شعاع B_1A دایره‌ای می‌کشیم که (Γ) را در B_2 تلاقی می‌نماید و بالاخره به‌مرکز B_2 و به شعاع B_2A دایره‌ای رسم می‌کنیم تا (Γ) را در B′ قطع کند . نقطهٔ B′ انتهای دیگر

قطری از دایرهٔ (Γ) است که از B رسم می‌شود (زیرا اندازهٔ هریك ازکمانهای BB_1 وB_1B_2 وB_2B' برابر 60° است) به مرکز B'دایره‌ای رسم می‌کنیم که بر C بگذرد و دایرهٔ به مرکز A وبه‌شعاع $B'C$ رانیز رسم می‌کنیم که این دودایره در دو نقطه متقاطع می‌شوند.یکی از این دو نقطه را انتخاب نموده و D می‌نامیم . دایره‌ای که به‌مرکز D وبه‌شعاع DA رسم‌شود دایرهٔ (Γ) را علاوه در B' در نقطهٔ دیگر I قطع می‌کند . طول BI برابر باشعاع دایرهٔ (O) است . دو نقطهٔ دلخواه از دایرهٔ (O) را انتخاب می‌کنیم (مثلا A و B) به مرکزهای این دونقطه و به‌شعاع BI دو دایره رسم می‌کنیم نقطهٔ تلاقی آنها مرکزدایرهٔ (O) را به دست می‌دهد .

* * *

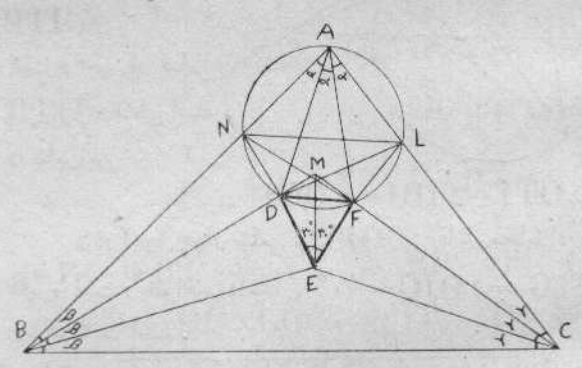
حل یك مسئلهٔ ممتاز هندسی

از : جلیل قراگزلو

مسئلهٔ۵ ـ هرگاه هر یك از زاویه‌های مثلث غیر مشخصی را به سه قسمت متساوی تقسیم کنیم ، از برخورد خطوط حاصل مثلثی متساوی‌الاضلاع پدید می‌آید .

حل: مثلث ABC را درنظر گرفته و به‌ترتیب زیرعمل می‌کنیم :

۱ ـ زاویهٔ B را به سه قسمت متساوی تقسیم کرده و اندازهٔ هرزاویهٔ حاصل را β می‌نامیم ($B=3\beta$ ز) همچنین زاویهٔ C رابه سه قسمت متساوی تقسیم کرده و اندازه هرزاویهٔ به دست آمده را γ فرض می‌کنیم ($C=3\gamma$ ز) و نقاط بر خورد خطوط حاصل را طبق شکل M و E می‌نامیم .



۲ ـ ME نیمساز زاویهٔ BMC است زیرا در مثلث BMCخطوط EB و ECنیمساز زوایا می باشند پس خواهیم داشت EMC ز $=EMB$ ز

۳ـ خطوط EF و ED(F روی MC وDرویMB) را طوری رسم می‌کنیم که با EM زوایای ۳۰ درجه تشکیل داده و در طرفین آن باشند در این صورت مثلثهای MDE و MEF مساوی‌یکدیگرمی‌شوند (ز ض ز) و در نتیجه مثلث EDF متساوی الاضلاع می گردد یعنی

$$\text{ز } DFE=\text{ز } EDF=\text{ز } F\hat{E}D$$

۴ ـ در مثلث MBC داریم

$$\text{ز } M=180^\circ-2\beta-2\gamma$$

در نتیجه

$$\text{ز } EMF=\text{ز } EMD=90^\circ-\beta-\gamma$$

و اگر ثلث زاویهٔ A را α بنامیم چون

$$\text{ز } C+\text{ز } B+\text{ز } A=180^\circ \quad \text{پس} \quad \alpha+\beta+\gamma=60^\circ$$

در نتیجه

$$\text{ز } EMF=\text{ز } EMD=90+\alpha-60=30^\circ+\alpha$$

۵ ـ در مثلث MEF مجموع سه زاویه ۱۸۰ درجه است یعنی

$$\text{ز } MFD+60+30+30+\alpha=180$$

و از آنجا

$$\text{ز } MFD=\text{ز } MDF=60-\alpha$$

۶ ـ اینك به مرکز F وبه شعاع FD قوسی رسم‌کرده وبرخورد آن را با AC نقطهٔ L می‌نامیم و همچنین به مرکز D و بهشعاع FD قوس دیگری رسم‌کرده و بر خوردش را با AB نقطهٔ N می‌نامیم واضح است که

$$LF=DF=DN$$

و مثلثهای LFC و $\hat{E}FC$ برابرند (ض ز ض) در نتیجه

$$\text{ز } EFC=\text{ز } LFC$$

۷ ـ

$$\text{ز } LFC=\text{ز } EFC=180^\circ-(60^\circ+\text{ز } MFD)$$
$$=180^\circ-(60+60+\alpha)=60^\circ+\alpha$$

(رابطهٔ بالا از این رونوشته شده که زاویهٔ EFCمکمل

زاویهٔ EFM است و زاویهٔ FEM از مجموع دوزاویهٔ EFD و MFD پدیدآمده است)

در نتیجه

$$\text{ز}LFD = ۳۶۰^\circ - (۶۰^\circ + ۶۰^\circ + \alpha + ۶۰^\circ + \alpha) = ۱۸۰^\circ - ۲\alpha$$

۸ ـ بهمین ترتیب ثابت می‌شود

$$\text{ز}NDF = ۱۸۰^\circ - ۲\alpha$$

یعنی : $\text{ز}NDF = \text{ز}DFL$

۹ـ اینك می‌توان گفت دو مثلث متساوی‌الساقین LDF و NDF برابرند و داریم

$$\text{ز}DNF = \text{ز}DLF = \frac{۱۸۰^\circ - (۱۸۰^\circ - ۲\alpha)}{۲} = \alpha$$

درنتیجه چهار ضلعی NDFL محاطی است

۱۰ـ از محاطی بودن این چهار ضلعی نتیجه می‌شود

$$\text{ز}NLD = \text{ز}FND = \alpha$$

و $\text{ز}NDL = ۱۸۰^\circ - ۳\alpha$ پس $\text{ز}A + \text{ز}NDL = ۱۸۰^\circ$

یعنی دایرهٔ ماربر L و F و D و N از نقطهٔ A نیزمی گذرد و نظر به تساوی کمانهای LF و DF و ND اگر A را به F و D وصل کنیم خطوط حاصل زاویهٔ A را به سه‌قسمت‌متساوی تقسیم می‌کنند

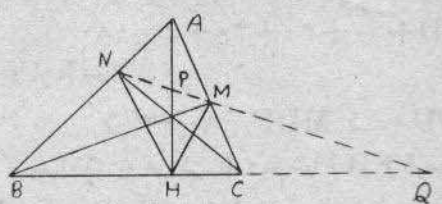
نتیجه‌ـ E و F و D که سه رأس‌مثلث متساوی الاضلاعند نقاط برخورد خطوطی هستند که زوایای مثلث ABC را به سه قسمت‌متساوی تقسیم می‌کنند

حل چند مسئلهٔ مشهور هندسه

توسط : **محمد علی شیخیان**

مسئلهٔ ٦ ـ در مثلث ABC از رأسهای B و C به یك نقطه واقع بر ارتفاع AH وصل کرده امتداد می‌دهیم تا اضلاع AC و AB رادرM وN قطع‌کنند : ثابت کنید AH نیمساز زاویهٔ MHN می‌باشد .

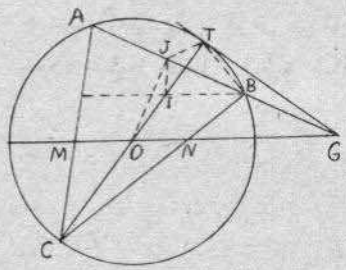
حل ـ MN ارتفاع AH را در P و امتداد BC را در Q قطع می‌کند . نقاط P و Q خط MN را به‌نسبت‌توافقی تقسیم می‌کنند (قضیهٔ پاپوس درچهار ضلعی کامـل) پس دستگاه (H.MPNQ) توافقی بوده و چون دو شعاع HA و HQ بریکدیگر عمودند شعاع HA نیمساز زاویهٔ MHN می‌باشد.



***

مسئلهٔ ۷ـ روی یکی از اقطار دایرهٔ مفروض (O) دوطول ON = OM را جدا می‌کنیم.اگرC نقطهٔ غیر مشخصی‌از محیط‌این دایره باشد و CN و CO و CM به ترتیب‌دایـره را در نقاط B و T و A قـطع کنند ومحل تلاقی AB با امتداد قطر ماربر MON نقطهٔ Gباشد ثابت کنید GT بردایرهٔ(O) مماس است

حل‌ـ BH کـه موازی قـطر MON رسم شود قطر COT را در I قطع می‌کند وداریم $BI = IH$ و اگرJ وسط AB باشد OJ بر AB عمود است و IJ موازی CA است



از آنجا

$$\text{ز}IJB = \text{ز}CAB = \text{ز}ITB$$

است و چهـار ضلعی IJTB محاطی است

و بنابراین

$$\text{ز}OTJ = \text{ز}IBJ = \text{ز}OGJ$$

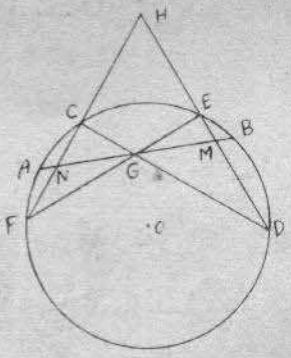
و ازآنجا چهار ضلعی OJTG نیز قابل محاط در یك دایره است و خواهیم داشت $\text{ز}OJG = ۹۰^\circ = \text{ز}OTG$ وحکم ثابت است .

مسئلهٔ۸ـدایرهٔOووتر ثابتABازآن‌مفروض‌است وتر متغیر CD و EF‌را از G وسط AB مرور داده ED و CF راوصل می‌کنیم تاAB را بترتیب در M وN قطع نمایند ثابت‌کند $GM = GN$

حل‌ـ رابطهٔ منلائوس را در مثلث MNH (H محل تلاقی FC و DE است) بـرای مـوربات FGE و DGC می‌نویسیم بترتیب داریم :

$$\frac{\overline{FN}}{\overline{FH}} \cdot \frac{\overline{EH}}{\overline{EM}} \cdot \frac{\overline{GM}}{\overline{GN}} = ۱$$

$$\frac{\overline{DH}}{\overline{DM}} \cdot \frac{\overline{CN}}{\overline{CH}} \cdot \frac{\overline{GM}}{\overline{GN}} = ۱$$



ازضرب دوطرف این دو تساوی در هم وبا توجه به قوت نقطهٔ H نسبت به دایرهٔ(O) خواهیم داشت

$$\frac{\overline{NC}.\overline{NF}.\overline{GM}^2}{\overline{ME}.\overline{MD}.\overline{GN}^2}=1$$

و اما ↙

$$\overline{ME}.\overline{MD}=\overline{MA}.\overline{MB}=\overline{GM}^2-\overline{GA}^2$$

$$\overline{NC}.\overline{NF}=\overline{NA}.\overline{NB}=\overline{GN}^2-\overline{GA}^2$$

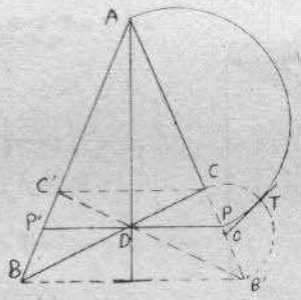
پس

$$\frac{\overline{GN}^2}{\overline{GM}^2}=\frac{\overline{GA}^2-\overline{GN}^2}{\overline{GA}^2-\overline{GM}^2}$$

یاپس از اختصارات لازم داریم $GM=GN$

***

مسئلهٔ ۹ ـ مطلوب است رسم مثلثی که از آن اندازهٔزاویهٔA،طول نیمسازداخلی زاویهٔA(AD=d) و مجموع دوضلع زاویهٔ A (AB+AC=2l) معلوم باشد



حل ـ چنانچه ABC مثلث مطلوب باشد و B'وC' به‌ترتیب قرینه‌های نقاط B و C نسبت به‌نیمساز ADوO نقطهٔ وسط B'C باشد داریم

$$AO=\frac{AB'+AC}{2}=\frac{AB+AC}{2}=l$$

از D موازی BB' رسم می‌کنیم که B'C را در P قطع می‌کند DA نیمساز زاویهٔ CDC' و DP نیمساز خارجی این زاویه‌بوده در نتیجه APCB' تقسیم توافقی است وداریم

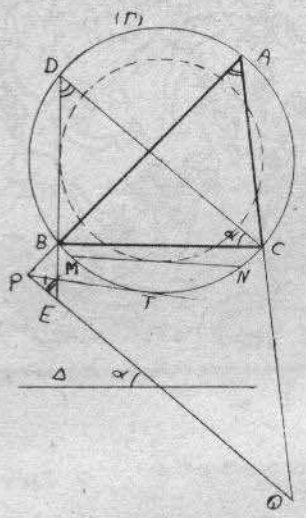
$$\overline{OC}^2=\overline{OP}.\overline{OA}$$

و ازآنجا راه رسم زیر به دست می‌آید ،

مثلث قائم‌الزاویهٔ ADP را با معلومات $D=90^\circ$ ز و $AD=d$ و $DAP=\frac{1}{2}$ زA ز می‌سازیم. برضلع AP طول $AO=l$ را جدا می‌کنیم . به قطرAP نیمدایره‌ای رسم کرده و مماس OT را برآن رسم می‌کنیم . دایرهٔ به مرکز O و به شعاع OT ضلع AOرا در C'وB' قطع می‌کند . B و C' قرینه‌های B' و C را نسبت به AD پیدا می‌کنیم مثلثهای ABC و AB'C' جواب مسئله می‌باشند

***

مسئلهٔ ۱۰ـ مثلث ABC را دردایرهٔ معلوم (Γ) چنان محاط کنید که اضلاع AB وAC به‌ترتیب از نقاط معلوم P و Qگذشته و BC باامتداد مفروض Δ موازی باشد



حل ـ اگر ABC مثلث مطلوب باشد از C موازی با PQ رسم می‌کنیم تا در D دایره را قطع کند و خط DB در یك نقطهٔ E خطPQ را قطع می‌کند.زاویهٔ Δ را با PQ برابر با α فرض می‌کنیم زاویهٔ BCD نیز برابر با α و اندازهٔ کمان BD برابر با2α خواهد بود . از طرف دیگرزاویه‌های A و D و E_1 برابر بوده چهار ضلعی ABEQ محاطی‌است و داریم

$$\overline{PB}.\overline{PA}=\overline{PE}.\overline{PQ}$$

و اگر قوت نقطهٔ P را نسبت به دایره K فرض کنیم نتیجه می‌شود $\overline{PE}.\overline{PQ}=K$ و از اینجا راه حل‌مسئله به‌شرح زیر به‌دست می‌آید :

۱ـ برPQ نقطهٔ E را چنان تعیین می‌کنیم که $\overline{PE}.\overline{PQ}$ برابر با قوت P نسبت به دایره باشد .

۲ـ کمان MN از دایره را به اندازهٔ 2α جدا کرده دایره‌ای متحدالمرکز با دایرهٔ (O) و مماس بر وتر MN رسم می‌کنیم

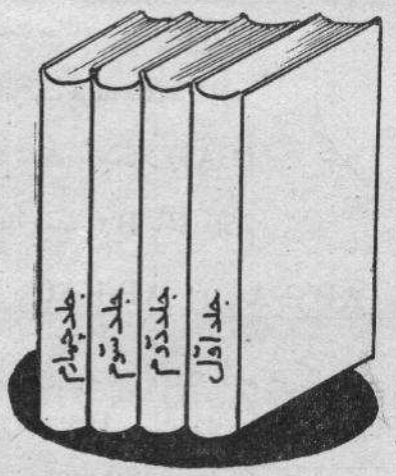
۳ ـ از E مماسی بر دایرهٔ اخیر رسم می‌کنیم که نقطهٔ تلاقی آن بادایره رأس B را به دست داده و از روی‌آن مثلث ABC مشخص می‌شود .

انسان شکار می کند یا شکار می‌شود؟



این بازی جالب که به‌نام «تدی وشیر» معروف است کامل‌شدهٔ بازی «آیااززمین پرت می‌شویم» کار سام‌لوید ماژیسین (ماژیشن) معروف آمریکایی است. در روی‌شکل‌مقابل۷انسان و ۷ شیرمی‌بینیدبه همان ترتیب که درصفحهٔ۶۸بیان‌شده عمل کنید ومی‌توانید جهت گردش رابه‌هرنحو که بخواهید انتخاب کنید. نتایج حاصل آنقدر عجیب‌خواهد بود که ساعتها شما را مشغول خواهد کرد .

چرا غلط است ؟



درطبقهٔ کتابخانه‌ای چهارجلد کتاب گذاشته شده است. کلفتی‌هریك از مجلدات ۲٫۵ سانتیمتر است. کرم کاغذ خواری ازپشت جلد ابتدای جلداول تاپشت جلد انتهای جلد چهارم را سوراخ کرده‌و خورد. سوراخ‌حاصل‌باید ۱۰ = ۲٫۵ × ۴سانتیمتر طول داشته باشد. درست است؟

نه، غلط است. می‌توانید بگویید چرا غلط است ؟!

پاسخ‌رادریکی دیگراز صفحات پیداکنید

چگونه فهمید ؟

سه‌کلاه سیاه ودوکلاه سفید را درکیسه‌ای ریخته‌ایم. سه‌نفر پشت سرهم ردیف ایستاده‌اند. سه‌هریك از این سه‌نفربدون آنکه ببینند یکی از کلاههای درون کیسه را قرار می‌دهیم . نفرسوم کلاههای دو نفر جلویی و نفردوم کلاه یك‌نفر جلوی خود را می‌بیند .

از نفر سوم سؤال می‌شود کلاهش چه‌رنگ است ؟ پس از اندکی فکر کردن جواب منفی می‌دهد . از نفر دوم سؤال می‌شود کلاهش چه‌رنگ است؟ اوهم جواب منفی می‌دهد. ازنفر اول سؤال می‌شود ، جواب می‌دهد که کلاهش سیاه است و درست گفته‌است . می‌توانید بگویید نفر اول ازکجا پی‌بردکه کلاهش سیاه است ؟ پاسخ دریکی ازصفحات

(فرستنده: اشکبوس دانه‌کار)

مسائل برای حل

ترجمه و انتخاب از:

THE AMERICAN MATEHMATICAL MONTHLY

توسط : مهدی مدغم

۱ـ باقیماندهٔ تقسیم $(x+1)^n$ بر $(x-1)^3$ را بنویسید

★ ● ★

۲ـ اگر a و b و c طول اضلاع مثلث و p نصف محیط آن باشد ثابت کنید

$$a^2+b^2+c^2\geq\frac{36}{35}\left(p^2+\frac{abc}{p}\right)$$

تساوی برای موقعی است که مثلث متساوی‌الاضلاع باشد

★ ● ★

۳ ـ نشان دهید که در مجموعهٔ اعدادی که به صورت $J_m=m^2+1$ ($m=1$ و ۲ و .....) باشند بینهایت عدد به صورت J_N وجوددارد که مساوی حاصلضرب دوعدد از همین مجموعه باشد یعنی $J_N=J_m\times J_n$ راهی پیداکنید که به ازاء هر عدد مانند J_m از این مجموعه بتوان J_n و J_N از این مجموعه را پیداکرد .

★ ● ★

۴ـ فرض کنید منظور از $S(m$ و $N)$ این باشد که m عدد اول کوچکتر از N وجود دارد به قسمی که این اعداد جمل متوالی یك تصاعد عددی باشند مثلا $S(N$ و ۳) موقعی وجود دارد که $N\geq 7$ باشد و آن تصاعد عبارت است از :

۷ و ۵ و ۳ ÷ و $S(N$ و ۵) به شرطی وجوددارد که $N\geq 29$ و تصاعد حاصل عبارت است از ۲۹ و ۲۳ و ۱۷ و ۱۱ و ۵ ÷

ثابت کنید که $S(N$ و ۷) در مورد $N<900$ و $S(N$ و ۱۱) درمورد $N<10000$ صحیح نیست .

★ ● ★

۵ـ اگر مربعی را به وسیلهٔ خطوطی به n کثیرالاضلاع تقسیم کنیم مجموع اضلاعی که مرزهای این کثیرالاضلاعها را تشکیل می‌دهند از $3n+1$ تجاوز نخواهد کرد

★ ● ★

۶ـ سه رأس یك مثلث را با A_1 و B_1 و C_1 و اوساط اضلاع مقابل را با A_2 و B_2 و C_2 نشان‌داده عمل را به همین ترتیب ادامه می‌دهیم تا A_n و B_n و C_n رأسهای مثلث nام به دست آید فرض کنیم I_n مرکزدایرهٔ محاطی داخلی این مثلث باشد ثابت کنید رشتهٔ I_n دارای وضع حدی است واین وضع حد را پیدا کنید .

★ ● ★

۷ـ فرض کنیم $x_1<x_2<\cdots\cdots<x_n$ طولهای n نقطه واقع بر محور x ها و P نقطه‌ای در صفحهٔ محورهای مختصات وعرض آن مخالف صفر باشد d_i فاصلهٔ P از نقطه‌ای به طول x_i و $f(x)=(x-x_1)(x-x_2)\ldots(x-x_n)$ می‌باشد نشان‌دهید که :

اگر $n=3$ و $\sum_{j=1}^{n} a_j d_j=1$

اگر $n>3$ $\sum_{j=1}^{n} a_j d_j=0$

★ ● ★

۸ ـ فرض کنیم A_1 و A_2 و .... A_n رأسهای متوالی یك کثیرالاضلاع باشد B_i پای عمودی است که از A_i بر $A_{i-1}A_{i+1}$

وارد می‌شود C_i نقطهٔ تلاقی A_iA_{i+2} و $A_{i-1}A_{i+1}$ و D_i پای عمودی است که از C_i بر A_iA_{i+1} فرود می‌آید نشان دهید :

$$\prod_{i=1}^{n} \frac{A_{i-1}B_i}{B_iA_{i+1}} = \prod_{i=1}^{n} \frac{A_iD_i}{D_iA_{i+1}} = 1$$

● ✶ ✶

۹ـ اعداد a_1 و a_2 .... a_n را درنظر گرفته به‌ترتیب غیرمشخصی جای این اعداد را عوض می‌کنیم و فرض می‌کنیم b_1 و b_2 .... b_n وضع جدید آن اعداد باشد ثابت کنید

$$\frac{a_1}{b_2}+\frac{a_2}{b_3}+\cdots\cdots\frac{a_n}{b_1}\geqslant n$$

✶ ● ✶

۱۰ ـ ثابت کنید که در یك کثیرالجمله مانند $h(x)$ با ضرایب صحیح که به ازاء $x=1$ و $x=2$ صفرمی‌شود ضریبی کوچکتر یا مساوی -2 وجود دارد .

✶ ● ✶

۱۱ـ اگر یك را جزء اعداد اول محسوب کنیم . نشان دهید که هرعدد مثبت را به صورت مجموع چند عدد اول‌متمایز می‌توان نوشت .

✶ ● ✶

۱۲ـ اگر a و b اعداد صحیح ونسبت به هم اول‌باشند ثابت کنید که اعداد m و n وجود دارند به قسمی که باقیماندهٔ تقسیم a^m+b^n بر ab برابر یك باشد (قضیهٔ اولر)

✶ ● ✶

۱۳ـ فرض می‌کنیم x و y و z و n عدد های صحیح باشند به قسمی که

$$x^n+y^n=z^n$$

۱) نشان دهید که اگر $2n+1$ عدد اول و n به اندازهٔ کافی بزرگ باشد ، $2n+1$ اقلا یکی از اعداد x و y و z را می‌شمرد .

۲) نشان دهید که اگر $4n+1$ عدد اول و n به اندازهٔ کافی بزرگ باشد $4n+1$ اقلا یکی از اعداد x و y و z را می‌شمرد .

۳)آیا سؤالهای ۱) و۲) را می‌توان به شکل $2^{9n}+1$ عمومیت داد .

✶ ● ✶

۱۴ـ با یك پرگار روی کاغذی که روی‌استوانه‌ای پیچیده شده است مانند عمل رسم دایره منحنی مسدودی رسم می‌کنیم . آیا این‌منحنی یك بیضی‌است؟ جواب مثبت یا منفی را با ذکر دلیل بیان کنید .

✶ ✶ ✶

۱۵ ـ هریك ازاضلاع یك چهار ضلعی محدب را به سه قسمت متساوی تقسیم می‌کنیم ونقاط تقسیم هر دوضلع مقابل را به یکدیگر وصل می‌کنیم به قسمی که خطوطی که نقاط تقسیم دو ضلع مقابل را به هم وصل می‌کنند درداخل چند ضلعی متقاطع نباشند . چهارضلعی به ۹ چهارضلعی تقسیم می‌شود . ثابت کنید مساحت چهار ضلعی وسط برابر یك نهم مساحت چهـار ضلعی مفروض است .

✶ ● ✶

۱۶ـ ثابت کنید که معادلهٔ

$$x^3+y^3+z^3=3$$

غیرازجوابهای

(۴ و ۵ ـ و ۴) و (۵ـ و ۴ و ۴) و (۱ و ۱ و ۱)

(۴ و ۴ و ۵ ـ) و

جواب صحیح دیگری ندارد که درمعادلهٔ

$$x^3+y^3+z^3=x+y+z$$

که معادلهٔ «دیوفانت» است صدق نماید .

✶ ● ✶

۱۷ ـ فرض می‌کنیم $N(a)$ تعداد جوابهای معـادلهٔ $[x]=ax$ باشد (a و x عددهای حقیقی هستند ومنظوراز $[x]$ بزرگترین عدد صحیح مـوجود در x می‌باشد) . ساده ترین فرمول $N(a)$ را پیدا کنید .

چرا چنین است ؟

روزی ازیك ماه یکی از سالهای ۱۳۴۲، ۴۳ و ۴۴ را درنظر بگیرید (مثلا سیزدهم فروردین ۴۴ یا پانزدهم خرداد ۴۲). تاریخ روز را با عـدد ماه مربوط که درجدول مقابل یادداشت شده جمع کنید و حاصل را بر۷ تقسیم کنید باقیمانده‌نام آن روزرامشخص می‌کند به این‌ترتیب که صفربـرای شنبه ، یك برای یکشنبه ،... و ۶ برای جمعه .

مثلا برای سیزدهم فروردین ۴۴ داریم

$$13+0=13 \quad \text{و}$$

ماندهٔ تقسیم ۱۳بر۷ برابربا ۶ است و نظیر ۶ روز جمعه می‌باشد

(محمد علی شیخان)

ماه	عدد ماه		
	۱۳۴۲	۱۳۴۳	۱۳۴۴
اردیبهشت ـدی	صفر	۲	۳
مهر	۱	۳	۴
مرداد ـ بهمن	۲	۴	۵
خرداد ـ آبان	۳	۵	۶
فروردین ـ اسفند	۴	۶	صفر
شهریور ـ آذر	۵	صفر	۱
تیر	۶	۱	۲

مسائل برای تحقیق

در امکان یا عدم‌امکان حل مسائل زیر تحقیق کنید

۱ـ اولادرستی اتحادزیر را ثابت کنید (K عددصحیح مثبت)

$$tg\frac{\pi}{2K+1}\times tg\frac{2\pi}{2K+1}\times tg\frac{3\pi}{2K+1}\times\cdots\times tg\frac{K\pi}{2K+1}=\sqrt{2K+1}$$

ثانیاً ثابت کنید اگرعدد $(2K+1)$ اول یا در تجزیهٔ آن عـوامل اول متشابه وجود نداشته باشد همواره می‌تـوان بعضی از مضارب صحیح $\frac{\pi}{2K+1}$ را (بین ۱ و K) چنان اختیارکردکه حاصل ضرب آنها برابر یك باشد.

ا. ج. دانش آموز ششم ریاضی

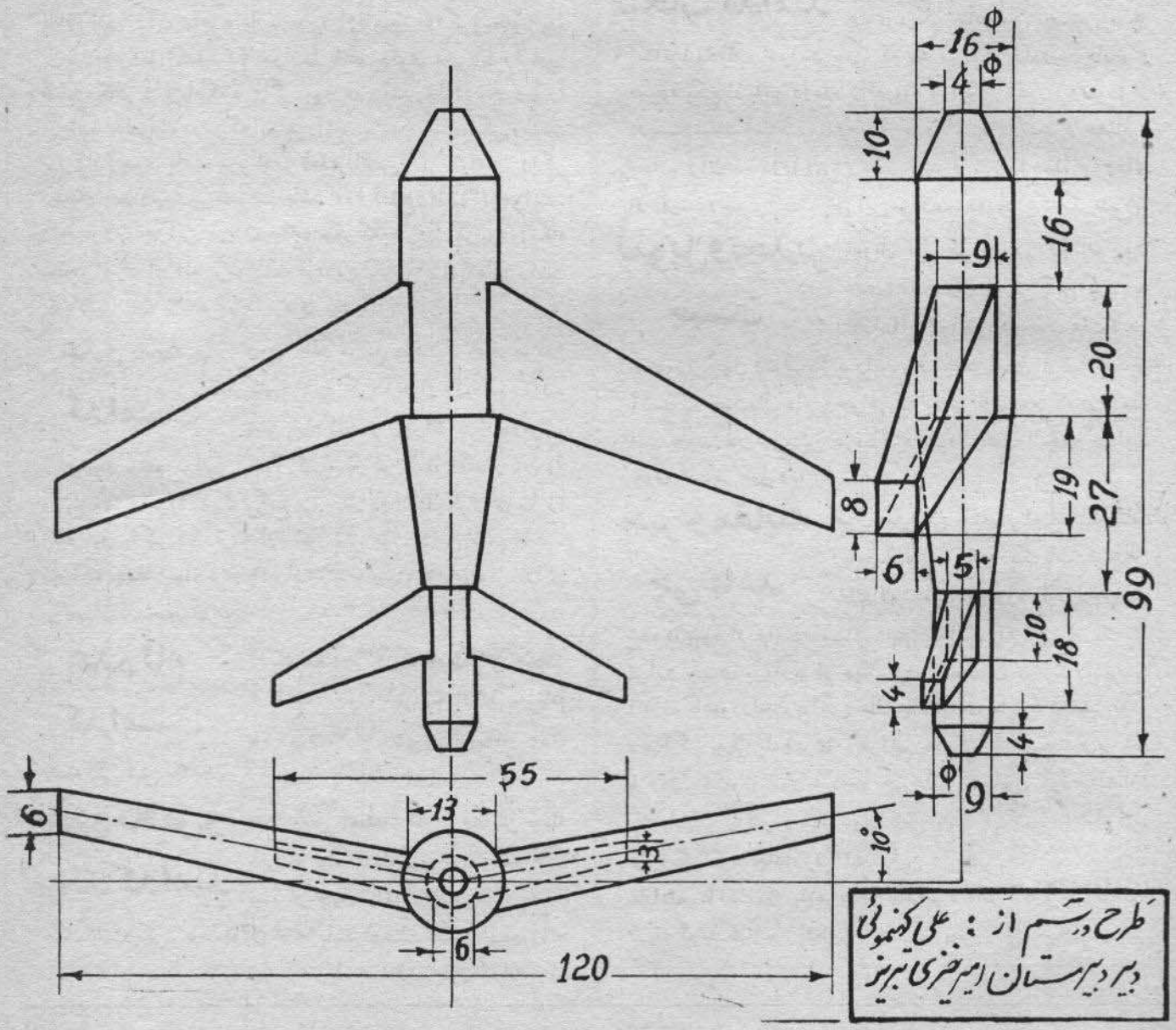
۲ـ خط Δ و دو نقطهٔ A و B در خارج آن و نقطهٔ O روی آن مفروض‌است. برخط Δ نقطهٔ C را چنان انتخاب کنید که $OC=AC+BC$ باشد.

مهندس هرمز ثابتی مطلق

***

۳ـ دایر (Γ) و دو نقطهٔ A و B واقـع در صفحهٔ آن مفروض است (هردونقطه یا درداخل ویا درخارج دایره واقعند) برمحیط دایره نقطهٔ M را چنان تعیین کنیدکه $MA+MB$ مینیمم باشد.

اکبر حسنی



طرح و رسم از: علی کنعانی
دبیر دبیرستان امیرخیزی تبریز

پاسخ رسم فنی صفحهٔ ۸۶

یاد داشتهایی از کتاب:

التفهیم لاوائل صناعة التنجیم

تألیف: استاد ابوریحان محمد بن احمد بیرونی

ابوریحان بیرونی یکی از درخشانترین چهره‌های ریاضی ایران و از جمله معروفترین علمای ریاضی جهان می‌باشد. یکی از تألیفات وی «التفهیم لاوایل صناعة التنجیم» نام دارد که توسط دانشمند محترم استاد جلال همائی تصحیح شده و بااضافه نمودن شرح وحواشی لازم در سال ۱۳۱۸ چاپ و منتشر شده‌است. مطالعهٔ این کتاب راهنمای مفیدی برای محقق رشتهٔ ریاضی است. مخصوصاً دروضع لغات اصیل فارسی برای اصطلاحات ریاضی مأخذ مطمئنی است. برای اطلاع خوانندگان بربعضی اصطلاحات ریاضی که در سابق متداول بوده است، سطوری از این کتاب در زیر نقل می‌شود.

قطوع مخروط کدامند اندر مخروط که اورا به‌سطحی ببری چون اره‌ای، پنج گونه بریدن افتد. نخستین آنك برسر بگذرد و از آن مثلثی آید از خطهای راست کرده. ودیگر آنك به موازی بود قاعدهٔ اورا. وآن **دایره** باشدخردترازقاعده. واگر [سطح بریده برسر مخروط نگذرد و] موازی باشد پهلوی مخروط را اورا **قطع مکافی**(۱) نام کنند. واگر موازی نباشد پهلوی مخروط را ناچاره بدان پهلو رسد که برابر آغاز بریدن است، اگر رسیدن بدو [از] سوی قاعده بود اورا **قطع ناقص**(۲) خوانند. واگر رسیدن بدوازسوی سرمخروط باشد اورا **قطع زائد**(۳) خوانند. وبه‌مخروط جزاین بریدن نباشد مگر که‌مخروط کژبود. آنگاه سطحی ببرد اورانه برموازات قاعده ولکن به زاویه‌های راست به‌تبادل. آن بریده هم دایره‌ای بود.

عدد متمم کدامست چون جذر مربع چند بار جذر مربعی کنی، آنچ گردآید او را متمم‌خوانند یعنی تمام کننده. ازیراك ازآن‌دومربع بادو توی متمم مربعی نوشود که‌جذر او جملهٔ دوجذر آن دو مربع‌بود. ونمودهٔ اویك مربع را جذر دو. ودیگری مربع را جذر سه. اگر دو را سه‌باره‌کنی شش بود. واین متمم است. زیراکه جملهٔ چهار ونه بادوبار شش، بیست و پنج‌بود. واین مربعی‌است، جذر اوپنج.

عدد تام کدامست آنست که اجزای، او جمله‌کنی همچند او باشند. چون شش‌که او را سه نیمه بود، و دوسه‌یك، ویکی شش‌یك. چون جمله‌کنی شش باشد.

عدد ناقص و زائد کدامند عدد ناقص آنست که جزوهایش جمله کنی از وی‌کم باشد، چون هشت که نیمهٔ او چهار باشد وچهاریك او دو و هشت یك‌اویکی. وجملهٔ‌آن هفت باشد ازهشت‌کمتر. وعددزائد آن بودکه جملهٔ اجزاء وی بیشتر باشند ازوی چون دوازده که نیمهٔ اوشش است وسه‌یك او چهار و چهار یك اوسه وشش یك‌او دو ودوازده یك اویکی. و جملهٔ آن‌شانزده باشدبیشتر ازدوازده

عدد های متحاب کدامند هردوعددی که‌جملهٔ جزوهای یکی‌از ایشان‌چندعدد دیگرباشد وجملهٔ‌جزوهای دیگر چند عدد نخستین بود. ایشانرا متحاب خوانند یعنی که یك مردیگر رادوست دارند و همیشه یکی از این دوعدد زائد بود و دیگر ناقص. ونمودهٔ او دویست‌وبیست است .... وجملهٔ جزوهای او دویست و هشتاد و چهار. وآن‌عدد دوم(۲۸٤) ناقص است و .... وجملهٔ جزوهای اد دویست‌وبیست است. پس این‌هردوعدد دوست یکدیگرند.

تمویل و تجذیر چیست تمویل مال کردن‌بود. ازیراك چون عددرا اندر مثل اوزنی آنچ گردآید اورا **مال** خوانند، همچون هفت‌کاندر هفت زنی‌چهل ونه‌گردآید واین مال هفت است. و اما تجذیر آنست‌که چون‌مال دانی‌وخواهی‌که بدانی آن عدد که ازوآمده است چون‌اندر خویشتن ضرب‌کردند. وآن‌عددرا **جذر** خوانند چون هفت‌مرچهل ونه را

جبر و مقابله چی باشد چون‌چیزهایی باشد ازگونه‌های‌مختلف وبه‌مقدار برابر یك‌بادیگر باشندهمچنان باشندکه پلهٔ ترازو وزفافهٔ ترازوراست شده و عمود او راست ایستاده. پس پیداست که اگر از یك پلهٔ ترازو چیزی برداریم از دیگر پله همچندان برباید داشتن به اندازه تاعمودراست بماند وحال میان‌ایشان مانندهٔ نخستین‌بود. ونیزاگر به‌یك پله‌چیزی برفزائیم به‌دیگر نیز همچندان‌برباید فزودن. اکنون چون‌به دوسو چیزهایی به‌حاصل شود به‌اندازهٔ یك بادیگر برابر وبه‌یك سوی کمی باشد آن‌کمی را تمام‌کنیم وبردیگر سوهمچندان فزائیم. واین را **جبر** خوانند.... واما **مقابله** آنست که به هردوسو نگریم، اگر آنجا چیزها بود ازیك‌گونه کمترین بفکنیم. وزآنك بیشتر است همچندان نیز بفکنیم ...

۱ــ سهمی. ۲ــ بیضی. ۳ــ هذلولی.



فصلی از یک کتاب

نوشتهٔ : ژ . گامو
م . استرن

ترجمهٔ به فرانسه از : ژ . گرون

ترجمهٔ : ع . مصحفی

دوازده بریک

امیر ابن‌الخوض فرمانروای مقتدر کشور **«قضیعبیه»** در خزانهٔ خود نشسته بود و با حالتی مسرور ومشعوف ، دوازده انبان چرمی را که کنار دیوار ردیف شده بودند ، تماشا می‌کرد. انبانها که ازسکه های درشت نقره پر بودند ، مالیات دوازده ایالت تحت‌الحکومهٔ امیر بود که توسط دوازده‌مأمورمخصوص جمع آوری شده بود . روی هر انبان ، نام ایالت و مأمور مربوط یادداشت شده بود . هر سکه ، یك سیر (*) وزن داشت ، و انبانها ، که تقریباً همهٔ‌آنها پر بودند ، مبلغ هنگفتی را نشان می‌دادند .

دراین بین، غلامان امیر ، مرد ژنده پوشی را به درون آوردند . مرد ، با دیدن امیر، خودرا پشت پای وی انداخت ، دستهای خودرا بلند نمود ، فریوی ازشادی برآورد وگفت :

ـ ای امیر ، موضوع مهمی دارم که باید به اطلاعت برسانم .

ابن‌الخوض گفت ، بگو.

ـ من اجیر یکی ازمأموران توهستم ، وآمده‌ام تا تو را از خیانت جنایتباری که این مأمور نسبت به ولینعمت خود روا داشته است ،آگاه کنم ؛ او، ازهریك از سکه های انبانی که برای امیرآورده است به اندازهٔ یك مثقال نقره کم نموده است ؛ خود من ازجملهٔ کارگرانی بودم که توسط این مأموراجیر شده بودیم و می‌بایست سکه هارا باکهنه پارچه‌های موئین زبرآنقدر بسابیم تا از هرکدام به اندازهٔ یك مثقال نقره به دست آید . من توسط اربابم اغفال شده بودم ، وبعد ، وقتی که فهمیدم ، مصمم شدم نزد امیرآمده وحقیقت را برملا سازم .

ابن‌الخوض درحالی که ابروهارا درهم کشیده بود پرسید:

ـ ارباب توکیست ، سوگند به خدا ،که فردا سرش‌ازتنش جدا خواهد شد ، وتوهم پاداش گرانبهایی دریافت خواهی داشت'

ـ ارباب من ...

ژنده پوش بیش‌ازاین نتوانست چیزی بگوید ؛ چون در همین لحظه ،کاردی که ازطرف شخص ناشناسی پرتاب شد سینهٔ هوا را شکافت ودرپشت وی فرو رفت . مرد نقش برزمین گشت و جان به جان‌آفرین تسلیم نمود .

امیربا مسئلهٔ تازه‌ای مواجه شده بود؛ چنانچه وی‌ترازویی به قدرکافی دقیق ، در اختیار داشت وباآن می‌توانست سکه های پانزده مثقالی را از شانزده مثقالی تمیز دهد ، تشخیص انبان محتوی سکه های سبك ازبین دوازده انبان ،کارساده‌ای بود. اما امیر فقط یك میزان داشت ، وآنهم میزانی مخصوص بودکه توسط یك کارخانهٔ بین‌المللی سازندهٔ ابزارتوزین به امیر هدیه شده بود، ازآن نوع میزانهایی که دربیشترشهرها مشاهده می‌شود . در روی این میزان ، پلاکی نصب وشکافی تعبیه شده بود ، و دارای صفحهٔ مدرجی با یك عقربه بود. چنانچه شماروی‌آن می‌ایستادید وژتون به خصوصی را درمحل ویژهٔ‌آن می‌انداختید، عقربه حرکت می‌کرد ودربرابر یکی از درجه ها می‌ایستاد ، و ازشکاف ،کارتی بیرون می‌آمد که درروی‌آن وزن دقیق شما با واحدهای سیر و مثقال و به علاوهٔ مطالبی در پیش‌بینی‌آیندهٔ شما ، ثبت شده بود . مسئلهٔ تأسف‌آور این بود که همهٔ ژتونهای امیر مصرف شده و فقط ، یك ژتون ، برای وی باقی مانده بود .او می‌توانست هر قدر سکه که بخواهد روی میزان قرار دهد و با انداختن‌آن یك ژتون ، وزن صحیح‌آنها را معلوم سازد ،

امیر ، مدت زمانی ساکت باقی ماند ؛ او در اندیشهٔ

---

* ـ به جای «لیور» و « اونس» که در متن‌ترجمهٔ‌فرانسهٔ کتاب ذکرشده است ، به ترتیب « سیر» و «مثقال» انتخاب شده است مخصوصاً اینکه هر لیور شانزده اونس وهرسیرنیز شانزده مثقال می‌باشد . لیورواونس سابقاً درفرانسه معمول بوده است .

عمیقی فرو رفته بود . ناگهان ، راه حل مسئله به مغزش راه یافت :

اگر همهٔ سکه های تمام انبانها ، دارای یك وزن ، و هر کدام به وزن یك سیر باشند، دراین‌صورت ، هرمقدار ازاین‌سکه‌ها را به هرجورکه درکفهٔ میزان بگذارد ، وزن حاصل ، برابر با چند سیرکامل خواهد بود . اما اگریکی ازسکه ها سبکترباشد ، مثلا وزن‌آن بیش‌از پانزده مثقال نباشد ، در این صورت ، وزنی که توسط میزان نشان داده می‌شود ، تعداد صحیحی ازسیر به علاوهٔ پانزده مثقال خواهد بود ، یعنی وزن حاصل به اندازهٔ یك مثقال ازچند سیرکمتر خواهد بود . وچنانچه ، دربین سکه‌ها ، دو سکهٔ سبکتر وجود داشته باشد ، یا سه عدد ویا ... و یا دوازده عدد ، در این صورت ، وزن مجموع سکه‌ها ، به اندازهٔ دو مثقال ، سه مثقال .... ویا دوازده مثقال ازچند سیرکامل ، کمتر خواهد بود .

امیر بلند شد وروی انبان‌ها خم‌گشت ، ازاولی یك سکه ، ازدومی دوسکه ،... وبالاخره ازدوازدهمی دوازده سکه برداشت وهمهٔ این سکه‌هارا درکفهٔ میزان‌گذاشت وژتون را درجای‌مخصوص‌انداخت، وزن مجموع سکه‌ها برابر شد با ٦٧ سیرونه مثقال . امیرفهمید که هفت سکه ازسکه هایی‌که درترازوگذارده‌است سبکترمی‌باشند واین هفت سکه به هفتمین انبان تعلق دارد .

روی انبان هفتم ، نام « علی‌بن یوشع » نوشته شده بود . فردای‌آن روز ، سرازتن جداشدهٔ علی بن یوشع بربالای دروازهٔ شهر آویزان بود .

امور خانوادگی

امیرابن‌الخوض ، درمواجههٔ با یك مسئله ، خودرا سخت در تنگنا یافت . صدراعظم مصراً ازوی خواسته بود ، تقریباً اورا ملزم‌کرده بود ،که فرمانی صادرنماید وقانونی وضع‌کندکه بنابر آن ، درآینده ، تناسبی بین مردان و زنان اجتماع برقرار باشد .

وزیر این‌طور توضیح داده بود :

ــ وقتی‌که عدهٔ پسران ودختران به دنیاآمده معادل بود ، یك مرد اصیل و مرفه‌الحال‌که می‌خواهد حرمی از پری پیکران داشته باشد بیش‌ازبیش بااشکال روبرو خواهد شد. امیر ، هر چند که مخالف سرسخت تعدد زوجات بود ، اما نمی‌خواست‌آشکا را ، نسبت به خواست وزیر بی‌اعتنا بوده وبا رسم معمول مخالفت‌کرده باشد ، متحیرمانده بود . اولحظه‌ای اندیشید ، زیر لب ،کلماتی نامربوط زمزمه‌کرد ، راجع به یك رشته تصادفات ، با خود حسابهائی نمود. بالاخره ، چهره‌اش شکفته شد وبا خنده‌ای حاکی از شعف به وزیر گفت :

ــ حل مسئله بسیار ساده است . من طبق فرمانی اعلام می‌کنم‌که: «ازاین به بعد ، زنان حق نخواهند داشت صاحب اولاد دیگری شوند مگراینکه فرزند ماقبل ، دختر باشد . متخلفین ، بدون استثناء ، نفی بلد خواهند شد . » به این ترتیب ، وقتی‌که مادری صاحب اولین پسرشد. مجبورخواهد بودکه ازداشتن اولاد دیگر خودداری نماید .

امیر، همچنان خندان ، خطاب به وزیر ادامه داد :

ــ مسلماً ، این امر نتیجه‌ای راکه شما در پی‌آن هستید به بار خواهدآورد . با این قانون جدید ، مادرانی را مشاهده خواهیدکردکه مثلا ، صاحب چهار دختر ویك پسر ، یا ده دختر ویك پسر، ویا فقط یك پسر و ... هستند . واین باعث خواهد شد که در اجتماع، عدهٔ زنان اضافه شود و آرزوی شما برآورده خواهد شد .

وزیرکه در این مدت ، کرسی خود را ترك نکرده بود ، بیانات امیر را تصدیق نمود وکاملا راضی از جای خود بلند شد ؛ بالاخره ، امیر را با خواستهای خود موافق ساخته بود . اجازهٔ مرخصی‌گرفت و با شتاب بیرون رفت تا پیروزی خویش را بر همگان فاش سازد ؛ او این توانایی را یافته بودکه طبیعت را به میل خود درآورد .

امیرزادهٔ جوان که مباحثه را شنیده وموضوع قانون جدید را فهمیده بود ، سراسیمه وبا چشمان اشك‌آلود نزد پدر رفت و گریان وتضرع‌کنان پرسید :

ـ ای امیر بزرگ ، حق‌بود که تسلیم هوسهای این کهنه پرست نمی‌شدید !

امیر خنده را سرداد ، فرزندش را پیش خود کشید وگفت:

ـ من‌تسلیم توقعات جنون‌آمیز او نشده‌ام .

ـ اما ، پدر ...

ـ هاها ، سلطان خنده‌کنان جواب داد : بگذار تا حقیقت قانونی‌را که رسماً اعلام خواهم‌کرد، برایت شرح دهم، نتیجهٔ نهایی آن، حفظ تعادل بین‌عدهٔ زنان وعدهٔ مردان خواهد بود.

ـ چگونه ؟ پدر، من‌که نمی‌فهمم .

امیر گفت ، مسئله را به صورت زیربررسی می‌کنیم :

برای سادگی ، فرض‌کن که تمام زنان‌کشور ، دریك لحظه اولین فرزندشانرا به دنیا می‌آوردند. این‌اولین فرزندان به طور یکنواخت تقسیم خواهند شد: درآنها همانقدر پسر وجود دارد که دختر. دراین‌مرحله ، نسبت یك‌بریك را مشاهده می‌کنیم :

»قانون ایجاب می‌کند که نصف اززنان، آنهاکه دارای‌فرزند پسرشده‌اند ، از دورخارج شوند . نصف دیگرزنان، سری دومین فرزندان خودرا به دنیا می‌آورند. این‌دفعه نیز، تقسیم یکنواخت خواهدبود: همانقدرپسربه دنیا می‌آیدکه دختر. بنابراین، منتجهٔ مجموع دوسری، بازهم نسبت یك بریك را بین عدهٔ پسر ودختر حفظ می‌کند .

» نصف زنان سری دوم ، آنهاکه دومین فرزندشان پسر بوده‌است . ازردیف حذف می‌شوند ، مادران دختردار بازهم شروع می‌کنند ، این دفعه نیز، همانقدر پسرزاده خواهد شدکه دختر.

» ملاحظه می‌کنی‌که همواره نسبت یك بر یك محفوظ می‌ماند، بافرض‌اینکه هردفعه‌آنقدرپسر به دنیا می‌آیدکه دختر ، بامقایسهٔ تمام‌گروههای نوزادان ، در تمام طول‌مدت مورد نظر ، همواره نسبت یك دربرابریك ملاحظه خواهد شد. (*)

چهل زن خیانت پیشه

امیرمقتدر **ابن‌الخوض** ، از اینکه می‌شنید در پایتختش ، عده‌ای زنان خیانتکارهستند، ناراحت ونگران‌شده بود، چهل‌زن ، آشکارا،شوهران‌خودرا فریب داده‌اند.اما،طبق‌معمول، هرچند هم‌که کوس‌رسوایی‌آنهارا درکوی وبرزن زده‌بودند، شوهران ازهمهٔ‌افعال زنان‌خود بیخبرمانده بودند. برای تنبیه‌زنان‌گناهکار،امیرطی‌فرمانی اعلام داشت‌که ؛ شوهران فریب خورده، به شرط‌آنکه برسیه‌روزی زنان‌خود اطمینان قطعی‌حاصل نمایند ، مختارندکه‌آنهارا بکشند. درفرمان ، دیگرنه تعداد زنان بدکارمعلوم شده بود ونه به نام آنها اشاره رفته بود . فقط تأکید شده‌بودکه وضع‌آنها درتمام شهر شناخته شده است، وشوهران را به عکس‌العمل‌وامی‌داشت . باری، باتعجب‌کامل‌مجریان قانون‌وپلیس مربوط، چه درروزا:لام فرمان، وچه درروزهای بعد، ازقتل‌همسر، خبری نشد. یك ماه‌کامل بدون نتیجه سپری شد وکم‌کم ، این‌گمان پیش آمدکه شوهران فریب خورده نسبت به شرافت خود بی‌اعتنا هستند .

روزی وزیرازامیرپرسید .

ـآیا لازم نمی‌بینیدکه اسامی چهل‌زن خیانتکاراعلام شود ، چون شوهران‌آنها درتنبیه‌کردن ایشان تنبلی بخرج می‌دهند.

امیردرپاسخ‌گفت :

ـ بهتراست بیشترتوجه‌کنیم ، ممکن‌است ملت‌ما تنبل‌باشد، اما اوخیلی بافراست وعاقل‌است. من مطمئنم‌که به زودی‌واقعه‌ای پیش خواهدآمد .

وبالاخره ، درچهلمین روز صدورفرمان ، عکس‌العمل ، به‌طورناگهانی‌ظاهرشد. درشب‌این‌روز، چهل‌زن کشته‌شده‌بودند ، و یك بازجویی سریع، نشان‌داد که‌کشته شدگان‌همان چهل زن‌معروفی بودندکه نسبت به شوهران خود خیانت می‌کردند .

وزیرفریادکشید :

ـ من نمی‌فهمم، چرا این‌چهل شوهراین مدت دراز راصبر کردند؛ وچرا، همه بعدازگذشتن‌تعداد روزهای معین، دست به‌کار شدند ؛

امیر درحالی‌که زیرلب می‌خندید گفت:

ـ وزیر عزیزم ، خیلی ساده است . من اعتراف می‌کنم‌که دقیقاً واقعهٔ امروزی‌را انتظارداشتم . همانطورکه قبلا به شما گفته بودم، شاید تبعهٔ من درترتیب تعاقب زنان خود وکشف صداقت یا خیانت ایشان، خیلی‌تنبل‌باشند، اماآنها نشان دادندکه برای درك یك مسئله ازراه استنتاج‌کامل منطقی، به اندازهٔ‌کافی با استعداد می‌باشند .

ـ وزیرگفت من‌که چیزی نمی‌فهمم .

امیرتوضیح داد:

* ـ اینجا قانون احتمالات همسان ومجرد فرض شده است ، قانونی‌که مطلقاً با نظریهٔ زیست شناسی تطبیق نمی‌کند .

ـ ازاین‌قراراست : فرض کنیم که چهل‌تا نه ، فقط یك زن خیانتکار وجود داشته باشد ، این موضوع را تمام مردم می‌دانند مگرشوهراو . وشوهر که زن خودرا عفیف تصورمی‌کند وهیچ مورد خیانت دیگری درشهرنمی‌شناسد ، براین عقیده‌است که همهٔ زنان شهر، ازجمله زن‌او، همسران وفادارهستند . وی، وقتی که فرمان مربوط به وجود زنان خیانتکار را بشنود ، درك می‌کندکه رفتار هیچ زنی تباه نیست مگرخاص زن خودش ، ودراولین شب ، اورا خواهدکشت .آیا توجه نمودی؟

ـ وزیرگفت ، توجهم به شماست .

ـ اکنون ، فرض‌کنیم که دوزن شوهران خودرا فریب‌داده باشند ؛ شوهران‌آنهارا ،عبدالله وحاجی بابا می‌نامیم . عبدالله این را می‌داندکه زن حاجی بابا شوهرخودرا فریب می‌دهد وبه جز او سایرزنان شهروزن خودش‌راوفادارمی‌شناسد ، حاجی‌بابا هم همین تصوررا نسبت به زن عبدالله ، وسایرزنان وزن خود ، دارد .

« روز صدور فرمان ، عبدالله با خود می‌گوید : « به به ، امشب‌حاجی‌بابا زنش را خواهدکشت» وحاجی‌بابا هم همین‌پیش‌بینی را برای عبدالله وزن وی می‌نماید. اما ، فردای‌آن روز ، هر دو زن هنوز سالم هستند . این امر ، برعبدالله و برحاجی بابا ثابت می‌کندکه در تصورعفت زن خود در اشتباه بوده‌اند . بنابراین ، درطی دومین شب . دوخنجر دردوسینه فرو می‌رود ودوزن هلاك می‌شوند .

ـ وزیرگفت: تا اینجاکه کاملا متوجه شده‌ام. اما چنانچه، سه زن خیانتکار یا بیشتروجود داشته باشد ، چه خواهد شد ؟

ـ ازاین به بعد ، ما روشی را به‌کارخواهیم بردکه استقراء یا استنتاج ریاضی نامیده می‌شود . من به شما حالی‌کردم‌که اگر فقط دوزن خیانتکاردرشهروجود داشته باشد، شوهران‌آنها، به علت یك استنباط منحصراً منطقی،آنها را دردومین‌شب خواهندکشت . حالا ، فرض‌کنیم‌که سه زن خیانتکار درشهر وجودداشته باشد، مثلا زن عبدالله ، زن حاجی‌بابا ، زن فاروق . فاروق خوب می‌داندکه زنهای عبدالله وحاجی‌بابا شوهران خودرا فریب می‌دهند، وبه‌این موضوع نیزتوجه داردکه این دو شخص زنان خودرا دردومین شب به قتل می‌رسانند . اما در دومین شب ، عملی اتفاق نمی‌افتد . برای چه ؟ قطعاً به جهت‌آنکه زن فاروق نیز ناپاك است. وخنجر یا بهتربگوئیم ، سه خنجر درشب سوم به‌کارمی‌افتد .

ـ آه ، ای امیربزرگ ، شما چشمان مرا بازکردید ؛ اگر چهار زن ناپاك بافت شود ، هریك ازشوهران فریب خوردهٔ‌آنها، که فقط برناپاکی سه زن‌آگاه است، زن‌خودرا نخواهدکشت مگر درشب چهارمین روز، وبه همین قیاس تا چهلمین زن .

امیرگفت :

ـ خوشحالم‌که بالاخره موضوع را درك‌کردید . داشتن وزیری بافراست‌کمترازافراد متوسط ملت . خیلی جالب. است مخصوصاً اینکه اگر، درحقیقت ، چهل ویك زن خیانتکار یافت می‌شد !

پیش‌بینی روز اعدام

عبدالکاظم قرصی نان دزدیده بود، وبه خاطرهمین ، وزیر ویرا به اعدام محکوم‌کرده بود .

ازدیرزمانی ، وزیر می‌کوشیدکه عبدالکاظم را ازراه خود بردارد و حالا این بهانهٔ‌کوچك را غنیمت شمرده بود . اما یك موضوع اسباب تأسف وزیربود : طبق‌قانون ؛ هرمحکوم درآخرین مرحله ، وفقط درهمان روز اجرای حکم، حق داشت‌که ازحضور امیرتقاضای استیناف بنماید . اعتقاد به اینکه امیر **ابن‌الخوش** حکم را فسخ خواهدکرد، وزیررا واداشت‌که نقشهٔ ماهرانه‌ای‌طرح کند؛ وی درحضور عبدالکاظم تعلیمات لازم را به نگهبان داد .

بنا به این تعلیمات، هفتهٔ اجرای حکم ، صراحتاً معلوم‌شده بود، اما نگهبان ملزم بودکه روز اعدام را بر عبدالکاظم فاش نکند . وزیر، بازهم درحضورعبدالکاظم ، به نگهبان‌گفت :

- برای انتخاب روز اعدام، شخصاً تصمیم خواهید گرفت، مشروط بر آنکه، وی نتواند آن را پیش‌بینی کند، باید که کاملا غافلگیر شود. هرروز صبح، شخصاً صبحانهٔ عبدالکاظم را برایش می‌برید. چنانچه، درروزی که برای اعدام در نظر گرفته‌اید، هنگام صبحانه، به شما اظهارداشت و با دلایلی منطقی ثابت کرد که در آن روز هلاك می‌شود، آن وقت، موظف خواهید بود که اجازه دهید، وی ازحضور امیر تمنای مرحمت بنماید. اما، اگروی آن فراست را نداشت که به هنگام صبحانهٔ روزمورد نظر، ازاعدام خود درآن‌روز، خبردهد، حق‌استیناف را ازدست می‌دهد وبعدازظهر آن روز، اعدامش می‌کنید.

وزیرازآنجا رفت و عبدالکاظم و نگهبان را با افکارخود تنها گذاشت. هر کدام، فکرخودرا به‌کارانداخته بود و می‌کوشید هوش خودرا بیازماید تا دریابد احتمال وقوع امر در کدام روز از آن‌هفته بیشتراست. برای‌نگهبان، مسئله بغرنجتر بودچون‌می‌بایست قبلا روزاعدام را تعیین‌کرده ومقدمات‌کاررا فراهم‌کند.

حقیقت، ازاین قراربود که وزیرخواسته بود با پیش‌آوردن یك چنین شرط شوم و شگفت‌آور، عبدالکاظم را از حق استیناف محروم سازد.

امیرزادهٔ جوان‌ازاین امرخلاف اخلاق‌آگاه شد وپدر رااز آن باخبر کرد.

امیرنگهبان را احضار کرده وبه وی گفت:

- شنیده‌ام که وزیر، عبدالکاظم را محکوم به اعدام کرده است و حکم را به نحوی تنظیم نموده است که امکان درخواست استیناف را ازعبدالکاظم سلب می‌کند. آیا حقیقت دارد؟

نگهبان جواب داد:

- صحیح است، ای امیربزرگ، اما استدعا می‌کنم که باور بفرمائید، من مداخله‌ای نداشته‌ام، من شخصاً نسبت به عبدالکاظم کمال‌تأثررا دارم وچنانچه بتوانم مفید به حال وی‌باشم، بی‌اندازه خوشحال خواهم بود، اما چه‌کنم که ازمن چاره‌ای برنمی‌آید.

امیر گفت:

- باشد، اینطور می‌فهمم که تو، خیلی درس‌خوانده‌ای.

- زیاد نه، ای امیر، تحصیلات معمولی راگذرانده‌ام، موقعی که محصل بودم، منطق را خیلی دوست می‌داشتم و هنوزهم مایلم که دنبال تحصیل‌آن را بگیرم.

- کاملا مهم است، آیا اصل استدلال استقرائی را بلد هستی؟

- بلی، ای امیر

- فعلا این موضوع را کنار بگذاریم، و به‌کار عبدالکاظم بیچاره بپرازیم. آیا تاکنون دربارهٔ تعیین روز اعدام، تصمیم گرفته‌ای؟

- هنوزنه، درفکرآن هستم

- آنچه معلوم است ومن فهمیدم، توباید اورا درروزی از آن هفتهٔ معین، که با شنبه شروع می‌شود وبه جمعه پایان می‌یابد، اعدام‌کنی. خواهش من‌آنست که، چنانچه ممکن است، جمعه را برای این‌کار انتخاب‌کنی؛

نگهبان بعدازکمی فکر، با قطعیت جواب داد:

- نه، مقدورم نیست؛ شما می‌دانیدکه عبدالکاظم خیلی باهوش است. او همهٔ شرایط قید شدهٔ درحکم را می‌داند وازاین جهت وقتی‌که تا صبح جمعه زنده باشد، هنگام بردن صبحانه، به من خواهدگفت: «نگهبان، می‌دانم‌که تصمیم داری امروز مرا اعدام‌کنی، برای‌آنکه، امروزآخرین‌روزی است‌که می‌توانی‌حکم را اجراکنی»

نگهبان ادامه داد؛ و این عین واقع خواهد بود، وقتی که پنجشنبه‌گذشت واوهنوززنده بود، جمعه‌آخرین روزی‌است‌که می‌توانم ویرا اعدام‌کنم، ووقوع اعدام در آن روز واضح خواهد بود، واو استیناف خواهد خواست.

امیر، اندیشمندگفت:

- به این‌امربه خوبی واقفم‌که تو و او هر دو می‌دانیدکه بنا برمدلول حکم، وقوع اعدام درروز جمعه غیرممکن‌است.

- همین طور است. من فقط می‌توانم عبدالکاظم را دریکی ازروزهای ازشنبه تا پنجشنبه اعدام‌کنم، جمعه مستثنی است.

- بنابراین‌هم‌تو وهم‌عبدالکاظم، جمعه‌را کنارگذاشته‌ایدوتو بجز در یکی از روزهای شنبه تا پنجشنبه، نمی‌توانی اورا اعدام بنمایی. پنجشنبه‌آخرین روز ممکن است، اگر، میسر است، پنجشنبه را برای اجرای حکم انتخاب‌کن؛

نگهبان، بعدازمدتی فکرجواب داد:

محققاً نه،عبدالکاظم ومن، هردومی‌دانیم‌که پنجشنبه‌آخرین روز ممکن برای انجام اعدام می‌باشد. بنابراین چنانچه، تاصبح پنجشنبه، عبدالکاظم زنده مانده باشد، درآن صبح، وقتی‌که‌نزدش برسم، برایم توضیح خواهد داردکه درآن روزکشته می‌شود.

لابد خواهی‌گفت؛ عبدالکاظم‌را نمی‌توانی اعدام کنی مگر دریکی ازروزهای شنبه تا چهارشنبه. واوهم این‌را می‌داند.

- کاملا همین‌طوراست.

اگرچنین است وچهارشنبه‌آخرین روزی می‌تواندباشد که عبدالکاظم باید اعدام شود، آیا نمی‌توانیم به‌همان‌ترتیب‌ثابت‌کنیم که، چهارشنبه‌راهم بایدکناربگذاریم؛

نگهبان، درکمال بهت وتعجب گفت:

- کاملاصحیح است، واین‌موضوع مارا دلالت می‌کندبراینکه سه‌شنبه‌آخرین روزممکن می‌باشد، و سه‌شنبه هم باید از دورحذف شود وبه دنبال‌آن، روزهای‌دیگرهفته نیزحذف خواهدشدوبنابراین

اجرای اعدام غیرممکن می‌باشد.

«این نوعی مورد استفادهٔ مستقیم ازاصل استدلال ترجیعی (استقراء ریاضی) است؛ ماثابت کرده‌ایم که آخرین روزممکن برای اجرای حکم، خود به‌خود، غیرممکن می‌باشد.»

امیرخنده کنان گفت:

ـ بلی، این امر به‌ما کمك می‌کند که ثابت کنیم که اجرای اعدام غیرممکن است، واین مشیتی است که اینچنین خواسته‌است. خوشبختانه توعبدالکاظم یکی ازدیگری باهوشتری. چنانچه‌یکی ازشما دونفرفهم قضیه را نداشت، کاربه این‌آسانی‌پیش نمی‌رفت.

مصیبت دوم عبدالکاظم

چنانکه گفته شد، عبدالکاظم ازمهلکه جان سالم به‌در برد. اما برای باردوم، گرفتار بند شده بود تا تسلیم عدالت گردد. این بار، وی متهم بودکه دربازارسیاه، کاراستفادهٔ از فحشاء زنان را پیش گرفته است؛ کاری که توسط ابن‌الخوض غیرقانونی اعلام‌شده‌بود.

دادرسی وی درحضورهیئت منصفه انجام می‌گرفت؛ و این ازجمله ابتکارهای امیرآزادیخواه بودکه کوشش داشت کشورش‌را درزمرهٔ ممالك مترقی درآورد. هیئت منصفه‌که ازشش‌مرد وازشش زن تشکیل می‌شد نتوانسته بود درمورد عبدالکاظم اتخاذتصمیم کند. شش‌زن، عبدالکاظم‌را مجرم شناخته ودرخواست اعدام‌وی‌را داشتند، اما شش مرد، له اورأی داده، وی‌را بیگناه می‌دانستند.

با این ترتیب، عبدالکاظم، پنجاه درصد شانس داشت که زنده بماند یا اعدام شود. بنابررأی دادگاه، تکلیف قطعی‌سرنوشت او، با بیرون‌آوردن گلوله‌ای ازیك جعبه معلوم می‌شد. برای‌اجرای یك چنین تأمین غیرعادی عدالت، مقررشده‌بودکه دوجعبهٔ بزرگ هریك شامل ۲۵ گلولهٔ سفید و۲۵ گلولهٔ سیاه فراهم‌آید، چشمان زندانی‌را ببندند وآن وقت وی دست درازکند، یکی ازدو جعبه راانتخاب کرده، وازآن یك گلوله بیرون بیاورد، گلولهٔ سیاه، مرگ را تسجیل می‌کرد و گلولهٔ سفید، زندگی‌را. همینکه جعبه‌ها را فراهم‌کردند، وگلوله‌هارا خوب با هم مخلوط‌کردند و خواستند چشمان متهم‌را ببندند، وی یعنی عبدالکاظم، در پیشگاه دادگاه زانوبرزمین زد وتضرع کنان گفت:

ـ آخرین التفات‌را درحق من مبذول دارید واجازه‌دهید، قبل‌ازآنکه چشمهایم بسته شود تا جعبه وگلولهٔ خود را انتخاب کنم، یك‌بارهم، گلوله‌های دوجعبه‌را به‌هم بزنم.

قاضی ازوزیرکه پهلوی اونشسته‌بود، پرسید:

ـ آیاعقیده داریدکه این عمل شانس وی‌راافزون می‌سازد؟

ـ فکرنمی‌کنم‌که اوازریاضیات اطلاعات‌کاملی‌داشته باشد، پنجاه‌گلولهٔ سفید وپنجاه‌گلولهٔ سیاه وجوددارد. ازطرف دیگر، او آنهارا نمی‌تواند ببیند. این‌گلوله‌ها به‌هرنحوکه در دوجعبه پاچید جعبه، پخش شود؛ شانس وی همان خواهدبودکه‌هست.

ـ بسیار خوب، چنانچه‌این‌موضوع، تفاوتی به‌وجودنمی‌آورد، چرااین عنایت درحق وی به‌عمل نیاید، دست‌کم نتیجهٔ دیگری نداشته باشد به امیرمی‌فهماندکه؛ هیئت قضاة به همان اندازه که خواست وی هست‌آزادیخواه می‌باشند.

قاضی به‌عبدالکاظم، که هنوزدرحال تعظیم بود خطاب‌کرده‌و گفت: برووگلوله‌هارا به هم بزن. عبدالکاظم راست شد، به میز نزدیك گردید، دستش‌را به سوی جعبه‌ها دراز کرد. نوع کارش خیلی ساده بود؛ نخست تمام‌گلوله‌های یکی ازدوجعبه‌رادر دیگری ریخت، آنگاه ازجعبهٔ پر، یك‌گلولهٔ سفید برداشت ودرجعبهٔ خالی انداخت. این‌گروه‌بندی استادانهٔ او، شانس زنده‌بودنش‌راتانزدیك هفتاد وپنج درصد بالابرد؛ وقتی‌که چشمان اورا می‌بستند، پنجاه درصد شانس داشت تا جعبهٔ محتوی‌گلولهٔ سفیدرا انتخاب‌کند، و چنانچه جعبهٔ دیگررا انتخاب می‌کرد، بازهم چهل‌ونه درنود و نه(یا تقریباً پنجاه‌درصد) شانس داشت تاگلولهٔ‌سفیدرا به‌دست‌آورد.

داستان حاکی ازاین‌است‌که، عبدالکاظم، با این حیله، سر خودرا نجات داد.

کسی که ببازد برده است

دریك روز دلچسب آفتابی ـ دراین ناحیه ازکرهٔ زمین ، همهٔ روزها آفتابی هستند ـ وزیر روی تخته سنگی در وسط صحرا نشسته بود، او ازبیکاری حوصله‌اش سررفته بود . به‌علاوه، باخودش آنقدر پول داشت که خرج هرمقدار ازآن را دریك امر تفننی بی‌اهمیت تلقی می‌نمود. دراین موقع دوعرب بدوی‌را مشاهده کردکه سواربر اسب ازآن حدود می‌گذرند. به‌آنها علامت دادکه به‌وی نزدیك شوند. یك سکهٔ طلای ناب‌را کف دست گذاشته به‌آنها نشان داد وگفت:

ـ دوستان من، می‌خواهم که رفتن وبرگشتن ازاینجا تاآن درخت خرمارا باهم مسابقه بگذارید. من این سکهٔ طلارا به‌کسی خواهم دادکه دیرتر برسد.

بدویها که هردووزیررا می‌شناختند فریادکشیدند، دیرتر؛ وزیرجواب داد:

ـ البته. خودم هم می‌دانم آنچه‌راکه ازشمامی‌خواهم غیرعادی است. باوجود این، اینطورهوس کرده‌ام. و هم‌اکنون حرکت کنید.

عربها که دیگ‌طمعشان به‌جوش آمده بود، به‌سوی نخل رو کردند، اما هیچکدام، شروع به‌حرکت ننمودند، هریك سعی‌داشت اسب خودرا عقب‌تر ببرد. وضع مضحکی پدیدآمده بود. مدتی به‌همین منوال گذشت ویك موقعی، دیگرهردوخسته شده می‌خواستندازاین مسابقهٔ بی‌سابقه چشم بپوشند، که ناگهان امیررا دیدندکه ازآنجا می‌گذرد . وی به قصد شکارازشهرخارج‌شده‌بود. ازمرکب‌های‌خود به‌پائین جستند وجلوی اوروی شنهای داغ‌صحرا به‌سجده‌افتادند.

امیرازآنها پرسید؛ فرزندانم چه شده است؛ و آنها شرح ماجرا را برایش بیان داشتند. یکی ازآنها عنوان کرد:

ـ شاید بتوانیم مبلغ‌را بین خودمان تقسیم‌کنیم، یا اینکه بین خودمان قرار بگذاریم‌که هرکس‌که شرطرا برد. دخلش‌را به دیگری بپردازد.

ـ امیرگفت: نه، درمعامله باید درستکار بود. مخصوصاً در مورد وزیر. اما من چارهٔ کارشمارا می‌دانم. آنگاه، سرش‌را نزدیك برده آهسته به‌گوش آنها چیزی گفت. عربها ازخوشحالی فریادکشیدند که خدا ترا اجرنیك دهد ، وبه‌جست بالای زین پریده‌مهمیزهارا به‌کار انداخته واسبان خودرا همچون‌باد به‌تاخت درآوردند، نخل را دورزدند وبرگشتند. دریك چشم‌بهم‌زدن، مسابقه پایان یافت . وزیرسکهٔ طلارابه بازنده‌تسلیم نمود. امیردرگوش آنها چه‌گفته‌بود؛ خیلی‌ساده است به‌آنهایاد دادکه اسبهای خودراعوض کنند.

پاسخ «چرا غلط است»

طول سوراخی‌که توسط کرم‌کاغذخوار ایجادشده است فقط ۵ = ۲٫۵ × ۲ سانتیمترمی‌باشد.
نگاه دقیقی به‌شکل مربوط و توجه به ترتیب قرارگرفتن کتب‌این موضوع را واضح می‌سازد.

پاسخ «به‌این جوان کمك کنید»

فرض می‌کنیم:

سن‌مسعود = y و سن پدربزرگ = x

باید داشته باشیم $۱۰[۱۰۰۰-(\frac{x^۲}{y}+\frac{y^۲}{x})]=۱۰(\frac{x^۲}{y}-\frac{y^۲}{x})$

که در آن xوy اعداد صحیح می‌باشند. معادله بعد از ساده‌کردن به‌صورت زیر درمی‌آید

$$۱۰۰۰=\frac{۲x^۲}{y} \quad و \quad x=۱۰\sqrt{۵y}$$

چون مقادیر xوy باید عددهای درست باشند پس y به صورت $۵K^۲$ باید باشد در ازاء $K=۱$ داریم $y=۵$ که قابل‌قبول نیست ، چون مسعودکه به دادگستری‌مراجعه کرده سنی‌بیش از پنج‌سال داشته است . مقدار K برابر ۳ وبزرگتر از ۳ نمی‌تواندباشد زیرا در این‌صورت برای x مقادیر ۱۵۰ و بزرگتر ازآن به‌دست می‌آید؛ معقول‌نیست‌که سن پدربزرگ ۱۵۰ سال یابیشتر باشد. درازاء $K=۲$ سن‌مسعود برابر ۲۰سال وسن‌پدر بزرگ ۱۰۰ سال ومقدار ارثیه ۴۹۶۰ تومان حساب می‌شود.

چنین به‌نظرمی‌رسد که ذرات آلفا مشتریان قمارخانه‌ای در لاس وگاس (Las Vegas) هستند که هریك دستهٔ یکی‌از «اسلات ماشین»ها [۱] را درهرثانیه 10^{21} بار می‌کشند. تصور کنید که این ماشین‌ها ــ که راهزنان یکدست پرمهارتی هستند، چنان‌تقلب کنند که به‌طورمتوسط در 10^{36} بار بازی کردن، شخص بازی کن فقط‌یك دفعه بانك‌را ببرد. دراین‌صورت شخص باید به‌طورمتوسط 10^{15} ثانیه یعنی حدودیك بیلیون سال با ماشین بازی کند تا بانك‌را ببرد. البته بانکی که نصیب بازی کنی که ذرهٔ آلفا است می‌شود، بازی کن‌را با سرعت بسیارزیاد به بیرون پرتاب خواهد کرد.

درمورد پولونیوم ۲۰۸، انرژی ذرهٔ آلفادو برابر این‌مقدار است (MEV ۸٫۹۵) واز تفاع‌سد کوتاهتر. بدین‌سبب احتمال‌نفوذ ازسد 10^{23} برابر بیشتراست. درنتیجه این قبیل اتمها دارای عمر متوسطی درحدودیك‌ده‌میلیونیم‌ثانیه‌می‌باشند، به‌جای آنکه عمرشان یك میلیون سال زمان ژئولوژیکی که عمرمتوسط اتم اورانیوم ۲۳۸ است، باشد.

این تحقیقات اساس سیستم جدید اصول ریاضی بود. برخی‌آنرا مکانیك موجی وکسانی آنرا مکانیك کوانتائی نامیدند. امروز اصطلاح دومی متداول‌تراست. هردوی این‌اصطلاحهامربوط به دستگاه ریاضی است که ساختمان ونحوهٔ عمل اتمها، ملکولها و هسته‌هائی‌را توصیف می‌کند که درنتیجهٔ ترکیبات‌غریبی‌ازایده‌های موجی وذره‌ای می‌باشند، وچهارچوب کلی تکاملی آنها هم‌اکنون توصیف شده است، اشخاص بسیاری درگسترش ریاضی سهیم‌بوده‌اند که شاید برجسته‌ترین‌آنها **پ.آ.م.دیراك** (P.A.M. Dirac) از دانشگاه کمبریج انگلستان و **جان فون‌نوی‌من** (John von Neumann) ازپرینستون‌می‌باشند. سپس فیزیك‌دانهارشته‌قواعدی بدست‌آوردندکه به‌وسیلهٔ‌آن قواعد پاسخهای سؤالات مشخصی‌را با درستی اعجاب آوری بیابند. اما هیچیك دربارهٔ معانی حقیقی واهمیت قواعدی‌که به‌کارمی‌برد احساس نمی‌کرد. درست به‌خاطر دارم که روزی **پروفسوربرگن دیوس** (Bergen Dawis) از دانشگاه کلمبیا به من گفت: «فکر نمی‌کنم که شما جوانان‌این‌را بهتر ازمن‌می‌فهمید. فقط‌شماهمه باهم متحدمی‌شویدویك‌چیزرامی‌گوئید!» معنی ژرفتردوگانگی «موجی ــ ذره‌ای» همچنان به‌صورت معمائی باقی ماند. در ۱۹۲۷ **ماکس بورن** (Max Born) که‌درآن‌زمان دردانشگاه گوتینگن بود تفسیری بدست داد که ازآن زمان مورد استفاده قرارگرفت. گرچه بعضی فیزیك‌دانها برآنند که این تصویرفقط‌چاره‌ای موقتی است وروزی باید حقیقت اساسی‌تری جایگزین‌آن گردد. موضع اینشتین نیزهمین بود.

به‌نظربورن بهتر آن است که نور، الکترون،چیزهای دیگر ازاین قبیل‌را «درواقع» ذره فرض‌کنیم. اما ذره‌هایی که نحوهٔ عمل آنها کاملا باآنچه که درمکانیك کلاسیك دربارهٔ توپ تنیس‌یا کرهٔ ماه وضع شده تفاوت دارد. ما نمی‌توانیم حرکت آنرا جزء به‌جزء دنبال‌کنیم. آنچه از دست ما برمی‌آید تعیین مقادیر عددی احتمالات نسبی‌مشخصی است. این احتمالات راههای ممکن نحوهٔ عمل‌را برای شمارهٔ زیادی اززذرات که‌تحت مشاهده هستنداز پیش طرح‌می‌کند؛ به‌عبارت دیگرحساب به‌ما می‌گوید که درانتظار مشاهدهٔ چه چیزی باشیم. بنابراین جنبهٔ حرکت موجی تئوری به مثابهٔ وسیله‌ای برای پیش‌بینی احتمال نسبی چیزهای متفاوتی‌که رخ می‌دهند، تعبیر می‌شود. جایی‌که حرکت موجی تشدید می‌یابد احتمال یافتن ذرات افزون می‌گردد.

این تعبیربه‌راحتی با مکانیك‌کلاسیك به منوال زیر ربط می‌یابد. زمانی‌که مکانیك موجی یاکوانتایی درموردذرات‌بزرگ به‌کارمی‌رود، پدیده‌های‌تفرق وسد نفوذپتانسیلی‌مکانیك‌کوانتائی تا حدقابل‌گذشتی‌کوچک می‌شوند وقواعد احتمالات پیش‌بینی‌می‌کند که ذرات تقریباً به‌طور یقین طبق مکانیك کلاسیك عمل می‌کنند.

بلافاصله پس‌ازآنکه بورن تعبیر احتمالاتی‌را بدست داد، **نیلزبور وورنرهایزنبرگ** (Werner Heisenberg) دربارهٔ اینکه چگونه شخص می‌تواند مطالعهٔ حرکت ذرات اتمی رابادقتی که درمورد کرهٔ ماه می‌توان به‌کاربرد، آغازکند، تجزیه و تحلیلی به عمل‌آوردند. این تجزیه وتحلیل‌نتایج‌اعجاب‌آوری‌داد. مکانیك کلاسیك لازم می‌داند که برای محاسبهٔ حرکت بعدی یك‌شیئی‌لازم است که دراولین وهله موضع وسرعت اولیهٔ آن شیئی‌را بدانیم. برای یافتن موضع یك الکترون بایدبرروی‌آن نورتاباندوآنرا ازطریق یافتن محل پراکندگی‌نوریافت. به‌علت ماهیت‌موجی نور این جریان فقط می‌تواند محل الکترون‌را تا صحتی دریك حد معین، که به‌وسیلهٔ بلندی طول موج نور تعیین می‌شود، بدست‌دهد. برای بدست‌آوردن دقت بیشترشخص باید نوری به‌کاربردکه طول موج کوتاهتری دارد. اما زمانی‌که امواج‌کوتاه به‌وسیلهٔ الکترون پراکنده می‌شوند سبب‌آن می‌گردند که الکترون، همانطورکه ما درتصحیح کامپتون دیدیم، مرتباًعکس‌العمل نشان دهد. این‌عکس‌العمل باعث پیدایش عدم دقت غیر قابل کنترلی در اندازه‌گیری سرعت اولیهٔ الکترون می‌گردد. به‌عبارت دیگر خودعمل مشاهدهٔ الکترون تا درجهٔ‌خاصی درستی دانش‌مارااز سرعت‌آن‌ازبین‌می‌برد.

این تجزیه وتحلیل نشان‌می‌دهدکه چرا یک تعبیرآماری که خصوصیت ویژهٔ‌آن عدم اطمینان است به‌ما تحمیل می‌گردد؛ و به‌طورناگزیرازاین واقعیت منتج‌می‌شود که چیزی‌راکه‌درپی‌مشاهدهٔ آنیم نسبت به‌وسیله‌ای‌که برای مشاهده بکار می‌بریم عکس‌العمل نشان می‌دهد. برای اجتناب ازاین عکس‌العمل، شخص باید از مشاهده بپرهیزد؛ ودراین‌صورت، نسبت به‌آنچه رخ می‌دهد، جاهل خواهد ماند. عدم اطمینان‌آماری بهایی است که باید برای‌بدست

(۱) ماشینی که با انداختن پول به درون‌آن قمارمی کنند(م)

آوردن هردانشی به‌طورکلی پرداخت.

درمدت یك چهارم قرن فیزیك‌دانها ازقبول این نتیجه طفره می‌رفتند، زیرا آن آنقدرمهم وآنقدرنامطمئن بود که‌فیزیك دانها ازقبول کردنش، پیش‌ازآنکه همهٔ طرق دیگر رد شود، امتناع می‌کردند. هیچ‌راه دیگری تاکنون یافته‌نشده و تاامروز ما هنوز نمی‌دانیم که آیا تغییرات آماری دوگانگی موجی ـ ذره‌ای به‌علت اساسی بودن‌آن ناگزیر است یا درآینده‌تئوری خاصی که‌کاملا تعیین‌کننده است‌آن‌را به دورخواهد انداخت.

دربع‌قرن گذشته‌فیزیك‌دانهای‌متعددی به‌بررسی‌ایده‌هایی پرداختند که موضوع بحث‌ما بود.

اول، تجزیه وتحلیل دقیق‌خواص نورافشانی وپخش اشعهٔ ایکس‌اتمها تقریباً کامل‌شد. مقادیر عظیمی از معلومات دقیق تجربی با پیش‌بینی های دقیق تئوریك از نزدیك به هم مرتبط شدند.

دوم، ایده‌های مشابهی در موردکار پیچیده‌تر خواص‌نور افشانی ملکولها به‌کاررفت. این‌نیز شکل رضایت‌بخشی دارد و مطالعهٔ دقیق آن ادامه می‌یابد، زیرا معلومات دقیقی‌را به‌دست می‌دهدکه درشیمی مورد استفاده دارد.

سوم، طریقه‌ای‌که اتمها برای ساختن اجسام جامد به‌هم پیوسته‌اند، به‌نحو بهتری‌فهمیده شده است. این‌به‌خصوص‌درمورد خواص الکتریکی اجسام جامد واینکه چرا فلزات هادی‌های الکتریکی خوبی‌هستند و چرا موادی چون پارافین و کوارتز هادی‌های خوبی نیستند، وچرا بعضی از فلزات به‌ویژه آهن‌را می‌توان به‌آسانی آهن‌رباکرد، صادق‌است.

فیزیك خواص جامدانی راکه نیمه‌هادی نامیده‌می‌شوند کشف‌کرده و با آنها مواجه شده است. (سیلیکان و جرمانیوم نمونه‌های خوبی‌هستند) هنگامی‌که یك‌نیمه ـ هادی درتماس با فلزی قرار گیرد، فقط از یك جهت الکتریسته را هدایت می‌کند.

تعبیرکردن رادیوآکتیویته به مثابهٔ ازبین رفتن سد، نکتهٔ تازه وبسیارمهمی است. وراه به‌دست آوردن ترانسموتاسیون هسته‌ای مصنوعی را با ماشین‌های الکتریکی محدود به چند هزار ولت را نشان می‌دهد. در صورتی که تاپیش ازآن چنین می‌پنداشتند که به ماشین‌هایی نیاز است که چندین میلیون ولت ظرفیت داشته‌باشند. این‌آزمایش‌درسال ۱۹۳۲ به‌وسیلهٔ **کاك‌رافت** (Cockroft) و **والتن** در دانشگاه کمبریج انگلستان انجام گرفت. موقعی‌که آنها یك‌اشعهٔ پروتون را که‌با ولتاژ ۵۰۰۰۰۰ ولتی شتاب یافته بود، متوجه هدفی‌از لیتیوم (Lithium) فلزی کردند مشاهده کردند که چیزی شبیه ذرات‌آلفای پرانرژی، مثل‌ذرات آلفای رادیوم از هدف‌بیرون می‌جهد. ذرات آلفا شهرت داشتند که‌همان هستهٔ اتمهای هلیوم باسرعت زیاد هستند وتفسیر سادهٔ این مشاهده آن بود که‌یك اتم ئیدروژن بایك اتم لیتیوم ترکیب شده ودواتم هلیوم‌می‌دهد، به‌عبارت دیگر، ترانسموتاسیون واقعی، که قرنها هدف کیمیاگران قرون وسطی بود، به‌دست آمده است.

فیزیك‌هسته‌ای درآن سال دوپیشروی عمدهٔ دیگر نیز کرد یکی کشف نئوترون به وسیلهٔ **جیمز چدویك** (James Chadwick)از انگلستان و دیگری کشف شکل ایزوتونیك سنگین ئیدروژن که اینك دوی تریم (deuterium) نامیده می‌شود، به‌وسیلهٔ **هرولد اوری** (Harold Urey) ازدانشگاه شیکاگو بود که درآن زمان درکلمبیا کار می‌کرد.

نئوترون ذره‌ای است (دارای خصوصیات موجی که‌ظاهراً خصوصیت مشترك همهٔ ذرات است) که‌وزن آن تقریباً معادل وزن بروتون، یاهسته‌اتم‌سادهٔ‌ئیدروژن است. تفاوت‌آن‌باپروتون تنها در نداشتن بارالکتریکی است. کشف نئوترون روشن کرد که هستهٔ اتمی ترکیبی ازپروتون و نئوترون های محکم به‌هم پیوسته است. واژهٔ نیوکلئون اینك به عنوان واژهٔ عمومی برای پروتون یا نئوترون، که ذرات متشکلهٔ هرهستهٔ اتمی‌می‌باشند، استعمال می‌شود. پس سیمای کامل اتم در جهانی که هم‌اکنون نشان داده‌شده است روشن‌گردید؛ قسمت مرکزی شامل‌هسته‌ای از پروتونها و نئوترونهایی است که‌پیوند محکمی دارند. به‌دور آن الکترون‌ها در فضای بزرگتری درحرکتند. ماهیت‌شیمیائی اتم به‌وسیلهٔ شمارهٔ اتمی آن، Z، تعیین می‌شود. Z هم شمارهٔ پروتونها در هسته وهم شمارهٔ الکترونهایی است که خارج از هسته قراردارند. وزن اتم باعددی که با A نمایش‌داده‌می‌شود بدست‌می‌آیدکه نمودار حاصل‌جمع پروتونها و نئوترونها درهر هسته است. (الکترونها در A به‌حساب نمی‌آیند. زیرا وزن آنها قابل‌گذشت است)

شمارهٔ نئوترونها در هسته بخشی ازوزن کلی اتم‌راتشکیل می‌دهند. اما به‌سختی برروی خواص شیمیائی اثر می‌گذارند. به‌این‌جهت اتمهای متفاوتی‌که دارای شمارهٔ اتمی‌یکسان‌واوزان اتمی‌متفاوتی هستند، ایزوتوپ‌یك‌عنصر نامیده می‌شوندساده‌ترین نمونه ئیدروژن است که دارای $Z=1$ و $A=1$ می‌باشد. یعنی هستهٔ‌آن فقط شامل‌یك پروتون است. نوع سنگین آن‌که اوری در ۱۹۳۱ کشف‌کرد. ازنظر شیمیائی تقریباً باائیدروژن

معمولی مشابه است. امابرای این ایزوتوپ $A=2$ است و نشان می‌دهد که هستهٔ آن از ترکیب دوتایی یك پروتون ویك نئوترون تشکیل یافته است. درشکل دیگری ازئیدروژن که ترای تیوم (Tritium) نامیده‌می‌شود $Z=1$ و $A=3$ است. زیرا هستهٔ آن ترکیبی از یك پروتون و دو نئوترون است.

شیمی‌دانها عادت دارند که‌عناصر گوناگون را باعلائمی نشان دهند. و بدین واسطه آنها Li را برای نشان دادن یك اتم‌لیتیوم و Na رابرای‌نشان دادن یك‌اتم سدیم به‌کارمی‌برند. فیزیك‌دانهایی که به تحقیقات هسته‌ای مشغولند همین علائم را برای‌نشان دادن‌یك اتم یایك هسته به‌کارمی‌برند، و معمولااعداد Z و A را در بالا وپائین این‌علائم قرار می‌دهند. پس آنها علامت Li^{7}_{3} را برای یك‌اتم ایزوتوپ لیتیوم که دارای $Z=3$ و $A=7$ است، به‌کار می‌برند چنین ایزوتوپی دارای ۳ پروتون و $4=3-7$ نئوترون است.

برحسب این علائم واکنشی را که به‌وسیلهٔ **کاك‌رافت و والتن** در سالهای نخستین کارهای تحقیقاتشان در ۱۹۳۲ مطالعه شد به‌شکل زیر می‌توان نشان‌داد.

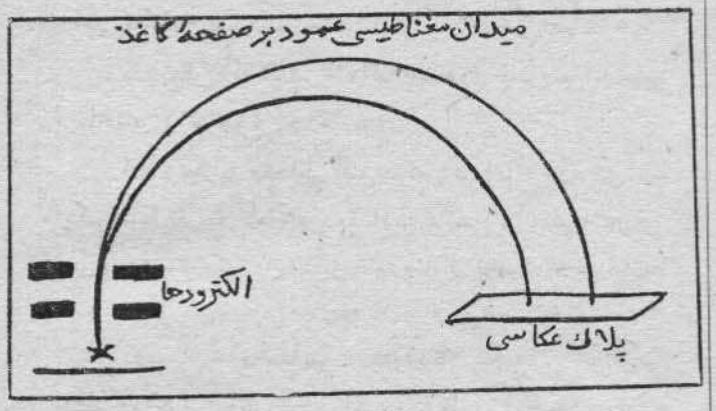
$$H^{1}_{1}+Li^{7}_{3}=He^{4}_{2}+He^{4}_{2}$$

این بدان‌معنی است که حداقل بعضی از پروتونهایی که دارای سرعت زیاد هستند، موقعی‌که به اتم لیتیومی که به‌شکل مناسبی درهدف قراردارد برخورد می‌کنند. باعث پیدایش‌هسته‌ای می‌شوند که به‌طور موقت مخلوط ناپایداری از چهار پروتون و چهارنئوترون بدست می‌دهد. یعنی درست همان مواد لازمی که برای ساختن دوهستهٔ هلیوم لازم است.

این‌ها نیز بنوبهٔ خود دسته دسته و سپس ازیکدیگر جدا جدا می‌شوند. دراین‌جریان پرآشوب الکترونها ازمدارهایشان خارج می‌گردند، اما موقعی‌که اتمهای بدست‌آمده به‌حال‌سکون درمی‌آیند، الکترونهای آزاد را می‌گیرند و دوباره تبدیل به اتمهای خنثی‌می‌شوند.

همزمان بااین پیشرفتها برای اندازه‌گیری دقیق جرم انواع مختلف‌اتم وسایل آزمایش نیز تکامل یافت. این وسایل از آلتی به‌نام اسپکتروگراف جرم استفاده می‌کنند. وبررسی کمی کامل پیش‌بینی ۱۹۰۵ اینشتین راکه جرم و انرژی‌معادل هستند، ممکن‌ساختند.

عمل این دستگاه بسیار دقیق است. اقسام زیادی از اسپکتروگراف جرم موجود است وهمهٔ آنهادر داشتن‌لولهٔ‌خلائی مشترکند. بخشی از این لوله را می‌توان بین دوقطب یك‌آهن ربایی که میدان یکنواختی را بدست می‌دهد، قرار داد. تصویب شمارهٔ ۸ تصویر کلی این‌نوع اسپکتروگراف را که **آ. دمپستر** (A. Dempster) از دانشگاه شیکاگو آنرا



ش ۸

ساخت، نشان می‌دهد. تخلیهٔ الکتریکی در منبع یونها، اتمهای گاز رابه‌یون (۱) تبدیل می‌کند. سپس آنها را با بکار بردن ولتاژ مناسبی بین دوالکترود، که درهریك ازآنها درست در بالای منبع یون‌ها شکافی موجود است، به‌شتاب لازم می‌رسانند. یونهایی‌که بدین‌شکل شتاب می‌یابند، درقسمت اصلی لولهٔ‌تخلیه شده ودریك میدان مغناطیسی باعث می‌شود که یونها مسیرهای نیم دایره‌ای بپیمایند و یون‌هایی که جرم بیشتری دارند نیم دایره‌هایی به‌شعاع‌بزرگتر طی‌می‌کنند.

به‌وسیلهٔ اندازه‌گیری دقین شعاع انحنای این مسیرها، ولتاژی که بکار می‌رود وشدت میدان مغناطیسی جرم‌یون‌های مختلف را می‌توان دقیقاً تعیین کرد.

درآزمایشی‌که یك جفت هستهٔ هلیوم پدیدآمد، موقعی‌که یونهای ئیدروژن (پروتونها) برلیتیوم می‌بارند. انرژی های اندازه‌گرفته شدهٔ حرکت دویدن هلیوم بسیار بیشتر از ۵ر۰ میلیون الکترون ولتی است‌که مربوط به انرژی‌حرکت یونهای شتاب یافته ئیدروژن می‌باشد. در واقع انرژی اندازه گرفته شده‌آنها MEV ۱۷ر۰۶است. همچنین‌ازکارجرم اسپکتروگراف روشن‌بود که‌جرم‌دواتم‌هلیوم کمتراز مجموع‌جرم یك‌اتم‌ئیدروژن واتم لیتیوم ۷- است. ارقام برحسب واحدهایی که طبق آنها

(۱) یون اتمی است که یا الکترون کم‌دارد یا بیشتر از سهم طبیعی الکترون دارد. دراین حالت اتم ازلحاظ الکتریکی خنثی نیست، وبرحسب اینکه الکترون زیاد یاکم دارد، دارای بار منفی و مثبت الکتریکی است.

ایزوتوپ فراوان اکسیژن به‌طور دلخواه برابر با ۱۶ گرفته شده است، ازاین قرارند:

جرم	H^{1}_{1} =	۱٫۰۰۸۱۲
جرم	Li^{7}_{3} =	۷٫۰۱۸۲۲
جمع		۸٫۰۲۶۳۴
جرم‌در	He^{4}_{2} =	۸٫۰۰۷۸۰
جرم‌ازدست‌رفته‌درفعل‌وانفعال =		۰٫۰۱۸۵۴

طبق قانون اینشتین، چنین‌واحد جرمی معادل با ۹۳۱ MEV است.

بنابراین ۰٫۰۱۸۵۴ واحد جرم کاهش باید معادل ۱۷٫۲۶MEV باشد که همان انرژی یونهای هلیوم است(در حدود تقریب اندازه‌گیری‌درآزمایش) در اوایل دههٔ چهارم‌این قرن جرمهای اتمی با دقت زیادی اندازه‌گیری شدند وانرژی بازدهٔ بسیاری از واکنشهای هسته‌ای معلوم گشت. به‌خاطرهمین کارها بررسی ایدهٔ اینشتین به‌طور دقیق وجزء وجزء به‌جزءکار سهلی‌شد. درست به‌خاطردارم که روزی دریك سمینارددردانشگاه پرینستون، هنگامی که دانشجوی محققی دربارهٔ کاوشی دراین زمینه گزارش می‌داد ، اینشتین در بین مدعوین بود. اینشتین آنقدر سرگرم مطالعات دیگربود که متوجه آن نبودکه‌تصدیق تئوری‌های‌ابتدایی اوکار روزمرهٔ آزمایشگاههای فیزیك‌شده‌است وی‌چون پسربچه‌ای، همینطورکه شواهد بیشتری برصدق رابطهٔ $E=mc^{2}$ ارائه داده می‌شد، می‌خندید و مرتباً می‌گفت: « Ist dass wirklick ? » آیا این واقعاً حقیقت دارد ؟

اینك‌که تقریباً صدها واکنش هسته‌ای دقیقاً مورد بررسی قرارگرفته است: گنجینه‌ای‌از معلومات قابل توجهی کشف‌شده است. مثلا آشکار شده است که بعضی از این واکنشها تنها زمانی که‌ذرات‌باسرعت نسبی‌لازمی برخوردکنند ، رخ می‌دهند. به‌طور عمومی رخداد چنین واکنشهایی باازدیاد انرژی‌بمباران متناسب است . اما در این موارد اگر انرژی بمباران اندکی بیش ازحدلازم افزایش یابد، بازده‌به‌مقدار زیادی کاسته‌می‌شود. این پدیده را رزونانس می‌نامند و تعبیر تئوریك آن درماهیت موجی ذرات نهفته است وبرطبق ایده‌هایی است که‌به‌وسیله **جورج برایت** (George Breit) ازدانشگاه یل(yale) و **اوی‌گن ویگنر** (Eugene Wigner) از دانشگاه پرینستون بدست آمد.

گرچه واکنش باعناصر سبکتر با ماشینهایی کـه ولتاژ کمتر ازیك میلیون ولت تولیدمی‌کنند میسیر می‌گردد ، امـا برای مطالعهٔ واکنشهای مشابه درعناصر سنگینتر به‌دستگاههای نیرومندتری نیاز است . واین‌ازآنجا ناشی می‌شود که هرقدر بارالکتریسته درهسته زیاد شودنیروهای دفع‌کنندهٔ نیرومندتری تولید می‌کند . کشفیاتی کـه دربارهٔ عناصر سبکتر شده است انگیزهٔ مجبورکننده‌ای را برای ساختن ماشینهای نیرومندتربه وجود آورده است. یکی از مشهورترین این ماشینها **سای‌کلوترون** (Cyclotron) است که بـه وسیلهٔ **ارنست لورنس** (Ernest Lowrence) از دانشگاه کالیفرنیا ، ساخته شد . یکی ازنتایج فرعی آن کشف این بود که بسیاری از واکنشهای هسته‌ای، ایزوتوپهای ناپدیداری باز می‌دهند که ناپداری‌آنها در رادیو آکتیویته نمودارمی‌گردد. به‌این‌طریق‌میسر است‌که تقریباً مقادیرکمی از ایزوتوپ رادیو آکتیوهرعنصر شیمیائی به‌دست آورد. و این خود وسیلهٔ مهمی در مطالعهٔ شیمی شده است. در مورد بمباران لیتیوم بـه وسیلهٔ ئیدروژن‌که کاکرافت ووالتن انجام دادند ، همانطورکه‌ملاحظه کردیم ، مقدار انرژی در هلیوم حاصل بیش از انرژی‌پروتون است. امااین منبع انرژی هیچ اهمیت عملی ندارد: هیچ راهی برای‌شتاب‌دادن به پروتونها به‌نحوی‌که هریك ازآنها مستقیماً بایك هسته‌لیتیوم‌برخوردکند وجود ندارد. اکثریت عمدهٔ گلوله های هسته‌ای به هدف اصابت نمی‌کنند و به‌همین جهت درچنین دستگاهی در مجموع ، انرژی اضافی تولید نمی‌شود. گرچه‌در مورد پروتونهای‌اخصی‌که بدرستی تصادم‌می‌کنند، انرژی‌اضافی زیادی تولید می‌شود .

اما در ۱۹۳۸ در برلین **اتوهان** (Ottu Hahn) و **لی‌زه مایت‌نر** (Lise Meitner) کشف مهیبی ازنوع تازه‌ای از واکنشهای هسته‌ای کردندکه مقادیرهنگفتی انرژی آزادمی‌کرد. هنگامی که‌آنان اشعه‌ای از نئوترون را به‌ترکیبی از اورانیوم تـاباندند ، در مـواد حاصلـه تنوع زیادی از ایزوترپهای رادیوآکتیوعناصر شیمیائی‌که وزن اتمی‌آنهاتقریباً نصف وزن اتمی اورانیوم اولیه بود بدست آوردند . ازاین رو نتیجه‌گرفتنه‌که اتمهای اورانیوم ، بعضی ازنئوترونهای تابنده رامی‌گیرند وبسیار ناپایدار می‌شوند سپس به خرده‌های‌تقریباً متساوی متلاشی می‌شوند . اورانیوم اصولا از دو ایزوتوپ $A=۲۳۸$ و $A=۲۳۵$ تشکیل شده‌است. بنابراین‌خرده‌های آن به‌طورکلی دربرد $A=۱۰۰$ و $A=۱۳۰$ می‌باشند . بااندازه‌گیری جرمها کاملا روش بوده که انرژی این خرده‌ها ازاتم اورانیم اولیه ونئوترونی که‌به‌آن ملحق شده بود بیشتر

است . آزمایشهای بعدی نشان داد که انرژی آزاد شده برای هر تلاشی اتم اورانیوم درحدود ۲۰۰MEV می باشد

این جریان راتلاشی (Fission) نام نهادند وبه خاطر منافع اساسی ای که برداشت درچندین آزمایشگاه بهشدت مورد مطالعه قرار گرفت وبه‌زودی دریافتند که علاوه برخرده‌ها به‌ازاء هر تلاشی هر اتم اورانیوم، چندین نئوترون نیز آزادی می‌شود. این نئوترونها ، به‌نوبهٔ خود ،اتمهای بیشتری از اورانیوم را متلاشی می کنند واین‌عمل نئوترونهای بیشتری را آزادمی کند وبه‌همین ترتیب‌ادامه می‌دهد و امکان انفجار شدیدی را به‌وجودمی‌آورد. نتیجه بمب اتمی است که اینك بخشی از تسلحیات چندین کشور می‌باشد . موقعی که این واکنشها به طور مناسبی کنترل شوند ، آن‌وقت انرژی‌خودرا به‌اشکالی که‌می‌توان‌ازآنها برای‌تولید برق استفاده کرد ، رهامی کنند .

تکامل بیشتر تئوری ذرات نـوری نشان داده است کـه واکنشهایی که‌باعث ساختمان عناصری‌چون کربن واکسیژن از ئیدروژن می‌شوند ، منبع اصلی انرژی خورشید و سایرستاره‌ها هستند .جزئیات‌این ترکیبات‌عظیم‌به وسیله **کرنل**(Cornell) از هانس بت (Hans Bethe) بدست آمد. اخیراً برخی ازایده‌های مشابه‌برای‌تولید سلاح نظامی که‌دارای نیروی بیشتر از بمب اتمی (معادل ۱۰میلیون تن TNT) هستند براساس تلاشی اورانیوم مورد استفاده‌قرار گرفته است .

برنامه‌ای که امروز فیزیك‌دانان اتمی را به‌خود مشغول داشته است بخشی مصاف دادن با مسایل اساسی وبخشی‌برطرف کردن نکات‌مجهول در مسایل‌آشنا است . یـك‌کار عمدهٔ تعیین دقیق همهٔ‌خواص‌هستهٔ‌اتمی ، نه‌فقط جرم‌آنها بلکه همچنین قوهٔ مغناطیسی‌ونحوهٔ‌عمل‌آنهادرموردساطع کردن‌اشعهٔ‌ورودرواکنشهای گوناگون ترانسموتاسیون است .

مسئلهٔ دیگری که اهمیت زیادی دارد مربوط به ماهیت نیروهایی‌است که‌دریك‌هستهٔ‌پیچیده، نیکلئون‌هارا به‌هم‌می‌پیوندد. چنین معلوم شده است که این نیروها از جنس نیروهائی که تاکنون شناخته شده‌نیستند‌آنها نه‌نیروهای‌الکترو مغناطیسی و نه جاذبه‌ای هستند ، بلکه‌نیروهایی ازنوع جدیدند .

نیکلئونها ، همانطورکه‌گفته‌شد ، شامل پروتون ـ کـه دارای بار مثبت الکتریسته‌است ـ ونئوترون ـ که‌بارالکتریسته ندارد ـ می‌باشدپروتونهای از آنجاکه‌بارهای الکتریکی‌مشابهی دارند یکدیگر را دفع‌می کنند ونیروهای‌الکتریکی بر نئوترو ـ نهایی تأثیر است .معهذا به رغم این ترتیب‌الکتریکی .که‌باید به تجزیهٔ هسته منتج شود ، این ذرات در واقع محکم به هم چسبیده‌اند . پس می‌تـوان چنین نتیجه گرفت کـه نیروهای عظیم گرایاننده‌ای دریك‌هسته عمل می کنند ، که لااقل به معنای معمولی دارای خاصیت‌الکتریکی نمی‌باشند . یعنی در حالی که ممکن است‌آنها به پدیده‌های الکترومغناطیسی مربوط باشند ، معهذا چنین‌نمودنمی کنندکه دفع وجذب معمولی رابین بارهای الکتریکی انجام دهند ، و باعکس مجذور مسافت بین بارهـا متناسب باشند .

مشاهده شده است که این نیروها ، به ویژه در موردیك جفت پروتون و یك جفت نئوتـرون بـرای ساختن ذرهٔ بسیار پایدارآلفا که‌هستهٔ‌اتم هلیوم است نیرومند می‌باشند .وهمچنین معلوم گشته است که‌این نیروهادر «بردکوتاه» اثرمی کنند ، و زمانی که ذراتی که برروی هم اثرمی گذارند درفاصلهٔ ۱۲ـ۱۰ سانتیمتر یاکمتر باشند ، این نیروها بسیار نیرومندند ؛ و در بردی بزرگتر از این مقدار ، تااندازه‌ای که‌قابل‌گذشت‌شوند، کاهش می‌یابند . به‌این جهت نیکلئونهایی که در هسته بزرگ هستند برروی همسایه‌های خود نیروهای قوی واردمی کند .اما برنیکلئونهای طرف دیگر هسته نیروی قابل ملاحظه‌ای وارد نمی کنند . قانون دقیق ریاضی رابطـهٔ بین نیروو مسافت بین ذراتی که‌برهم اثرمی گذارند معلوم نیست. واین ازجمله‌مطالبی است که باشدت‌درلابراتوارهائی درسراسرجهان بررسی‌می‌شود.

علاوه برالکترونها ؛ پیروتونهاونئوترونهای ماده‌معمولی انواع دیگری اززرات کشف شده‌اند که موجودیت گذرائی‌در دستگاههای‌آزمایشگاه‌دارند .

اولین‌آنها «نیوتـرینو» (Nèutrino) است . یك واژهٔ کوتاه کننده‌پرمهرایتالیائی‌وبه‌معنای نئوترون‌کوچك است . شواهدی که بروجودآن دلالت دارد هنوز به اندازهٔ لازم کامل و مجاب‌کننده نیست .

بعضی از اتمهای رادیوآکتیو را ساطع کنندگـان اشعه بتا می‌نامند موقعی که آنها درجریان تبدیل بهٔ عنصر بالاتری هستند یك‌الکترون باسرعت زیاد ازهسته‌ساطع می کنند وبه‌این جهت که فکر نمی‌کنم در هسته‌الکترونی موجود باشد ، باید چنین‌فرض کرد که دراین جریان‌یك‌نئوترون تبدیل به‌یك‌پروتون و یك الکترون می‌شود .

هم پیش وهم بعداز انتقال اتمهـایی کـه در این انتقال شرکت دارند ، ازنقطهٔ نظرجرمشان که اندازه‌ای از مجموع ظرفیت انرژی‌آنهـاست ، مشابـه یکدیگر بـه نظر می‌رسند . اکنون طبق اصل بقاء انرژی ، تفاوت انرژی اتم اولیه ، از اتم نهائی‌باید انرژی‌ای باشد که‌ذرهٔ ساطع‌شده داراست . اما، نکتهٔ بسیارقابل‌توجه‌آن‌است که الکترونهای‌ساطع شده‌همه‌بااین مقدار معین انرژی خارج‌نمی‌شوند ، بلکه انرژی حرکت‌آنها گسترش احتمالاتی دارد . بنابراین می‌توان فرض کردکه در واقع درهرتجزیه خود به‌خود ازاین نوع دوذره ساطع می‌شود

و مجموع انرژی موجود بین آنها به اشکال متفاوت از لحاظ مختلف تجزیه وتقسیم می‌شود یکی از این ذرات الکترونی است که مشاهده می‌شود و دیگری نئوترون فرضی است که مشاهده نشده است .

چنین فرض شده است که نئوترینو دارای آن خواص لازمی است که می‌تواند حقیقت عبور کردنش را از دیوارهٔ دستگاه و مشاهده نشدنش را توضیح دهد . یعنی این ذره نه بار الکتریکی دارد ونه جرم .بنابراین اگر اصلا بتوان گفت که نیوترینو وجود دارد ، بافقدان انرژی درجای دیگری (در الکترون) که مفروض به داشتن آن انرژی است و نه باشاهد مستقیمی دال بر موجودیتش ، آشکار می‌شود . اما مامی‌دانیم وجوددارد همانطور که وجود ذزد موفق ، اما دستگیر نشده‌ای ، اطلاع حاصل می کنیم .

دوم ، پوزیترون است که ذره‌ای شبیه به الکترون با بار مثبت الکتریکی است. موجودیت گذرائی دارد ، زیرا موقعی که یك پوزیترون با یك الکترون برخورد کند متقابلا یکدیگر را نابود می کنند و مجموع انرژی که در جرم آنها وجود دارد تبدیل به دو ذره انرژی اشعهٔ ایکس می‌شود ، یا به شکل دیگری ، اگر یك پوزیترون با یك الکترون که بهستهٔ اتمی متصل است برخورد کند ،الکترون و پوزیترون ممکن است فقط با ساطع کردن یك کوانتوم اشعهٔ گاما یکدیگر را خنثی کنند .مانتوم این برخورد را هستهٔ اتمی می گیرد

انرژی لازم برای بوجود آوردن یك پوزیترون درحدود ۵۰۰KEV است (یك KEV مقدار انرژی است که یك الکترون هنگام سقوط آزاد بین اختلاف پتانسیلی برابر با یك KV بدست می‌آورد .) هیچ گواهی وجود ندارد که می‌توان بار الکتریکی را از هیچ به وجود آورد . پس زمانی که یك پوزیترون خلق می‌شود ، همزمان با آن یك الکترون نیز باید آفریده شود: بنابراین مجموع انرژی که درآفرینش یك جفت الکترون ـ پوزیترون به کار رفته ، صفر است [1]

مجموع انرژی لازم برای تولید هریك جفت درحدود یك میلیون الکترون ولت یا KEV ۱۰۰۰ است . هنگامی که اشعهٔ ایکسی که دارای انرژی‌های ذره‌ای ، علاوه بر یك میلیون ولت است ازماده عبور کند ، جفتهای پوزیترون والکترون تولید می‌شود . به‌طور مشابه ، هنگام عبور الکترونهای پرانرژی از ماده ، ممکن است برهسته اثر بگذارند وجفتهای پوزیترون و الکترون ، با استفاده از مقداری از انرژی حرکت الکترونهای تابنده ،تولید شود

کارل اندرس (Carl Anderson) به‌سال ۱۹۳۲ در دانشگاه پاسادنا (Pasadena) در اشعهٔ کیهانی پوزیترون یافت . ازآن‌زمان مطالب زیادی هم به‌طور تجربی وهم تئوریك دربارهٔ پیدایش و نابودی آن بدست آمده است .این جریانات می‌توانندشواهد تجربی مستقیمی بدست دهند که مجموع کل شمارهٔ هر نوعی از آنهادردنیا ثابت نیست ـ مگر در مورد ذرهٔ نوری که پیدایش ونابودیش درجریان دفع وجذب نوری تعبیر می‌شود. سوم مزون (Meson) هاهستند . چند نوع ازاین ذرات یافته شده‌اند ، بعضی مثبت ، بعضی منفی و برخی خنثی می‌باشند . نام مزون از آنجا انتخاب شده که خصوصیت بینابینی آنرا نسبت به جرم بین الکترون وپروتون نشان دهد .

مزونها در اشعهٔ کیهانی یافت می‌شوند ، و درجو بالا به‌وسیلهٔ ذرات پرانرژی که ازفضای کیهانی که اولین دسته ازاشعهٔ ذرات کیهانی را می‌سازد ، تولیدمی‌شوند مزونها خود به خود باساطع کردن اشعهٔ گاما درمجموعه‌ای از جریانات پیچیده‌ای، که کاملا هم بررسی نشده‌اند ، می‌توانندبه‌یکدیگر تبدیل شوند

باساختمان دستگاههای شتاب دهی ذرات پرانرژی که به ذرات انرژی‌هائی بالغ بر ۳۰۰ میلیون الکترون ولت می‌دهند ، ممکن گردیده‌است که مزونهایی به مقادیر بسیار بیشتر از آنکه در اشعهٔ کیهانی رخ می‌دهد، به وجود آورد. وازاین جهت معلوماتی در بارهٔ خواص آنها باسرعت زیاد جمع آوری می‌شود .

وجود مزونها اولین بار براساس تئوریك به وسیلهٔ

---

(۱) شاید این نکته به‌توضیح بیشتری نیازمند باشد . بارهای الکتریکی که تمایل متفاوتی دارند بر حسب قرارداد مثبت یا منفی نامیده‌می‌شوند ، سپس در برخورد ریاضی که بااین قرارداد شده گسترش یافته است . مزیت نشان دادن بارهای مخالف بااعداد جبری که علامت‌های عکس دارند،روشن است.زیرا با اتخاذ چنین اصلوبی نیروی بین دو بارالکتریکی را درهمهٔ موارد می‌توان متناسب با حاصلضرب به‌تنهایی دانست. بنابراین، این حقیقت که بارهای مشابه ، منفی یامثبت یکدیگر را با نیرویی متناسب باحاصلضرب خوددفع می کنند، به آسانی دوقاعدهٔ جبری ، مبنی براینکه حاصلضرب دوعددی که علامت یکسان دارند مثبت است ، قابل بیان می‌باشد . هیچ جریانی دیده نشده است که برتعبیری در مقدار کل جبری بارالکتریکی موجود دلالت کند . این به مثابهٔ آن است که گفته شود بارهای الکتریکی را نه می‌توان آفرید و نه نابود کرد . اگر وسیلهٔ اعمال فیزیکی خاصی الکترونی آفریده شود. همیشه با پوزیترونی که طرف مقابل آن است ودارای بارالتریکی مساوی ومخالف است ، همراه می‌باشد . به‌طریقی که حاصل جمع جبری آنها بی‌تغیر می‌ماند یا برحسب عبارات فیزیکی، حاصل مقدار بارالکتریکی درجهان ثابت می‌ماند .

ه. یوکاوا (H. yukawa) در ۱۹۳۵ درژاپن، پیش ازکشف آنها در اشعهٔ کیهانی، کشف شد. یوکاوا وجود آنهارا برای شرح خصوصیات یعنی از نیروهای بین پروتون ونئوترون لازم دانست وامروز معتقدند که دراین زمینه نقش مهمی دارند. اما اطلاعات مادربارهٔ ارتباط بین مزونهای آزاد و آنهایی که درهسته‌های پایدار اتمها هستند، هنوز اندك است.

بخش مهمی از این مقاله به تحقیقات هسته‌ای اختصاص داده شده، زیرا درسالهای اخیر زمینهٔ اصلی کار فیزیك اساسی است. اما اگر فرض شود که همه پیشرفتها در این علم فقط به یك شاخه محدود بوده است فرض نادرستی است. در تمام جبهه‌ها برای بهبود استنباط ما از خواص ماده وکنترل آنها کار شده است. پدیده شگرفی که به فوق هدایت (Superconductivity) معروف است به‌مقدار زیادمورد مطالعه قرارگرفته است. فوق هدایت خاصیت فلزات معینی است که به وسیلهٔ آن همهٔ مقاومت الکتریکی خود را در درجهٔ حرارت بسیار پایینی ازدست می‌دهند. به طوری که اگر جریانی در آنها برقرار شود، دائمی خواهد بود. درعین حال، در چنین حالتی به‌نظر می‌رسد که این فلزات نسبت به نیروهای مغناطیسی بسیار نفوذ ناپذیر می‌شوند. وسایل تکنیکی بسیار مهمی ساخته شده‌اند که درمیان آنها وسیلهٔ انتشار امواج الکتریکی باطول موج چند سانتیمتری و میکروسکوپ الکترونی برای مشاهدهٔ جزئیات بسیار ریزتر از آنچه که بانور رؤیت می‌شود، قرار دارد.

فیزیك‌دانها علاوه بر تفرق اشعهٔ ایکس و تفرق الکترون تکنیك استفادهٔ از تفرق یك‌دسته اشعهٔ نئوترون را که برروی یك کریستال می‌تابد به مثابهٔ وسیلهٔ نیرومندی برای مطالعهٔ چگونگی ترتیب اتمهادر کریستالها وملکولها بدست‌آورده‌اند. محصولات چنین رادیو آکتیو که از رآکتورهای اورانیوم به‌دست‌می‌آید به عنون وسایلی برای تحقیق درشیمی وبیوشیمی کامل شده‌اند. اشعه‌ای که ازاین منابع بشرساخته حاصل می‌شود برای معالجهٔ سرطان به‌کار می‌رود

***

به اندازهٔ عظیمی پیشرفت شده و مقدار عظیم دیگری نیز باید بشود. شاید هیچگاه چنین دوران پرهیجانی درتاریخ علم وجود نداشته است. امروز ازفیزیك به‌علت اهمیت نظامی بسیاری از یافته‌های آن حمایت می‌شود وناگهان بدل به‌علم عمومیت یافته و موضوع مهمی از نظر نفع و علاقهٔ مملکتی شده‌است.

نگرانی مقامات رسمی باعث پیدایش یك سلسه اشکالاتی شده است که بعضی از آنهادر زندگی کارگران علمی شدیداً دخالت می‌کند وبرخی به‌طورکلی جهت تحقیق راعوض کرده است.

دانشمندان متعددی به‌ویژه درایالات‌متحده، به‌بودجه‌ای که دولت به‌این کار تخصص می‌دهد وبه‌پیمانهایی که راه‌مطالعه و تأکید برآن را تغییر می‌دهدبی‌اعتناهستند. به‌هرحال روشن است که فیزیك‌درآیندهٔ نزدیك نه‌خواهد توانست همهٔ مسائلش را حل‌کند ونه بودجه‌اش به اتمام خواهد رسید.

پایان

پاسخ «چهار دقیقه مبارزه»

۱ـ با انگشت سبابه وشست هر دودست اسکناس را لوله کنید و بدین وسیله آهسته آهسته بطری را کنار بزنید و اسکناس‌را بیرون بکشید .

۲ـ دوسکهٔ طرفین ردیف پائین رابرداشته طرفین ردیف دوم (از بالا) بگذارید وسکهٔ بالایی را برداشته پائین دوسکهٔ ردیف آخرقرار دهید .

۳ـ بروید آنطرف میز و تساوی‌را بخوانید (مجله راوارونه بگیرید)

٤ـ کارت بالایی را بالا بکشید فضای خالی بین چهارکارت یك مربع را نمایش می‌دهد .

٥ـ بایك انگشت‌دست‌چپ‌سکهٔ‌دوریالی را محکم فشار دهید. بادوانگشت دست‌راست سکهٔ پنج ریالی سمت راست را به‌طرف‌راست برده باضربهٔ محکمی‌به‌سکهٔ دو ریالی بزنید. سکهٔ پنج ریالی سمت‌چپ به سمت‌چپ‌می‌پرد. سکه‌پنج ریالی سمت راست را درجای خالی بین دوسکه قرار دهید .

٦ ـ دوچوب کبریت عمود برهم را از وسط بردارید. دومربع یکی‌بزرگ و دیگری کوچك باقی خواهد ماند .

۷ـ شرط را قبول نکنید . رفیق شما قبل از انداختن چوب کبریت به بالا آنرا بین انگشتان خود خم خواهد کرد

کنگرهٔ بین‌المللی ریاضیدانان

کنگرهٔ بین‌المللی ریاضیدانان در سال ۱۹٦٦ درمسکو تشکیل می‌شود . و ازهم اکنون انجمنهای ریاضی کشورهای مختلف برای انتخاب نمایندگان جهت شرکت‌دراین‌کنگره به‌فعالیت پرداخته‌اند.

درقسمت‌آموزش ریاضیات ، برنامهٔ کارکنگره به‌شرح زیر اعلام شده است :

۱ ـ برنامهٔ آموزش ریاضیات دانشگاهی فیزیك‌دانان آینده ؛ لزوم یا عدم لزوم دروس تخصصی

۲ـ به کاربردن روش آکسیوماتیك در تعلیمات دورهٔ دوم

۳ ـ توسعهٔ فعالیتهای ریاضی نوآموزان ؛ اهمیت مسائل دراین‌توسعه

پاسخ « چگونه فهمید »

نفراول فکر می‌کندکه اگرکلاه من ونفر دوم هردو سفید بود چون‌فقط دوکلاه سفید وجود داشته است و نفر سوم کلاههای دو نفر دیگر را می‌بیند حتماً می‌گفته است‌که کلاهش سیاه است. چون نفرسوم جواب منفی‌داده است پس‌کلاه‌من‌و نفردوم یا هردوسیاه ویا یکی‌سیاه و دیگری سفید است . و چنانچه‌کلاه من‌سفید بود ، نفر دوم‌که کلاه مرا می‌دیدجواب دادکه‌کلاهش سیاه است، زیرا اوهم‌ازجواب منفی‌نفرسوم استنباط کرده‌است که‌کلاههای من‌واویکی سیاه‌و دیگری سفیداست. وچون نفر دوم هم جواب منفی‌داد پس معلوم‌شد که‌کلاه من‌سیاه می‌باشد .



استاد دکتر محسن هشترودی

نه‌تنها بزرگترین مشوق درانتشار یکان بوده‌اند بلکه هرگاه ازلحاظی احتمال رکودی درانتشارمجله پیش‌آمده است با بذل مساعی‌جمیله‌موانع‌را برطرف ساخته‌اند.