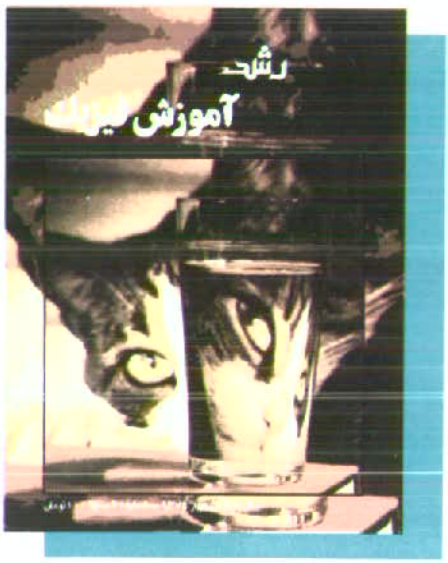
رشد آموزش فیزیک

سال یازدهم ــ بهار ۱۳۷۵ ــ شمارهٔ ۴۰ ــ بها ۱۰۰ تومان



رشد آموزش فیزیک

سال یازدهم ـ بهار ۱۳۷۵ ـ شمارهٔ ۴۰
نشریه گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی
تلفن ۴ ـ ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۳۰۸)

مجلهٔ رشد آموزش فیزیک سه شماره در سال به منظور اعتلاء دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش‌پژوهان در این رشته منتشر می‌شود. جهت ارتقاء کیفی آن نظرات ارزندهٔ خود را به صندوق پستی ۳۶۳ ـ ۱۵۸۵۵ ارسال فرمایید.

مدیر مسئول: محمد مسعود ابوطالبی
سردبیر : دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: محمد علی سعادت‌بخت
صفحه‌آرا: علی نجمی
طراح جلد: فرید فرخنده‌کیش
ناظر چاپ: محمد کشمیری
تولید :دفتر چاپ و توزیع کتابهای درسی

هیأت تحریریه رشد فیزیک:
دکتر منیژه رهبر
محمد رضا اجتهادی
حسن عزیزی
سیدجعفر مهرداد
غلامعلی محمودزاده

فهرست مطالب

پیشگفتار : سرنوشت علمی و عزم ملی ۳
یک عمر تجربه، یک سرمشق ..... اصغر نوروزیان ۶
سخنرانی فردریک رایف در مراسم دریافت جایزهٔ میلیکان (قسمت دوم) ۱۶
جهت نیروی اصطکاک ..... حسن عزیزی ۲۲
نیروی داخلی ـ حرکت اجسام ..... حسن عزیزی ۲۴
فوتونها و الکترونها ..... راجرجونز ۲۶
یادی از یک معلم و کارشناس مهربان، سیدنصیر موسوی ۳۴
علم چیست؟ ..... ریچارد فاینمن ۳۵
ترجمهٔ منیژه رهبر
وقتی دو هزار اتم مثل یک اتم عمل می‌کنند ..... جف هشت ۴۲
ترجمهٔ فرزاد وحید
شیشه‌های فوتوکرومیک و حساس به نور ..... دونالدتروتر ۴۳
ترجمهٔ زهرا درجه
طلب علم : انگیزه‌هایش ..... سوبرامانیان چاندراسیکارا ۴۲
ترجمهٔ محمدعلی سعادت‌بخت
تهمین المپیاد فیزیک ایران (۱۳۷۵) ۵۶
فیزیک در برنامهٔ درسی نیوزیلند ..... وزارت آموزش نیوزیلند ۶۳
ترجمهٔ محمدعلی سعادت‌بخت
مجله و خوانندگان ۶۶

پیشگفتار

سرنوشت علمی و عزم ملی

زلف تو مرا عمر درازست ولی نیست
در دستْ سر مویی از آن عمر درازم
« حافظ »

دو سال پیش در بهار سال ۱۳۷۳ «کمیسیون علوم پایه شورای پژوهشهای علمی کشور» تصمیم گرفت بحث دربارهٔ آینده علوم پایه در ایران را پیگیری کند. پس از تشکیل یک سمینار در طالقان، در محل کمپ سازمان آب (مرداد ماه ۱۳۷۳) و سمیناری دیگر (خردادماه ۱۳۷۴) در باشگاه ریاست جمهوری، مجموعه نظرهای سیزده نفر اعضای کمیسیون و بیست و دونفر همکار و کارشناس شرکت کننده در سمینار تنظیم و به نام **بیانیه طالقان** در مهر ماه ۱۳۷۴ منتشر و در اختیار سیاستگذاران علمی کشور قرار داده شد.

بار دیگر این بیانیه برای اطلاع عموم در شماره پنجشنبه ۷ دی و شنبه ۹ دیماه ۱۳۷۴ ضمیمه روزنامه اطلاعات انتشار یافت. عنوانهای بیانیه عبارت است از: ۱ـ نقش علوم در دنیای جدید؛ ۲ـ توان وناتوانی ما؛ ۳ـ وضعیت کنونی ما؛ ۴ـ آیا پیشرفت علمی امکان‌پذیر است؛ ۵ـ اهداف ما در ابتدای قرن پانزدهم هجری شمسی؛ ۶ـ چگونگی رسیدن به هدف. به ترتیب این عنوانها خلاصه مطالب مهم بیانیه به صورت زیر مشخص شده است.

۱ـ «... مصرف کنندگی به معنای کاهش تولید ناخالص ملی به طور مستمر، نهایتاً درهم ریختگی اقتصادی و سیاسی کشور است...».

«... حفظ کشور در گرو پیشرفت علمی و تکنولوژیکی است و امنیت ملی بیش از این در مخاطره جدی خواهد افتاد، اگر نتوانیم هرچه سریعتر علوم و تکنولوژی نوین را از آن خود کنیم و به استقلال نسبی علمی برسیم...».

«... برای درک دنیای جدید، مدیران کشور ما باید حتماً به رموز علوم جدید آشنا شوند...».

۲ـ «... تنها به روش علمی می‌توان به نیازها پاسخ گفت، و تفکر تجاری جوابگو نیست...».

۳ـ «... تعداد کل مقاله های تحقیقاتی ایرانیان، تعداد اختراعات ثبت شده، تعداد نشریات علمی، و دیگر پارامترهای علم‌سنجی می‌تواند وضع واقعی علمی ایران را روشن کند...».

«... تجمع امکانات برای پرورش تعداد اندکی از میان بیست میلیون دانش آموز به معنی افزایش کیفیت تمام آنها نیست...».

۴ـ «... ما معتقدیم پیشرفت علمی و تکنولوژیکی هم سزاوار کشورمان است و هم برایمان ممکن. به همین دلیل سیاستگذاران را برحذر می کنیم از ساده انگاری و تکیه بر شعارها به جای یک عزم ملی همراه با برنامه ریزی و اعمال مدیریت لایق...».

۵ـ «... رسیدن به حد آستانه در یک دوره بیست ساله، گرچه هنوز به معنی توسعه علمی نیست، اما بیانگر عزم ملی است که راه را برای توسعه نهایی هموار می کند...».

۶ـ «... مدیر یک مرکز علمی قبل از هر چیز هدایت کننده مرکز و فعالیتهای آن است و نه کنترل کننده و

بازرس . . . ».

« . . . لازم است برای توزیع صحیح بودجه تجهیزات در مراجع تصمیم گیرنده در وزارت فرهنگ و آموزش عالی یا بهداشت و درمان تصمیم معقول گرفته شود . . . ».

« . . . جزیره های کیفیت و این مراکز کیفی الگوی خود را به مراکز آموزشی و پژوهشی دیگر سرایت می دهند و می توان به رشد فراگیر کیفیت امیدوار شد . . . ».

« . . . باید راههای انجام پروژه های مشترک تحقیقاتی با پژوهشگران مقیم خارج از کشور را فراهم آورد. از این طریق می توان هم ارتباطات بین المللی و هم مجراهای انتقال علم و تکنولوژی را تقویت کرد . . . ».

« . . . تعاون میان دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی باید به حدّی گسترش یابد که هم دانشجویان و هم پژوهشگران و هم مدرسان حداکثر استفاده را از امکانات موجود در کشور بکنند . . . ».

« . . . لازم است شبکه بین المللی پست گسترش یابد و تمام مراکز علمی و پژوهشی ما امکان استفاده از این شبکه را پیدا کنند. تا هم اطلاعات علمی قطعی و سریع به دست پژوهشگران ایرانی برسد، هم همکاری میان پژوهشگران ایرانی در داخل و خارج از کشور تسریع شده و گسترش یابد . . . ».

« . . . تا زمانی که مردم ما بینش علمی پیدا نکنند و نپذیرند، در راه گرداندن چرخ اقتصادی و سیاسی کشور مشکلات متعددی ایجاد می شود. از این جهت ضروری است همگام با تلاش برای افزایش تعداد پژوهشگران و کیفیت کار و امکانات آنها، برای افزایش دانش و توانمندیهای اجتماعی همگان نیز تلاش شود . . . ».

« **بیانیه طالقان** » با عبارت زیر پایان می یابد:

« . . . آینده کشور در دست کسانی خواهد بود که اکنون در دوره های پیشدانشگاهی آموزش می بینند. پس آموزش صحیح علوم در تمام مراحل پیشدانشگاهی بسیار اهمیت دارد و لازم است برای آن سرمایه گذاری مطلوب بشود. »

* * *

در این بیانیه مختصات علوم پایه ایران در دستگاه تعلیماتی و تحقیقاتی کشور در فضای علم و تکنولوژی جهان، کم و بیش به کنایه و گاه صریح و روشن نشان داده شده است.

عقب ماندگی و ناهمگامی کشور ما با پیشرفت علوم جدید، استمرار در مصرف کنندگی محصولات تکنولوژی خارجی، عدم استقلال کامل علمی و امکان به مخاطره افتادن جدی امنیت ملی، تفکر تجاری و ناآشنایی مدیران به رموز علوم و تکنولوژی نو، تکیه بر شعار بدون عزم ملی همراه با برنامه ریزی و اعمال مدیریت لایق، بازرسی و کنترل مراکز علمی به جای هدایت و ارشاد و پیشبرد آنها، توزیع نادرست بودجه تجهیزات در مراجع تصمیم گیری، بی توجهی به رشد کیفی و فراهم نکردن فرصت مناسب برای استفاده حداکثر از امکانات موجود و . . . اشاره هایی است دقیق ناظر به نکته هایی که نباید به هیچوجه مسکوت بماند و یا همچون صدایی ضعیف برخاسته از ته چاهی، ناشنیده خاموش شود.

قلمرو علم و تکنولوژی بسیار وسیع است. امروز به طور معمول آن را در چهار زمینه اصلی **علوم پایه**، **علوم کاربردی**، **تکنولوژی مرسوم**، **تکنولوژی پیشرفته** مورد بررسی قرار می دهند.

« علوم پایه » شامل فیزیک (ژئوفیزیک و اختر فیزیک)، شیمی، ریاضیات، زیست شناسی، . . . و « علوم کاربردی » مربوط به کشاورزی، طب و بهداشت و محیط زیست و . . . است. در « تکنولوژی مرسوم » و معمول بررسی مواد شیمیایی، آهن و فولاد و مونتاژ با فلزات و طرح و ساخت صنایع و تکنولوژی نفت و تولید نیرو و . . . و در « تکنولوژی پیشرفته » ابر رسانا های بالا ـ دما، میکروالکترونیک و فوتونیک شامل لیزر و فیبرنوری و علوم فضایی و بیوتکنولوژی و پیوند ژنی و . . . مورد نظر است.

دنیا در انتظار انقلاب عظیم علمی در روشهای کشاورزی و

انرژی و پزشکی است که تکنولوژی پیشرفته در پی دارد.

* * *

فاصله علمی کشورهای توسعه یافته با کشورهای در حال توسعه روز به روز بیشتر می شود و اگر پس از دو سه قرن تأخیر امروز هم به فکر چاره نباشیم *فردا بسیار دیر است*. سیاستگذاران علمی کشور بیش از همه به نیاز علمی جامعه آگاهند. بی تردید هم اکنون مسائل هر بخش از چهار زمینه اصلی علم و تکنولوژی زیر نظر کارشناسان مورد بحث و بررسی است. علاقمندان به پیشرفت علمی کشور انتظار دارند که حاصل بررسیهای مربوط به تنگناهای علمی کشور و چاره جوییهای لازم، به اطلاع مشتاقان آگاه و صاحب نظر برسد. امیدواریم پی آمد «بیانیه طالقان» از لحاظ پیشرفت علوم پایه نتیجه بخش و پر ثمر باشد. تأکید پایان بیانیه به اهمیت آموزش صحیح علوم در **تمام مراحل پیشدانشگاهی** بار وظیفه آموزش و پرورش و معلمان علوم پایه را سنگینتر می سازد.

در پیشگفتارهای پیشین «رشد آموزش فیزیک» به لزوم «سرمایه گذاریهای مطلوب» برای آموزش و پیشرفت علوم پایه اشاره های دقیق و مکرر شده است. در این مقالات به درستی نشان داده شده که در کشور ما برای پیشرفت در آموزش علم و تکنولوژی، مایه امیدواری فراوان است. ولی برای پیروزی در این امر، باید زمینه لازم فراهم و عزم ملی تجهیز و استوار شود.

در تاریخ علوم پی یر روسو در بخشی با عنوان قرن دکارت (۱۵۹۶ ـ ۱۶۵۰ میلادی) می خوانیم: «... یکی از شرایط اساسی برای اینکه درخت علم بتواند با کمال سرعت رشد و نمو کند آن است که در محل مسدودی کاشته نشود، برای این درخت هوایی لازم است که زود به زود تازه و تجدید شود و نسیمی که بوزد و عده بیشماری که در تقویت آن سهیم شوند نیز از لوازم اولیه رشد آن می باشد... کمتر ممکن است حل یک مسأله علمی درنتیجه نیروی محرک نبوغ فرد واحدی پیشرفت کند و به واقع علم قسمت مهم پیشرفت خود را مدیون کوششهای متوالی و دسته جمعی نسلهای متوالی است. همواره با یکدیگر در تماس بودن، اطلاع کامل از افکار هم داشتن، تبادل عقاید و نظریات، همکاری دائمی و نتایج تجارب خود را در اختیار هم قراردادن و ازهمه اینها گذشته عشق و علاقه وافر کسانی که علم برای آنها نه شغل دائمی بلکه نوعی تجمل فکری محسوب می شد، اینها عواملی بود که اروپای قرن هفدهم را سرشار از آثار استادانه کرد و علوم مثبت را چنانکه باید به مقام خود مبعوث نمود...» به این ترتیب **علوم «مد» می شود** و توجه عموم را به سوی خود جلب می کند و اروپا در آستانه تغییرات عظیم علمی قرار می گیرد.

حمله خانمانسوز مغول و یورش تیموریان و هجوم سایر همسایگان متجاوز ایران، ضربه های بسیار شدید و توان سوز بر فرهنگ کشور ما وارد ساخت. قتل عام و غارت و سوزاندن و ویران کردن شهرها و کتابخانه ها موجب شد که صدها مدرس و ادیب و دانشمند کشته شوند، هزاران جلد کتاب نفیس و قرنها تحقیق و تفکر از بین برود و دوره تنزل و انحطاط آغاز گردد. در چنین دورانی نهضت بزرگ علمی و فرهنگی اروپا همزمان با حکومت صفویه (۱۱۴۸ـ۹۰۵ هـ. ق) پدید آمد. کشور ما به جای همگامی با پیشرفتهای علمی اروپا گرفتار جنگ و جدال بی حاصل مذهبی، مناقشات بیهوده کلامی گردید و پس از آن هم، وجود حکومتهای خودکامه داخلی، دخالت استعمارگران خارجی، نبودن محیط مناسب علمی، امتناع از تحصیل علوم طبیعی و ریاضی و غفلت و بی خبری کار را به جایی کشانید که «... ایران در زمینه علوم پایه حتی در میان کشورهای جهان سوم در ردهٔ مطلوبی قرار نگیرد...».

این عقب ماندگی جز با جهاد عمومی و عزم ملی و بسیج همگانی و آگاهی و اخلاص و ایثار جبران پذیر نخواهد بود. این حکم الهی است... **خدا چیزی را که از آنِ مردمی است دگرگون نکند تا آن مردم خود دگرگون شوند... اِنّ اللّه لا یُغیّرُ ما بِقَومٍ حتّیٰ یُغیّروا ما بانفسهم.**

(سورهٔ رعد آیه ۱۱)

یک عمر تجربه، یک سر مشق

برای تحصیلکرده های نسل گذشته، بخصوص دانش آموزان و دانشجویان حدود نیم قرن پیش نام «**اصغر نوروزیان**» نامی بسیار آشناست.

در آن سالها در دبیرستانهای سراسر کشور فیزیک «رنر» تألیف رضا قلیزاده ـ **نوروزیان** ـ رهنما تدریس می شد.

سراسر عمر پربار آقای نوروزیان صرف امور آموزش و پرورش فرزندان این آب و خاک شده است. بی گفتگو ایشان در پیشرفت آموزش علوم تجربی و اجراء آزمایشهای علمی در دبیرستانهای کشور سهم بسزایی دارند.

شرکت در تأسیس گروه فرهنگی هدف، تشکیل انجمن معلمان علوم تجربی، تهیه کتاب و مقالات و سخنرانیهای علمی، تأسیس و تجهیز آزمایشگاهها، آموزش در کلاسهای کارآموزی و بازآموزی دبیران تهران و شهرستانها، مسؤولیت امتحانات و طرح سؤالات امتحانی کشور، تدریس علوم تجربی در تلویزیون برای اولین بار، نوآوری در روشهای آموزش علوم و عضویت شورای عالی فرهنگ از جمله امور فرهنگی است که آقای نوروزیان در انجام آنها اهتمام داشته اند.

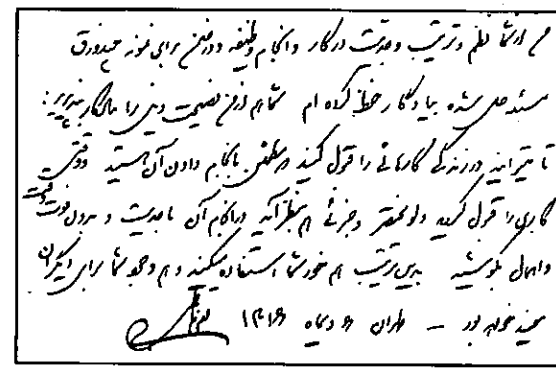
نظم و ترتیب در کارها مهمترین مشخصه آقای نوروزیان است. **خوانندگان گرامی نمونه آن را در تنظیم زندگینامه به قلم خود ایشان، به خوبی می بینید**. شادروان پروفسور فاطمی در دفتر یاد بود آقای نوروزیان پس از تعریف از نظم و ترتیب ایشان نوشته اند. « ... چند صفحه از اوراق امتحانی شما را به عنوان یادگار نگهداشته ام ... » این دفتر یاد بود به وسیله آقای نوروزیان از سال ۱۳۱۵ که در دانشسرای عالی دانشکده علوم مشغول تحصیل بودند تهیه شده است.

در این گنجینه گرانبها، نوشته هایی از استادان و مفاخر علمی و ادبی کشور و یاد بودهایی از دوستان و همکلاسیها و آشنایان آقای نوروزیان دیده می شود. تصویر گزیده هایی از این نوشته ها را در متن ملاحظه می کنیم. در صفحه ای از این دفتر می خوانیم.

« ... سالهاست، خدمت حضرت آقای نوروزیان افتخار آشنایی دارم. چند بار همسفر و یک بار در زیارت آستان قدس رضوی همراهشان بوده ام. می دانم خداوند موهبتهای زیادی بخصوص موهبت دین و دانایی به ایشان عطا فرموده است. ایشان نیز این نعمتها را به تمام و کمال سپاس داشته اند. عزت مستدام برایشان آرزو می کنم ... به سائقهٔ مشاهده این گنجینه جلیل القدر مصدع شدم»

استاد والا، پیرما، بختش جوان است — در گلشن تعلیم عمری باغبانست
در دفترش ثبت است، یاد روزگاران — در هر ورق، نقش گذشتی از زمانست
یک برگ آن پندی زاستادی خردمند — برگ دگر عکسی زیار مهربانست
چون بوستانی پر زگلهای دلاویز — مجموعهٔ آثار، از فرزانگانست
بس نکته می یابی در این گنجینه ذوق — گنجور آن روشن ضمیر و نکته دانست
پرسیدم از هر صفحهٔ آن خط به خط را — گفتا که در هر حرف آن صد داستانست
گفتم گروهی خفته زیشان زیر خاکند — گفتا که تنها مرده اند و زنده جانست
گفتم که نامی از خداوندان زر نیست — گفتا سخن را روی با صاحبدلانست
گفتم بری از زور و تزویرند آنان — گفتا که این رسم و ره آزادگانست
گفتم خوشا یاد جوانی وقت پیری — گفتا تفاوت از زمین تا آسمانست
شکر خدا کاین صاحب گنجینه امروز — بر منتهای همت خود کامرانست

کردم نثارش گوهر شعر دری را
لطف خدا با «اصغر نوروزیان» است



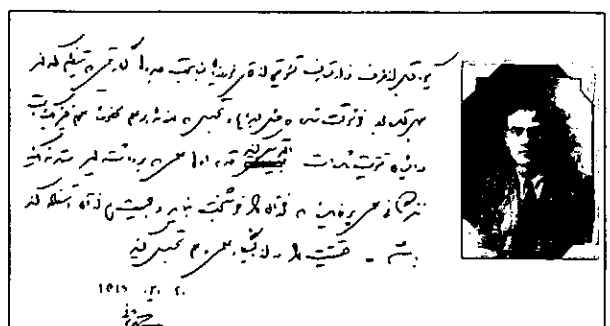
زندگینامه

تولد: من موقع اذان صبح روز دوشنبه ۱۵ فروردین ۱۲۹۵ در حضور چهره‌های خندان پدر و مادر و برادران و خواهرانم در تبریز گریان چشم به جهان گشودم. امیدوارم که در موقع خداحافظی خندان باشم چون کسی را نیازرده‌ام و به حق کسی تجاوز نکرده‌ام و فقط مانند شمع سوخته‌ام و اطرافم را روشنایی بخشیده‌ام. اگر از من پرسیده شود، مجدداً متولد شوم چه شغلی را انتخاب می کنم باید بگویم که باز معلمی را پیشه خود قرار می دهم و از این نظر راهم روشن خواهد بود.

دوران کودکی: پدر مرحومم در راسته بازار تبریز مغازهٔ لولا فروشی و ابزار و میخ و رنگ و امثال آن داشت. تمام جنسها در صندوقهای چوبی وارد انبار مغازه می شد و پس از باز کردن، مقدار زیادی تخته و مقوا در دسترس بود که از آنها برای ساختن قطار و راه آهن، هواپیما، و سایر اسباب بازیها استفاده می کردم و گاهی هم ساخته‌های خود را به همسالانم می فروختم.

تحصیلات ابتدائی: اوائل هفت سالگی بود که برادران بزرگم روزی دست مرا گرفتند و به دبستان تمدن که خودشان هم در آنجا درس می خواندند بردند. این دبستان بهترین مدرسه در آن زمان بود. مدیر مدرسه، میرزا حبیب جاوید، مرد تحصیل کرده‌ای بود. این دبستان شش کلاسه دارای تمام وسائل آزمایشگاهی بود حتی مولاژهای بدن انسان به اندازهٔ واقعی. این دبستان خیاط خانه هم داشت و برای دانش آموزان لباس یک شکل و یک رنگ تهیه می کرد و هر یک از دانش آموزان نشان نقره‌ای به شکل ستاره به سینهٔ خود می آویخت که روی آن «مدرسهٔ مبارکهٔ تمدن» نوشته شده بود. برادرانم به من گفتند که در حیاط روی الوارها بنشینم و ایشان به کلاس بروند. با صدای زنگ صفهای دانش آموزان حرکت کرده به کلاسها رفتند. حیاط ساکت و خلوت شد. من از جا بلند شدم و از سوراخ کلید به داخل کلاسها نگاه کردم و قبل از هر چیز از حضور برادرانم مطمئن شدم. یکی از اتاقها نیمه تاریک ولی پر از اسباب بازی! (وسائل آزمایش) بود و یک آقا (حسین امید، معلم علم الاشیاء) با این وسائل کار می کرد، خیلی دلم می خواست که به جای او بودم.

تا سال سوم ابتدائی از شاگردان ته کلاس بودم و اسمم در اواخر دفتر کلاس بود (در این مدرسه معمولاً هر هفته از نمره‌ها معدل گیری می کردند و اسامی را به ترتیب معدل می نوشتند). روزی آموزگارم شاگرد اول کلاس را صدا زده و با احترام از او درس پرسید در صورتی که لحن پرسش از شاگردهای آخر دفتر خشن بود، ناراحت شدم و یک تصمیم جدی باعث شد که هفته آینده اسمم جلوتر در دفتر آید و این قوت قلبی برایم بود با ادامهٔ فعالیت، در آخر سال شاگرد اول کلاس بودم و این رتبه را تا پایان تحصیلات دانشگاهی نگهداشتم. آموزگار حساب و هندسه ما در این دبستان شخص بلند قدی بود که بی رحم تشریف داشت و چون به اصول آموزش و پرورش آشنایی نداشت به زور تنبیه بدنی می خواست درسها را به مغز دانش آموزان فرو کند. بعد از تدریس جمع و تفریق به عمل ضرب رسید. جدولی را روی تخته نوشت و آن را «جدول ضرب» نامید و از ما خواست هر جلسه دو سطر آن را حفظ کنیم. این کار را انجام دادیم تا نوبت به سطرهای ۷ و ۸ رسید. شب با زحمت زیاد دو سطر را حفظ کردم ولی صبح از خود پرسیدم هفت هشت تا چقدر می شود یادم نیامد. خیلی ناراحت شدم در راه مرتباً جدول را حفظ می کردم خیلی می ترسیدم زیرا روزهای قبل دانش آموزانی که جدول را بلد نبودند به این ترتیب تنبیه می کرد که دانش آموزان را وادار می کرد دست خود را تا آرنج وارد یک سطل آب یخ کنند و پس از چند دقیقه با ترکه به کف دستهای آنها می زد. هنوز به دبستان نرسیده بودم که دو نفر از همکلاسیهایم را دیدم که زیر تابش ضعیف خورشید جلو مغازه‌ای نشسته بودند. از آنها پرسیدم مگر مدرسه نمی روید جواب دادند که بعداً می آییم. به نظرم رسید شاید از ترس معلم حساب نمی خواهند به مدرسه بروند! به نزدیکیهای مدرسه که رفتم منصرف شدم آنقدر در اطراف دبستان قدم زدم تا زنگ اول تمام شد و زنگ دوم رفتم مدرسه. فراش مدرسه مرا پیش مدیر برد و گفت او الان به مدرسه آمده است. مدیر علت را از من پرسید. گفتم که کمی کار داشتم و مدرسه‌ام دیر شد. گفت چون تا به حال تأخیر نداشتی برو سر کلاست و دیگر دیر نیا! وارد حیاط شدم همکلاسیهایم همه گریه می کردند زیرا هیچکدام نتوانسته بودند که جدول را کاملاً حفظ کنند. دوست هم نیمکتی، گریان به من گفت نصف بچه ها غایب بودند و معلم گفته است که دفعهٔ بعد، ابتدا تمام شاگردهای غایب را کتک خواهم زد و از آنها



یک عمر تجربه، یک سر مشق

درس خواهم پرسید. نمی دانم که این دو روز برایم مانند دو سال گذشت و از خدا تقاضای نجات از تنبیه می کردم ولی روز موعود که رسید دوستم با خوشحالی گفت که معلم حساب به تهران رفته است! این مسأله هنوز برایم حل نشد که در زمستان و نبود راه های مطمئن و وسائل نقلیه معلم چگونه به تهران رفته است، بگذریم یادی از آموزگاران عزیزم می کنم: آقایان میرزاعبدالله و میرزا جلیل و مبصری، از کلاس چهارم ابتدائی شروع به نوشتن و تقلید از کتاب کردم. ابتدا در صفحه های دفتر عکسهایی می چسباندم و در زیر هر عکس به مناسبتهایی جمله هایی می نوشتم مثلاً «این شخص ناراحت شده است، یا سرما خورده است و عطسه می کند» در سالهای بعد مجموعه هایی به نام «دیوان حقیقی» و «مجلهٔ دهقان» و جزوه های کوچک اشعار و غیره تهیه کرده و برای مشترکین می فرستادم. نمونه هایی از آنها هنوزموجود است.

تحصیلات دبیرستانی: دبستان تمدن سیکل اول دبیرستان (۳سال اول) هم تأسیس کرده بود و من تحصیلات اولیه را در این مدرسه گذراندم و بعد از یک امتحان نهائی وارد سیکل دوم در دبیرستان دولتی فردوس شدم. در آن موقع معلمان جبر، هندسه، مثلثات، هیأت، و زبان فرانسه همهٔ دبیران فرانسوی بودند و یا کتابها از فرانسه می آمد و یا به زبان فرانسه جزوه می گفتند. در سال یازدهم، معلم فیزیک ما مرحوم عزیزی بهترین لیسانسیهٔ فیزیک و شیمی بود. پس از دو ماه، به علت کمبود دبیر ابلاغی به او داده شده که به مشهد برود. رئیس فرهنگ از او پرسید که چه کسی می تواند به جای او تدریس کند که آن مرحوم مرا معرفی کرد. تا آخر سال، شبها از کتاب فرانسوی ترجمه می کردم، و روز بعد به همه کلاسیهایم تدریس می کردم. در آخرین جلسه، رئیس فرهنگ در کلاس من شرکت کرد و پس از تشکر جایزه ای به من هدیه داد. لازم است که از دبیران عزیزم (سیکل اول و دوم) یادآوری کنم: طاهر خوشنویس، غفار بینش پور، نعودی، سلیمی خلیق، تهامی رسام، عزیزی، رجوی، رازانی، تربتی، سینا، شایسته، دیباج، پاک رو، همایونی، مجد پور، عجمیان، عبدالله زادهٔ فریور، امیرخیزی، موسیو بدو، موسیو لانیل، موسیو بنارش، و موسیو فوریه.

در کلاس دوازدهم علمی، من با همکلاسیم مرحوم سید رضی فردوس، ظهرها در مدرسه می ماندم. یک روز او و یک روز من ناهار می خریدیم (به قیمت یک شاهی = $\frac{۱}{۲۰}$ ریال) و از تخته دبیرستان برای حل مسائل استفاده می کردیم. بنا بود که با هم برای ادامه تحصیل در پزشکی به تهران بیاییم.

پدر دوستم یک مدرسه ملی داشت. جمعه ها هم در آنجا با هم کار می کردیم. مرداد ۱۳۱۴ به دانشکدهٔ پزشکی واقع در نگارستان (نزدیکی بهارستان) مراجعه کردیم. گفتند که زود آمده اید باید اوائل شهریور مراجعه کنید. نمی دانید که این یک ماه برای من چقدر طولانی و خسته کننده بود. برای ثبت نام به دانشگاه مراجعه کردیم و در آنجا یکی از دبیران زبان فارسی از دبیرستان تمدن را دیدم و با او مشورت کردم. اظهار کردم ما برای فراگیری پزشکی به تهران آمدیم ولی فکر می کنم اخلاق من طوری است که اگر پزشک شوم نمی توانم حق ویزیت بگیرم حتی اگر مریض ثروتمند باشد. از مریض فقیر علاوه بر این که نمی توانم حق ویزیت بگیرم بایستی دارو و احیاناً غذا برای او تهیه کنم پس خودم چگونه زندگی کنم.

از طرف دیگر دورهٔ پزشکی طولانی

است (هفت سال) در عین حال نمی خواهم دست خالی برگردم لطفاً راهنمایی کنید. او گفت که رشتهٔ فیزیک و شیمی بسیار ممتاز است و تعداد دانشجویان این رشته اندک و من همین کار را کردم.

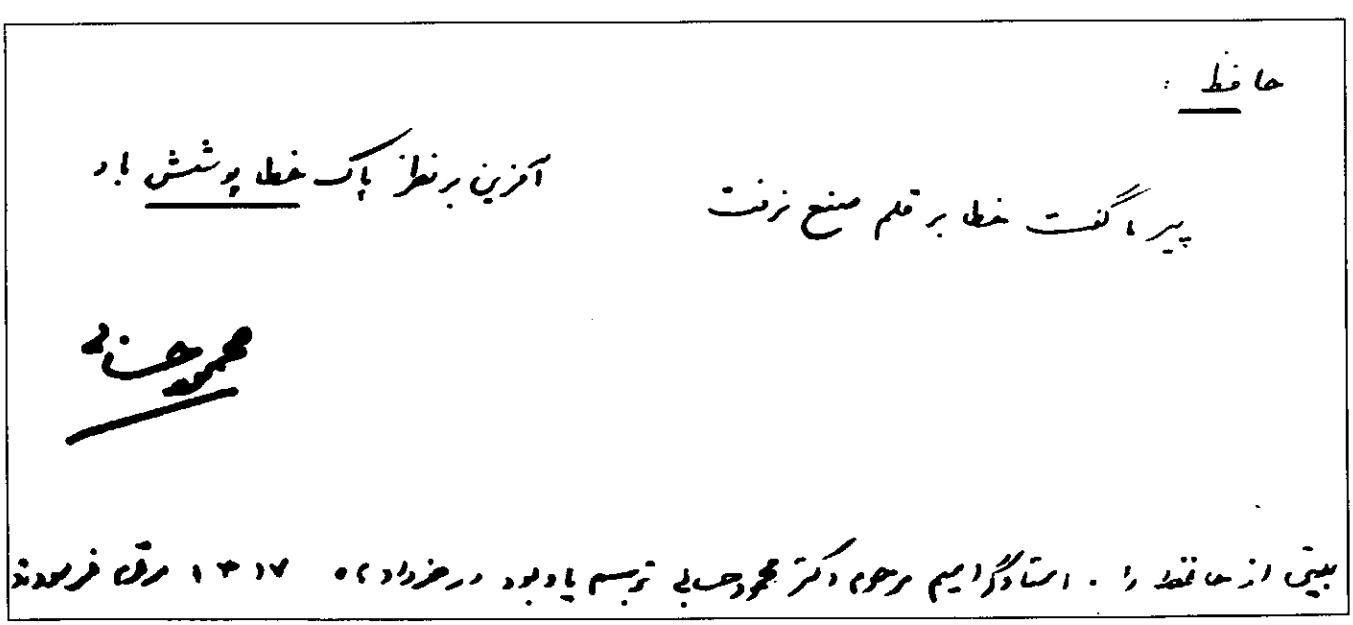
تحصیلات دانشگاهی: سال تحصیلی ۱۳۱۵ ـ ۱۳۱۴ در کلاس ریاضیات عمومی که مشترک بین رشتهٔ ریاضی و رشته فیزیک ـ شیمی و در حدود ۵۰ نفر دانشجو از شاگردهای اول و دوم سراسر کشور بود شرکت کردم. بعد از امتحان ترم اول، مرحوم دکتر مصاحب، دانشیار آنالیز، در کلاس پرسید آقای نوروزیان کدام یک از شماست؟ من دست بلند کردم و او شاگرد اولی مرا تبریک گفت. در آخر سال هم رتبهٔ اول را داشتم به این جهت از طرف دانشگاه و دانشسرای عالی بورس ادامهٔ تحصیل در شبانه روزی جدید التأسیس به من اعطا شد. ناگفته نماند که **این موفقیت در سایهٔ دو عمل بود. یکی توکل به خداوند متعال در کلیهٔ امور و دیگری داشتن نظم و ترتیب در کارها.** به طوری که اغلب استادانم به این نکته در دفتر یادبود اشاره کرده اند از جمله مرحوم پروفسور فاطمی در این دفتر نوشته است که چند صفحه از اوراق امتحانی مرا به عنوان یادگاری نگهداشته است.

در این سال بود که ابتکاری به خرج دادم، جدول لگاریتم و نسبتهای مثلثاتی و جدول مندلیف را در یک صفحه مقوا داخل پاکتی که سوراخهای متعدد داشت تعبیه کردم و به این مناسبت از طرف دانشگاه تهران و دانشسرای عالی جایزه ای دریافت کردم و

جناب آقای دکتر شیبانی معاون دانشگاه در دفتر یادبود اشاره ای به آن کرده است. این جدول را در سال ۱۸ ـ ۱۳۱۷ در تبریز به چاپ رساندم.

در سال اول خبری از فیزیک و شیمی نبود ولی در سال دوم اکثر دانشجویان به رشته ریاضی رفتند و هشت نفر به رشته فیزیک ـ شیمی رفتیم. در جلسه اول مرحوم دکتر حسابی فرمود که برای جلسهٔ بعد ۵۰ صفحه از **فیزیک بروها** که به زبان فرانسه بود حاضر کنید از شما خواهم پرسید. در این جلسه ابتدا دکتر از رقیب من سؤالی کرد، او جوابی سریع داد. سپس دکتر از من سؤال دیگری کرد جمله اول را که گفتم دکتر گفت دست نگهدار، بعد رو به همکلاسیها کرد، ببینید کسی که فیزیک بلد است باید مثل این آقا جواب بدهد. ملاحظه می کنید برای ادا ء یک جمله چقدر فکر می کند تا جمله کامل و خوب ادا شود و بعد رو به رقیب من کرد و گفت آن چه بود که شما به سرعت گفتید؟! سال دوم هم با کسب امتیاز رتبهٔ اول به پایان رسید. وقتی تعطیلات تابستانی را به تبریز رفتم دیدم که پدرم چند ماهی است که بدرود حیات گفته است و به من خبر نداده اند و یکی از برادرانم اصرار داشت که دیگر ادامهٔ تحصیل ندهم ولی چون در پانسیون زندگی می کردم و یک سال بیشتر باقی نمانده بود به تهران برگشتم.

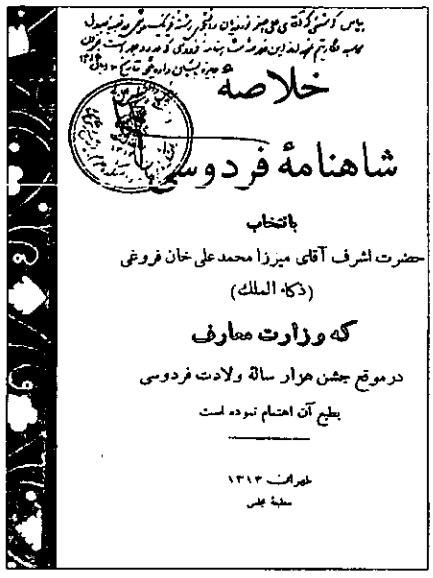
از سال دوم تحصیلات دانشگاهی در انجمن اصطلاحات علمی به سرپرستی دکتر حسابی مشغول فعالیت بودم. تحصیلات دانشگاهی را با رتبهٔ اول در بین تمام رشته های دانشگاهی به پایان بردم. اساتید دیگرم عبارت بودند از: غلامحسینی، دکتر افضلی پور، دکتر آل بویه، دکتر آزما،



یک عمر تجربه، یک سر مشق

محمودیان، ساعتچی، دکتر بیژن، دکتر شفق، دکتر سیاسی، دکتر جناب و دکتر روشن زائر.

سالهای اول خدمت فرهنگی: در سال تحصیلی ۱۷ ـ ۱۳۱۶ دکتر روشن زائر را برای تدریس فیزیک در دبیرستان دولتی تبریز


خلاصه
شاهنامهٔ فردوسی
باانتخاب
حضرت اشرف آقای میرزا محمدعلی خان فروغی
(ذکاء الملک)
که وزارت معارف
در موقع جشن هزار سالهٔ ولادت فردوسی
بطبع آن اهتمام نموده است

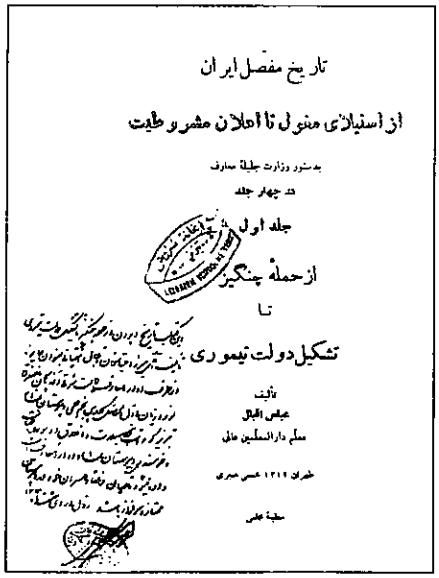
فرستادند. اواخر شهریور ۱۳۱۷ من را به جای دکتر روشن گماشتند. در این موقع از طرف دولت ایران به مدارس آمریکایی دستور داده شد که دانش آموزان آن مدارس باید در جلسات امتحانات نهائی کشور شرکت کنند و ایران از قبول مدارک امریکایی خودداری خواهد کرد. معلم چند درس از جمله فیزیک در مدارس امریکایی انگلیسی زبان بودند. از من خواستند که فیزیک کلاس ۱۲ را به زبان فارسی تدریس کنم و این کار را به مدت ۲ سال ادامه دادم و بعداً این مدارس را دولت ایران در اختیار خود گرفت. از جمله دبیرستان دخترانهٔ پروین به دبیرستان فردوسی داده شد.

در زمستان سال ۱۳۲۰ که قوای بیگانه، آذربایجان را اشغال کرده بود قحطی دامنگیر مردم و دانش آموزان و خانواده های آنها شده بود. به انجمن آزمایشگاه دبیرستان فردوسی قسمت دیگری به نام امور خیریه اضافه کردیم و با دادن نمایشها از مردم استمداد کردیم. در اولین جلسه، صنف کفاشها، پارچه فروشیها، خیاطها، خواروبارفروشیها آمادگی خود را برای کمک به خانواده هایی که از طرف انجمن معرفی می شد اعلام کردند. تمام پزشکان و داروسازها، داروفروشیها و سایر مراکز درمانی با معرفی انجمن کارهای درمانی و بهداشتی را مجاناً قبول کردند. استاندار چکی به مبلغ سی هزار ریال (که در آن زمان مبلغ هنگفتی بود) برای قسمت امور خیریه به من دادند و من آن را به رئیس انجمن دادم. وقتی جلسه انجمن به پایان رسید معاون ادارهٔ فرهنگ به من گفتند که چرا این کار را کردید. گفتم اطمینان دارم که او خیلی بهتر از من و شما این پول را خرج می کند.

اما یک خاطره از درس فیزیک. خوب یادم هست که دبیرستان فردوسی دارای کلاسهای زیادی بود مثلاً سه کلاس الف، ب و ج برای سال سوم دبیرستان. یک روز صبح اول وقت کلاس ۳ ـ الف در آزمایشگاه فیزیک حاضر شدند. وسائل آزمایشگاه مربوط به الکتریسیتهٔ ساکن را روی میز چیده بودم. درس را توأم با آزمایش شروع کردم. زنگ بعد کلاس ۳ ـ ب آمد و دوباره همان درس را برای آنها تکرار کردم و آزمایش را چنین شروع کردم. الآن میله لاکی را با پوست گربه مالش می دهیم و به این آونگ الکتریکی نزدیک می کنیم آن را جذب می کند. ولی همه مشاهده کردند که جذب نشد! این کار را تکرار کردم باز هم نشد!! یک مرتبه به یاد استاد آزمایشگاه دانشسرای عالی افتادم که می گفت مبحث الکتریسیتهٔ ساکن بی معنی است گاهی آزمایش انجام می گیرد و گاهی نه! ولی وضع من طور دیگر بود. اگر این آزمایش انجام نمی گرفت دانش آموزان به معلم فیزیک و درس فیزیک بدبین می شدند و این به معنی شکست بود. گفتم بچه ها ساعت قبل تمام آزمایشها خوب صورت گرفت اما چرا این ساعت خوب انجام نمی گیرد بیایید همگی با هم فکر کنیم. تا بالاخره معما حل شد. شبنم روی شیشه های پنجرهٔ کلاس حاکی از آن بود که رطوبت هوای کلاس زیاد است و باعث خنثی شدن میله لاکی می شود و آزمایش خوب انجام نمی شود. از طرف دیگر وسائلی را که به یکی از دانش آموزان داده بودم به حیاط ببرد و بعد از مدتی برگرداند به خوبی کار می کردند.

مدارسی که در تبریز درس می دادم عبارت بودند از: دبیرستان فردوسی، دانشسرای مقدماتی، دبیرستان محمودیان و دبیرستان پروین.

خدمات فرهنگی در تهران: در تابستان


تاریخ مفصل ایران
از اسنیلازی منول تا اعلان مشروطیت
به دستور وزارت جلیلهٔ معارف
شد چهار جلد
جلد اول
از حملهٔ چنگیز
تا
تشکیل دولت تیموری
تألیف
عباس اقبال
معلم دارالمعلمین عالی
طهران ۱۳۱۶ شمسی هجری
سنهٔ طبع

سال ۱۳۲۳ به تهران منتقل شدم و در دبیرستانهای ادیب، ایرانشهر و دارالفنون به تدریس فیزیک مشغول شدم و در تابستان سال ۱۳۲۵ با همکاری مرحوم احمد رضاقلیزاده و مرحوم هادی رهنما اقدام به نوشتن یک دوره کتابهای فیزیک و شیمی

برای دبیرستانها و دانشسراها (فیزیک و شیمی رنر) کردیم در آن موقع این دوره مورد استقبال دبیران قرار گرفت. طرز تألیف دوره به این صورت بود که هر مبحثی را که می خواستیم بنویسیم ابتدا این مبحث را از همهٔ کتابهای در دسترسمان به دقت می خواندیم و بحث می کردیم سپس من مطلب را بیان می کردم و مرحوم رهنما می نوشت و مرحوم رضا قلیزاده ویراستاری می کرد. خوب یادم هست که در مبحث آهنربا و فرضیهٔ ساختمانی یک میلهٔ آهنربایی در تمام کتابها مولکولها و ذرات آهنربا را در داخل میله موازی یکدیگر رسم کرده بودند و من ایراد گرفتم که اولاً قطبهای آهنربا با این فرضیه درست در وسط دو انتهای میله قرار می گیرد در صورتی که عملاً قطبها در داخل دو انتها قرار دارند، ثانیاً اگر ورقه ای از میله را قطع کنیم طبق فرضیه های موجود تعداد مولکولهای بریده شده فرقی نمی کنند ولی عملاً آهنرباهای بریده شده ضعیف ترند. این موضوع باعث شد که این مطلب را چند روزی به تعویق بیندازیم. در این مدت به کتابفروشیها و کتابخانه ها مراجعه کردیم. در گذر نوروزخان در جلو درب مسجدی، کتاب کهنه می فروختند یک کتاب آلمانی دیدم که در آن فرضیه آهنربایی را به نحو مطلوب رسم کرده بود. کتاب را خریدم و شکل آن را کلیشه کرده در کتاب «رنر» چاپ کردیم که هر دو ایرادی را که گرفته بودم درست جواب می داد. به اتفاق همکاران بیشتری جمعاً ۲۸ کتاب دربارهٔ فیزیک، شیمی، مسائل و مطالب کلی به چاپ رساندیم، بعدها وزارت فرهنگ تعدادی از کتابهای ما را چاپ کرد. در آذرماه ۱۳۲۷ با همکاری عده ای از دوستان برای تأسیس مدارس هدف (هنر، دانش، فرهنگ) در کلاسهای شبانه در دبیرستان ادیب در خیابان لاله زار به تدریس مشغول شدیم. عده ای از دوستان مانند آقای بیرشک و آقای دکتر حاج غفوری، مرحوم رضاقلیزاده، مرحوم هادی رهنما، مرحوم دکتر عبدالله خدایاری و دکتر خاتمی و دیگران برای تأسیس مدارس هدف اشتراک مساعی داشتند. بعداً مدارس ابتدائی، راهنمایی، دبیرستانهای پسرانه و دخترانه اضافه شد و در تمام آنها آزمایشگاه های فیزیک، شیمی، بیولوژی و عکاسی، زبان و کار آزمایشگاهی دانش آموزان از اهداف گروه فرهنگی هدف بود. بعدها نیز به این ترتیب فعالیت آموزشی را شروع کردند.

شماره ۹۸ پنجشنبه ۲۷ دیماه ۱۳۱۸

شماره ۹ سینمای دینی یا تعلیمات بالمعاینه

در سال ۱۳۳۷ با همراهی مرحوم احمد رضاقلیزاده و مرحوم دکتر غلامرضا قاسمی و مرحوم دکتر عبدالله خدایاری و موافقت و همیاری وزارت فرهنگ سه آزمایشگاه مجهز

یک عمر تجربه، یک سر مشق

در دبیرستان دکتر ولی الله نصر (نرجس فعلی) تأسیس کردیم و بین آنها آزمایشگاه فیزیک از نظر وسائل و اثاثیه و میزهای کار نمونه بود. از این آزمایشگاه ها در موقع روز دانش آموزان خود مدرسه استفاده می کردند و جلسات دروس فیزیک، شیمی و بیولوژی در آزمایشگاه تشکیل می شد. غروب و شب برای کلاسهای کارآموزی دبیران تهران و در تابستان برای دبیران شهرستانها مورد استفاده قرار می گرفت.

مدارسی که در تهران به غیر از ادیب، ایرانشهر و دارالفنون درس داده ام عبارتند از: البرز، نوربخش، شاهدخت، فیروز بهرام، انوشیروان، هدف، نورجهان، مکتب پارس، صفی نیا، نرجس و مدرسه عالی شمیران.

انجمن معلمان علوم تجربی: در تاریخ ۱۳۴۰/۱۰/۱۴ معلمان علوم تجربی مرکز برای تشکیل انجمن معلمان تجربی دور هم جمع شدند و بنده به عنوان رئیس انجمن انتخاب شدم و در اثر فعالیتهای همکاران به زودی در ۹۵ شهرستان ایران شعبه های انجمن افتتاح گردید و هر شهری هیأت رئیسه خود را معرفی کرد و فعالیتهای علمی شروع شد. در تابستانها کنفرانس عمومی در یکی از شهرها تشکیل می شد و به مدت یک هفته دوام پیدا می کرد و برنامه های تدریس و آزمایش و بحث و استفاده از تازه های علوم تجربی که توسط استادان ایرانی و خارجی ارائه می شد بسیار مفید بود. نشریه های فراوان از طرف انجمن مرکزی و برخی از شعبه ها حاوی مطالب علمی و گزارش کنفرانسهای عمومی چاپ و منتشر می شد.

سایر فعالیتهای فرهنگی: در تاریخ ۱۳۲۹/۵/۲۶ به ریاست دبیرستان قریب (ایرانشهر) منصوب شدم. با وجود سمت ریاست، تدریس را رها نکردم چون به نظر من کار مفید همین است. محل دبیرستان را به علت احتمال ریزش سقفهای ضربی کلاسهای آن را تغییر دادم و برای آن آزمایشگاههای مجهز تهیه کردم و نظم و ترتیبی به آن دادم. بعد از پایان کارها استعفاء کردم و به تدریس مشغول شدم.

در تاریخ ۱۳۴۰/۳/۴ به ریاست ادارهٔ فرهنگ ناحیهٔ ۲ تهران منصوب شدم ولی نظر به علاقه شدیدی که به کار تدریس داشتم پس از دو ماه، دو مرتبه به تدریس در مدارس ادامه دادم.

در تاریخ ۱۳۴۲/۵/۷ ابلاغ عضویت رسمی شورای عالی فرهنگ به عنوان «معلم مدرسه متوسطه» به نام بنده صادر شد.

در سال ۱۳۴۰ کتابی به نام «علم و زندگی» توسط آقایان بیرشک، بهزاد، رضا قلیزاده، رهنما، و این جانب ترجمه شد و به چاپ رسید.

در تاریخ ۱۳۴۱/۲/۱۶ به سرپرستی تدریس رشته علوم دبیران در رادیو ایران منصوب شدم و خودم هم یکی از مدرسان بودم. بلافاصله تدریس علوم تجربی در تلویزیون نیز به عهدهٔ انجمن معلمان علوم تجربی قرار گرفت. بالاخره برای تدریس علوم از تلویزیون یک دستگاه فرستندهٔ امواج تلویزیونی به وزارت آموزش و پرورش تخصیص داده شد که در ابتداء خیابان شهدا کار می کرد و تدریس علوم تجربی در این فرستنده نیز به عهدهٔ انجمن بود.

پایدار	Stable	آمیخته	Melange
تراوش	Osmose	دست	Manivelle
نوسان	Osculateur	گردونه	Moteur
ته مانده ـ درد	Précipité	توده	Masse
سیر	Saturé	همریخت	Isomorphe
خودانگیزی	Self-induction	بی ریخت	Amorphe

هیئت رئیسه انجمن درسال ۱۶-۱۳۱۵ بدینقرار بوده اند

نیمهٔ اول		نیمهٔ دوم	
رئیس	آقای بخرد (مظفر)		آقای بخرد (مظفر)
نایب رئیس	« خسرو پور (یوسف)		« جناب (حسین)
منشی اول	« بدیعی (احمد)		« بدیعی (احمد)
منشی دوم	« جم نژاد (حسن)		« بیگلری (احمد)
خزانه دار	« فریدنی (نقی)		« جبادی (غلامحسین)

من در اغلب کنفرانسهای علمی مربوط به فیزیک و شیمی چه در داخل کشور و چه در خارج قبل یا بعد از بازنشستگی شرکت کرده ام و از آنها استفاده های زیادی بردم.

در تاریخ ۱۳۴۲/۷/۲۳ بنا به درخواست خودم بعد از ۲۵ سال خدمت بازنشسته شدم ولی کار تدریس فیزیک در مدارس غیر دولتی و تدریس علوم در تلویزیون و فعالیتهای فرهنگی و شرکت در کنفرانسهای علمی را ادامه دادم. در تاریخ ۱۳۴۴/۱۲/۲۷ با استفاده از تعطیلات عید نوروز به همراهی چند نفر از همکاران به زیارت مکه معظمه (حج تمتع) و مدینهٔ منوره نائل شدم.

در تاریخ ۱۳۶۲/۴/۲۹ برای همکاری در تنظیم و ترجمهٔ «زندگینامهٔ علمی دانشوران» دعوت شدم. این دوره از کتابها از طرف مرکز انتشارات علمی و فرهنگی و آموزش عالی چاپ می شود و هنوز ادامه دارد.

در تاریخ ۱۳۶۳/۹/۶ به سمت مدرّس فیزیک آزمایشگاهی دورهٔ کارآموزی متصدیان آزمایشگاهها در محل دبیرستان شهید باهنر (هدف دختران) تعیین شدم.

از اواسط سال ۱۳۷۲ از طرف بنیاد علمی دانشنامهٔ بزرگ فارسی با همکاری عده ای از اساتید مشغول تهیه مقدمات تحریر و تألیف کتابی به نام «خودآموز فیزیک برای جوانان» هستیم و هم اکنون قسمت اول آن زیر چاپ است.

علاقهٔ زیادم به تدریس باعث شد که از ابتداء تعلیم تاکنون همهٔ اسامی دانش آموزانم را به همراه نمرات آنها در دفترچه های مخصوصی ثبت و نگهداری کنم.

خانوادهٔ من: پدرم در سال ۱۳۱۵ بدرود حیات گفت و مادرم که با من زندگی می کرد در سال ۱۳۵۹ وفات کرد. دو برادرم نیز بدرود حیات گفته اند. برادر کوچکترم بازنشسته و در تهران است. دو خواهر بزرگتر از من یکی در تهران و دیگری در تبریز در قید حیات هستند. من در سال ۱۳۲۱ ازدواج کردم و ثمرهٔ این ازدواج سه دختر و یک پسر می باشد که همهٔ آنها تحصیل کرده اند. پسرم مهندس معماری است و دو فرزند دارد و دختر بزرگم سه فرزند دارد که از چهارم ابتدائی تا فوق لیسانس مشغول به تحصیل اند. دختر دومم دو فرزند دارد که در دبستان و دبیرستان درس می خوانند. دختر کوچکم یک پسر دارد که در کلاس سوم دبستان مشغول تحصیل است. همسرم در سال ۱۳۷۰ بدرود حیات گفته است.

تألیفات چاپ شده (۴۵ جلد)

۱ ـ جدول لگاریتم و خطوط مثلثاتی ابتکاری سال ۱۳۱۷ تبریز

۲ ـ مقاله دربارهٔ «بازی و کودک» همراه با آگهی سینمای دستی که با همکاری مرحوم میرزا عبدالوهاب شعاری به خط تولید رسید. روزنامه تبریز ۱۳۱۸.

۳ ـ اتم و انرژی هسته ای سال ۱۳۲۴ در تهران در سه شماره روزنامه آلیک به زبان ارمنی.

۴ ـ دورهٔ فیزیک «رنر» با همکاری مرحوم رضاقلیزاده و رهنما در سال ۱۳۲۶ جمعاً ۷ جلد برای دبیرستانها.

۵ ـ کتاب مکانیک «رنر» با همکاری رضاقلیزاده و رهنما در سال ۱۳۲۷ یک جلد برای دبیرستانها.

۶ ـ دورهٔ شیمی «رنر» با همکاری رضاقلیزاده و رهنما در سال ۱۳۲۷ جمعاً ۶ جلد برای دبیرستانها.

۷ ـ دورهٔ فیزیک «رنر» با همکاری رضاقلیزاده و رهنما در سال ۱۳۲۸ جمعاً ۲ جلد برای دانشسراها.

۸ ـ شیمی مخصوص کلاس ششم دبیرستان با همکاری رضا قلیزاده، رهنما، وارطانی سال ۱۳۳۶، یک جلد.

۹ ـ دورهٔ فیزیک و شیمی با همکاری رضاقلیزاده، رهنما، دکترامین، دکتر اردلان، دکتر صفاری، دکتر حاج سید جوادی، رفیع زاده و باروخ بروخیم در تهران ۱۳۳۷ برای یکسان کردن کتابهای درسی کشور جمعاً ۱۲ جلد.

۱۰ ـ حل المسائل مکانیک «نوین» با همکاری رضا قلیزاده، رهنما و دکتر حاج سید جوادی، رفیع زاده، و باروخ بروخیم در سال ۱۳۴۰ یک جلد.

۱۱ ـ دورهٔ کامل شیمی «نوین» به وسیلهٔ مؤلفان فوق، سال ۱۳۴۱ یک جلد.

۱۲ ـ حل المسائل فیزیک و شیمی «نوین» به وسیلهٔ مؤلفان فوق برای کلاسهای مختلف، سال ۱۳۴۲ جمعاً ۵ جلد.

۱۳ ـ دورهٔ کامل فیزیک «نوین» برای داوطلبان کنکور و دانشکده ها، سال ۱۳۴۳ یک جلد.

۱۴ ـ حل المسائل فیزیک «نوین» به وسیلهٔ مؤلفان فوق، سال ۱۳۴۴ یک جلد.

۱۵ ـ فیزیک تجربی (دستور کار برای ۱۵۰ آزمایش فیزیک / با همکاری دکتر صفوی، رحمتی و رهنما، یک جلد.

۱۶ ـ «علم و زندگی» با همکاری بیرشک، دکتر بهزاد، رضا قلیزاده و رهنما، یک جلد.

۱۷ ـ «زندگینامهٔ علمی دانشوران» با همکاری گروهی از مترجمان از طرف مرکز انتشارات وزارت علوم و آموزش عالی سال ۱۳۶۲ ترجمهٔ زندگینامهٔ چند دانشمند فیزیک به عهده این جانب بوده است.

یک عمر تجربه، یک سر مشق

۱۸ ـ خودآموز فیزیک برای جوانان با همکاری مؤلفان از طرف بنیاد دانشنامهٔ بزرگ فارسی (زیر چاپ) سال ۱۳۷۴ .

۱۹ ـ فیزیک مقدماتی برای دانشجویان مدرسه عالی شمیران سال ۱۳۵۷ مطلبی که قابل ذکر است این که بسیاری از این کتابها مرجع بوده و در سایر تألیفات از آنها استفاده شده است . مثلاً اگر به کلمهٔ ترمومتر (دماسنج) در لغت نامهٔ مرحوم دهخدا مراجعه کنید چند صفحه از کتاب فیزیک رنر با شکل و مطلب کاملاً منتقل شده است .

متن سخنرانیهای مهم : در انجمن آزمایشگاه تبریز بسیاری از سخنرانیهای مهم برای تودهٔ مردم ایراد شده است ، از آن جمله است :

۱ ـ سخنرانی دربارهٔ برق در سال ۱۳۱۸ در سالن دانشسرای دختران تبریز که شنوندگان بیشتر از مقامات عالی رتبه ادارات و اولیاء دانش آموزان بودند ، به طوری که مرحوم آقای افتخار رئیس بانک سپه تبریز که مرد مسن و موقری بود فی البداهه اشعاری در این باره سرود که با این ابیات شروع می شد :

شبی یاد دارم که نوروزیان
همی گفت در محفل دوستان
که برق است زینت ده زندگی
زبرق است وارستن از بندگی
زبرق است عالم سراسر بهشت
به برق است اکنون هم زرع و کشت
زوقتی که با برق شد کارما
چو روز فروزان شب تارما

۲ ـ سخنرانی دربارهٔ عید نوروز در سالن دانشسرای پسران تبریز در سال ۱۳۱۹ .

۳ ـ سخنرانی دربارهٔ حرکت وضعی زمین با آزمایش فوکو به مدت ۲ ساعت و تکرار آزمایش به مدت ۵ روز سال ۱۳۱۸ .

۴ ـ سخنرانی دربارهٔ جشن خدمات سی سالهٔ فرهنگی مرحوم عبدالله زادهٔ فریور معلم ریاضی من در دورهٔ دبیرستان و رئیس دبیرستان فردوسی تبریز سال ۱۳۱۸ .

۵ ـ سخنرانی دربارهٔ برق و تلفن در سالن دبیرستان فردوسی تبریز سال ۱۳۲۰ .

۶ ـ سخنرانی دربارهٔ تلویزیون در دانشکدهٔ علوم تهران سال ۱۳۲۴ و چاپ آن در روزنامهٔ ارمنی زبان آلیک .

۷ ـ سخنرانی دربارهٔ اخلاق مرحوم استاد

دکتر حسابی در مجلس یادبودی از طرف دانشگاه آزاد اسلامی زنجان سال ۱۳۷۱ .

۸ ـ سخنرانی در مجتمع فرهنگی آموزشی شهید مهدوی به مناسبت روز معلم سال ۱۳۷۴ .

پیشنهادهای اصلاحی : روش تدریس فیزیک و به طور کلی علوم تجربی در غالب مدارس ابتدائی ، راهنمایی ، و دبیرستان نیاز به تغییر و اصلاح دارد . در کنار برنامهٔ فعلی باید یک برنامهٔ اصلاحی و تکمیلی برای مؤسسه های آموزشی غیر انتفاعی و مدارس نمونه مردمی و مشابه آنها تهیه و اجرا کرد و بتدریج در مدارس دولتی هم وسائل و امکانات فراهم ساخت . مطالب زیر قابل ذکر و توجه است :

۱ ـ درس فیزیک و سایر علوم تجربی در آزمایشگاه تدریس شود .

۲ ـ دانش آموزان خود در گروههای کوچک آزمایش کنند و نمره آزمایشگاه برای هر دانش آموز داده شود و با سایر نمرات جمع شود و معدل گیری به عمل آید .

۳ ـ وزارت آموزش و پرورش با استفاده از دبیران با سابقه و احیاناً بازنشسته و صاحبان کارگاه و کارخانه های تهیه وسائل آزمایشگاهی جزوه های دستور کار تهیه کنند و در اختیار دانش آموزان قرار دهند .

۴ ـ گردشهای علمی ، بازدید از کارخانه ها و سایر مراکز صنعتی را در برنامه بگنجانند و گزارشهای مربوط از طرف دانش آموزان تهیه شود و احیاناً سؤالهایی از آنها در امتحان طرح شود .

۵ ـ آزمایشهای ساده ، و انجام آنها با وسائل ارزان قیمت و دورانداختنی را در موقع خود درسر کلاس انجام دهند و دربارهٔ آنها بحث کنند . چند مثال برای این آزمایشها ذکر می کنم :

الف ـ پیدا کردن گرانیگاه یک پارو ، بیل یا جاروی فراشی ، آن را روی دو انگشت دو دست بگذارید و ببینید چرا هر دو انگشت با هم حرکت نمی کنند و شما هر چه سعی کنید نمی توانید انگشت دلخواه را بلغزانید چونکه نیروی اصطکاک با نیروی فشارنده متناسب است .

ب ـ دیدن نوارهای تداخلی نور به وسیله دو مداد یا دو انگشت ، رنگین بودن نوارها را توجه کنید . فرق نوارها از حیث رنگ برای نور معمولی و نور چراغ مهتابی را ملاحظه کنید .

ج ـ یک صفحه کاغذ روی میز بگذارید و روی آن یک جسم سنگین مثلاً لیوان خشک پر از آب بگذارید و اصل ماند را آزمایش کنید .

د ـ اثبات وجود فشار هوا به وسیلهٔ یک قوطی حلبی خالی که دارای در می باشد . پس از آزمایش با جوشاندن کمی آب دو مرتبه قوطی را به حال اول برگردانید .

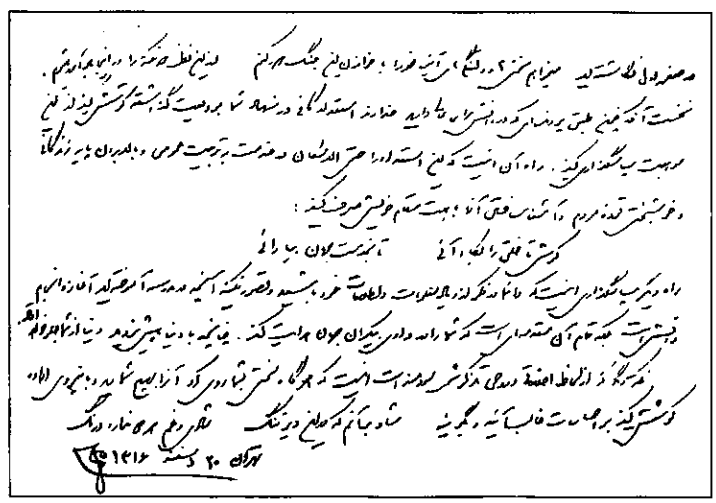
هـ ـ سطح سوزان در آینه های مقعر را که به وسیله یک تیغ یا نوار فلزی که با فشار دو انگشت آن را خم می کنید ، روی صفحهٔ کاغذ یا مقوای سفید نور خورشید را منعکس کنید و سطح سوزان را ببینید . و هزاران آزمایش سادهٔ دیگر ، استفاده از چیزهای دور انداختنی در زندگی به ما کمک می کند که بازیافت خوبی داشته باشیم . تقریباً ده سال پیش

از یک بلندگوی مخروطی کاغذی پاره شده و سیم یک اتوی برقی، اسباب‌بازی کهنه، یک دزدگیر تهیه کردم که با نصب آن تقریباً یک سال پیش دزدی را از منزل فراری دادم.

۶ ـ به دانش آموزان بیاموزید که دستور کار هر وسیله را به دقت مطالعه کنند، و از اشخاص خبره بپرسند که چگونه آن را به کار بیندازند.

۷ ـ وجود انجمنهای علمی یا آزمایشگاهی و شرکت دانش آموزان در فعالیتهای علمی بسیار سودبخش است و من در ضمن خدمت همواره سرپرستی این انجمنها را به عهده داشتم. مثلاً انجمن آزمایشگاه در دبیرستانهای تبریز و انجمن آزمایشگاه در دبیرستان دارالفنون را می توان نام برد. فعالیتهای این انجمنها در رشته های مختلف علمی بسیار جالب بود و به قدری برای دانش آموزان جالب و مفید بود که حتی پس از ۶۰ سال یا بیشتر اغلب دانش آموزان آن موقع که به سبب فعالیت تقدیر نامه یا مدال انجمن را گرفته بودند امروزه با نشان دادن آنها اظهار خوشحالی و افتخار می کنند. یادم هست که در انجمن آزمایشگاه تبریز هر چند وقت جشن و یا جلسهٔ مفصلی می گرفتیم. مثلاً آزمایش آونگ فوکو با نمایش زندگانی فوکو به مدت ۱۵ روز و سایر سخنرانیهای علمی و برگزاری جلسهٔ تشکر و معرفی بهترین و ممتاز ترین خدمتگزاران به فرهنگ و جشنهای عید نوروز و . . . همانطور که گفتم در تهران برای معلمان علوم تجربی هم انجمن تشکیل دادیم که در غالب شهرستانها شعبه داشت و نشریه های فراوان و سمینارها و کنفرانسهای علمی با شرکت اعضاء انجمنها و دانشمندان داخل و خارج کشور در شهرستانها و ارائه روشهای جدید تدریس علوم تجربی به خصوص فیزیک به وسیلهٔ آزمایشهای ساده یا آخرین ابتکارات وسائل علمی در خارج از کشور که تفصیل آنها در نشریه های انجمنهای علوم تجربی کشور مندرج است.

تشکیل انجمنهای معلمان علوم تجربی در شهرستانهای کشور و شرکت معلمان علوم تجربی در نمایشگاههای وسائل آزمایشگاهی در کنفرانسهای تابستانی باعث شد که خود معلمان وسائل آزمایشگاهی بسازند و حتی به تولید انبوه برسانند. من می توانم از پیشقدمان این معلمان آقای وثاقی، وآقای جبارزاده نام ببرم که در قسمت فیزیک



کارخانه های وسائل آزمایشگاهی دایر کردند و در تمام شهرستانها این جنبش وجود دارد به طوری که در نمایشگاه کنفرانس آموزش فیزیک سال ۷۴ درمشهد مقدس ابتکارات و ساخته های همکاران را دیدیم و امیدواریم وزارت آموزش و پرورش با معرفی و تشویق و ترغیب آنها باعث پیشرفت آزمایش توأم با تدریس گردد.

از تماشای برنامهٔ کانال ۲ تلویزیون که در ساعت $20\frac{1}{4}$ شب جمعه ۶ بهمن ۱۳۷۴ دربارهٔ پلانتوریوم پخش شد بسیار خوشحال شدم. از قرار معلوم سالهاست که در دانشگاه تبریز این دستگاه کار می کند. من جای دوستان و همکاران علوم تجربی را که اکنون در بین ما نیستند خالی می کنم و از درگاه خداوند متعال می خواهم که روح آنها را قرین رحمت کناد. کاش بودند و می دیدند که توصیه های ششمین کنفرانس عمومی آنها که در تابستان ۱۳۴۷ در شهر تبریز و در نشریهٔ همان تاریخ نوشته شده است یکی یکی به مرحلهٔ عمل می رسید. من در طول خدمت فرهنگی هرگز به فکر مقام، رتبه و پول نبودم. برای اثبات این موضوع باید عرض کنم که با این همه تألیفات و تدریس در کلاسهای کارآموزی دبیران هرگز در ارتقاء رتبه و گرفتن امتیاز دخالت نداده ام و اکنون هم حداقل حقوق بازنشستگی را می گیرم.

کارهای روزانه

۱ ـ راهپیمایی هر روزه توأم با خرید مایحتاج روزانه از منزل تا سر پل تجریش و میدان قدس و مراجعت را انجام می دهم (به حساب ورزش).

۲ ـ در بهار و تابستان و پاییز باغبانی در حیاط منزل و تکثیر نباتات و قلمه زدن گیاهان و درختان و گلها می کنم و آنها را به دوستان و اقوام اهدا می کنم. در زمستان سرکشی به گلهایی که در گلخانه هستند و احیاناً برف ـ روبی و تمیز کردن حیاط و روی دیوارها و کوچه را به عهده می گیرم.

۳ ـ مطالعه کتابهای علمی و مخصوصاً فیزیک و احیاناً مجلات علمی.

۴ ـ نوشتن و تألیف کتاب فیزیک برای بنیاد دانشنامهٔ بزرگ فارسی.

۵ ـ تماشای اخبار تلویزیون و رادیو و احیاناً فیلم، ترجیحاً فیلمهای کمدی و تاریخی و آثار باستانی و حیات وحش.

۶ ـ معاشرت با اقوام و فرزندان و نوه ها و همسایگان.

۷ ـ تعمیر وسائل و اسبابهای مکانیکی و برقی منزل.

۸ ـ تهیهٔ برخی از ترشیها، مخلوط و شور، مرباها، کمپوت، ماست موسیر، ماست خیار و شیر برنج. که فرزندان و نوه ها و دوستان من آنها را با رغبت تمام میل می کنند و به آنها «محصولات پاپا» می گویند.

(قسمت دوم)

سخنرانی فردریک رایف در مراسم دریافت جایزهٔ میلیکان

III بیان معلومات

هر وضعیتی را می توان به راههای مختلف بیان کرد. مثلاً، می توان آن را برحسب مفاهیم مختلف با شکلهای نمادین متفاوت (یعنی، به صورت کلمات، تصاویر یا نمادهای ریاضی) و با درجه دقت مختلف نشان داد. اما این بیانهای مختلف از نظر عملی، هم ارز نیستند زیرا یک عمل واحد می تواند به یک بیان، ساده باشد و به بیان دیگر پیچیده گردد.

بنابراین طرز بیان باید به گونه ای انتخاب شود که عمل مورد نظر را آسان سازد. این خط مشی ایجاب می کند که شخص بداند چه بیانی برای هر کار مفید است و روش استفاده از این بیان را بداند.

در بخش زیر اهمیت طرز بیان برای تفسیر مفاهیم و اصول را بررسی می کنیم و خواهیم دید که چگونه بیان کمّی و کیفی، هر دو در کارهای علمی لازم اند. در بخشهای بعد نشان می دهیم که طرز بیان چه نقش مهمی در حل مسائل دارد.

الف ـ طرز بیان، تفسیر را آسان می کند

تفسیر یک مفهوم یا اصل نیازمند آن است که تمام اجزاء لازم برای این تفسیر به طور صحیح بیان شود ـ با تمام معلومات مربوطهٔ لازم برای این توصیف ـ مثلاً، برای تفسیر مفهوم شتاب طبق روشی که در بخش II.B بیان شد، باید بتوانیم سرعتهای ذره را در دو زمان متوالی و نیز تفاوت این سرعتها بیان کنیم، همچنین معلومات پیشنیاز در مورد مشخصات سرعت را داشته باشیم (یعنی بدانیم که سرعت بر مسیر ذره مماس است) و چگونگی تفریق بردارها را هم بدانیم.

معلومات توصیفی لازم برای تفسیر یک اصل ممکن است از این هم پیچیده تر باشد. زیرا این اصل چند مفهوم را با یکدیگر مرتبط می کند و تمام این مفاهیم باید به صورت سازگار بیان شوند.

بیان لازم برای تفسیر قانون نیوتون ـ برای روشن شدن آنچه که گفته شد، قانون دوم نیوتون $ma = F_{tot}$ را در نظر بگیرید. برای تفسیر این قانون در هر لحظه، باید جرم **m** و شتاب **a** را برای ذرهٔ مورد نظر تعیین کنیم، سپس این کمیتها را با نیروی کل F_{tot} (که از جمع برداری تمام نیروهای وارد بر جسم به دست می آید) مرتبط کنیم. این کار در صورتی ممکن است که ابتدا جرم ذره، حرکت آن، و نیروهای حاصل از برهم کنش با سایر اشیاء به خوبی توصیف شده باشد. در واقع، هرگونه نارسایی در این توصیف سبب برداشت نادرست از قانون دوم نیوتون و در نتیجه حل غلط مسئله ای می شود که این قانون در مورد آن به کار می رود.

نارساییهای مشاهده شده در طرز بیان ـ آنچه که گفته شد اغلب چندان بدیهی نیست و حتی دانشجویان با تجربه آن را به صورت نارسا انجام می دهند. مثلاً، در تحقیقی که

هلر (Heller) و من چند سال قبل انجام دادیم ، دانشجویانی را مشاهده کردیم که دورهٔ مکانیک مقدماتی را با نمرهٔ «ب» یا بهتر گذرانده بودند . وقتی به این دانشجویان مسائلی شبیه آنچه در درس مکانیک حل کرده بودند دادیم ، فقط یک سوم از آنها توانستند آنها را به درستی حل کنند . علت آن بود که در نیمی از مسئله ها دانشجویان مفهوم شتاب و سرعت را به غلط بیان کرده بودند و در نتیجه از قانون دوم نیوتون به صورت نادرست استفاده کرده بودند .

به عنوان مثال دیگر ، **شفر** (Shaffer) **و مک درموت** (Mc Dermott) اخیراً از دانشجویان دانشگاه واشنگتن خواستند تمام نیروهای وارد بر کودکی را که روی تاب نشسته است در لحظه ای که از وضعیت افقی می گذرد (پایین ترین نقطه که در آن طناب متصل به محل نشستن در تاب عمودی است) همراه با برآیند این نیروها مشخص کنند . از ۷۹ دانشجو ، که دورهٔ آموزشی ویژه‌ای را در مورد نیروها در فیزیک پایه می گذراندند ، فقط ۲۰٪ به این سؤالها پاسخ درست داده بودند . همچنین از ۲۱ دانشجوی دورهٔ دکترا ، فقط ۱۵٪ به این سؤالها به درستی پاسخ داده بودند . مثلاً ، بیش از ۵۰٪ این دانشجویان دورهٔ دکترا مدعی بودند که نیرویی که کودک بر محل نشستن وارد می کند برابر وزن اوست (در نتیجه اثر شتاب و تفاوت میان نیروهای گرانشی و تماسی را نادیده گرفته بودند) .

تحلیل شناختی ـ چنانکه این داده ها نشان می دهد ، توصیف کامل یک دستگاه برای کاربرد صحیح قانون نیوتون کار آسانی نیست . هرگونه کوشش جهت تحلیل فرآیندهای فکری مورد نیاز برای توصیف صحیح و قابل اعتماد منجر به روش تحلیلی می شود که به صورت طرح وار در شکل ۶ خلاصه شده است و آن را به تفصیل بررسی خواهیم کرد . این روش هر سیستم (ذره یا جزء آن را) با یک «نمودار سیستم» نشان می دهد .

برای نشان دادن بهتر این روش ، بد نیست کاربرد یک مسئلهٔ مکانیکی مانند مورد جدول ۱ را در نظر بگیرید . شکل ۷ (الف) توصیف روشن و تصویری این مسئله را نشان می دهد . وقتی روش توصیف شکل ۶ در مورد کالسکه و سطح شیب دار به کار رود ، آنچه در شکل ۷ (ب) نشان داده شده است به دست می آید .

روش خلاصه شده در شکل ۶ جزئیات مهم فرآیند توصیف را خلاصه می کند . این روش از جنبه های زیر بر رسم «نمودارهای جسم آزاد» برتری دارد .

* **سیستم جداگانه**
* **جرم**
* **حرکت** (سرعت و شتاب)
* **تمام نیروها**
* **بلند برد** (مانند گرانی)
  * اجسام برهم کنش کننده
  * نیروهای وارد بر سیستم
* **تماس**
  * اجسام در تماس
  * (محلهای تماس را مشخص کنید)
  * نیروهای وارد بر سیستم
* **مؤلفه ها**

شکل ۶ ـ روش توصیف یک سیستم با نمودار سیستم

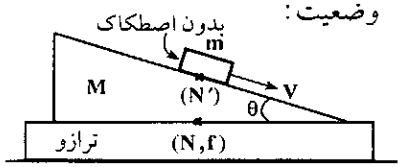
(الف) بیان توأم حرکت و برهم کنشها ـ این روش مشخص می کند که باید حرکت سیستم (سرعت و شتاب) و تمام نیروهای وارد بر آن را به دقت بیان کند . این مطلب اهمیت بسیار دارد . زیرا قانون نیوتون ، مانند بسیاری از اصلهای مکانیک ، رابطهٔ میان حرکت و برهم کنشها را مشخص می کند . (پس حذف اطلاعات مربوط به حرکت از نمودارهای جسم آزاد متداول تا حدی عجیب است) .

جدول ۱ ـ توصیف یک مسئلهٔ مکانیک

یک کالسکه ، به جرم m با اصطکاک ناچیز از یک سطح شیب دار ساکن که روی ترازو قرار دارد به پایین می لغزد . جرم سطح شیب دار M و زاویهٔ سطح بالایی آن با افق O است . ترازو چه وزنی را نشان می دهد؟

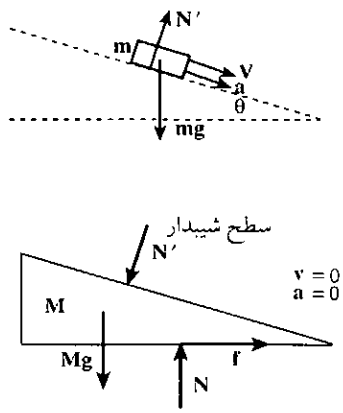
(الف) بیان مسئله

وضعیت :



هدف ـ ترازو چه چیزی را نشان می دهد؟ (یعنی؟= N)

(ب) توصیف سیستم



شکل ۷ ـ (الف) بیان مفید مسئلهٔ جدول ۱ ـ (ب) نمودارهای کالسکه و سطح شیب دار را (با بردارهایی که هنوز به مؤلفه ها تجزیه نشده اند) نشان می دهد .

این روش برای توصیف دستگاه بسیار مناسب است . زیرا می توان تحقیق کرد که آیا بیان شتاب با نیروی کل سازگار است . (دانشجویان اغلب اصطکاک وارد از ترازو به سطح شیب دار را فراموش می کنند) . اما حذف این نیرو در شکل ۷ (ب) به آسانی

مشخص می شود، زیرا متوجه می شویم که شتاب سطح شیب دار صفر نمی شود.

(ب) مشخص کردن اشیاء برهم کنش کننده قبل از نیروها ـ این روش اشیاء برهم کنش کننده را قبل از تعیین نیروهای وارد از طرف آنها مشخص می کند. این کار به اجتناب از نیروهایی که وجود خارجی ندارند (مانند نیروی گریز از مرکز) کمک می کند.

(پ) جدا کردن برهم کنشهای بلند برد و تماسی ـ این روش *نیروهای بلند برد و تماسی* را به روشنی از هم جدا می کند. همچنین با علامت گذاری آنها در نمودار وضعیت اطمینان می دهد که تمام نیروهای تماسی به حساب آمده اند. مانند شکل ۷ (الف)، که در آن تمام نقطه های تماس (و در نتیجه برهم کنشهای تماسی متناظر با آنها) مشخص شده است.

(ت) برچسب زنی نقطه های تماس با بزرگی نیروهای متناظر ـ با علامت گذاری صریح نقطه های تماس با بزرگی نیروهای متناظر، برچسب مشترکی برای یک زوج نیروی وارون فراهم می شود. پس اطمینان حاصل می شود که این نیروها، وقتی در نمودارهای مختلف سیستم نمایان می شوند، خود به خود با بزرگی یکسان مشخص شده اند.

این جزئیات، در واقع برای بیان درست که منجر به تفسیر مناسب می شود، اهمیت بسیار دارند. در واقع، تحقیقات سابق الذکر نشان داده است وقتی دانشجویان روش توصیف کلی مانند آنچه در شکل ۶ آمده است را دنبال کنند، در ۹۰٪ موارد، قانون نیوتون (و در نتیجه حل مسئله مبنی بر این قانون را) به درستی به کار می برند. به هر حال، اگر روش توصیف مسئله شامل تمام جزئیات نباشد، افت قابل ملاحظه ای در عملکرد دانشجویان مشاهده می شود.

ب ـ بیان کمّی و کیفی مکمل

همان طور که قبلاً گفته شد، روش بیان باید چنان انتخاب شود که کارهای مورد نظر را آسان کند. این خط مشی برای روشهای لازم کار عملی مشمول گسترده تری دارد.

ضرورت دقت و استنباط گسترده ـ هدف علم توصیف یا پیشگویی بیشترین پدیده های مشاهده پذیر بر مبنای چند فرض اولیه است. به ویژه در علومی مانند فیزیک که به خوبی توسعه یافته اند ضرورت بسیاری برای استنباط گسترده وجود دارد.

در روشهای رسمی بیان، از نمادهایی استفاده می شد که به دقت تعریف شده اند و قاعده های روشنی برای کار با آنها وجود دارد. برای سهولت زنجیرهٔ استنتاجهای طویل و دقیق بسیار مناسب اند. این روشهای رسمی بیان، که در آنها از ریاضیات و منطق استفاده می شود، در فیزیک کاربرد وسیع دارند. مثالهای آشنا عبارت اند از جبر، حساب انتگرال و دیفرانسیل، آنالیز برداری و بسیاری چیزهای دیگر.

در آموزش فیزیک اغلب بر این روشهای کمّی بیان تأکید بسیار می شود. اما آیا این روشها برای نیازهای علمی کافی هستند؟

ضرورت جستجو ـ در علوم، مانند بسیاری از حوزه های دیگر جستجو برای مشخص کردن شقهای دیگر و تصمیم گیری میان آنها ضرورت بسیار دارد. مثلاً، جستجو برای رهیافتهای برنامه ریزی در حل مسئله، طراحی، اختراع، اکتشاف، مشخص کردن دلایل ممکن برای پدیده های مشاهده شده، از بین بردن مشکلات، استفاده از روشهای بهبود کیفیت، و بسیاری کارهای دیگر ضروری است.

استفادهٔ مکمل از توصیف کمّی و کیفی ـ کارآیی علمی هم به استنباط دقیق نیازمند است و هم محتاج جستجوست همین طور می توان، با استفاده از هر دو بیان کمّی رسمی و بیان کیفی غیررسمی به آن دست یافت. در واقع، دانشمندان برجسته به خوبی با این مسئله آشنا هستند. مثلاً، به گفتهٔ اینشتین «**کار فیزیکدان نیازمند بالاترین استاندارد دقت در بیان روابط است، به طوری که فقط با استفاده از زبان ریاضی می توان به این درجه از دقت رسید**». و در جای دیگر، در نامه ای به آدامارد [Hadamard ریاضیدان فرانسوی] می گوید «به نظر نمی رسد که کلمات زبان ... در ساز و کار تفکر نقشی داشته باشند موجودات ذهنی که ظاهراً به عنوان اجزاء تفکر عمل می کنند صرفاً علامتها و تصاویری هستند که می توان آنها را به عنوان اجزاء تفکر به دلخواه باز تولید، یا ترکیب کرد ... قبل از اینکه ارتباطی با ساختار منطقی کلمات یا علامتهای دیگر داشته باشند ... بازی به این عناصر می تواند مشابه ارتباط منطقی باشد که در جستجوی آن هستیم».

به عنوان مثالی دیگر اظهار نظر هانس بته (Hans Bette) را در نظر می گیریم. «**از فرمی یاد گرفتم ... که ابتدا، به اشیاء به صورت کیفی نگاه کنم و مسئله را قبل از اینکه فرمولهای زیادی را روی کاغذ بنویسیم به صورت فیزیکی درک کنم... فرمی همان اندازه یک فیزیکدان تجربی بود که یک نظریه پرداز. و حل ریاضی برای او بیشتر تأیید درک او از مسئله بود تا مبنای آن**».

همین طور فاینمن به صورت دیگری دربارهٔ خودش صحبت می کند «آنچه واقعاً می خواهم بکنم روشن کردن مسائل است، که در واقع نوعی موهبت فکری به تصویر درآوردن اجسام نیمه خیالی است... که همه اش بصری است. توصیف آن مشکل است ... معمولاً، سعی می کنم که تصویر را روشنتر کنم، اما در نهایت ریاضیات رشتهٔ کار را در دست می گیرد و در انتقال ایده از تصویر مؤثرتر است ... در بعضی مسائلی که حل کرده ام لازم بود که تصویر را به طور مؤثر گسترش دهم قبل از اینکه ریاضیات بتواند کاری انجام دهد».

پ ـ استنباطهای آموزشی

آنچه گفته شد ایجاب می کند که آموزش باید قابلیتهای دانشجویان را پرورش دهد تا آنچه را که آموخته اند به صورت معلومات مفید بیان کنند.

آموزش روشهای توصیف ـ وقتی انتظار

داریم دانشجویان کارهای مهمی انجام دهند (مانند تفسیر اصول علمی)، باید عواملی که این کار را آسان می کند به دقت مشخص کنیم و روشهای لازم برای انجام درست این کار تدریس شود.

در واقع، مهارت در تفسیر و بیان مطالب به اندازهٔ کافی پیچیده اند و این شایستگی را دارند که *قبل از اینکه* از دانشجویان خواسته شود آنها را در مسائل پیچیده تر به کار برند، آنها را برای خودشان فراگیرند. مثلاً، خوب است زمانی صرف آن شود تا دانشجویان بیاموزند چگونه حرکتها و بر هم کنشهای دستگاههای مختلف را بیان کنند، و چگونه این اطلاعات را برای استفاده از قانونهای نیوتون در مورد آنها اعمال کنند. بعد از این تمرین، دانشجویان برای استفاده از قانونهای نیوتون در حل مسئله های مکانیک آمادگی بیشتری خواهند داشت.

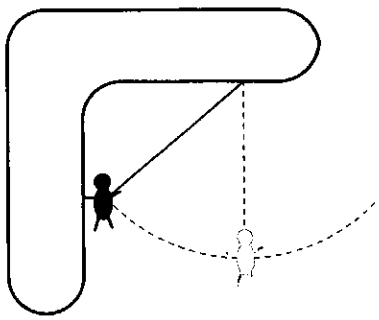
همچنین تدریس معلومات پیشنیاز لازم برای توصیف و تفسیر روشن مسائل حائز اهمیت است. مثلاً، نمی توان بر هم کنشهای یک دستگاه را بدون اطلاعات کافی از ویژگی نیروهای مختلف توصیف کرد. ویژگی بعضی از این نیروها (مانند نیروهای تماسی چون اصطکاک) چندان بدیهی نیست و باید روشنتر از آنچه متداول است، تدریس شود.

تأکید بر هر دو توصیف کمّی و کیفی ـ تأکید فراوان بر صورتگرایی ریاضی از مشخصه های بسیاری از دوره های فیزیک است معمولاً دانشجو فرمولهای بسیاری را به خاطر دارد، اما درک چندانی از مسئله ندارد. گاهی، فقط ایدهٔ کیفی داده می شود بدون اینکه مسئله به صورت کمّی مورد توجه قرار گیرد. همان طور که در بخشهای قبل گفته شد، هیچ کدام از دو حد بازتاب کار علمی نیست. بنابراین آموزش باید به گونه ای باشد که در آن از هر دو توصیف کمّی و کیفی به صورت متوازن و مکمل یکدیگر استفاده شود. این کار را می توان به چند طریق انجام داد.

(الف) قرار دادن بحثهای کمّی در چارچوبهای کیفی ـ قرار دادن بررسیهای کمّی در چارچوبهای کیفی مفید است. مثلاً، ویژگیهای شتاب را می توان برای حرکت بر خط راست و خمیده *قبل* از به دست آوردن توصیف کمّی شتاب در حرکت خطی و دایره‌ای به طور کیفی به دست آورد. به عنوان مثالی دیگر، برهم‌کنش را می توان به عنوان یک ایدهٔ کلی مطرح کرد که چند مفهوم کمّی مبین برهم کنشها (مانند نیرو، کار، انرژی، پتانسیل، و گشتاور) را در برمی گیرد. سپس می توان متذکر شد که رابطه های مهمی میان حرکت و بر هم کنشها وجود دارد، و اینها را در نهایت می توان به صورت اصول کمّی مکانیک (مانند قانون نیوتون و رابطهٔ کار و انرژی) بیان کرد.

(ب) حل مسئله های کیفی همراه با مسائل کمّی ـ می توان به دانشجویان علاوه بر مسئله های کیفی مسائل کمّی نیز داد و مسائل اخیر می تواند به همان اندازه آموزنده و نیازمند مهارت باشد. مثلاً، مسئله ای که در شکل ۸ نشان داده شده است از دانشجویان می خواهد تا تعیین کنند که بزرگی نیروی وارد از طناب: (الف) وقتی که کوهنورد در حال سکون به دیواره چسبیده است، (ب) بلافاصله پس از رها کردن دیوار و (پ) وقتی از پایین ترین نقطه مسیر می گذرد، بزرگتر، کوچکتر، یا مساوی وزن کوهنورد است. این مسئله مکانیک کاملاً کیفی است، در عین حال به درک رابطهٔ میان شتاب و نیروها نیازمند است.

(پ) بررسیهای کیفی و وابستگیها ـ دانشجویان باید تشویق شوند که جواب مسئله های کیفی را با مقایسه سازگاری نتیجه های آنها با پیش بینی کمّی در موارد خاص بررسی کنند. اگر از دانشجویان خواسته شود تا مسئله ها را به صورت جبری بیان کنند، می توانند متوجه این نکته شوند



شکل ۸ ـ کوهنوردی که از طناب متصل به یک لبه آویزان است و با نیروی افقی به صخره متصل است

که چگونه نتیجه ها به طور کیفی به پارامترهای مهمی بستگی دارد.

IV سازماندهی معلومات

قابلیت استفاده از معلومات به سازماندهی خوب آن بستگی دارد. مثلاً پرونده های موجود در کشوهای بایگانی یک اداره ممکن است پر از اطلاعات ارزشمند باشد. اما اگر این پرونده ها به طور نامنظم قرار گرفته باشند، تمام این اطلاعات بدون استفاده اند. زیرا یافتن اطلاعات مورد نظر تقریباً غیرممکن است، گرچه اطلاعات بالقوه موجودند، اما در دسترس نیستند. به علاوه، اگر حجم اطلاعات زیاد باشد، مسئلهٔ بازیافت به طور فزاینده‌ای مشکل می شود (یافتن یک سوزن در انبار کاه بسیار مشکل است). پس مهم است که معلومات را به طور مؤثری سازمان دهیم تا کارهای مورد نظر آسان شود (مثلاً، گزینش پذیری، به دست آوردن اطلاعات مربوطه، بررسی سازگاری معلومات، تعمیم آن، تعالی آن، اطلاعات بیشتر و غیره).

الف ـ نقایص مشترک

ویژگی معلومات دانشجویان ـ معلومات علمی دانشجویان اغلب منسجم نیست و مانند معلومات روزمره تمایل به شاخه شاخه شدن دارد، که هر شاخه معلوماتی است که نمی توان آن را از معلومات دیگر به دست آورد. مثلاً، مشاهده های ما، نشان داده است که معلومات دانشجویان در مورد شتاب عمدتاً متشکل از اطلاعات گوناگون

اغلب نادرست است، که اغلب با مفهوم عمومی ارتباطی ندارد.

این ناهماهنگی معلومات دانشجویان به طور تکان دهنده‌ای بارز بود. زیرا دانشجویان در فراخوانی اجزاء مختلف معلومات خود اغلب با پارادوکسهایی مواجه می شدند و نمی توانستند آنها را با استفاده از معلومات بنیادیتر حل کنند. مثلاً، وقتی سعی می کردند شتاب آونگ را در نقاط حدی [نقطهٔA در شکل۲(پ)] تعیین کنند، یکی از دانشجویان گفت «شتاب صفر است چون وزنه حرکت نمی کند، و من اطمینان دارم اجسامی که حرکت نمی کنند شتاب ندارند». این دانشجو چنین ادامه داد «اما صفر بودن سرعت در این نقطه به این معنی نیست که تغییر نمی کند، بلکه باید جهت آن از یک سو به سوی دیگر تغییر کند». پس از رفت و برگشتهای مکرر میان این ملاحظات، بالاخره این دانشجو نتوانست پارادوکس را حل کند.

پارادوکسهای بسیار دیگر، بازتاب ناهماهنگی دانشجویان است. مثلاً در مسئلهٔ سورتمه که در شکل ۲ (الف) از نقطهٔ A می گذرد. یک دانشجو مدعی بود که سرعت کم شوندهٔ سورتمه ایجاب می کند که شتاب مخالف سرعت باشد. اما این دانشجو تصور می کرد که شتاب به واسطهٔ گرانی باید عمود و به طرف پایین باشد و مجدداً، نمی توانست این ناسازگاری آشکار را حل کند.

سازماندهی معلومات متخصصان و دانشجویان ـ بسیاری از فیزیکدانان با سربلندی ادعا می کنند که فیزیک، برخلاف شیمی آلی یا بسیاری علوم دیگر، نیاز چندانی به حفظ کردن مطالب ندارد. اما، دانشجویان اغلب شکایت می کنند که در فیزیک باید واقعیتها و فرمولهای بسیاری را به خاطر بسپارند.

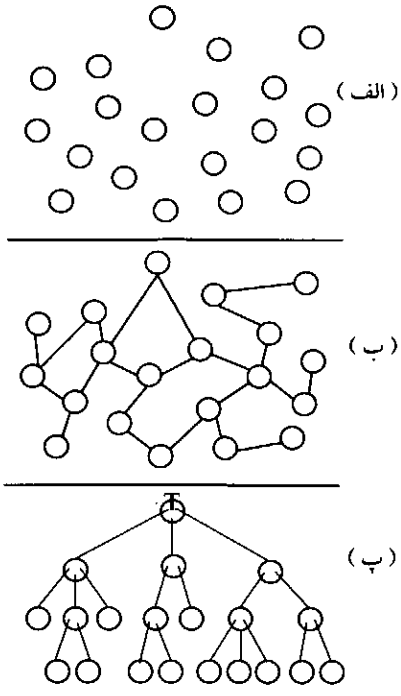
در واقع، بین این دو دیدگاه ظاهراً متفاوت هیچگونه ناسازگاری وجود ندارد. فیزیکدانان برجسته معلومات خود را به صورت هماهنگ سازمان داده اند و با استفاده از این سازماندهی می توانند اطلاعات را با جزئیات بیشتر به آسانی استخراج کرده و به خاطر آورند، اما، معلومات پراکندهٔ دانشجویان دارای این ساختار هماهنگ نیست.

استراتژیهای آموزشی ناکافی ـ این سازماندهی معلومات ناهماهنگ دانشجویان را می توان با مجموعهٔ بدون ارتباط شکل ۹ (الف) به صورت طرح وار نشان داد. روشهای مؤثر سازماندهی معلومات کدام اند؟

بعضی کتابهای درسی می کوشند با ارائه «فهرستی از فرمولها» معلومات فیزیکی را خلاصه کنند. اما آیا این فهرست طبقه بندی نشدهٔ فرمولهای گوناگون روش مفیدی برای سازماندهی معلومات است؟ بعضی معلمان از دانشجویان می خواهند «نقشه های مفهومی» بسازند تا مفاهیم را به صورت شبکهٔ مرتبط شکل ۹ (ب) درآورند. این ساختار شبکه ای، بدون شک از معلومات پراکندهٔ شکل ۹ (الف) هماهنگ تر است. اما آیا این نقشه استخراج گزینشی اطلاعات خاص را به طور بارزی آسان می کند؟ در واقع، فرض کنید شبکه ای از معلومات داریم که به صورت گسترده ای مرتبط اند چگونه می توان راه خود را در این جنگل ارتباطها پیدا کرد و به معلومات ویژهٔ مورد نظر رسید؟

ب ـ ملاحظات شناختی

سپس باید به سؤال مهم زیر پاسخ دهیم: چه نوع سازماندهی معلومات می تواند بازیافت اطلاعات خاص را آسان کند؟ پاسخ این سؤال سازماندهی معلومات اولویت بندی شده، مانند سازمانی است که در شکل ۹ (پ) نشان داده شده است. در این ساختار، هر جزء معلومات به صورت چند جزء فرعی درآمده است که به نوبه خود می توانند به طور ماهرانه ای تقسیم شوند. با استفاده از این تقسیمهای متوالی، می توان هرگونه اطلاعات بیشتر را بدون اختلال در ایده های اصلی وارد ساختار کرد. این ساختار سلسله مراتبی سیستماتیک و آسان، بازیافت اطلاعات را امکانپذیر می سازد. در واقع با شروع در سطح T، فرآیند بازیافت را می توان به مراحل مختلف تجزیه کرد که هریک از آنها فقط شامل تصمیم گیری میان چند شق است. بدین ترتیب می توان به جستجوی راهی پرداخت که به اطلاعات مورد نظر در این ساختار منتهی می شود.



شکل ۹ ـ نمایش طرح وار سازماندهی معلومات به راههای مختلف.

(الف) معلومات ناهماهنگ از اجزاء بدون ارتباط تشکیل شده اند.

(ب) اجزاء معلومات به یکدیگر متصل شده اند و شبکه ای را تشکیل داده اند.

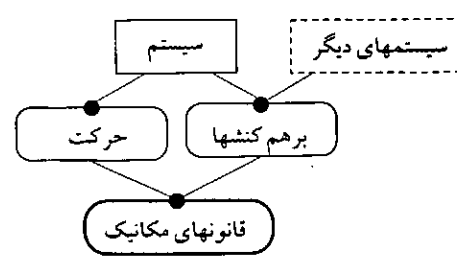
(پ) سازماندهی معلومات برحسب اولویت.

مثلاً، اطلاعات جغرافیایی ایالات متحدهٔ امریکا اغلب برحسب اولویت به صورت نقشه هایی در مقیاسهای مختلف سازماندهی می شود. در سطح بالای سازمان T نقشهٔ کلی ایالات متحدهٔ امریکا توصیف شده است. این نقشه سپس به نقشه های با جزئیات بیشتر از ایالات غربی، مرکزی، و شرقی گسترش می یابند. سپس نقشه هایی با جزئیات بیشتر در مورد ایالتهای موجود در هر منطقه داده می شود و همین طور جزئیات بیشتری داده می شود تا آخر. چنانکه همه

می دانیم ، این نقشه ها در یافتن اطلاعات جغرافیایی خاص و مسافرت در ایالات متحده بسیار مفیدند .

شواهد زیادی دال بر مؤثربودن سازماندهی سلسله مراتبی در کارهای علمی وجود دارد . مثلاً یک بحث علمی یا حل مسئله را می توان به صورتهای مختلف انجام داد . می توان آن را به صورت خطی در دنباله ای متشکل از ۱۵ مرحله ترتیب داد که از فرضهای اولیه به نتیجه گیری می رسد . شق دیگر ، سازماندهی سلسله مراتبی در چهار گام اصلی است ، که هر گام را می توان به سه یا چهار گام فرعی دیگر گسترش داد .

در یک آزمایش که ایلون (Eylon) و من چند سال قبل انجام دادیم ، مطمئن شدیم که دانشجویان بحثی را که به صورت خطی یا سلسله مراتبی سازمان داده شده است فرا گرفته اند . آزمونهای بعدی نشان داد دانشجویانی که مطلبی را به صورت سلسله مراتبی یاد گرفته اند بسیار بهتر می توانند مبحث را به خاطر آورده تا آن را تعدیل کنند و خطاهای آن را آشکار سازند .



شکل ۱۰ ـ دیدگاه کلی مکانیک

معلومات در زمینهٔ فیزیک را می توان به طور سلسله مراتبی سازمان داد . بعضی از فرآیندهای این سازماندهی در ملاحظات قبلی ذکر شد . مثلاً ، مکانیک را می توان در سطح بالای T با دیدگاهی مانند آنچه در شکل ۱۰ توصیف شده است بیان کرد . این دیدگاه کلی نشان می دهد که مکانیک با حرکتها و سیستمها و برهم کنش میان آنها سروکار دارد . این کار با قدرت پیشگویی قانونهای مکانیک امکانپذیر است که رابطهٔ میان حرکت و برهم کنشها را بیان می کند .

سپس می توان معلومات در هریک از گروههای قبل را به صورت سلسله مراتبی طبقه بندی کرد . یعنی معلومات دربارهٔ حرکت سیستم (مانند معلومات دربارهٔ سرعتها و شتابها) ، معلومات دربارهٔ برهم کنشها (یعنی معلومات دربارهٔ نیروهای بلند برد و تماسی) و معلومات دربارهٔ ارتباط میان حرکت و برهم کنشها (مانند اطلاعات دربارهٔ قانونهای مکانیک) . مثلاً اطلاعات اخیر را می توان به سه قانون بنیادی که در شکل ۱۱ مشخص شده اند (یعنی قانونهای تکانه ، تکانهٔ زاویه ای ، و انرژی) تقسیم کرد . این قانونها را سپس می توان به موارد خاص طبقه بندی کرد (یعنی با قانونهای پایستگی که تحت شرایط خاص معتبرند) .

این سازماندهی سلسله مراتبی بسیار هماهنگ است . در این سازماندهی مجموعه ای از فرمولها و حقایق گوناگون دخیل نیستند ، بلکه فقط چند ایدهٔ کلیدی وجود دارد که می توان آنها را به آسانی به خاطر آورد و به صورت قابل انعطافی با آنها کار کرد . برای مثال ، تمام درس مکانیک کلاسیک را می توان حول سه محور اساسی مکانیک بنا کرد که در شکل ۱۱ نشان داده شده اند .

پ ـ استنباطهای آموزشی

سازماندهی تودهٔ عظیمی از معلومات به طور مؤثر کار آسانی نیست و از توان بیشتر دانشجویان بی تجربه خارج است . اما ، آموزش باید حداقل بتواند این اطمینان را بدهد که (الف) : دانشجویان معلوماتی را کسب کرده اند که به صورت سلسله مراتبی سازماندهی شده است و (ب) : می توانند از این معلومات سازماندهی شده استفاده کنند تا اطلاعات مربوطه را بازیابند .

روشهای زیر می تواند در رسیدن به این هدف مؤثر باشد .

به جای ارائه حقایق و فرمولهای زیاد ، آموزش باید بر چند تعریف و اصل بنیادی متمرکز شود که بتوان از آنها برای به دست آوردن معلومات بیشتر استفاده کرد . بعضی از این ایده های بنیادی را می توان به صورت کیفی توصیف کرد ، درصورتی که بتوان در موارد لازم آنها را به صورت دقیقتر کمّی درآورد .

سازماندهی معلومات ارائه شده را می توان با خلاصه کردنهای مکرر و نیز با نقشه ها و نمودارها روشنتر کرد .

ارائه معلومات به صورت سازمان یافته مفید است اما کافی نیست . نکتهٔ مهمتر و مشکلتر اطمینان از این مطلب است که معلومات در مغز دانشجو به خوبی سازمان یافته است . مثلاً ، می توان خلاصهٔ موجز معلومات بنیادی را به آنها داد و سپس از آنها خواست که این معلومات را به عنوان نقطه شروع در حل مسائل به کار برند و تمام کارهای خود را توجیه کنند .

ترجمهٔ دکتر منیژه رهبر

قانونهای مکانیک برای یک سیستم

(از قانون نیوتون برای یک ذره $m\vec{a} = \vec{F}_{tot}$ استنباط می شود)

(برای ذره) $m\vec{a} = \vec{F}_{tot}$

(برای CM) $M\vec{A}_c = \vec{F}_{ext}$

(اگر I ثابت باشد) $I\alpha = \tau_{ext}$

قانون تکانه $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{ext}$

قانون تکانهٔ زاویه ای $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\tau}_{ext}$

قانون انرژی $\Delta E = W_{oth}$

شکل ۱۱ ـ قانونهای بنیادی مکانیک

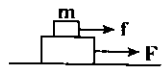
جهت نیروی اصطکاک

دکتر حسن عزیزی
گروه فیزیک دانشگاه شهید بهشتی

در کتاب فیزیک ۴ آمده است که در تعیین جهت نیروی اصطکاک دو حالت را درنظر می گیریم: (الف) اگر دو جسم بر روی یکدیگر بلغزند، نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت هر جسم بر روی دیگری است. (ب) اگر دو جسم بر روی یکدیگر نلغزند، نیروی اصطکاک یکی از مجهولات مسأله است و جهت ومقدار آن با حل کردن معادلات حرکت به دست می آید.

ابتدا حالت (الف) را بررسی می کنیم. در این حالت باید جهت درست نیروی اصطکاک را در حل مسأله به کار برد. در این حالت جهت نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت هر جسم نسبت به دیگری است. در اکثر مسائل جهت حرکت جسم نسبت به دیگری کاملاً مشخص است و به آسانی می توان جهت نیروی اصطکاک را تعیین کرد. ولی گاهی در این حالت نیز تعیین جهت نیروی اصطکاک به دقت بیشتری نیاز دارد. دو مثال در این مورد ذکر می کنیم.

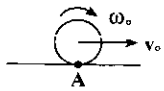
مثال ۱ ـ در شکل (۱) جسم M با نیروی F به طرف راست کشیده می شود. جهت نیروی اصطکاک وارد بر جرم m چگونه است؟ فرض کنید m بر روی M می لغزد.



شکل (۱)

حل ـ در ابتدا ممکن است به نظر برسد که چون جرم m به طرف راست حرکت می کند، نیروی اصطکاک وارد بر آن به طرف چپ است. درصورتی که باید حرکت نسبی جرم m را نسبت به M در نظر بگیریم. چون m بر روی M می لغزد نسبت به زمین آهسته تر از M حرکت می کند و درنتیجه نسبت به M به طرف چپ حرکت می کند. درنتیجه نیروی اصطکاک وارد بر m به طرف راست است. واکنش این نیرو که به M وارد می شود، درخلاف جهت F است. اگر جهت f را اشتباهاً به طرف چپ در نظر می گرفتیم، واکنش آن در جهت F به M وارد می شد. یعنی، با قراردادن m بر روی M حرکت دادن آن ساده تر می شود!

مثال ۲ ـ در شکل (۲) کره ای به جرم m را با سرعت زاویه ای ω_0 در جهت ساعتگرد و سرعت v_0 روی یک سطح افقی قرار می دهیم. در مورد جهت نیروی اصطکاک بحث کنید و سرعت نهایی کره را، هنگامی که حرکت آن به یک حرکت غلتشی تبدیل می شود، به دست آورید. نیروی اصطکاک لغزشی را ثابت فرض کنید.



شکل (۲)

حل ـ در این مثال باید ببینیم که نقطه تماس کره با سطح افقی، یعنی نقطه A، نسبت به سطح در چه جهتی حرکت می کند. سرعت نقطه A برابر است با

= سرعت نقطه A نسبت به زمین

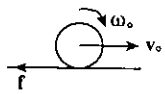
سرعت مرکز کره نسبت به زمین + سرعت A نسبت به مرکز کره

$$v = -R\omega_0 + v_0$$

حال اگر $v_0 > R\omega_0$ باشد، A به طرف راست حرکت می کند و نیروی اصطکاک به طرف چپ خواهد بود اگر $v_0 < R\omega_0$ باشد، A به طرف چپ حرکت می کند و نیروی اصطکاک به طرف راست خواهد بود.

برای به دست آوردن سرعت نهایی معادلات حرکت انتقالی و دورانی کره را می نویسیم.

در حالت $v_0 > R\omega_0$، با توجه به شکل (۳)، داریم:



شکل (۳)

$$-f = ma$$

درنتیجه شتاب مرکز کره برابر است با

$$a = -\frac{f}{m}$$

و رابطه زیر برای سرعت کره در لحظه t به دست می آید

$$v = -\frac{f}{m}t + v_0 \qquad (1)$$

برای حرکت دورانی، نسبت به مرکز کره، داریم:

$$fR = I\alpha = \frac{2}{5}mR^2\alpha$$

درنتیجه شتاب زاویه ای کره نسبت به مرکز آن برابر است با

$$\alpha = \frac{5f}{2mR}$$

و رابطه زیر برای سرعت زاویه ای کره نسبت به مرکزش از لحظه t به دست می آید

$$\omega = \frac{5f}{2mR}t + \omega_0 \qquad (2)$$

در این روابط جهت ساعتگرد مثبت در نظر گرفته شده است. در لحظه شروع غلتش $v = R\omega$ است، درنتیجه

$$-\frac{f}{m}t + v_0 = \frac{5f}{2m}t + R\omega_0$$

و زمان شروع غلتش کامل از رابطه زیر به دست می آید

$$t = \frac{5}{7R}(v_0 + \frac{2}{5}R\omega_0) \qquad (3)$$

با قراردادن این مقدار t در روابط (۱) و (۲)، سرعت انتقالی و سرعت زاویه ای نهایی کره به دست می آید

$$\omega = \frac{5}{7R}(v_0 + \frac{2}{5}R\omega_0) \qquad (4)$$

$$v = \frac{5}{7R}(v_0 + \frac{2}{5}R\omega_0) \qquad (5)$$

چون $v_0 > R\omega_0$ است، درنتیجه، اگر در رابطه های بالا از این نامساوی استفاده کنیم، خواهیم داشت:

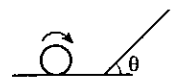
$$\omega > \frac{5}{7R}(R\omega_0 + \frac{2}{5}R\omega_0) = \omega_0$$

$$v < \frac{5}{7}(v_0 + \frac{2}{5}v_0) = v_0$$

یعنی، سرعت انتقالی کره کاهش و سرعت زاویه ای آن افزایش می یابد. این نتایج را می توان با توجه به جهت نیروی اصطکاک دریافت. چون نیروی اصطکاک در این حالت در خلاف جهت حرکت کره است باعث کاهش سرعت انتقالی آن می شود. ولی، گشتاور آن باعث افزایش سرعت زاویه ای دوران می شود. به همین ترتیب می توان نشان داد که اگر $v_0 < R\omega_0$ باشد، نیروی اصطکاک به طرف راست خواهد بود که باعث می شود سرعت انتقالی کره افزایش و سرعت زاویه ای کاهش یابد. انجام این محاسبه به عهده خواننده گذاشته می شود.

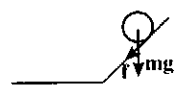
اکنون به بررسی حالت (ب) می پردازیم. در این حالت نیروی اصطکاک و جهت آن جزء مجهولات مسأله است و آن را می توان با حل کردن معادلات حرکت به دست آورد. در حل این گونه مسائل یک جهت دلخواه برای اصطکاک در نظر می گیریم و درصورتی که علامت منفی برای آن به دست آید، جهت واقعی اصطکاک در خلاف جهت اختیار شده خواهد بود.

مثال ۳ ـ استوانه ای به شعاع R و جرم m را مطابق شکل (۴) در نظر بگیرید که در روی یک سطح افقی حرکت می کند و حرکت آن غلتشی کامل است. استوانه به یک سطح شیبدار که با افق زاویه θ می سازد می رسد و از آن بالا می رود. مقدار و جهت نیروی اصطکاک و شتاب استوانه را در روی سطح شیبدار تعیین کنید. فرض کنید حرکت آن در روی سطح شیبدار غلتشی باقی می ماند.



شکل (۴)

حل ـ در این مثال چون حرکت استوانه غلتشی است، سطح استوانه نسبت به سطح شیبدار نمی لغزد و ما با حالت دوم سر وکار داریم. جهت نیروی اصطکاک را مطابق شکل (۵) به طرف پایین سطح در نظر می گیریم. بر طبق قانون دوم نیوتون برای حرکت انتقالی استوانه داریم:



شکل (۵)

$$-f - mg\sin\theta = ma$$

برای حرکت دورانی استوانه، رابطه $\tau = I\alpha$ را نسبت به مرکز جرم استوانه می نویسیم و جهت ساعتگرد را مثبت اختیار می کنیم.

$$fR = \frac{1}{2}mR^2\alpha$$

چون حرکت استوانه به صورت غلتشی کامل است، $a = R\alpha$. درنتیجه با استفاده از روابط فوق داریم:

$$a = -\frac{2}{3}g\sin\theta$$

$$f = -\frac{1}{3}mg\sin\theta$$

ملاحظه می شود که جهت اصطکاک در خلاف جهت اختیار شده، یعنی در جهت حرکت، است. این جهت نیروی اصطکاک باعث می شود، همان طور که انتظار داریم، سرعت زاویه ای استوانه کاهش یابد. ملاحظه می شود که در حالت (ب) جهت نیروی اصطکاک را می توان با حل معادلات حرکت به دست آورد. مثال دیگری از حالت (ب) در مقاله «نیروی داخلی ـ حرکت اجسام» آمده است.

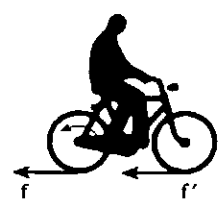
نیروی داخلی - حرکت اجسام

دکتر حسن عزیزی گروه فیزیک دانشگاه شهید بهشتی

برطبق قوانین مکانیک می دانیم که تنها عامل حرکت مرکز جرم اجسام نیروهای خارجی است. از طرف دیگر، واضح است که در حرکت اجسامی مانند اتومبیل، دوچرخه، راه رفتن انسان و . . . نیروهای داخلی نیز به نحوی مؤثر اند. زیرا، بدون وجود آنها حرکتی صورت نمی گیرد. چگونگی دخالت نیروهای داخلی را در چند مثال نشان می دهیم.

مثال ۱ ـ دوچرخه سواری با رکاب زدن گشتاور τ را به چرخ عقب دوچرخه وارد می کند. اگر جرم کل دوچرخه سوار و دوچرخه M و شعاع و گشتاور لختی هر چرخ به ترتیب R و I باشد، شتاب دوچرخه و نیروهای اصطکاک وارد بر آن را به دست آورید.

حل ـ در این مثال، همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، تنها نیروهای خارجی افقی که به دوچرخه وارد می شود، نیروی اصطکاک وارد بر چرخهاست. چرخها حرکت غلتشی کامل دارند و درنتیجه نقطه تماس آنها با زمین در هر لحظه ساکن است و نیروی اصطکاک وارد بر آنها ایستایی است. چون جهت این نیروها مشخص نیست، آنها را به طرف چپ درنظر می گیریم. با حل کردن معادلات حرکت جهت درست آنها به دست خواهد آمد.



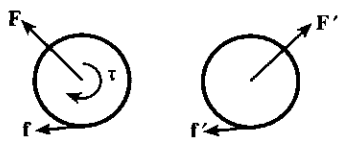
شکل (۱)

اکنون قانون دوم نیوتون را برای حرکت این دوچرخه به کار می بریم.

$$-f - f' = Ma \qquad (1)$$

که در آن a شتاب مرکز جرم دوچرخه سوار و دوچرخه است که با شتاب دوچرخه یکسان است. ملاحظه می کنید که در این رابطه، همان طور که قوانین مکانیک ایجاب می کنند، نیروهای داخلی منظور نشده اند.

در شکل (۲) نمودار آزاد چرخهای دوچرخه نشان داده شده اند.



شکل (۲)

نیروهای F و F' از طرف محور چرخ به چرخها وارد می شود که جهت و مقدار آنها مشخص نیست. چون حرکت دورانی چرخها را بررسی می کنیم و در این صورت با گشتاور نیروها نسبت به مرکز چرخها سروکار داریم، گشتاور نیروهای F و F' وارد مسأله نمی شوند. برای چرخهای عقب و جلو داریم:

$$\Sigma \tau = I\alpha \qquad (1)$$

$$fR + \tau = I\alpha \qquad (2)$$

$$fR = I\alpha \qquad (3)$$

که در آنها α شتاب زاویه ای چرخ عقب نسبت به مرکز چرخهاست. از آنجا که حرکت چرخها غلتشی کامل است، رابطهٔ زیر بین α و a برقرار است.

$$a = R\alpha \qquad (۴)$$

با حل معادلات ۱ تا ۴ مقادیر f، f′، α و a را می توان به دست آورد.

$$f = -\frac{(MR^۲ + I)\tau}{(MR^۲ + ۲I)R} \qquad (۵)$$

$$f' = \frac{I\tau}{R(MR^۲ + ۲I)} \qquad (۶)$$

$$a = \frac{\tau R}{MR^۲ + ۲I} \qquad (۷)$$

$$\alpha = \frac{\tau}{MR^۲ + ۲I} \qquad (۸)$$

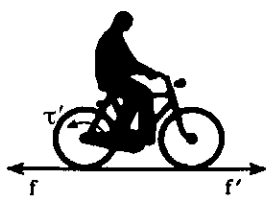
ملاحظه می شود:

۱) شتاب دوچرخه مثبت است. یعنی با اعمال τ سرعت دوچرخه افزایش می یابد. با این که در نوشتن معادله حرکت انتقالی دوچرخه، معادله (۱)، نیروی داخلی وارد نشده است، τ در معادله (۷) وارد شده و در واقع a با آن متناسب است. یعنی هرچه گشتاور مربوط به نیروی داخلی بیشتر باشد، شتاب بیشتر می شود.

۲) نیروی f وارد به چرخ عقب منفی است. یعنی این نیرو به سمت راست است و این نیروست که باعث حرکت دوچرخه به سمت راست می شود و در این جهت به دوچرخه شتاب می دهد. علت رو به جلو بودن f را می توان به این ترتیب توضیح داد که گشتاور τ می خواهد چرخ عقب را در جهت ساعتگرد بچرخاند و درنتیجه چرخ عقب نیرویی به طرف چپ به زمین وارد می کند. واکنش این نیرو، که به چرخ وارد می شود، به سمت جلو خواهد بود. f نیز با τ متناسب است و اگر τ را افزایش دهیم، f نیز زیاد خواهد شد. نکته قابل توجه این است که دوچرخه در اثر اعمال نیروی f حرکت می کند و L مقدار f به وسیله گشتاور τ مشخص می شود. اگر τ صفر باشد، نیروی اصطکاک نیز صفر خواهد بود.

۳) مقدار نیروی f′ وارد بر چرخ مثبت است یعنی جهت اختیار شده برای آن درست است. چون شتاب زاویه ای چرخ جلو در جهت ساعتگرد است، گشتاور نیروی f′ نیز باید در این جهت باشد.

مثال ۲ ـ در مثال قبل فرض کنید که دوچرخه سوار دیگر رکاب نزند و فقط ترمز چرخ عقب را بگیرد و آن را طوری تنظیم کند که حرکت غلتشی چرخ عقب همچنان برقرار بماند. شتاب و نیروی اصطکاک را تعیین کنید.



شکل (۳)

حل ـ در این مثال نیروی ترمز گشتاوری در جهت پاد ساعتگرد به چرخ عقب وارد می کند. این گشتاور را τ' می نامیم. τ' در خلاف جهت τ است. این مسأله درست مانند مسأله قبل است و فقط کافی است در جوابهای مسأله قبل به جای τ مقدار $-\tau'$ را قرار دهیم. با انجام این کار شتاب منفی می شود و درنتیجه سرعت انتقالی چرخ دراثر ترمزکردن کاهش می یابد. جهت نیروهای اصطکاک نیز عوض می شود. در این حالت نیز می بینیم با این که نیروی ترمز یک نیروی داخلی است، با تغییر جهت و مقدار نیروی اصطکاک، که نیروی خارجی است، سرعت دوچرخه را کاهش می دهد.

مثال ۳ ـ شخصی بر روی ترازویی ایستاده است. دست خود را به طرف بالا حرکت می دهد و درنتیجه مرکز جرم شخص به طرف بالا شتاب می گیرد. هرچه حرکت دست سریعتر باشد، شتاب مرکز جرم بیشتر خواهد بود. تعیین کنید که شتاب مرکز جرم در اثر کدام نیروی خارجی انجام می شود؟ پاسخ دادن به این مثال را به خوانندگان واگذار می کنیم.

فوتون ها و الکترون ها[1]

راجر جونز

اگر انتشار نور در فضا کلید «نسبیت» بود، نشر و جذب نور توسط ماده نیز شعلهٔ انقلاب نظریهٔ کوانتومی را برافروخت. در سال ۱۹۰۰، ماکس پلانک فرضیهٔ کوانتومی خود را برای توجیه رنگ معمابرانگیز نور صادره از مثلاً یک شئ فلزی داغ، که می تواند برحسب دمایش با نور قرمز یا زرد یا سفید بدرخشد، ارائه داد. پنج سال بعد، اینشتین پندارهای (نظریه) پلانک را با جرح و تعدیل بکار برد تا اثر فوتوالکتریک، که در آن نور جذب شده توسط فلز الکترونهایی از سطح آن فلز به بیرون پرتاب می کند، را توجیه کند. اینشتین فرض کرد که ذرات بسیار ریز نور، به نام فوتون، مثل توپهای بیلیارد سریع، عمل می کنند که الکترونها را از داخل فلز به بیرون پرتاب می کنند. فرضیه های پلانک و اینشتین مستقیماً در تضاد با نظریهٔ موجی نور بود، ولی بدون آنها، هیچکس نمی توانست تابش فلز داغ یا اثر فوتوالکتریک را توضیح دهد. بعدها پندارهای مشابهی برای حل مسئلهٔ تابش نور از اتمها و ماهیت موجی الکترونها بکار رفت. سرانجام، تمام این پندارهای تازه و ناآشنا، در قالب یک نظریهٔ ریاضی تمام عیار از پدیده های اتمی درهم آمیخته شد. نظریهٔ کوانتومی جدید بسیاری از پدیده های اتمی و جدول تناوبی عناصر شیمیایی را به درستی تعبیر و تفسیر کرد، و تا آنجا پیش رفت که بتواند لیزرها، ترانزیستورها و ضد ماده را پیش بینی کند. فرضیه های اولّیه به نظر می رسید در مقابل هر تفسیر مشهود که بتواند آنها را با مفاهیم کلاسیک وفق دهد، مقاومت می کردند.

رنگ گرما

اگر یک سیخ فلزی بخاری را در آتش قرار دهید و بگذارید تا چند دقیقه گرم شود، وقتی آن را برمی دارید، برافروختگی قرمز رنگ دیدنی خواهد داشت. مشاهدات ما دربارهٔ اشیاء گرم شده نظیر سیخ بخاری وادارمان کرده است که در گفتگوهای روزمره امان اصطلاحاتی نظیر داغ سرخ رنگ[2] و داغ سفید رنگ[3] را بکار ببریم. در حقیقت، همهٔ اجسام وقتی گرم شوند، اگر در ابتداء نسوزند، برافروخته می شوند. حتی اشیاء در دمای محیط و یا در دماهای کمتر، امواج الکترومغناطیسی، که البته دیدنی نیستند، از خود تابش می کنند. فقط در دماهای بالاتر از چند صددرجه، انرژی تابشی یک شئ، قابل دیدن یعنی در ناحیهٔ مریی است.

جسمی که ظاهرش خیلی تیره یا سیاه است، تابش کننده مستعد خوبی برای گسیل انرژی الکترومغناطیسی است و از این رو، یک تابش کنندهٔ ایده آل یا کامل را اصطلاحاً «جسم سیاه[4]» می نامند. در هر دمای معین، ویژگی انرژی الکترومغناطیسی تابش شده از یک جسم سیاه، منحصر به فرد و مختص آن دما است. طیف یا توزیع فرکانسی تابش جسم سیاه را منحصراً دمای آن جسم مشخص می کند. برای مثال، جسمی در دمای سطح خورشید (حدود ۶۰۰۰°C) بیشتر انرژی خود را در فرکانسهایی که با نور زرد مطابقت دارد، تابش می کند[II].

به تناسب، انرژی کمتری در فرکانسهای کمتر نور قرمز و نیز در فرکانسهای بیشتر نور آبی، تابش می شود. در فرکانسهای مربوط به تابش نامرئی مادون قرمز و ماوراء بنفش، تابش انرژی حتی از این هم کمتر است. ترکیب منحصر به فرد فرکانسهای موجود در طیف نور خورشید به چشمان ما به صورت نور سفید جلوه می کند. این همان نور سفید خورشید است که نیوتون به وسیلهٔ منشورهای خود آنرا به رنگهای تشکیل دهنده اش تجزیه کرد و سپس همین رنگها را دوباره با هم درآمیخت تا نور سفید به دست آورد.

یک جسم سیاه سردتر، مثلاً در دمای حدود ۴۰۰۰°C، بیشتر انرژی خود را در فرکانسهای کمتر، نور قرمز، تابش می کند و بنابراین داغ سرخ رنگ به نظر می رسد. طیف فرکانسی نور حاصل

از یک جسم گرم شده می تواند دمای آن جسم را به ما بگوید. اخترشناسان بطور روزمره، طیف های نور ستارگان را بررسی می کنند تا دمای سطح آن ستارگان را بدست آورند؛ و کیهانشناسان بطور مشابه طیف تابش زمینهٔ کیهانی را بررسی می کنند تا دمای آنرا به دست آورند.

این ارتباط بین دمای یک جسم سیاه و طیف تابشی آن، از نظریهٔ ماکسول دربارهٔ امواج الکترومغناطیسی بطور کیفی قابل درک است. این نظریه پیش بینی می کند که اگر یک ذرهٔ باردار، مثل الکترون، شتاب بگیرد یا سرعتش تغییر کند، انرژی الکترومغناطیسی تابش خواهد کرد. در ماده، اتمها و سایر ذرات باردار در حال شتاب گرفتن هستند، زیرا دائماً به جلو و عقب نوسان می کنند، تندتر و کندتر حرکت می کنند. نیروهایی که اتمها و مولکول ها را پیوسته به هم نگهداشته است، سخت و سفت نیست، بلکه کم و بیش شبیه فنرهایی عمل می کنند که به ذرات اجازه می دهند به میزان کمی نوسان عقب ـ جلو داشته باشند. چون ذرات باردار در حال نوسان شتابدار هستند، طبق نظریهٔ ماکسول باید انرژی الکترومغناطیسی از خود تابش کنند.

معلوم شده است که دمای هر جسم معیاری است از سرعت متوسط اتمهای در حال نوسان آن جسم، همین طور که دما افزایش می یابد، اتمها تندتر نوسان می کنند و انرژی بیشتری تابش می کنند، و بنابراین انتظار داریم یک وابستگی بین دما و تابش وجود داشته باشد. در حقیقت، نظریهٔ ماکسول مقدار انرژی تابشی در هر فرکانس را پیش گویی می کند. تنها اشکال در این است که این پیشگویی کاملاً اشتباه است.[III]

فرضیهٔ کوانتومی پلانک

در سال ۱۹۰۰ ماکس پلانک، با پیشنهاد مدلی جدید برای اتمهای نوسانی داخل ماده طیف فرکانسی تابش جسم سیاه را به درستی محاسبه کرد. پلانک فرض کرد که اتمهای ماده نمی توانند با تمام فرکانسهای ممکن نوسان یا ارتعاش بکنند.

به عقیدهٔ پلانک، نوسانگرهای اتمی فقط می توانند در فرکانسهای خاص مجاز یا کوانتومی نوسان کنند. اصطلاح *فرکانس* برمی گردد به آهنگ ارتعاش یک موج یا یک نوسانگر، نظیر تار مرتعش. یک موج صوتی نوعاً، هزار بار در ثانیه ارتعاش می کند. فنر موجود در ضربه گیر اتومبیل ممکن است هر دو سه ثانیه یکبار ارتعاش کند. یک علامت (سیگنال) رادیویی اف ام در حدود ۱۰۰ میلیون بار در ثانیه ارتعاش می کند. اتمها چندین مرتبه سریعتر از علامتهای رادیویی ارتعاش می کنند. فنرها، امواج صوتی، علامتهای رادیویی همگی می توانند در محدودهٔ معینی از فرکانسها به طور پیوسته ارتعاش کنند. در حقیقت، آنچه را که ما صوت می نامیم، یک موج فشاری رونده در هواست که با فرکانسی واقع در بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ بار در ثانیه ارتعاش می کنند. یک گوش طبیعی می تواند اصوات واقع در این محدوده را احساس کند. هر فرکانسی که می شنویم مربوط است به یک ارتفاع یا یک آهنگ[5] مختلف، و گوش قادر است بطور پیوسته تمام آهنگهای موجود در تقریباً سیزده اوکتاو موسیقی را بشنود.

بسیاری از سازهای موسیقی همهٔ آهنگهای ممکن واقع در محدودهٔ خودشان را تولید نمی کنند. پیانو، برخلاف ویولن، فقط می تواند آهنگها، یا فرکانسهای صوتی معینی تولید کند. شما با پیانو می توانید یک B یا B بمُل بنوازید ولی نه چیزی بین این دو. ولی در ویولن می توانید نواهای بین B و B بمُل را هم بنوازید، گرچه یک ویولن زن خوب تعلیم دیدهٔ موسیقی غربی از این نواها مثل طاعون دوری می کند! در روی پیانو یا سنتور چنین انتخابی را ندارید. B، تعداد ۴۹۴ نوسان در ثانیه و B بمُل برابر ۴۶۶ نوسان در ثانیه است. در پیانو نمی توانید نتی با ۴۷۱ یا ۴۸۶ نوسان در ثانیه بنوازید. می توان گفت که نت های پیانو کوانتومی شده است: فقط می تواند آهنگها یا فرکانسهای مجاز معینی را بنوازد؛ سایر فرکانسها، امکانپذیر نیست. یک ویولن زن می تواند یک طیف فرکانسی پیوسته ای از آهنگها را تولید کند. ولی یک پیانوزن محدود است به یک طیف فرکانسی ناپیوسته از نت های کوانتومی. غالب موسیقی غربی بر پایهٔ مجموعهٔ کوانتومی متشکل از دوازده نت مشخص در مقیاس موسیقی استوار است. در یک قطعهٔ موسیقی فقط این دوازده نت مجاز است و نه نت دیگری. در موسیقی به این قرارداد عادت کرده ایم و در واقع انتظارش را داریم. ولی هیچکس هرگز انتظار کوانتومی بودن برای نوسانگرهای اتمی را نداشت. فرض پلانک مبنی برکوانتومی بودن نوسانگرهای اتمی، به منظور توجیه تابش جسم سیاه، بی سابقه بود.

با فرض اینکه نوسانگرهای اتمی موجود در یک جسم کوانتومی اند، یعنی اینکه فقط می توانند در فرکانسهای معین مجازی نوسان کنند، پلانک توانست طیف صحیح تابش شده از یک جسم سیاه را محاسبه کند. در مدل پلانک نیز بارهای الکتریکی در حال ارتعاش مثل آنچه که در نظریهٔ ماکسول اتفاق می افتاد، انرژی تابش می کنند، ولی نوسانگرهای اتمی کوانتومی پلانک منجر به پیدایش طیفی از رنگهای تابش نشده، یا فرکانسها، می شود که به درستی با طیف مشاهده شدهٔ فرکانسهای تابش شده از یک جسم سیاه توافق دارد. مدل پلانک آشکارا بهتر از نظریهٔ ماکسول کار کرد. ولی در فرضیهٔ کوانتومی بودن انرژی، انگیزهٔ پلانک چه بود؟ اصلاً چرا اتمهای در حال ارتعاش کوانتومی اند؟

اثر فوتوالکتریک

چه چیزی باعث می شود که نورسنج عکاسی به نور حساس باشد؟ چگونه یک چشم الکتریکی دری را باز می کند؟

در این وسایل، نور به داخل یک سلول فوتوالکتریک[۶] وارد می شود، و در آنجا به یک جریان الکتریکی تبدیل می شود که می تواند نورسنج را فعال یا دری را باز کند. این تبدیل جالب توجه نور به الکتریسیته فقط درها را باز نمی کند، بلکه بسیار مهم تر از آن در سال ۱۹۰۵، عصر جدید کوانتومی فیزیک را نیز گشود.

وقتی نور به سطح یک فلز برخورد می کند، الکترونهایی از اتمهای آن فلز به بیرون پرتاب می کند. این پدیده که به اثر فوتوالکتریک مشهور است، قبل از سال ۱۹۰۵ دقیقاً مشاهده و بطور نیمه تجربی کاملاً شناخته شده بود. اثر فوتوالکتریک را نیز مثل تابش جسم سیاه قبل از آن، نمی توانستند با نظریهٔ ماکسول توجیه و تفسیر کنند. مشکل نظریهٔ ماکسول در مورد رنگها یا فرکانسهای نور[۱۷] بود. دیده می شود که در فلزات معینی، نور ماوراء بنفش قادر است الکترونهایی به بیرون پرتاب کند که خیلی سریع حرکت می کنند. نور آبی هم می تواند الکترونهایی به بیرون پرتاب کند، ولی این الکترونها کندتر حرکت می کنند. با نور زرد، الکترونهایی از سطح فلز بیرون می آیند که باز هم کندتر از گذشته هستند. و نور قرمز اصلاً نمی تواند الکترونی از فلز به بیرون پرتاب کند. بنابراین، نور ماوراء بنفش با فرکانس بالا، سریعترین الکترونها را تولید می کند، در حالی که نور قرمز با فرکانس پایین نمی تواند الکترونهایی با سرعت کافی برای فرار از فلز تولید کند. ولی نظریهٔ ماکسول به طریق نادرستی پیش بینی می کند که اگر روشنایی نور به اندازهٔ کافی باشد، باید الکترون از فلز خارج کند، و اینکه شدت روشنایی نور است، و نه فرکانس آن، که سرعت الکترونهای خارج شده را تعیین می کند.

به علاوه، نظریهٔ موجی نور نمی تواند به طور دقیق، دلیل موجهی برای پرتاب الکترون از فلز اقامه کند. امواج نوری از چشمه هایشان به گونه ای پخش می شوند که شباهت به دایره های مواجی دارند که از انداختن یک سنگ در داخل استخر به وجود می آیند. همین طور که امواج نوری منتشر می شوند، بتدریج پراکنده تر می شوند. قسمت فوق العاده کوچکی از یک موج که با یک الکترون خیلی ریز برخورد می کند، حامل انرژی خیلی کمی است. این قسمت نمی تواند ضربهٔ متمرکزی که لازم است تا الکترون از فلز به بیرون پرتاب شود فراهم آورد. پس نظریهٔ موجی ماکسول در مورد نور نمی تواند توضیح دهد که چگونه الکترونها انرژی کافی برای فرار از فلز را پیدا می کنند، یا اینکه چرا سرعت پرتابی آنها به فرکانس نور بستگی دارد.

برای برطرف کردن این نابسامانی نظریهٔ ماکسول، اینشتین دو فرض ارائه داد. او نخست فرض کرد که نور در بسته های کوچکی از انرژی، به نام فوتون، متمرکز است و این فوتون ها بیشتر شبیه ذره ها عمل می کنند تا امواج. هر فوتون متراکم نور، انرژی کافی برای برخورد با یک الکترون و بیرون انداختن آن از فلز را دارد. ثانیاً، اینشتین فرض پلانک را بسط داد و فرض کرد که خود فوتونها کوانتومی اند. هر فوتون فقط یک فرکانس مشخص دارد، و مقدار معینی انرژی که دقیقاً متناسب است با فرکانس آن، و نه چیزی کمتر یا چیزی بیشتر، با خود حمل می کند. فوتون های ماوراء بنفش انرژیشان حدود دو برابر فوتونهای قرمز است زیرا فرکانسشان دوبرابر است. پس فوتونهای ماوراء بنفش انرژی کافی برای پرتاب الکترونها از فلز و دادن سرعت زیاد به آنها را دارند. ولی فوتونهای قرمز انرژیشان در حدی نیست که بتوانند الکترونی آزاد کنند. در حد واسط این دو فرکانس، مثلاً فوتون آبی، اگر بتواند الکترونهایی خارج کند، می کند ولی با سرعتهای کمتر. به علاوه، افزایش شدت روشنایی نور، تعداد فوتونها را افزایش می دهد ولی انرژیشان را خیر. نور شدید قرمز شامل تعداد زیادی فوتون کم انرژی است، ولی هیچکدام از آنها قادر به پرتاب الکترون نیستند. با نور ماوراء بنفش، حتی اگر شدتش خیلی کم باشد، شاید چند تا فوتون بیشتر وجود نداشته باشد، ولی هر یک از فوتونها انرژی ای بیشتر از انرژی لازم جهت پرتاب الکترون دارند.

دو جنبه ای[۷] (دوگانگی)

اینشتین با فرض اینکه نور مثل ذرات کوانتومی عمل می کند تا شبیه امواج، توانست تمام خصوصیات اثر فوتوالکتریک را توجیه کند. علیرغم نامأنوس بودن تصویر ذره ای نور، توضیح اینشتین بقدری وادارکننده بود و تأثیر آن چنان گسترده گشت که جایزهٔ نوبل فیزیک ۱۹۲۱ را برای او به ارمغان آورد.

چگونه امکان داشت؟ امواج و ذرات دو مفهوم متضادند. الکترونها، صخره ها، و سیارگان را می توان مثل ذره بررسی کرد، صوت و نور را مثل امواج، ذرات با امواج خیلی تفاوت دارند. ذرات، اجسام ایده آلی هستند که در موارد معین می توان از اندازه شان چشمپوشی کرد. اندازهٔ زمین در مقیاس منظومهٔ شمسی خیلی کوچک است، پس می توان آنرا مثل ذرهٔ مادی متمرکزی که به دور خورشید می چرخد در نظر گرفت. همین مطلب در مورد یک الکترون در یک اتم نیز درست است. اندازهٔ مطلق جسم نیست که به ما اجازه می دهد آن را به مثابهٔ یک ذره در نظر بگیریم، بلکه اندازهٔ آن نسبت به محیط اطرافش تعیین کننده است. هر جسمی را که در حالت خاصی اندازه اش صرفنظرکردنی باشد می توان

به صورت یک ذرهٔ نقطه ای (تمرکز ایده آل ماده در یک تک نقطه در فضا) در نظر گرفت. بنابراین، یک ذره، یک چیز ایده آل است که دارای محل دقیق مشخصی است، زیرا هیچگونه گستردگی در فضا ندارد.

برعکس، موج در ناحیهٔ بزرگی پخش می شود، مثل امواج آب روی یک رودخانه یا امواج صوتی در هوا. نه مکان مشخصی دارد و نه به خودی خود از ماده تشکیل شده است. موج، خود محیط (مادی و غیره) نیست بلکه حرکت محیط است. همین طور که یک موج اقیانوس از یک الوار شناور عبور می کند، الوار بالا و پایین می جهد ولی در جهت موج رونده حرکت نمی کند. فقط موج آب، و نه خود آب، به سمت ساحل حرکت می کند. یک موج، نوسان یا اختلالی است که در داخل یک محیط حرکت می کند.

تفاوتهای بین ذرات و امواج را نمی توان بیشتر از این برجسته کرد: ذرات متمرکز و جایگزیده[۸] هستند و از ماده تشکیل شده اند، امواج پراکنده و جای نگزیده اند و خودشان ماده نیستند بلکه نوسانهای محیط اند. پس نور چگونه می تواند هم موج باشد و هم ذره؟ نور چگونه می تواند هم متمرکز باشد و هم پراکنده، جایگزیده باشد و جای نگزیده، ماده باشد و غیرماده؟ و در عین حال تحلیل جدید اینشتین از اثر فوتوالکتریک تصویر ذره ای بودن نور را طلب می کند.

اثر فوتوالکتریک تنها پدیدهٔ منحصر به فردی نیست که تابش الکترومغناطیسی را به صورت ذره در نظر می گیرد. فوتونهای فرکانس بالا نظیر پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما نیز وقتی با پروتونها و الکترونها برخورد می کنند، درست مثل توپهای بیلیارد عمل می کنند. چنین پدیده هایی که نور را به صورت ذره در نظر می گیرند، ظاهراً رفتار کاملاً شناختهٔ موجی تابش الکترومغناطیسی را به مبارزه می طلبند. نور خاصیت تداخل و پراش از خود نشان می دهد، این پدیده ها ویژگی منحصر به فرد امواج هستند. نظریهٔ ماکسول، گذشته از برخی کمبودها، موفقیت شگفت انگیزی در مورد تصویر موجی بودن نور کسب کرده بود. پس به نظر می رسد که نور طبیعت دوجنبه ای یا دوگانه دارد؛ در بعضی پدیده ها شبیه امواج و در برخی دیگر شبیه ذرات عمل می کند.

این طبیعت دوگانهٔ نور، و بطور اعم همهٔ تابشهای الکترومغناطیسی، ویژگی تمام پدیده های کوانتومی است، به علاوه همان طور که خواهیم دید، در بررسی کوانتومی الکترونها، پروتونها و تمام ذرات ریزتر از اتم نیز همین دوگانگی موجی ـ ذره ای مشخص کننده است. اینها طبیعت موجی و در عین حال طبیعت ذره ای دارند. در جهان کوانتومی همهٔ مواد و انرژی دوجنبه ای هستند. دوگانگی، خواص متضاد و متناقض امواج و ذرات را در یک جا درهم می آمیزد.

ولی نظریه کوانتومی در واقع هرگز این تناقض را حل نکرده است، حتی آن را به عنوان یک تناقض هم قبول ندارد. اکنون می بینیم که چرا نظریهٔ کوانتومی اینشتین عجیب و غریب و نامأنوس است. نظریهٔ کوانتومی در واقع طبیعت را برای ما به نحوی که فیزیک کلاسیک و نسبیت تفسیر می کند، نمی کند. فیزیک نیوتونی، سیاره ای را که به دور خورشید می چرخد توصیف می کند و ما یک تصویر عینی واضح از این فرآیند در اختیار داریم که دقیقاً برمی گردد به توصیف ریاضی نیوتون. توصیف اینشتین از حرکت سیاره ها به طور مفهومی مجردتر است، ولی باز هم می توان با قیاس هندسی فرآیند را عینی کرد، و ریاضیات نسبت را همواره می توان به صورت آنچه که ما در واقع در آسمانها می بینیم تفسیر کرد.

برخلاف آن، نظریهٔ کوانتومی امتیازی برای تجسم فکری در نظر نگرفته است. این نظریه به درستی اثر فوتوالکتریک و تداخل نور را پیش بینی می کند، ولی هیچ تصویری از هیچیک از آنها بدست نمی دهد. در حقیقت، ادعا می کند که هیچ تصویر «عمیقتری» از قضیه وجود ندارد. نتایج آزمایشها و مشاهده ها را به ما می گوید ولی نمی گوید که چرا این نتایج این گونه به دست آمده اند. در نظریهٔ کوانتومی، طبیعت را مثل یک «جعبهٔ سیاه» در نظر می گیریم. اگر دکمه ها را فشار دهیم و اهرمهای روی جعبه را حرکت دهیم، نظریهٔ کوانتومی به درستی به ما می گوید که عقربه های روی جعبه چه نشان خواهند داد. ولی هرگز به ما نمی گوید که داخل جعبه چه هست، چرا عقربه ها آنچه را که نشان می دهند؛ نشان می دهند، یا بین دو اندازه گیری در داخل جعبه چه می گذرد. برطبق نظریهٔ کوانتومی، جعبه، اندرون ندارد. هیچ تصویر موجی یا ذره ای لازم نیست تا نتایج آزمایشهایمان با نور را پیش بینی کنیم، و هیچ تصویر عمیقتری از نور وجود ندارد که کشف شود. هر چه تضاد و ناسازگاری وجود دارد در خود پیش بینی نیست، بلکه در تفسیرهایش (یعنی در کوشش های بشر برای تجسم فکری بخشیدن به آنچه می گذرد) نهفته است. نظریهٔ کوانتومی اینکه پدیده ها واقعیت درونی دارند را کتمان می کند. این نظریه فقط جوابهایی برای نتایج مشاهده های تجربی واقعی در اختیار ما قرار می دهد، و در مورد آنچه که بین مشاهده های ما اتفاق می افتد هیچ چیز نمی گوید. بنابراین، نظریهٔ کوانتومی ادعا دارد که علم نمی تواند هیچ تصویری از عملکرد درونی طبیعت در اختیار قرار دهد.

امواج الکترونی

در اثر فوتوالکتریک، دیدیم که نور، که همیشه آن را به صورت موج تصور می کردیم، مثل یک ذره یا فوتون عمل می کند. بسیار خوب، اگر موجی بتواند مثل یک ذره عمل کند، پس شاید یک ذره هم بتواند مثل یک موج عمل نماید. در سال ۱۹۲۴، لویی دوبروی[۹] این امکان را مورد نظر قرار داد. او پیشنهاد کرد که الکترون، یعنی ذره، می تواند مثل موج عمل کند. حدس دوبروی درست از کار درآمد و به همین دلیل به دریافت جایزهٔ نوبل نائل شد.

از سال ۱۹۲۴ تا به حال شواهد فراوانی دال بر تأیید فرضیهٔ دوبروی گرد آمده است. مثال خوبی در این مورد، پدیده پراش الکترونها است. باریکه ای از الکترونها در داخل یک لولهٔ پرتوهای کاتدی (که اساساً یک لامپ تصویر تلویزیون است) به یک بلور برخورد می کند. سپس این باریکه در اثر برهم کنش الکترونها با لایه های اتمی منظم چیده شدهٔ داخل بلور پراشیده می شود. این پراش به صورت نقشی از دایره های متقارن، که ویژگی هر بلور است، روی صفحهٔ لامپ پرتوهای کاتدی ظاهر می شود. نقش پراش الکترونها تقریباً مثل نقشی است که یک باریکهٔ نور لیزری تولید می کند هنگامی که توسط سیمهای متساوی الفاصلهٔ یک توری سیمی پراشیده می شود. نقش پراش الکترونها همچنین شبیه نقشی است که توسط امواج آب که به ردیفی از چوبهای متساوی الفاصلهٔ لنگرگاه یک اسکله برخورد می کند، پدید می آید. پراش پدیده ای منحصر به امواج است و این حقیقت که الکترونها را می توان پراشاند، شاهد روشنی بر اعتبار فرضیهٔ دوبروی است. نظریهٔ کوانتومی این طبیعت دوگانهٔ الکترونها را بطور بدیهی و عادی بکار می گیرد، ولی از دوگانگی موجی ـ ذره ای نور، قابل درک تر نیست.

طیف نور اتمها

در حالی که فرضیه های جدید کوانتومی برای جهان فوق ریز، از کوششهایی برای درک پدیده هایی نظیر تابش جسم سیاه، اثر فوتوالکتریک و پراش الکترون سرچشمه گرفت، قدرت عمومی میدان دید آن در تشریح زیرکانهٔ اتم و تمام طیف های اتمی به نمایش گذاشته شد.

با فرا رسیدن دههٔ دوم قرن بیستم، افکار اولیه امان در مورد اتم تا مدل سیّاره ای رشد کرده بود، مدلی که اتم را شبیه منظومهٔ شمسی می بیند. تصوّر می شد الکترونهای با بار منفی به دور هستهٔ با بار مثبت می چرخند. هستهٔ مثبت یک نیروی جاذبهٔ الکتریکی بر الکترونهای منفی وارد می کند، درست مثل خورشید که باوارد کردن جاذبهٔ گرانشی بر سیّاره ها، آنها را در مدارهایی محبوس می کند. این مدل در توضیح رفتار اتمها و ماده تا اندازه ای موفقیت آمیز بود، ولی یکبار دیگر نور بود که مدل سیّاره ای را به سقوط کشاند.

در تابش جسم سیاه دیدیم که بار الکتریکی در حال نوسان شتابدار است و بنابراین بر اساس نظریهٔ ماکسول باید انرژی الکترومغناطیسی تابش کند. الکترونهای دوّار در مدل سیّاره ای اتم نیز شتاب دارند[۷]. بنابراین، نظریهٔ ماکسول پیش بینی می کند که الکترونهای اتمها باید انرژی الکترومغناطیسی تابش کنند.

در پیش بینی ماکسول دو مسئله وجود دارد. اولاً چون الکترونها انرژی تابش می کنند، پس در حال از دست دادن انرژی اند. بنابراین باید کند شوند و با یک حرکت مارپیچی به سرعت به داخل هسته بیفتند، که در نتیجه باعث فرو ریختن اتم می شود. ولی این امر آشکارا ناقض این واقعیت است که اکثر اتمها کاملاً پایدارند و برای میلیونها سال پیرامون ما بوده اند. دومین مسئله در پیش بینی ماکسول مربوط به نوری است که توسط اتمها تابش می شود. ماکسول پیش بینی می کند که با مارپیچ رفتن الکترونها به داخل هسته، آنها باید نوری با یک سری رنگها، با فرکانسهای، پیوسته تابش کنند؛ چیزی که ما آن را طیف پیوسته می نامیم. ولی طیف نوری که از اتمها مشاهده شده است، پیوسته نیست.

این مقابلهٔ بین طیف پیوسته و طیف ناپیوسته، درست همان چیزی است که در موقع بیان پندار کوانتومی بودن نت های سازهای موسیقی به آن برخورد کردیم. نت های روی پیانو به صورت نواهای مشخصی منفصل یا کوانتومی اند؛ طیفی ناپیوسته از آهنگها یا فرکانسها در مقابل، نت های ویولون را می توان به صورت یک سری پیوسته از نواهای متصل به هم نواخت؛ طیف پیوسته ای از فرکانسها. مشابه آنچه گفته شد، نور سفید خورشید یا نور یک لامپ رشته ای (التهابی) را می توان با کمک منشور به نواری از رنگهای مسلسل پیوسته تجزیه کرد؛ طیف پیوسته ای از فرکانسها. ولی طیف نور یک اتم پیوسته نیست، بلکه ناپیوسته است. این طیف از یک دسته رنگ یا فرکانس مشخص مجزا از هم تشکیل شده است. ولی نظریهٔ ماکسول در توضیح ماهیت ناپیوسته بودن طیف اتمی در سردرگمی کامل به سر می برد.

اتم بوهر

نیلز بوهر اولین کسی بود که فرضیهٔ کوانتومی را در مورد اتم بکار برد و تفسیری برای ناپیوسته بودن طیف اتمی ارائه داد. بوهر به طور ساده اعتبار مدل کلاسیک سیّاره ای اتم، که در آن الکترونهای دوّار به طور پیوسته انرژی تابش می کنند و مارپیچ وار

به داخل هسته می افتند، را رد کرد. درست مثل پلانک که نوسانگرهای اتمی جسم سیاه را کوانتومی کرده بود و مثل اینشتین که نور را در پدیدهٔ فوتوالکتریک کوانتومی کرده بود، اینک بوهر فرض می کند که الکترونهای داخل یک اتم نیز در شرایط یا حالتهای کوانتومی[10] قرار دارند. منظور بوهر این بود که الکترونها نمی توانند در هر مدار دلخواه در اطراف هسته بچرخند. در عوض، فقط مدارهای خاص معینی مجاز است، و در هر مدار مجاز، الکترون دارای انرژی ثابتی است؛ نه کمتر و نه بیشتر. شبیه اتمهای کوانتومی در یک جسم سیاه که فقط با فرکانسهای مجازی نوسان می کردند، الکترونهای اتم بوهر هم کوانتومی اند و فقط انرژی های مجاز معینی را دارا هستند. الکترونها تا زمانی که در این مدارهای کوانتومی قرار دارند، گفته می شود که در حالت پایدار یا ایستا[11] هستند. در این حالت، نمی توانند تابش کنند و یا هیچ مقداری از انرژی خود را گسیل دارند.

حالت های کوانتومی بوهر برای الکترونهای اتم مسبوق به سابقه نبود. در مدل کلاسیک سیاره ای، الکترونهای شتابدار باید انرژی تابش می کردند. ولی در اتم کوانتومی بوهر، الکترونها در حالت های پایدار خود تابش نمی کنند. به روشنی، الکترونها در مدل بوهر، به صورت ذرات ریزی که به دور هسته می چرخند نبودند. در حقیقت، بوهر بلافاصله ناسازگاری مدل کوانتومی خود را با هر تصویر کلاسیکی الکترونهای موجود در اتم تشخیص داد. حتی در این مرحلهٔ ابتدایی، بوهر شروع می کند به طرفداری از دیدگاهی از نظریهٔ کوانتومی که خالی از تصاویر و تفسیر باشد. می توانیم از مدارهای کوانتومی صحبت کنیم، ولی این نباید ما را به اشتباه بیندازد که گویا ذرات دوّار داریم. بهتر است در مورد الکترونهایی که در یک حالت کوانتومی تصویرناپذیر (که گاهی *اُربیتال*[12] خوانده می شوند) وجود دارند صحبت کنیم، و تصور نکنیم که الکترونها در آن حالت به صورت *ذرات* هستند. در واقع بوهر در این مرحله در حال پیش بینی فرضیهٔ دوجنبه ای (یا دوگانگی) دوبروی برای الکترونها بود[VI].

تابشی که از اتمها مشاهده می کنیم. محصول موقعی است که الکترون یک گذار، یا «پرش»[13]، از یک حالت پایدار کوانتومی به حالت دیگر انجام می دهد. این تعریف بدیع پرش کوانتومی است ولی اصطلاح «پرش» گمراه کننده است. الکترون صرفاً به وجودش در یک حالت پایان می دهد و بلافاصله شروع می کند به بودن در یک حالت دیگر. هیچ حرکت فیزیکی در فضا انجام نمی گیرد. یکبار دیگر، نظریهٔ کوانتومی هیچ تصویری از کارکرد داخلی اتم به ما نمی دهد. لغت «پرش» را باید به صورت گذار غیرفضایی از یک حالت کوانتومی به حالت دیگر تفسیر کرد.

انرژی هر حالت پایدار با دیگری متفاوت است. این انرژیها شبیه آهنگها، یا فرکانسهای، یک پیانو کوانتومی اند. الکترون در عبور از یک حالت با انرژی بیشتر به یک حالت با انرژی کمتر، انرژی از دست می دهد. در مدل بوهر، انرژی از دست رفته به صورت یک فوتون انرژی الکترومغناطیسی یا نور از اتم گسیل یا تابش می شود.

برای مثال، در اتم هیدروژن یک الکترون ممکن است از یک حالت «برانگیخته»[14] یا حالت با انرژی بالا به حالت با کمترین انرژی یا حالت «پایه»[15] بیفتد. اگر الکترون از اولین حالت برانگیخته به حالت پایه بیفتد، فوتون تابش شده انرژی خاصی دارد، که برابر است با تفاوت انرژی بین این دو حالت. از تحلیل اینشتین می دانیم که انرژی هر فوتون فرکانسش را معین می کند. پس فوتون گسیل شده از هیدروژن، هنگامی که الکترون از اولین حالت برانگیخته به حالت پایه بپرد، دارای فرکانس مشخصی است. بطور مشابه، وقتی یک الکترون از هر حالت به حالتی پایین تر بیفتد، فوتونی با فرکانس مشخص گسیل خواهد شد. طیف اتمی هیدروژن تشکیل شده است از تمام فوتونهایی که در اثر پرشهای ممکن از یک حالت به حالت دیگر گسیل می شوند. هر یک از این فوتونها دارای فرکانس مشخص منحصر به فرد است، زیرا اختلاف انرژی بین هر دو حالت هیدروژن مشخص و منحصر به آن دو حالت است. فقط این فوتونهای خاص (که اگر فوتونهای نور باشند دارای رنگ خاصی هستند) در طیف ظاهر خواهند شد. بنابراین طیف اتمی هیدروژن ناپیوسته است و نه پیوسته.

مدل اتمی بوهر، تصویر کلاسیک سیّاره ای را که در آن بطور نادرستی فروریختگی اتم و طیف پیوستهٔ اتمی را پیش بینی می کرد کنار گذاشت. ولی مدل بوهر، و نظریهٔ کاملاً ریاضی کوانتومی که ارثیهٔ آن بود، هر تصویر یا مفهوم دیدنی از پدیده های اتمی را برای همیشه رد می کند. نظریهٔ کوانتومی پیش بینی های کمّی فوق العاده دقیق از پدیده های اتمی را در اختیار ما قرار می دهد، ولی هر تصویری از عملکرد درونی طبیعت را از ما دریغ می کند. تجسم فکری، قیمتی است که ما برای دقت کوانتومی می پردازیم، معامله ای نسبتاً آزاردهنده.

جدول تناوبی عناصر شیمیایی

پیروزی نهایی مدل بوهر، پس از تکمیل شدن توسط نظریهٔ جدید کوانتومی دههٔ ۱۹۲۰، معنی و مفهومی بود که برای اولین بار به جدول تناوبی عناصر بخشید. شیمیدانها از مدتها قبل، از این حقیقت آگاه بودند که الگوی تکراری خاصی در بین عناصر شیمیایی وجود دارد. هالوژنها یعنی فلوئور، کلر، برم و ید خواص شیمیایی

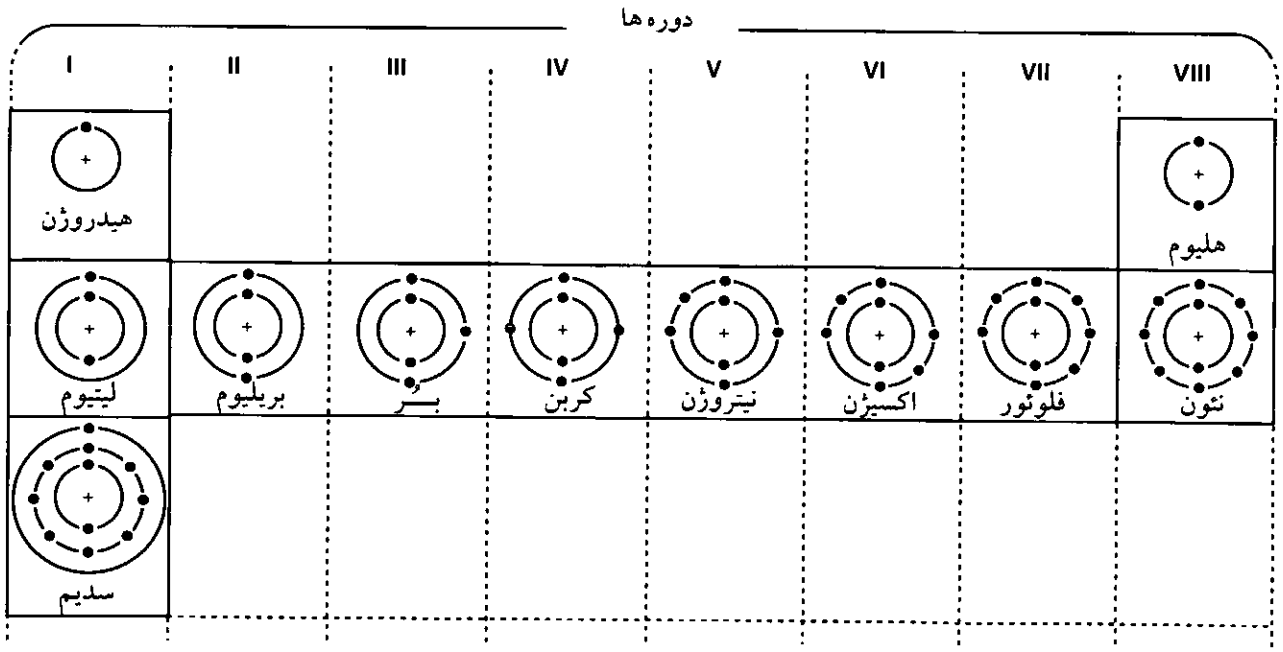
و الگوهای واکنشی مشابهی دارند و همین طور است در مورد کربن، سیلیسیوم و ژرمانیوم. گازهای نجیب یعنی هلیوم، نئون، آرگون، کریپتون و گزنون همگی از نظر شیمیایی نسبتاً بی اثرند و به سادگی با سایر مواد ترکیب نمی شوند. هر یک از این خانواده های متشکل از عناصر با خواص مشترک، در یک ستون عمودی جدول تناوبی قرار می گیرند. پس، هشت ستون، یا هشت خانوادهٔ، این جدول در بین عناصر شیمیایی یک الگوی تکراری منظمی را نمایش می دهند، که قبل از پیدایش نظریهٔ کوانتومی به صورت راز کاملی بود. حالت های کوانتومی اتم سرنخی از این راز ساختار دوره ای منفصل جدول تناوبی بدست داد. مسئله این بود که پیدا کنند وقتی الکترونهایی به اتم اضافه می شود، این حالتهای کوانتومی چگونه پر می شوند و عناصر در جدول تناوبی چگونه منظم شده اند.

کلید معما به وسیلهٔ **ولفگانگ پائولی**[16] کشف شد. علیرغم تمام حالتهای کوانتومی که در یک اتم وجود دارد، قاعدتاً الکترونها مجبورند به حالت پایهٔ با کمترین انرژی تمایل داشته باشند. این بدان خاطر است که هر سیستم فیزیکی همواره پایین ترین تراز انرژی خودش را می جوید. پس، شش الکترون اتم کربن، یا ۹۲ الکترون اتم اورانیوم باید قاعدتاً همگی با هم در پایین ترین حالت تجمع کنند، و در نتیجه به اتم کربن یا اتم اورانیوم پایین ترین انرژی ممکن آن را بدهند. ولی پائولی دریافت که در تمام اتمها باید الکترونهایی در حالتهای بالاتر وجود داشته باشد. به روشنی در اتم چیزی حکمفرماست، بعضی اصول، که از تجمع تمام الکترونها در حالت پایه جلوگیری می کند. پائولی این را «*اصل طرد*»[17] نامید زیرا به محض اینکه سهمیهٔ هر حالت کوانتومی معین پر شود، چیزی مانع از ورود سایر الکترونها به آن حالت می شود.

همین طور که در جدول تناوبی پیش می رویم، هر عنصر از عنصر قبلی اش یک الکترون بیشتر دارد. با افزایش الکترونها، ابتدا آنها حالت پایه را پر می کنند و سپس حالتهایی که به طور فزاینده انرژی بیشتر و بیشتری دارند اشغال می شوند. سهمیهٔ هر حالت با قواعد ریاضی نظریهٔ کوانتومی معین می شود؛ دو الکترون در حالت پایه مجاز است، هشت تا در حالت بالاتر بعدی و غیره. به محض اینکه سهمیهٔ هر حالت پر شود، الکترونها مجبور می شوند به حالت های بالاتر بروند. این اصل به نحوی نسخهٔ کوانتومی قاعده ایست که می گوید: دو جسم در یک زمان یک مکان را نمی توانند اشغال کنند. اصل طرد مثل یک نیروی دافعه عمل می کند که اجازه نمی دهد بیشتر از تعداد مجاز الکترونهای یک حالت کوانتومی هیچ الکترون دیگری آن حالت کوانتومی را اشغال کند.[VII]

پس از اعمال قواعد کوانتومی برای حالتها و بکاربردن اصل طرد پائولی، ترتیب قرار گرفتن عناصر در جدول تناوبی جوری از کار درمی آید که گویی با سحر و جادو درست شده است. کلر درست زیر فلوئور قرار می گیرد، و نئون زیر هلیوم. به علاوه، حالتهای

جدول تناوبی عناصر شیمیایی نشان دهندهٔ حالت های الکترونی برای یازده اتم اوّل.



کوانتومی عناصر در یک ستون، دارای الگوی خیلی مشابهی هستند، که به نوبهٔ خود این مسئله را توضیح می دهد که چرا آنها دارای رفتار شیمیایی مشابهی هستند.

برای مثال، لیتیوم سومین عنصر است. حالت پایهٔ لیتیوم با دو الکترون مجاز پر می شود، سومین الکترون باید از اصل طرد پائولی پیروی کند و حالت بالاتر بعدی را اشغال نماید. پس لیتیوم فقط یک الکترون در دومین، یعنی خارجی ترین، حالت خود دارد. هفت عنصر بعدی؛ بریلیوم، بر، کربن، نیتروژن، اکسیژن، فلوئور و نئون؛ بتدریج سهمیهٔ دومین حالت را با هشت الکترون کامل می کنند.

عنصر بعدی سدیم است، که ردیف جدیدی را شروع می کند و در ستون زیر لیتیوم قرار دارد. در سدیم، یازدهمین الکترون باید به حالت بعدی برود، پس سدیم شبیه لیتیوم، در خارجی ترین حالت خود فقط یک الکترون دارد. سدیم نیز در همان ستون لیتیوم و در زیر آن در جدول تناوبی قرار می گیرد. از نظر شیمیایی، لیتیوم و سدیم فلزاتی قلیایی هستند که خیلی شدید با آب واکنش انجام می دهند و با هالوژنها به سادگی ترکیب می شوند و نمک می دهند؛ لیتیوم فلوئوراید، سدیم کلراید (نمک طعام) و غیره. لیتیوم و سدیم، رفتار شیمیایی مشابهی از خود نشان می دهند زیرا هر دو در خارجی ترین حالتشان یک تک الکترون دارند؛ چیزی که شیمیدانها به آن تک الکترون ظرفیت می گویند.

رفتار یک عنصر شیمیایی بیشتر اوقات توسط خارجی ترین الکترونها یا الکترونهای ظرفیت آنها معین می شود. اکنون می بینیم که چرا لیتیوم و سدیم واکنش های شیمیایی مشابه یا تکراری از خود نشان می دهند، و نیز می بینیم که چرا این تکرار رخ می دهد و چرا یک ساختار دوره ای یا تناوبی در بین عناصر وجود دارد. ماهیت دوره ای تکراری عناصر شیمیایی صرفاً بطور ساده ای بازتاب دهندهٔ تقارن های تکراری برای حالتهای کوانتومی در اتم است.

ترجمهٔ دکتر عزت الله ارضی
گروه فیزیک دانشگاه تهران

پانویس ها:

I لغت «سیاه» به این حقیقت برمی گردد که یک تابش کنندهٔ کامل، یکجذب کنندهٔ کامل انرژی نیز هست، و بنابراین سیاه به نظر می رسد، چرا که هیچ نوری را که به آن می تابد بازتاب نمی دهد. ولی وقتی یک جسم سیاه را بقدر کافی گرم کنیم، نور مرئی تابش می کند و به رنگ قرمز یا زرد یا سفید جلوه می کند.

II درست به همان نحو که فرکانس یک موج صوتی مطابق است با آهنگی که می شنویم، فرکانس یک موج نوری نیز مطابق است با رنگی که می بینیم.

III نظریهٔ ماکسول پیش بینی می کند که در ناحیهٔ ماوراء بنفش طیف، مقدار انرژی تابشی بی نهایت است، که به ناحیهٔ ماوراء بنفش مشهور است.

IV بخاطر داشته باشید که رنگ مطابق است با فرکانس نور.

V به خاطر بیاورید که حرکت انحناء دار، حرکتی شتابدار است.

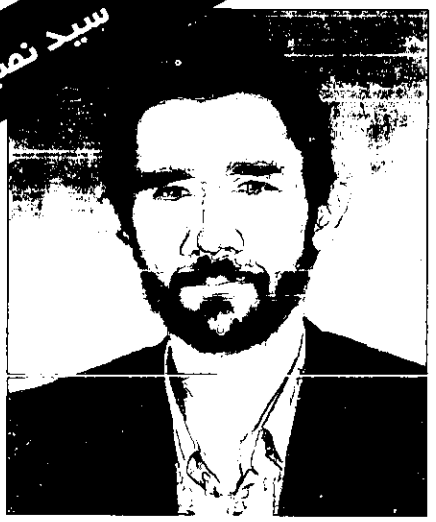
VI فرضیهٔ موجی دوبروی برای الکترونها در حدود ۱۰ سال پس از مدل اتمی بوهر بیرون آمد. فقط بعدها روشن شد که الکترونها در یک اتم بیشتر شبیه امواج عمل می کنند تا ذرات. ولی امواج الکترونی بطور فیزیکی قابل آشکارسازی نیستند و هیچ تصویر عینی از الکترونها به ما نمی دهند.

VII در واقع هر حالت اتمی تشکیل شده است از تعداد معینی حالت فرعی یا زیر حالت، و این قاعده می گوید که هر زیرحالت مشخص، فقط یک الکترون مجاز است.

1. Photons and Electrons, Physics for the rest of us (1992) Roger S. Jones. 137-153.
2. red - hot
3. white - hot
4. black body
5. pitch
6. photocell
7. Duality
8. localized
9. Louis de Broglie
10. quantized condition or quantized state
11. stationary state
12. orbital
13. transition or jump
14. excited state
15. ground state
16. Wolfgang Pauli
17. exclusion principle

یادی از یک معلم و کارشناس مهربان

سید نمیر موسوی ۱۳۷۵ـ۱۳۲۹



آن یار کز و خانهٔ ما جای پری بود سرتا قدمش چون پری از عیب بری بود

سیدنصیرموسوی، پس از یک دورهٔ طولانی کسالت ، سه شنبه ۷ فروردین ۱۳۷۵ دیده از دنیا فروبست و اطرافیان را به سوگ نشاند. او درسال ۱۳۲۹ در شیراز به دنیا آمد و تحصیلات ابتدائی و متوسطه را در این شهر به پایان رساند و در سال ۱۳۵۴ لیسانس خود را در رشتهٔ فیزیک از دانشگاه تبریز گرفت و در سال ۱۳۵۵ ازدواج کرد.

عشق به مردم و تعهد نسبت به آنها خیلی زود وی را وارد صحنه های حساس اجتماعی و سیاسی کرد. بینش عرفانی و منش منطقی ، از وی فردی ساخته بود که در فعالیتهای اجتماعی و سیاسی نقشی محوری داشته باشد. هرجا که اوحضور می یافت امور به خوبی جاری می شدند و همهٔ کارها رنگ و بوی الهی می گرفتند.

ابتدا او چند سال به حرفهٔ مقدس معلمی مشغول بود سپس به عنوان کارشناس تربیت معلم در دفتر برنامه ریزی و تألیف کتابهای درسی مشغول به کار شد. و در بررسی و تألیف کتابهای درسی و نیز در امور مربوط به آموزش دانش آموزان المپیاد فیزیک فعالیت داشت.

او همواره آیهٔ «لَن تَنالوا الْبرّ حتّی تُنفقوا ممّا تُحبّون» «هرگز به نیکوکاری نمی رسید مگر از آنچه دوست می دارید انفاق کنید» برای خانواده و دوستان و همکاران تلاوت می کرد وخود با صرف وقت و انرژی و وقف اندیشه و روح، در سامان دادن امور مردم به عمق نیکوکاری رسیده بود.

اغلب لبخند ملیحی چهرهٔ او را مزیّن کرده بود. وجود او صفای ویژه ای داشت که هرکس در معاشرت با او احساس ایمنی و آرامش می کرد گویی فقط خیر و لطافت از وجود او تراوش می کرد. رعایت حال افراد و دفاع از حقوق آنها از ویژگیهای ممتاز او بود. به رغم بیماری وخیم و مداوم، بسیار آرام و با روحیه می نمود و بی تردید او از نظر روح و روان بسیار سالم به حساب می آمد. عمری نسبتاً کوتاه (۴۵ سال) ولی بسیار پربرکت داشت.

سنجیدگی در رفتار و گفتار، خلوص و پشتکار، صفا و صمیمیت و هزاران ویژگی ممتاز دیگر او را شایستهٔ مقام استادی و مربی گری اخلاق اسلامی و کرامتهای انسانی کرده بود. هیأت تحریریه رشد آموزش فیزیک این حادثهٔ غم انگیز را به خانوادهٔ او تسلیت عرض می کند. روحش شاد و رحمت خدا بر او باد.

علم چیست؟

ریچارد فاینمن

ریچارد فاینمن (۱۹۱۸ ـ ۱۹۸۸)

فاینمن در سال ۱۹۱۸ در یک شهر کوچک در حومهٔ نیویورک متولد شد. در هفده سالگی به ام. آی. تی (انستیتوی تکنولوژی ماساچوست) رفت و دورهٔ کارشناسی را در آنجا گذراند و در سال ۱۹۳۹ به پرینستون رفت. در مدتی که در پرینستون بود کار روی پروژه مانهاتان را آغاز کرد و سرانجام در ۱۹۴۳ به لوس آنجلس رفت و تا ۱۹۴۶ در آنجا بود. وی کار دانشگاهی خود را در سال ۱۹۴۶ در دانشگاه کورنل شروع کرد تا سال ۱۹۵۱ ادامه داد، سپس به انستیتوی تکنولوژی کالیفرنیا (کالتک) رفت و تا پایان فعالیت دانشگاهی خود در آنجا بود.

در سال ۱۹۶۵ جایزهٔ نوبل فیزیک را به خاطر گسترش نظریهٔ الکترودینامیک کوانتومی (به ویژه نمودارهای معروف فاینمن) به وی دادند. این کار تأثیری عمیق در فیزیک ذرات بنیادی داشت.

فاینمن شخصیتی جالب توجه بود و سهمی بنیادی در زمینه های مختلف فیزیک داشت. وی علاوه بر نقش بنیادی که در گسترش نظریه های جدید فیزیکی داشت به خاطر تدریس بسیار عالی فیزیک و بیان مفاهیم آن به زبان ساده شهرت دارد. چند کتابی که فاینمن دربارهٔ فیزیک نوشته است گنجینهٔ گرانبهایی از بصیرت فیزیکی است. وی در سال ۱۹۸۸ براثر بیماری سرطان درگذشت. آنچه در صفحات بعد می آید سخنرانی فاینمن در هنگام دریافت جایزهٔ نوبل است.

علم چیست؟ البته عقل سلیم حکم می کند که شما معلم علوم پاسخ این سؤال را بدانید. من چه می توانم بگویم؟ اگر پاسخ را نمی دانید درهمهٔ کتابهای معلم کتابهای درسی در این مورد به اندازهٔ کافی بحث شده است. نوعی تلخیص تحریف شده و کلمات کمرنگ و مغشوش فرانسیس بیکن از قرنها قبل وجود دارد. کلماتی که زمانی تصور می شد فلسفهٔ عمیق علم است. امّا یکی از بزرگترین دانشمندان تجربی آن زمان که واقعاً کاری انجام می داد یعنی ویلیام هاروی، گفته است آنچه به نظر بیکن علم است، علمی است که به درد رئیس مجلس اعیان می خورد. بیکن از مشاهده صحبت کرده، اما عامل حیاتی قضاوت در مورد اینکه چه چیزی را باید مشاهده کرد، به چه چیز باید توجه کرد را نادیده گرفته است.

اکنون به شما می گویم چگونه یاد گرفتم که علم چیست. البته آنچه می گویم کمی کودکانه است، زیرا آن را در کودکی فرا گرفتم و از ابتدا در خونم بود. می خواهم به شما بگویم که چگونه وارد وجود شدم. شاید تصور کنید که می خواهم به شما بیاموزم که چطور تدریس کنید، اما این قصد را ندارم. من با بیان اینکه چگونه آن را یاد گرفتم به شما خواهم گفت که علم چیست.

یاد دادن آن کار پدرم بود. وقتی مادرم مرا حامله بود، البته این را بعداً شنیدم ـ در آن زمان از این گفتگو آگاه نبودم ـ پدرم گفت «اگر بچه پسر باشد، دانشمند خواهد شد». چگونه این گفته تحقق یافت؟ او هرگز به من نگفت که باید دانشمند شوم. خود او دانشمند نبود. بلکه بازرگان بود، مدیر فروش در یک شرکت لباس متحدالشکل. اما عاشق علم بود و زیاد مطالعه می کرد.

وقتی خیلی کوچک بودم ـ اولین داستانی که می دانم ـ و هنوز در صندلی بچگانه غذا می خوردم، پدرم بعد از شام با من بازی می کرد. او تعداد زیادی کاشیهای کوچک کف حمام را از محلی در **لانگ آیسلند سیتی** (Long Island City) آورده بود. آنها را دوتادوتا روی هم می گذاشتم و اجازه داشتم که آخری را فشار بدهم و ببینم که همه چیز فرو می ریزد. خُب تا اینجا اوضاع روبه راه بود.

بعدها، بازی پیشرفته تر شد. کاشیها رنگارنگ بودند. من باید یک کاشی سفید، دو کاشی آبی، یک سفید، دو آبی بگذارم و بهمین ترتیب تا آخر. من دلم می خواست

یـــک
کاشی آبی بـگـذارم، امـا
نمی شد باید حتماً سفید باشد. حتماً، متوجه
زیرکی پنهان در این بازی شده اید: اول بچه
را در بازی درگیر کنید، سپس به آهستگی
موادی را که ارزش آموزشی دارند تزریق کنید!

خُب، مادرم که زن حـســاسـی اسـت،
متوجه این کوششهای موذیانه شد و گـفـت
«مِل، خواهش می کنم بگذار بچهٔ بیچاره اگر
دلش می خواهد کاشی آبی بگذارد.» پـدرم
می گفت «نه، می خواهم متوجه طـرحـهـا
شود. این تنها چیزی است که می توانم به او
بیاموزم و ریاضیات در پایین ترین سـطـح
است.» اگر می خـواسـتـم دربـارهٔ اینـکـه
«ریاضی چیست» صحبت کنم پاسخ تـو را
داده بودم. ریاضی جستجوی طرحهاست.
(در واقع این آموزش او بسیار مؤثـر بـود.
آزمون تجربی این موفقیت وقتی انجام شد که
به کودکستان رفتم. در آن زمان در کودکستان
چیزهایی را می بافتیم، حالا دیگر این کار را
نمی کنند. زیرا برای بچه ها بسیار مشـکـل
است. عادت داشتیم که کاغذهای رنگی را
به صورت نوارهـای عـمـودی بـبـافـیـم و
طرحهایی به دست آوریم. معلم کودکستان
از کار من چنان شگفت زده شد که نامه ای به
خانه فرستاد تا گزارش دهد کـه ایـن بـچـه
استثنایی است، زیرا قبل از بافتن می توانـد
مجسم کند که طرح به چه صورتی درخواهد
آمد و طرحهای پـیـچـیـدهٔ شگفت انگـیـزی
درست می کند. پس بازی کاشی برای مـن
بسیار مؤثر بود.)

می خواهم دلایل دیگـر دال بـر ایـنـکـه
ریاضی فقط از طرحها تشکیل شـده اسـت
ارائه کنم. وقتی در کـورنـل بـودم جـمـع
دانشجویان برایم بسیار جالب بود، این جمع
از نظر من مخلوط رقیقی از افراد معقول در
تودهٔ عظیمی از مردمان خنگ بود که اقتصاد
خانگی می خواندند و تعداد زیادی دختر بین
آنها بود. من با دانشجویان در تریا می نشستم
تا چیزی بخورم و به گفتگوی آنها گوش کنم
و ببینیم آیا چـیـز هـوشـمـنـدانـه ای از آن
درمی آید. می توانید تعجب مرا حدس بزنید
وقتی چیـزی را
کشف کردم که از نظر من بسـیـار
جالب بود. من به صحبت دو دختر گـوش
می کردم، و یکی از آنها به دیگری می گفت
اگر می خواهی خط راست درآید هـــر رج
چند دانه به طرف راست می روی، یعنی اگر
وقتی هـر رج که بالا می روی چند دانـه بـه
طرف راست بروی خط راست مـی شـود.
یک اصل بنیادی هندسهٔ تحلیلی! گفتگو ادامه
داشت من مبهوت شدم چون نمی دانستم که
ذهن جنس مؤنث می تواند تـوانـایـی درک
هندسهٔ تحلیلی را داشته باشد.

او ادامه داد و گفت «حالا فرض کن کـه
یـک خـط در طـرف دیـگـر وجـود دارد و
می خواهی بفهمی که این دو خط کـجـا بـا
یکدیگر برخورد می کنند. فرض کن که هـر
رج که بالا می روی دو دانه به راست می روی
و خط دیگر در هر رج سه دانه به طرف راست
برود، و این دو با فاصلهٔ بیست دانه از هـم
شروع شوند». من انگشت به دهان شـدم.
او می توانست محل برخورد را محاسبه کند!
معلوم شد که یکی از دخترها برای دیگـری
می گفت که چطور جوراب پشمی ببافد.

از این گفتگو این درس را آموختم: ذهن
مؤنث توانایی درک هندسهٔ تحلیلی را دارد.
شاید چیزی نصیب کسانی شده باشد (که در
برابر تمام دلایل روشنـی کـه بـرخـلاف آن
وجود دارد) که همواره تأکید دارند زنـان و
مردان قابلیت یکسانی در تفکر منطقی دارند.
شاید مشکل آن باشد که تاکنون راهی بـرای
برقراری ارتباط با ذهن مؤنث نیافته ایم. اگر
این کار به درستی انجام شود، شاید چیـزی
دستگیرتان گردد.

اکنون به تجربهٔ خود به عنوان یک نوجوان
در زمینهٔ ریاضی می پردازم. چیز دیگری که
پدرم به من گفت و من نمی توانم آن را کاملاً
تشریح کنم، (زیرا بیش از آنکه قابل بیان باشد
مربوط به احساس می شود) این بود که نسبت
پیرامون به قطر تمام دایره ها، همواره بدون
توجه
به انـدازهٔ آنها یکـسـان
است. این به نظر من چندان بدیهی نبود،
اما این نسبت ویژگی قابل توجهی داشت. این
نسبت عدد جالبی بود، یک عدد شگفت بـه
نام پی. در مورد این عدد معمـایـی وجـود
داشت که من به عنوان یک نوجوان کـامـلاً
نمی فهمیدم، اما بسـیـار جـالـب بـود، و
درنتیجه همه جا در جستجوی پی بودم. وقتی
بعدها در مدرسه یاد گرفتم چگـونـه اعـداد
کسری را به اعشاری تبدیل کنم و چـگـونـه
$3\frac{1}{8}$ برابر ۳/۱۲۵ می شود. فکر می کنـم
دوستی نوشت که این عدد برابر پی است.
یعنی نسبت پیرامون به قطر دایره: معلم آن را
به ۳/۱۴۱۶ تصحیح کرد. این چـیـزهـا را
می گویم تا بر نکته ای تأکید کنم. این که در
مورد این عدد معما و شگفتی وجود داشت
برایم مهم بود، نه اینکه خود عدد چه بـود.
بعدها وقتی در آزمایشگاه آزمایش می کـردم
منظور آزمایشگاه شخصی ام است که در آن
می پلکیدم. ببخشید، آزمایش نمـی کـردم،
هرگز این کار را نمی کردم، فقط می پلکیدم
و رادیو و وسایل مختلف می ساختم، . . . .
بتدریج با استفاده از کتابها و دستور کـارهـا
کشف کردم که در الکتریسیته فرمولـهـایـی
وجود دارد که جریان، مقاومت، و غیره را
به هم ارتباط می دهد، یک روز با نگاه کردن
به فرمولها در یک کتاب فرمـولـی را بـرای
بـسـامـد یـک مـدار تـشـدیـدی کـشـف کـردم
که بـه صـورت $f = \frac{1}{2\pi(LC)^{\frac{1}{2}}}$ بود کـه L
خودالقایـی و C ظرفیت خازن مدار بـود.

سروکلهٔ پی هم پیدا شده بود، اما دایره کجا
بود؟ می خندید؟! اما آن موقع من خیلی جدی
بودم. پی چیزی بود که بـه دایـره مـربـوط
می شد، و در اینجا از مدار الـکـتـریـکـی

سردرآورده بود.

شماها که می خندید می دانید سروکلهٔ پی از کجا پیدا می شود؟

عاشق این موضوع شده بودم، در جستجوی پاسخ آن بودم، و همواره به آن فکر می کردم و بعد البته متوجه شدم که پیچه ها به صورت دایره ای ساخته می شوند. حدود شش ماه بعد، کتابی پیدا کردم که خودالقایی پیچه های گرد و مربعی را داده بود، و پی در تمام فرمولها وجود داشت. مجدداً فکر کردم و متوجه شدم که پی به پیچه های دایره ای مربوط نیست. اکنون آن را بهتر می فهمم، امّا ته دلم هنوز نمی دانم دایره کجاست، و پی از کجا سر درآورده است.

وقتی هنوز کاملاً جوان بودم ـ نمی دانم چند سالم بود ـ یک واگون داشتم که توپی در آن بود و آن را می کشیدم، متوجه چیزی شدم و به سراغ پدرم رفتم تا بگویم «وقتی واگون را می کشم، توپ عقب می رود، اما وقتی با واگون می دوم و می ایستم توپ جلو می رود، چرا؟ چه جواب می دهی؟»

گفت «هیچکس دلیل این را نمی داند! گرچه موضوعی کلی است و همواره رخ می دهد: هر چیزی که حرکت می کند می خواهد به حرکت خود ادامه دهد، هر چیز ساکن هم می خواهد وضعیت خود را حفظ کند و ساکن بماند. اگر به دقت نگاه کنی می بینی که وقتی از سکون شروع به حرکت می کنی توپ به عقب نمی رود، بلکه کمی هم جلو می رود، البته نه با سرعت واگون. پس قسمت عقب واگون به توپ می خورد که در شروع حرکت مشکل دارد. این اصل را لختی می گویند.» من دویدم تا موضوع را امتحان کنم، و البته توپ عقب نمی رفت. او بین آنچه می دانیم و نامی که به آن می دهیم تفاوتی بارز تأمل می شد.

، داستان دیگری برایتان می گویم. برای تعطیلات به کتزکیل مانتین (Catskill Mountains) می رفتیم، در نیویورک برای تعطیلات به کتزکیل مانتین می روند. شوهران بیچاره طی هفته کار می کردند، و آخر هفته به آنجا می آمدند تا نزد خانواده شان باشند.

روزهای آخر هفته با پدرم برای گردش به جنگل می رفتیم و طی آن چیزهای زیادی درباره طبیعت و غیره می آموختیم. بچه های دیگر که دوست من بودند هم می خواستند به جنگل بروند، و می خواستند پدرم آنها را هم همراه ببرد. اما او مایل به این کار نبود، چون فکر می کرد که من از آنها جلوترم. نمی خواهم به شما بگویم چگونه تدریس کنید، زیرا پدرم کلاسی فقط با یک شاگرد داشت. اگر تعداد شاگردان بیش از یکی بود نمی توانست آموزش دهد.

پس دو نفری به جنگل می رفتیم. اما مادرها در آن روزها مثل امروز خیلی قدرت داشتند و پدران دیگر را متقاعد کردند که پسرانشان را برای گردش به جنگل ببرند. بنابراین، یک بعد از ظهر یکشنبه پدران و پسران به جنگل رفتند. روز بعد، دوشنبه، با بچه ها در مزارع بازی می کردیم و پسری به من گفت «آن پرنده را می بینی که روی گندمها نشسته است، اسمش چیست؟» گفتم «هیچ چیز در این مورد نمی دانم.» گفت «باسترک گلوقهوه ای است، پدرت چیز چندانی به تو یاد نمی دهد».

توی دلم خندیدم، زیرا پدرم قبلاً به من یاد داده بود که اسم، چیزی در مورد پرنده به من نمی آموزد. او به من آموخته بود «آن پرنده را می بینی؟ باسترک گلوقهوه ای است، اما در آلمان به آن هالزن فلوگل (Halzenflügel) می گویند و در چین آن را چونگ لینگ (Chung ling) می نامند. اما اگر همهٔ اسمهای آن را هم بدانی، هنوز چیزی

می دانی که مردم آن را چه می نامند.»

«اما باسترک آواز می خواند و به جوجه هایش یاد می دهد که پرواز کنند و در تابستان کیلومترها پرواز می کند و کسی نمی داند که چطور راهش را پیدا می کند.» و چیزهایی از این قبیل، تفاوتی میان نام یک چیز و آنچه واقعاً روی می دهد وجود دارد.

درنتیجه اغلب نمی توانم اسم کسی را به خاطر بسپارم و وقتی با من در مورد فیزیک بحث می کنند: خیلی جا می خورند. وقتی می گویند «اثر فیتز ـ کرونین» و من می پرسم «این اثر چیست؟» و نمی توانم نام را به خاطر بسپارم.

در اینجا مایلم یکی دو کلمه در مورد واژه ها و تعاریف بگویم ـ پس بحث خود را موقتاً قطع می کنم ـ فراگرفتن واژه ها ضروری است. اما این کار علم نیست. البته این به آن معنا نیست که چون علم نیست، نباید آن را یاد بدهیم. ما دربارهٔ اینکه چه چیزی را باید یاد بدهیم صحبت نمی کنیم: دربارهٔ این بحث می کنیم که علم چیست. دانستن چگونگی تبدیل سانتیگراد به فارنهایت علم نیست. البته دانستن آن لازم است، اما دقیقاً علم نیست. درست همان طور که اگر در مورد اینکه هنر چیست بحث کنید، نمی گوید که هنر دانستن این مطلب است که مداد B – ۳ از مداد H – ۲ نرمتر است. تفاوت بارزی بین این دو وجود دارد. البته نمی گویم که یک معلم هنر نباید آن را تدریس کند، یا یک هنرمند می تواند بدون دانستن آن کار کند (در واقع می توانید ظرف یک دقیقه با آزمایش به آن پی ببرید: اما این یک روش علمی است که شاید معلمان هنر به آن فکر نکنند.)

برای گفتگو با یکدیگر باید واژه داشته باشیم: و این درست است اما خوب است بدانیم تفاوت استفاده از واژه و علم چیست و متوجه شویم که چه موقع از ابزار علم مانند واژه ها را تدریس می کنیم، و کِی به آموزش خود علم می پردازیم.

برای اینکه منظورم را روشنتر کنم، یک

کتاب علوم را
برمی دارم تا به نقد آن با نظر ناموافق
بپردازم، که البته منصفانه نیست، چون
مطمئنم با کمی ذکاوت، می توانم چیزهایی
به همان اندازه غیرعادلانه در مورد بقیه کتابها
پیدا کنم.

این یک کتاب علوم در سطح ابتدایی است،
واولین درس به صورت بدی آغاز می شود،
زیرا ایدهٔ غلطی دربارهٔ اینکه علم چیست
می دهد. تصویری از یک سگ کوکی اسباب
بازی وجود دارد، دستی کلید را می چرخاند و
سگ حرکت می کند، زیر عکس نوشته شده
است «چه چیز باعث حرکت آن می شود؟» پس
از آن عکس یک سگ واقعی و پرسش «چه چیز
آن را به حرکت درمی آورد؟» و عکس یک
موتور سیکلت و سؤال «چه چیز باعث
حرکت آن می شود؟» و غیره.

من فکر می کردم که هدف کتاب این است
که بگوید موضوع علم چیست: فیزیک،
زیست شناسی، شیمی، اما این طور نبود.
پاسخ سؤال در کتاب معلم: پاسخی که سعی
می کنم آن را یاد بگیرم این است «انرژی
باعث حرکت آن می شود.» اما انرژی مفهوم
بسیار ظریفی است. فهمیدن درست آن بسیار
مشکل است. منظورم این است که درک
مفهوم انرژی به اندازهٔ کافی آسان نیست تا
بتوان آن را درست به کار برد. بنابراین، با
استفاده از ایدهٔ انرژی، نمی توانید چیز
صحیحی استنتاج کنید. این مطلب بالاتر از
سطح سال اول است. می توانستید بگویید
«خداوند باعث حرکت آن می شود»، یا
«روح باعث حرکت آن می شود»، یا
«تحرک باعث حرکت آن می شود». (در
واقع به همان خوبی می توانید بگویید «انرژی
باعث توقف آن می شود.»)

حال این طور به مسئله نگاه کنید: این فقط
تعریف انرژی است. درصورتی که باید
برعکس باشد. می توانیم بگوییم وقتی چیزی
می تواند حرکت کند انرژی دارد. اما نه اینکه
چیزی که باعث حرکت آن می شود انرژی
است. بین این دو تفاوت ظریفی وجود
دارد.

همین مطلب درمورد لختی
صادق است. شاید بتوانم تفاوت را کمی
روشنتر کنم.

اگر شما از یک بچه بپرسید چه چیز باعث
حرکت سگ اسباب بازی می شود، باید فکر
کنید که یک شخص عادی چه پاسخی
می دهد. پاسخ آن است که شما فنر را کوک
می کنید: فنر می خواهد باز شود و چرخ دنده ها
را به حرکت درمی آورد، و این راه درستی
برای آغاز درس علوم است.

چیزی در مورد اسباب بازی یاد
می گیرید، چگونه ساخته شده است،
خلاقیت مردمانی که چرخ دنده ها و دیگر
چیزها را طراحی کرده اند. خوب است،
سؤال طرح شده مناسب است. اما پاسخ
کمی نامناسب است، زیرا می خواستند
تعریف انرژی را یاد بدهند. اما این طور
چیزی آموخته نشده است. فرض کنید که
دانش آموزی بگوید «فکر نمی کنم انرژی
باعث حرکت سگ شود».

خُب بحث به کجا می انجامد؟

سرانجام راهی برای آزمون اینکه آنچه
تدریس می شود یک ایده است یا تعریف پیدا
کردم. بگویید «بدون استفاده از واژهٔ جدید
که هم اکنون فرا گرفته اید، آنچه گفته شد را
به بیان خود بگویید. بدون استفاده از واژهٔ
«انرژی» بگویید چه چیزی در مورد حرکت
سگ می دانید. نمی توانید. پس بجز تعریف
چیزی یاد نگرفته اید. شما چیزی در مورد
علم یاد نگرفته اید. شاید نخواهید از ابتدا
چیزی در مورد علم یاد بگیرید. اول باید
تعریفها را بیاموزید. اما برای اولین درس این
کار مخرب نیست؟

تصور می کنم، برای اولین درس،
فراگیری یک فرمول مرموز برای پاسخگویی
به سؤالها بسیار بد است. چیزهای بد دیگری
نیز در کتاب وجود دارد، «گرانی باعث
سقوط آن می شود.» «کف کفش شما براثر
اصطکاک فرسوده
می شود». چرم کفش وقتی با کف پیاده رو
برخورد می کند، فرورفتگیها و برآمدگیهای
کوچک آن قطعاتی از چرم کف کفش را
می کَنند. اینکه به سادگی بگویید براثر
اصطکاک ساییده می شود بد است، زیرا علم
نیست.

برای آموزش من پدرم کمی با مفهوم
انرژی ور می رفت و واژه را پس از اینکه
ایده ای در مورد آن به دست می آوردم به کار
می برد. کاری را که می کرد می دانم. چون
کم و بیش مانند سگ اسباب بازی عمل
می کرد، گرچه دقیقاً همان مثال را به کار
نمی برد. او می گفت «سگ حرکت می کند
زیرا خورشید می درخشد». و من پاسخ
می دادم «نه، حرکت آن چه ارتباطی با
درخشیدن خورشید دارد؟» سگ برای این
حرکت می کند که من آن را کوک کرده ام؟»
«و چرا، دوست من می توانی فنر را کوک
کنی؟»
«چون غذا می خورم؟»
«چی می خوری، دوست من؟»
«گیاهان را»
«و گیاهان چگونه می رویند؟»
«گیاهان رشد می کنند چون خورشید
می درخشد؟»

و همین طور سگ. اما در مورد بنزین چه
می گویی؟ انرژی انباشته شدهٔ خورشید که
گیاهان آن را گرفته اند و در زمین ذخیره شده
است. تمام مثالهای دیگر به خورشید ختم
می شود. بنابراین همان ایدهٔ کتاب درسی
دربارهٔ جهان به صورت بسیار هیجان انگیزی
مطرح می شود. تمام چیزهایی که حرکت
می کنند، حرکتشان به واسطهٔ درخشش
خورشید است. بدین ترتیب ارتباط یک منبع
انرژی با منبع دیگر روشن می شود، و طفل

می توانند آن را تکذیب کنند: «فکر نمی کنم که به علت درخشش خورشید باشد». و می توانید بحثی را آغاز کنید بنابراین تفاوتی وجود دارد. (بعداً، می توانم موضوع جزر و مد را مطرح کنم، (آنچه باعث گردش زمین می شود، و مجدداً با معمایی روبه رو شوم.)

این یک مثال از تفاوت میان تعاریف (که البته لازم اند) و علم است. تنها ایراد من به مطرح کردن این مورد خاص در درس اول بود. این که انرژی چیست را باید بعداً آورد، نه به صورت «چه چیز باعث حرکت سگ می شود؟» به کودک باید جواب کودکانه داد. «آن را باز کن، و به آن نگاه کن.»

طی این پیاده رویهای در جنگل، چیزهای زیادی یاد گرفتم. در مورد پرندگان، مسئله مهاجرت را قبلاً مطرح کردم. اما، مثالی از پرندگان جنگل خواهم آورد. پدرم به جای نام بردن آنها می گفت «نگاه کن، می بینی که پرندگان به پرهایشان نوک می زنند. و این کار را زیاد انجام می دهند. فکر می کنی چرا به پرهایشان نوک می زنند؟»

حدس زدم که پرها ژولیده شده اند و پرنده می خواهد آنها را مرتب کند. گفت «خُب، فکر می کنی کی پرها نامرتب می شوند، یا چطور این کار صورت می گیرد؟»

«وقتی پرواز می کنند. وقتی این طرف و آن طرف می روند، پرها مرتب است، اما وقتی پرواز می کنند: پرها نامرتب می شوند.»

گفت «پس حدس می زنی وقتی پرنده از پرواز برگشته است باید بیشتر به پرهایش نوک بزند تا وقتی برای مدتی این طرف و آن طرف و آنها را مرتب کرده است. خُب بگذار ببینیم».

پس نگاه کردیم، و مدتی مراقب بودیم، و معلوم شد که پرنده بدون توجه به اینکه روی زمین راه می رفت یا از پرواز برگشته بود همیشه همان اندازه نوک می زد. پس حدس من غلط بود، و نتوانستم علت را درست حدس بزنم. پدرم آن را به من گفت.

پرنده به این علت به پرهایش نوک می زند که شپش دارد، پوستهٔ کوچکی از ریشهٔ پر پرنده خارج می شود که خوراکی است و شپش آن را می خورد. از میان پاهای شپش همان مومی خارج می شود و کرم کوچکی آنجا زندگی می کند و این موم را می خورد. حال، این غذا برای این کرم بسیار زیاد است و نمی تواند آن را کاملاً هضم کند، پس، از بدنش مایعی خارج می شود که شکر بسیار دارد و موجود بسیار ریزی از آن شکر تغذیه می کند و غیره.

آنچه گفتم درست نیست. اما روح مطلب صحیح است. ابتدا چیزی دربارهٔ انگلها یاد گرفتم که یکی روی دیگری زندگی می کند.

دوم، هرکجا در جهان منبعی از چیزی وجود دارد که قابل خوردن است و می تواند سبب ادامهٔ حیات شود، نوعی موجود زنده پیدا می شود که از آن استفاده کند: و هر چیز کوچکی که باقی می ماند موجودی آن را می خورد.

اکنون می بینید که نتیجهٔ مشاهده، حتی اگر به نتیجه گیری نهایی منجر نشود، گنجینهٔ جالب توجهی از طلاست، با نتیجه ای بی نظیر. واقعاً نتیجه شگفت انگیز است.

فرض کنید به من گفته شده بود که مشاهده کنم، و فهرستی از نتیجه های مشاهده ام تهیه کنم، این کار را بکنم، نگاه کنم، و وقتی فهرست را نوشتم، ۱۳۰ فهرست دیگر بنویسم. آن وقت می فهمیدم که نتیجهٔ مشاهداتم نسبتاً کسل کننده است، و چیز زیادی از آن درنمی آید.

فکر می کنم خیلی مهم است ـ لااقل از نظر من ـ که اگر می خواهید به مردم یاد بدهید که آزمایش و مشاهده کنند، نشان دهید که چیز جالب توجهی از این مشاهدات درمی آید. آن وقت یاد گرفتم علم چیست. علم شکیبایی بود. اگر نگاه می کردید، و مراقب بودید، توجه می کردید، چیز خوبی گیرتان می آمد (گرچه نه همیشه).

در جنگل چیزهای دیگری هم یاد گرفتم. ما به جنگل می رفتیم، چیزهای زیادی می دیدیم. و راجع به آنها صحبت می کردیم: راجع به رشد گیاهان، کشمکش آنها برای نور، چگونه می کوشند تا ارتفاع بیشتری بالا بروند، و مسئله بالا بردن آب به ارتفاع بیش از ۱۰ تا ۱۲ متر را حل کنند، گیاهان کوچکی که در جستجوی نور اندکی هستند که از او به لای برگها نفوذ می کند، همه چیزهایی که رشد می کنند ... .

یک روز بعد از دیدن همهٔ اینها، پدرم مجدداً مرا به جنگل برد و گفت «تمام این مدتی که به جنگل نگاه می کردیم فقط نیمی از آنچه روی می دهد را دیده ایم، درست نصف.»

گفتم «منظورتان چیست؟»

گفت «ما فقط می دیدیم که چیزها چطور رشد می کنند؟ اما به ازای هر رشد، باید به همان مقدار فروپاشی وجود داشته باشد، وگرنه مواد همواره مصرف می شوند. درختان خشک شده آنجا افتاده اند با تمام موادی که از هوا، زمین و غیره گرفته اند، و اگر این مواد به هوا یا زمین برنگردد، چیز جدیدی نمی روید، زیرا مواد لازم وجود نخواهند داشت. پس برای هر رشد باید به همان اندازه فروپاشی وجود داشته باشد.»

پس از آن در گردشهایمان در جنگل کنده های پوسیده را می شکستیم، و موجودات ریز و قارچهای مضحکی را می دیدیم که رشد می کردند. او نمی توانست باکتریها را به من نشان دهد، اما اثر نرم کنندهٔ آنها را می دیدیم. می دیدیم که چگونه جنگل دائماً مواد را به یکدیگر تبدیل می کند.

چیزهای زیادی وجود داشت، توصیف چیزها به راههای عجیب. پدرم اغلب طی این

قـــدم

زدنها می گفت «فرض کن که مردی از مریخ به زمین بیاید و به آن نگاه کند». راه درستی برای نگرش به جهان وجود دارد. مثلاً وقتی با قطار برقی ام بازی می کردم، می گفت: چرخ بزرگی وجود دارد که به کمک آب می چرخد و به رشته های مسی متصل است که در تمام جهتها گسترش یافته اند و چرخهای کوچکی وجود دارند، و این چرخهای کوچک همراه چرخ بزرگ می چرخند. ارتباط آنها به واسطهٔ مس و آهن است و نه چیز دیگر، و اینها بدون اینکه قطعهٔ متحرکی وجود داشته باشد به هم متصل اند. اینجا چرخ را می چرخانید، و چرخهای کوچک در همه جا می چرخند، و قطار کوچک تو یکی از آنهاست. جهانی که پدرم دربارهٔ آن صحبت می کرد بسیار شگفت انگیز بود.

شاید فکر کنید که سرانجام چه چیز عایدش شد. من به ام. آی. تی رفتم و بعد به پرینستون. به خانه برگشتم و گفت «حالا که آموزش علوم دیده ای، همیشه می خواستم چیزی را بدانم که هرگز نفهمیدم. خُب پسر جان، می خواهم آن را برایم روشن کنی.» گفتم بله

گفت «تا آنجا که می فهمم می گویند نور وقتی از اتم گسیل می شود که اتم از یک حالت به حالت دیگر می رود، از حالت برانگیخته به حالتی با انرژی کمتر.»

گفتم «درست است.»

«و نور نوعی ذره است، فوتون، فکر می کنم به آن فوتون می گویند.»

«بلی»

«پس اگر فوتون وقتی اتم از حالت برانگیخته به حالت پایین تر می رود از آن بیرون می آید، باید در حالت برانگیخته در اتم باشد.»

گفتم «خُب، نه.»

گفت «خُب، پس چطور آن را توجیه می کنی: اگر فکر می کنی ذرهٔ فوتون می تواند از اتم بیرون بیاید بدون اینکه حالت برانگیخته در آن باشد؟»

چـنـد لحظه فکر کردم، و گفتم «متأسفم، نمی دانم و نمی توانم آن را توجیه کنم.»

پس از این همه سال که سعی کرده بود چیزی به من یاد بدهد، از اینکه به چنین نتیجه ضعیفی رسیده است خیلی ناامید شد.

فکر می کنم علم چیزی مانند این باشد: روی این سیاره تکامل حیات به مرحله ای رسید که حیواناتی باهوش به وجود آمدند. منظورم صرفاً انسان نیست، بلکه حیواناتی که بازی می کردند و می توانستند از تجربیات خود درس بگیرند (مثل گربه ها). اما در این مرحله هر حیوان می توانست فقط از تجربیات خود چیزی یاد بگیرد. بتدریج این حیوانات تکامل یافتند، تا بعضی از آنها توانست تندتر یاد بگیرد و حتی با مشاهده از تجربیات دیگران هم بیاموزد، یا یکی از آنها می توانست چیزی را به دیگران نشان دهد، یا ببیند که دیگران چه می کنند. پس این امکان به وجود آمد که این حیوانات چیزهایی را یاد بگیرند، اما انتقال کافی نبود و تجربیات از میان می رفت، یا کسی که چیزی بلد بود قبل از اینکه بتواند آن را به دیگران منتقل کند از دنیا می رفت.

سپس زمانی رسید که برای بعضی از انواع حیوانات آهنگ فراگیری رشد کرد، و به مرحله ای رسید که ناگهان چیز جدیدی به وقوع پیوست: آنچه یک حیوان یاد گرفته بود با سرعت کافی به دیگران و دیگران منتقل شد به طوری که در نسل آنها باقی ماند. پس این امکان به وجود آمد که نسل گنجینه ای از معلومات داشته باشد.

این را بستگی زمانی می خوانند. نمی دانم چه کسی نخستین بار آن را چنین نامیده است. به هر حال، اکنون بعضی از نمونه های این موجودات اینجا نشسته اند و می کوشند که یک تجربه را به تجربهٔ دیگر پیوند دهند، و هریک می کوشد که از دیگری چیزی یاد بگیرد.

پدیدهٔ داشتن حافظه ای برای نسل، یا داشتن گنجینه ای از معلومات که بتواند از نسلی به نسل دیگر منتقل شود، چیز تازه ای بود. اما آفتی هم داشت. این امکان وجود داشت که ایده هایی منتقل شوند که برای نسل مفید نباشند. هر نسل ایده هایی دارد، اما این ایده ها الزاماً سودمند نیستند.

پس زمانی رسید که ایده هایی که به کندی انباشته شده بودند فقط حاوی چیزهای عملی و مفید نبود، بلکه توده ای از تعصبات و باورهای عجیب و غریب نیز در آن وجود داشت.

سپس راهی برای اجتناب از این آفت کشف شد، و این تردید در مورد چیزی است که از نسل گذشته منتقل شده است. اوضاع از این قرار است که هر کس به جای اطمینان به تجربیات گذشته بکوشد تا موضوع را خودش به تجربه دریابد و این چیزی است که علم نامیده می شود: نتیجهٔ اکتشافی که ارزش آزمون دوباره را با تجربهٔ مستقیم دارد، نه الزاماً اطمینان به تجربهٔ نسل گذشته. من آن را این طور می بینم و این بهترین تعریفی است که می دانم.

می خواهم آنچه را همه به خوبی می دانید مجدداً یادآوری کنم تا شاید به موضوع علاقه مند شوید. در مذهب، درسهای اخلاقی را نه یک بار، بلکه به طور مکرر تعلیم می دهند، و فکر می کنم این یادآوریهای مجدد ارزش علم نیز برای کودکان، بزرگسالان و بقیه به راههای مختلف ضروری است. نه فقط به خاطر اینکه شهروندان بهتری می شویم که می توانیم طبیعت و مانند آن را کنترل کنیم بلکه

چیزهای دیگری
نیز وجود دارد و این ارزش دیدگاه جدید نسبت به جهان است که علم ایجاد می کند. زیبایی و شگفتی جهان با توجه به تجربیات جدید کشف می شود. شگفتی چیزهایی که یادآور شدم: اینکه چیزها حرکت می کنند چون خورشید می درخشد (البته، همه چیز به خاطر درخشش خورشید نمی جنبد. زمین مستقل از درخشش خورشید می گردد، و واکنشهای هسته ای می تواند بدون توجه به آن انرژی تولید کند، و احتمالاً آتشفشانها را منبعی بجز درخشش خورشید به حرکت درمی آورد.)

جهان پس از آموزش علوم متفاوت به نظر می رسد. مثلاً درختان در درجه اول از هوا ساخته شده اند. وقتی می سوزند، به هوا برمی گردند، و در گرمای شعله گرمای فروزان خورشید آزاد می شود که در تبدیل هوا به درخت در آن نهفته بود، و در خاکستر درخت بخش کوچکی به جا می ماند که ناشی از هوا نیست بلکه از زمین به آن اضافه شده است.

این چیزها زیبا هستند، و علم به طور شگفت آوری سرشار از آنهاست، آنها الهام برانگیزند، و می توان از آنها برای الهام بخشیدن به دیگران استفاده کرد.

کیفیت دیگر علم آن است که علاوه بر اهمیت آزاد اندیشی، ارزش تفکر منطقی را نیز می آموزد: نتایج مثبتی که از تردید در مورد درستی تمام درسها حاصل می شود. در اینجا باید در تدریس علم، متوجه تفاوتی بشوید که میان علم و قالبها و دستورالعملهایی وجود دارد که در توسعه علم به کار می روند. گفتن اینکه «می نویسیم، آزمایش می کنیم، مشاهده می کنیم، این کار و آن کار را می کنیم» آسان است. می توانید این قالب را دقیقاً کپی کنید. اما مذاهب بزرگ با پیروی از قالب و بدون به خاطر داشتن محتوای تعلیمات رهبران بزرگ منتشر شدند. همین طور می توان دنبال قالب رفت و آن را علم نامید، اما این شبه علم است. به واسطه این شبه علم از نوعی استبداد رنج خواهیم برد که امروز در بسیاری از مؤسسه های تحت نفوذ مشاوران شبه عالم وجود دارد.

ما مطالعهٔ بسیار می کنیم که طی آنها افراد مثلاً مشاهداتی انجام می دهند، فهرستهایی تهیه می کنند، آمار می گیرند و غیره. اما علم واقعی از این راه به دست نمی آید، و معلومات حقیقی حاصل نمی شود. اینها فقط قالب تقلیدی علم هستند. مانند فرودگاههای جزایر دریای جنوب، با برجهای رادیویی و غیره که همگی از چوب بودند. جزیره نشینان انتظار رسیدن هواپیماهای غول پیکر را داشتند. آنها حتی هواپیماهای چوبی به شکلی ساختند که در فرودگاههای خارجی دیده بودند. اما هواپیمای چوبی آنها پرواز نمی کرد. نتیجه این تقلیدهای شبه علمی، به وجود آمدن متخصصانی است که بسیاری از شما هستید. شما معلمانی که در پایین هرم به کودکان آموزش می دهید شاید بتوانید گاهی دربارهٔ متخصصان شک کنید. از علم یاد بگیرید که شما باید به متخصصان شک کنید. در واقع می توانم علم را طور دیگری هم تعریف کنم، علم اعتقاد به ناآگاهی متخصصان است.

وقتی کسی می گوید «علم این و آن را تعلیم می دهد». کلمه را غلط به کار می برد. علم چیزی یاد نمی دهد. تجربه به ما می آموزد. اگر به شما بگویند «علم چنین و چنان نشان داده است»، می توانید بپرسید «علم چطور آن را نشان داده است؟ چگونه دانشمندان دریافتند؟ چگونه، چی، کجا؟» نباید بگوییم «علم نشان داده است». بلکه «تجربه این را نشان داده است.» و شما به اندازهٔ هرکس دیگر حق دارید که وقتی چیزی راجع به تجربه ای می شنوید (حوصله داشته باشید و به تمام دلایل گوش کنید) قضاوت کنید که آیا نتیجه گیری درست انجام شده است یا نه.

در زمینه ای که چنان پیچیده است که علم واقعی نمی تواند راه به جایی برد. باید به نوعی حکمت قدیمی، نوعی درستکار بودن تکیه کنیم. می خواهم این فکر را در معلمان القا کنم که به اعتماد به نفس، عقل سلیم، و هوش طبیعی امیدوار باشند. متخصصانی که شما را راهنمایی می کنند ممکن است در اشتباه باشند.

من احتمالاً سیستم را مختل کرده ام، و دانشجویانی که به کالتک می آیند دیگر چندان خوب نخواهند بود. فکر می کنم که ما در عصری غیر علمی زندگی می کنیم که محتوای تمام ارتباطات، تلویزیون، کتابها، و غیره غیرعلمی است و درنتیجه، استبداد فکری قابل ملاحظه ای به نام علم وجود دارد.

سرانجام، با توجه به این بستگی زمانی، هیچکس عمر دوباره ندارد. هر نسل که چیزی را با تجربه کشف می کند باید آن را منتقل کند، اما این انتقال باید با موازنهٔ ظریفی از حرمت و بی حرمتی انجام گیرد. به طوری که آهنگ (حال که از آفت آگاه شده اید) انتقال، خطاهای آن را به صورت ریشه ای به جوانان منتقل نکند، بلکه آنچه منتقل می کند حکمت انباشته و حکمتی باشد که می تواند حکمت نباشد.

باید یاد بدهیم که چگونه با نوعی تعادل که به مهارت قابل ملاحظه ای نیاز دارد گذشته را هم بپذیریم و هم طرد کنیم. در میان تمام موضوعها، تنها علم حاوی این درس است که باور به خطاناپذیری معلمان بزرگ نسلهای گذشته خطرناک است.

پس ادامه بدهید. متشکرم.

ترجمهٔ دکتر منیژهٔ رهبر

وقتی دو هزار اتم مثل یک اتم عمل می کنند

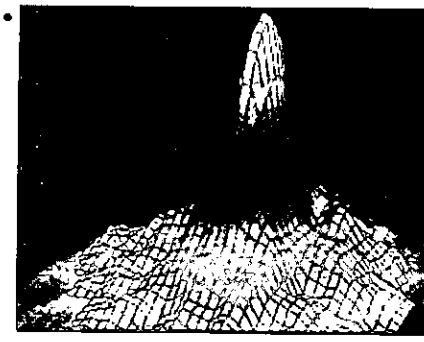
جف هِشت
(Jeff Hecht)

گروهی از دانشمندان امریکایی توانسته اند برای حدود ۱۵ ثانیه گوشه ای از آزمایشگاه خود را به سردترین و بی حرکت ترین نقطهٔ عالم تبدیل کنند. پژوهشگران آزمایشگاه انستیتوی مشترک اختر فیزیک (JILA) در بولدر، کلرادو، اتمهای روبیدیم را به اندازه ای سرد کرده اند که این اتمها کاملاً بی حرکت شده اند. در این حالت منحصر بفرد اتمها هویت جداگانهٔ خود را از دست می دهند و مانند یک «ابَر اتم (Superatom)» عمل می کنند.

در سالهای ۱۹۲۰، آلبرت اینشتین و فیزیکدان هندی ساتیندرانات بُوز (Satyendra Nath Bose) پیش بینی کردند که وقتی اتمها تا نزدیکی صفر مطلق سرد شوند، ذرات بنیادی تشکیل دهندهٔ آنها به پایین ترین تراز انرژی ممکن سقوط می کند و همهٔ آنها حالت کوانتوم مکانیکی دقیقاً یکسانی را اشغال می کنند. در این حالت اتمها مانند فوتونهای موجود در یک باریکهٔ لیزر «همدوس» هستند، یعنی هویت یکسانی دارند و همگی در یک جهت حرکت می کنند.

گروه JILA در اوایل سال ۱۹۹۵ به این حالت تراکم بوز ـ اینشتین بسیار نزدیک شده بودند. این گروه حرکت اتمهای روبیدیم را با استفاده از باریکه های لیزر و میدان مغناطیسی محدود کردند و اجازه دادند تا اتمهای گرم فرار کنند، این کار انرژی متوسط اتمهای باقیمانده را کم کرد و آنها را تا دمای بی سابقهٔ ۲۰۰ بیلیونیم بالاتر از صفر مطلق سرد کرد.

اما فرار بعضی از اتمهای سرد شده از مرکز تله مانع از سرد شدن بیشتر آنها شد. اخیراً دکتر اریک کورنل (Eric Cornell) یکی از پژوهشگران JILA با استفاده از یک میدان مغناطیسی موفق شده است که اتمها را در جای خود نگه دارد و مانع از نشت آنها شود. با استفاده از این روش پژوهشگران توانسته اند به دمای ۱۷۰ بیلیونیم بالاتر از صفر مطلق برسد. در این حالت ۲۰۰۰ اتم یک خوشهٔ بوز ـ اینشتین تشکیل می دهند که قطر آن کمتر از ۱۰۰ میکرومتر است.



به گفتهٔ کارل وایمن (Carl Wieman) یکی از اعضای گروه JILA این یک حالت جدید ماده است. می توان گفت که سرد کردن اتمها تا این حد سبب برهم نهاده شدن آنها می شود. اتمها وقتی سرد می شوند، سطح بزرگتری را اشغال می کنند، زیرا طول موج دوبروی آنها افزایش می یابد. چگالش بوز ـ اینشتین هنگامی رخ می دهد که طول موج دوبروی از فاصلهٔ متوسط بین اتمها بیشتر شود. در این حالت اتمها به صورت یک موجود واحد درمی آیند.

طبق برآورد پژوهشگران، مادهٔ چگال آنها می تواند تا ۲۰ بیلیونیم بالاتر از صفر مطلق سرد شود. این پژوهشگران از این فرم جدید ماده برای آزمودن برخی پیش بینی های مکانیک کوانتومی استفاده کرده اند. با ذوب و انبساط این مادهٔ چگال شکل آن به جای کره به صورت جسم کشیده ای درمی آمد. این رفتار ابتدا آنها را شگفت زده کرد. اما با بررسی معادله های مربوطه، متوجه شدند که این دقیقاً رفتاری است که پیش بینی شده است.

این حالت، حالت جدید ماده حوزهٔ جالب توجهی را برای فیزیکدانان ایجاد کرده است. به گفتهٔ تام گری تاک (Tom Greytak) از انستیتوی تکنولوژی ماساچوست، با این اتمهای بسیار سرد و خوشرفتار، می توانید ثابتهای فیزیکی را با دقت بسیار بیشتری اندازه بگیرید.

ترجمهٔ دکتر فرزاد وحید

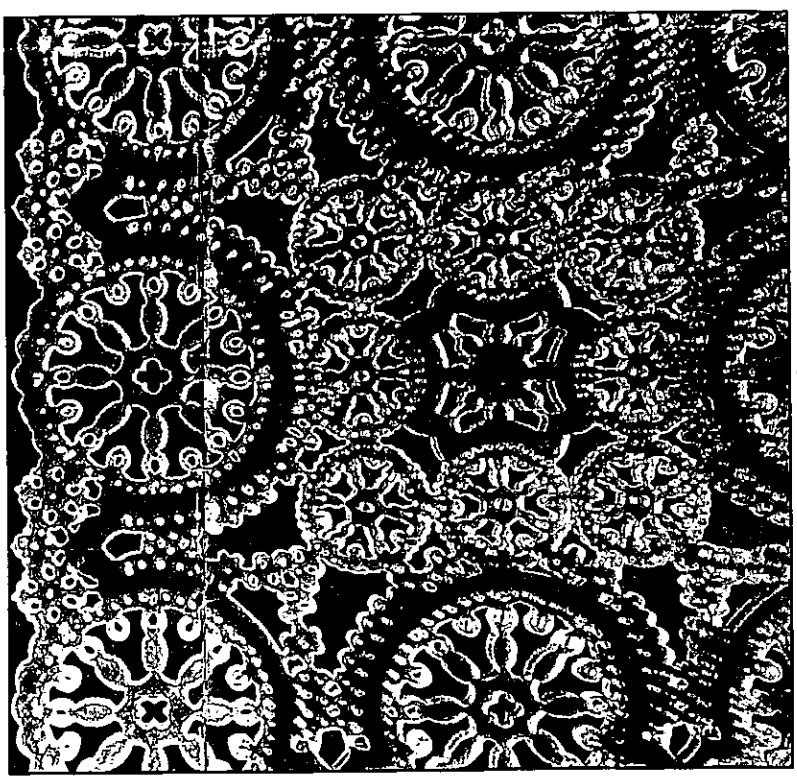
شیشه های فوتوکرومیک و حساس به نور

دونالد . ام . تروتر

برخلاف شیشهٔ معمولی، این شیشه ها به نور حساس اند و ساختارهایی را به وجود می‌آورند که در الکترونیک، اپتیک و هنرهای تزیینی کاربرد دارند.

شیشه گری برای ساختن ظروف و اشیای تزیینی و مجسمه های شیشه ای از ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد در تمام تمدنهای باستانی رواج داشته است. آنچه شیشه را از سفال متمایز می سازد، خاصیت انتقال نور آن است. نور از شیشه عملاً بدون تغییر عبور می کند و شیشه نیز ضمن عبور نور تغییر نمی کند. اما انواع ناشناخته تر شیشه در برابر نور واکنش نشان داده و دستخوش تغییراتی مفید می گردند. این تغییر، تولید کنندگان را بر آن داشت تا از این نوع شیشه ها برای ساختن وسایل مختلف استفاده کنند از جمله عینکهای فوتوکرومیک که در فضای آزاد تیره می شوند. تحقیقاتی در دست انجام است که بتوان از این شیشه ها برای پنجرهٔ ساختمانها، شیشهٔ عینک جهت بعضی نارساییهای چشمی و نیز در بعضی وسایل الکترونیکی استفاده کرد.

این شیشه ها به دو گروه تقسیم می شوند:

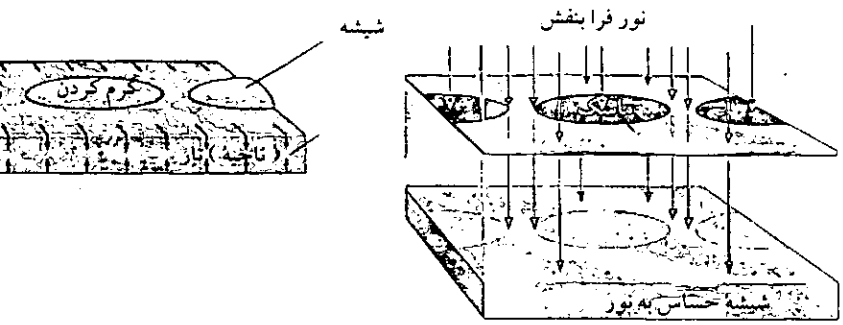


زیور شیشه حساس به نور، در اینجا به چهار برابر اندازه واقعی اش نشان داده شده است. قسمتهایی از شیشه را می پوشانند و آن را تحت تابش نور فرابنفش قرار می دهند. وقتی نور فرابنفش به قسمتهای پوشانده نشده برخورد می کند تغییراتی در آن به وجود می آورد. پس از گرما دادن این قسمتها نار شده و با اسید فلوئوریدریک خورده می شوند. اسید شیشه را نیز حک کرده و به آن شکل پخزده می دهد.

شیشه های فوتوکرومیک که وقتی در برابر تابش شدید نور قرار می گیرند، موقتاً تغییر رنگ می دهند و شیشه های حساس به نور که در آنها یک تصویر نهان نامریی به وجود می آید. حرارت دادن بعدی این تصویر را ظاهر می کند و سبب تغییر ساختمان یا تغییر رنگ شیشه به طور دائم یا هردوی آنها می شود.

فرآیندهای شیمیایی که در این شیشه ها انجام می گیرد، امکان ساختن قطعات برای کاربردهای صنعتی را به وجود می آورد که می توان آنها را به طور انبوه تولید کرد. چون این شیشه ها را به صورت شیمیایی تولید می کنند تولرانس آنها بیش از قطعاتی است که به طور مکانیکی بریده و سوراخ می شوند، ولی می توان در آنها سوراخهای بسیار کوچکی به وجود آورد که حتی موی انسان از آن عبور نکند. به علاوه، شیشه های فوتوکرومیک و حساس به نور پایدار، بی اثر، نفوذناپذیر، مقاوم و نارسانا هستند و از نظر ساختار بر پلاستیک و فلز برتری دارند.

دانشمندان و مهندسان اکنون آزمایشهایی را در مورد خواص این شیشه ها انجام می دهند و در جستجوی راههای بهبود مشخصات و پیدا کردن کاربردهای صنعتی برای آنها هستند. مبنای تولید این شیشه ها بر پایهٔ اصول شیمیایی در سال ۱۹۴۰ گذاشته شد. در کارهای اولیهٔ اس. دونالد استوکی و دیگر دانشمندان در کارگاه شیشه گری کورنینگ (اکنون شرکت کورنینگ) در کورنینگ نیویورک شیشه معمولی را گرفته و با افزودن مواد شیمیایی به آن آزمایش می کردند. این گروه، شیشه هایی را تولید کردند که با تغییر رنگ یا با تشکیل تصویر نهان در برابر نور واکنش



عدسیهای میکرونی به آسانی از شیشه های حساس به نور ساخته می شوند. ناحیهٔ تار پس از تابش فرابنفش (۱) و گرم کردن (۲) منقبض می شود و از شیشه اولیه جگالتر می گردد. وقتی آن را مثل لوله خمیردندان فشار دهند قسمتهای شیشه ای بیرون می زنند و عدسیهایی را تشکیل می دهند. این عدسیها در دستگاه کانونی کردن خودکار در دوربینهای عکاسی در قسمتهای اپتیکی دستگاههای فاکسی مایل به کار می روند. قطر عدسیهایی در شکل (۴) حدود ۱۰۰ میکرون یعنی به قطر موی انسان است.

می کردند. این فرآیند شیمیایی بنیادی به اندازه ای موفقیت آمیز بود که هنوز هم مورد استفاده است.

شیشه های فوتوکرومیک و حساس به نور مانند بسیاری از شیشه های معمولی به طور عمده از دیوکسید سیلیسیوم تشکیل شده اند که مادهٔ متشکلهٔ سنگ معمولی است اما کار با دیوکسید سیلیسیوم دشوار است. نقطهٔ ذوب آن بسیار بالاست (بالاتر از ۱۶۰۰ درجه سلسیوس) و بسیار چسبنده است. برای کاهش نقطهٔ ذوب و ایجاد مادهٔ مذاب شاره مانند، هنگام پخت شیشه به آن اکسیدهای قلیایی یا قلیایی خاکی اضافه می کنند. اکسیدهای آلومینیم، بور، تیتانیم، یا سایر فلزات برای کنترل خواص و ضریب شکست، مقاومت در برابر فرسایش و استحکام به آن اضافه می شود. این اکسیدها ترتیب و هماهنگی مولکولهای شیشه را تغییر می دهد.

تعداد کمی عناصر برای ایجاد خصوصیات فوتوکرومیک و حساسیت به نور به این مبنای شیشه ای اضافه می شود. این افزودنیها در برابر نور یا گرما واکنش نشان می دهند یا واکنش را تسریع می کنند. مبنای شیشه ای با تأثیر در اندازه و ترکیب ذرات رسوبی درگیر، در واکنش یا آهنگ آن در ویژگیهای فوتوکرومیک یا حساسیت به نور دخالت می کند.

برای ساخت شیشهٔ فوتوکرومیک از یک مبنای شیشه شروع می کنند که مقدار نسبتاً زیادی اکسید بوریک دارد. نقره و مس به صورت نیترات یا کلرید به آن اضافه می شود، همین طور یک فلز هالوژنه، یعنی ترکیبی متشکل از فلز و هالوژن مانند فلوئورین، کلرین، برمین و یا یدین.

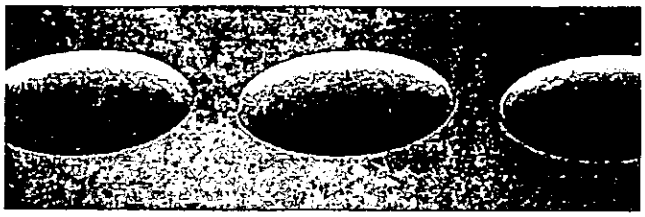
مخلوط تا دمای حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد گرم می شود. در این دما مخلوط به صورت شارهٔ همگنی درمی آید که انسجام آن مانند شربت غلیظ است. سپس شیشهٔ مذاب را در قالب می ریزند که آن را به شکلهای مختلف درمی آورد. مثل قرصهای کمی محدب که بعداً عدسی عینک را از آن می تراشند. قالب شیشه را سرد می کند و سبب سخت شدن آن و نگهداری شکل قالب می شود.

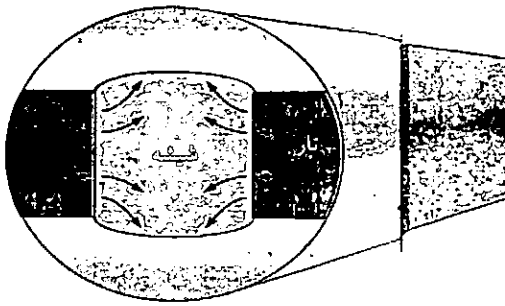
با سرد شدن شیشه ترتیب قرارگرفتن بور در ساختار شیشهٔ مبنا تغییر می کند. درنتیجه، هالوژنها که در دمای ذوب در شیشه محلول بودند بسیار نامحلولتر می شوند و هالوژن می تواند از محلول خارج شده و با نقره و مس واکنش انجام دهد. واکنش سبب رسوب بلورکهای هالید نقره می شود که حاوی مقدار کمی هالید مس هستند. اگرچه رسوب اصولاً می تواند در دمای اتاق صورت گیرد، اما پخش در قالب سخت شیشه به قدری کند است که هزاران سال طول می کشد تا بلورکها تشکیل شوند. اما پژوهشگران با گرم کردن مجدد شیشه تا دمای کمتر از نقطهٔ نرم شدن آن یعنی در حدود ۶۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه توانسته اند فرآیند رسوب را تسریع کنند.

بلورکهای با قطر حدود ۱۰۰ انگستروم برای جذب یا پراکندگی نور معمولی بیش از اندازه کوچک و شفاف اند، زیرا طول موج نور مریی در گسترهٔ ۴۰۰۰ تا ۷۰۰۰ انگستروم است. بنابراین، شیشه کاملاً شفاف و بیرنگ باقی می ماند. اما بلورکها نسبت به طول موجهای کوتاهتر شفاف نیستند و می توانند نور فرابنفش موجود در پرتو خورشید را جذب کنند. در برابر تابش این نور بعضی یونهای نقره که بار مثبت دارند و از نظر یونی به یونهای منفی هالوژن وابسته اند، یک الکترون از یون مس می گیرند تا به صورت اتم خنثی درآیند.

بدین ترتیب صدها تا هزاران اتم نقرهٔ خنثی به صورت خوشه مجتمع می شوند تا تیرکهای کوچک فلز نقره را به وجود آورند. اگرچه این تیرکهای نقره ای هنوز برای پراکنده کردن نور مریی بسیار کوچک اند، اما می توانند آن را جذب کنند. طول موج جذب شده به ابعاد تیرک بستگی دارد. چون اندازه ها و شکلهای مختلف به وجود می آید، تمام طول موجها یکسان جذب می شوند. درنتیجه شیشه خاکستری رنگ می شود. وقتی نوردهی متوقف شود، یونهای مس الکترون از دست رفتهٔ خود را باز می یابند. تیرکهای فلز نقره مجدداً به هالید نقره تبدیل می شوند و شیشه به سرعت رنگ خود را از دست می دهد و بیرنگ می شود. چون در این فرآیند چیزی از بلورک کم نشده است، شیشه می تواند بدون خراب شدن چندین هزار بار تیره و سپس مجدداً شفاف شود.

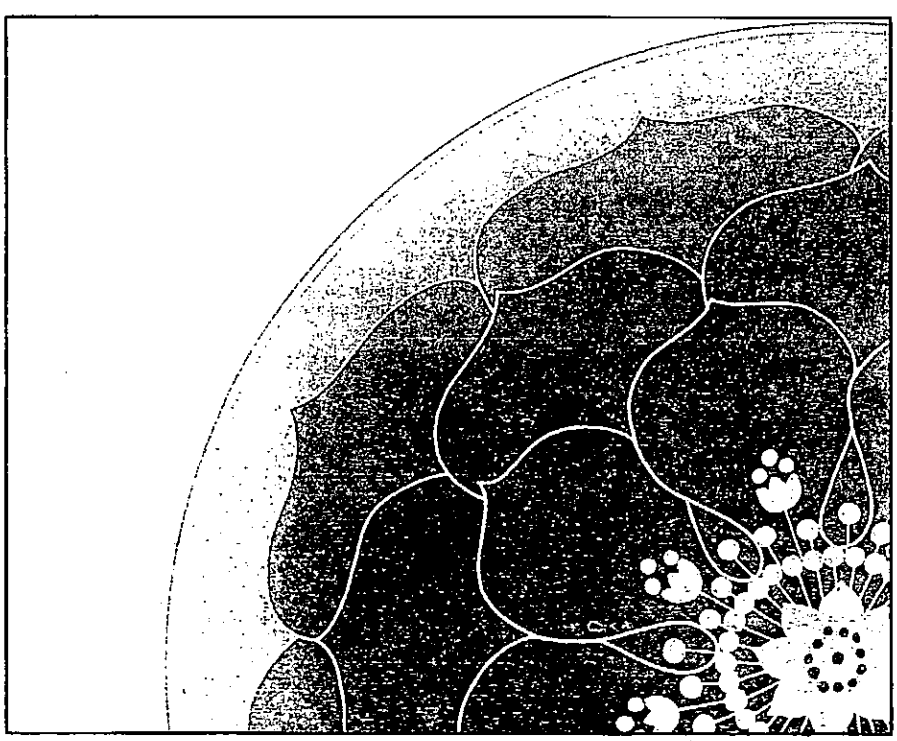
بهبود آهنگ تاریک و روشن شدن در سالهای ۱۹۷۰ سبب کاربرد تجارتی این شیشه ها در درجه اول برای عینکهای آفتابی





شد. کارهای اخیر بر گرم کردن با استفاده از سوخت هیدروژن متمرکز شده است. این نوع گرمادهی تیرکهای دائمی تولید می کند که شیشه را تیره رنگ می سازد. رنگ شیشه به دمای گرم کردن و مدت آن بستگی دارد. عدسی بعضی شیشه های عینک که بدین گونه ساخته شده است می تواند اعوجاج رنگی را در طی روز کمینه کند و در شب نیز قابلیت دید داشته باشد. سایر شیشه های دارای ویژگیهای طیفی هستند که سبب راحتی و بهبود بعضی بیماران چشمی از قبیل بیماران با تجمع رنگ دانه در شبکیه و نورگریزی می شود.

پژوهشگران در مورد استفاده از شیشه های فوتوکرومیک در معماری و شیشه های اتومبیل مطالعه می کنند، اگرچه هنوز مشکلاتی وجود دارد. مثلاً این شیشه ها به دمای محیط حساس اند. درنتیجه، پنجره های فوتوکرومیک در روزهای سرد تیره تر از روزهای گرم می شوند و شرایط نوری غیر یکنواخت را در داخل به وجود می آورند.



این بشقاب غذاخوری از شیشهٔ حساس به نور ساخته شده است. وقتی شیشه در معرض تابش نور فرابنفش قرار می گیرد و گرم می شود تیرکهای سوزنی نقره روی بلورهای فلورید سدیم و برمید سدیم تشکیل می شود. سوزنهای نقره‌ای ناحیه باریکی از طیف نور را جذب می کنند درنتیجه شیشه رنگی می شود. تغییر در پرتودهی در مقدار نقرهٔ ته نشستی واندازهٔ سوزن مؤثر است. بنابراین، رنگهای مختلف در بشقاب ظاهر می شود.

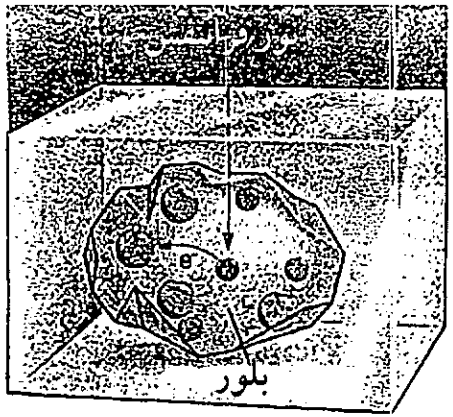
برخلاف شیشه های فوتوکرومیک، شیشه های حساس به نور به طور دائمی تغییر می کنند. مجدداً یونهای نقره اساس اثرات فوتوشیمیایی هستند. اما در این نوع شیشه ها به جای مس از سدیم به عنوان الکترون دهنده استفاده می شود، اگرچه از جنبهٔ نظری می توان از چند عنصر دیگر نیز بدین منظور استفاده کرد. وقتی شیشه در معرض نور فرابنفش قرار گیرد، بعضی یونهای سدیم یک الکترون از دست می دهند. الکترون آزاد شده در محلهای خاصی از شیشه به دام می افتد و تصویر نهان را تشکیل می دهد.

پژوهشگران ماهیت محلهای دام را، که به نظر می رسد در سراسر شیشه وجود دارد، به درستی نمی دانند. این جایگاهها در شیشه های فوتوکرومیک نیز وجود دارند. اما، برخلاف شیشه های حساس به نور، یونهای نقره در بلورکهای حساس به نور دارای کارآیی بیشتر از تله ها برای جذب الکترون هستند.

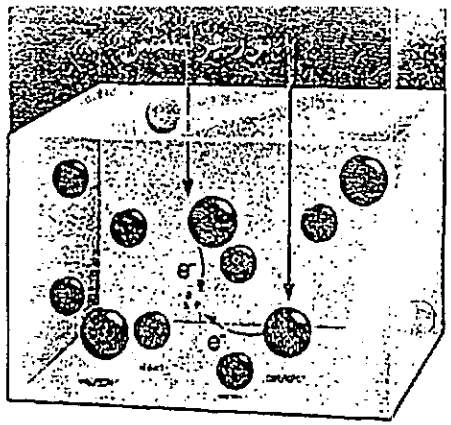
درنتیجه، در شیشه های حساس به نور، عملیات گرمایی برای آزاد کردن الکترونها از دام ضروری است: این الکترونها می توانند با یون مثبت نقره در شیشه ترکیب شوند. گرم کردن همچنین باعث می شود که اتمهای نقرهٔ خنثی گرد هم آیند. این تجمعهای کوچک، هسته هایی می شوند که بلورها روی آن رسوب می کنند. این بلورها یا از ترکیبات موجود در خود شیشه مانند متاسیلیکات- لیتیم نشأت می گیرند، و یا ناشی از افزودنیها مانند فلورید سدیم هستند. اگر بلورهای بزرگ به مقدار کافی تشکیل شوند، شیشه

سریوم ● مس ● نقره ●

طرز کار شیشه های حساس به نور

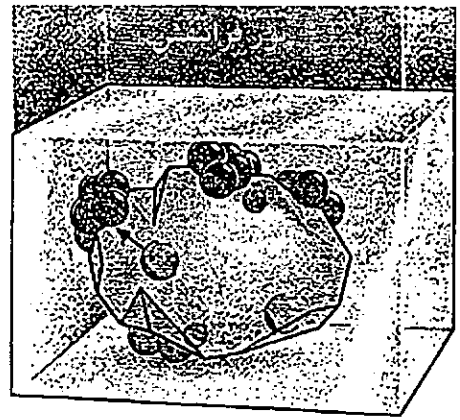


بلور هالید نقره که با مس، آلاییده شده در شیشه وجود دارد. نور فرابنفش باعث می شود که مس یک الکترون (e^-) از دست بدهد. یون نقره این الکترون را به دام می اندازد.

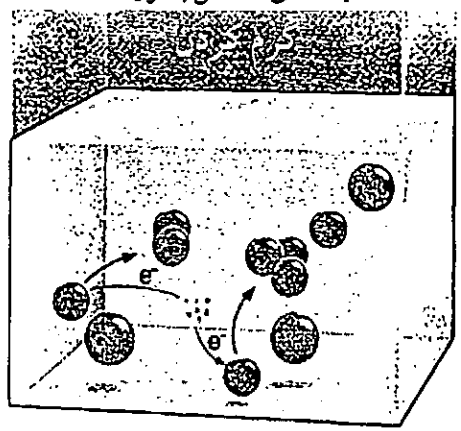


نور فرابنفش الکترونها را از یک دهنده مانند سریوم آزاد می کند. الکترونها در جایگاههای شیشه به دام می افتد.

شیشه های فوتوکرومیک

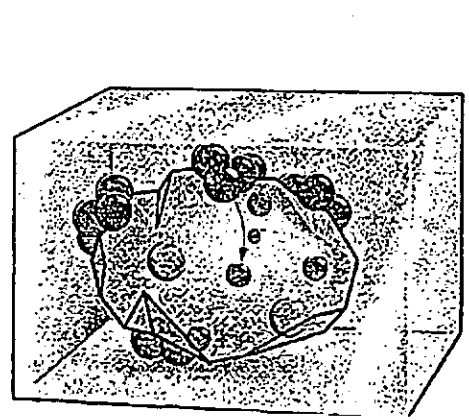


یونهای نقره خنثی می شوند و اجتماع آنها تیرکهای کوچکی را تشکیل می دهد. این تیرکها نور مریی را جذب کرده و شیشه را تیره می کند.

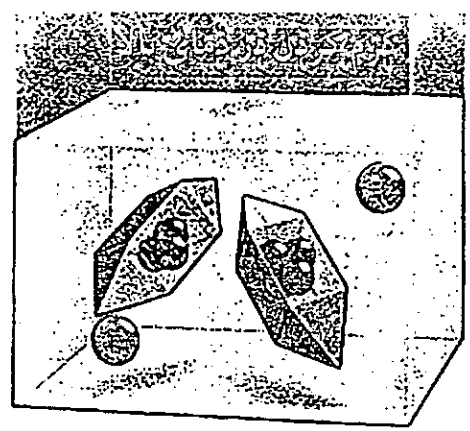


عملیات گرمایی الکترونها را از دام آزاد می کند. الکترونها با یونهای نقره ترکیب می شوند که سپس مجتمع شده و تیرکهای نقره را تولید می کند.

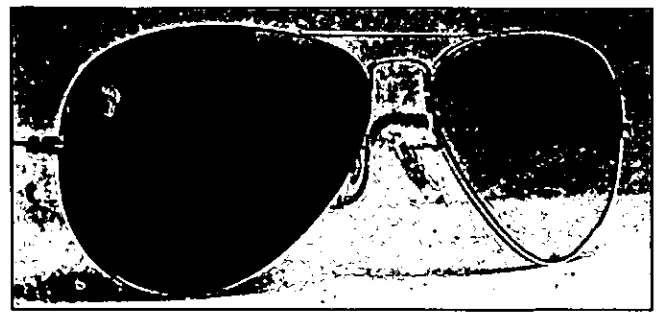
شیشه های حساس به نور



با توقف پرتودهی، مس الکترون خود را به دست می آورد. تیرکهای نقره مجدداً به بلورکهای هالید نقره تبدیل می شوند که نور را جذب نمی کند و در نتیجه شیشه روشن می شود.



با ارائه عملیات گرمایی، بلورهای متاسیلیکات لیتیم یا فلورید سدیم تشکیل می شوند. ناحیه ای که این بلورها در آن رشد کنند تار می شود.



شیشه های فوتوکرومیک دردرجهٔ اول در عدسیهایی به کار می روند که در فضای باز تیره می شود. در اینجا فقط یکی از عدسیها در معرض پرتو فرابنفش قرار گرفته است.

نیم شفاف یا مات می شود. ناحیه های پوشانده شده شفاف یا شیشه ای باقی می مانند.

شیشه های حساس به نور چیزی بیش از یک محیط حساس عکاسی هستند که در هنگام کشفشان تصور می شوند. در سالهای ۱۹۸۰ نیکلاس اف، بورل و دیوید ال. مورس از کارگاه کورنینگ دریافتند که فرآیند شیمیایی می تواند عدسیهای میکرونی تولید کند. متاسیلیکات مات منقبض و چگالتر از شیشه ای می شود که از آن تشکیل شده است. این اثر وقتی به وقوع می پیوندد که شیشه تا نقطهٔ نرم شدن گرم شود: براثر این عمل شیشه تغییر شکل می دهد. با کنترل دقیق دما و پرتودهی فرابنفش، توانسته اند تغییر شکل نواحی شیشه ای و درنتیجه توان اپتیکی عدسیها را کنترل کنند.

در سال ۱۹۸۴ من و دنیس دبلیو. رایت دریافتیم که ویژگیهای مختلف شیشه، تشکیل مستقیم مدارهای الکتریکی بر روی آن را ممکن می سازد. با غوطه ور کردن یک نمونه با طرح مات در حمام نمک مذاب حاوی یونهای نقره و گرم کردن در جوّ هیدروژن، یک لایهٔ نقرهٔ رسانا روی نواحی مات تشکیل می شود. لایه ای که روی نواحی شیشه ای تشکیل شده است نارسانا باقی می ماند. هنوز از این پدیده استفادهٔ تجارتی نشده است، اما ممکن است کاربردهایی به عنوان رابط بین مدارهای یکپارچه داشته باشد.

شیشه های حساس به نور می توانند طرحهای پیچیده با جزییات بسیار را تشکیل دهند که نه فقط برای زیورآلات به کار می روند، بلکه به عنوان جداکننده در لامپهای فوتومالتی پلایر، ورقه های سلولی در نمایش تخلیه گازی، صفحات بار، و شپیوره های موجود در چاپگرهای با جت مرکب به کار می روند. از آنجا که متاسیلیکات سدیم از شیشهٔ تشکیل دهندهٔ آن در اسید محلولتر است قراردادن نمونه در محلول اسید فلوئوریدریک نواحی مات را می شوید. این عمل طرحی با جزییات کامل به جا می گذارد.

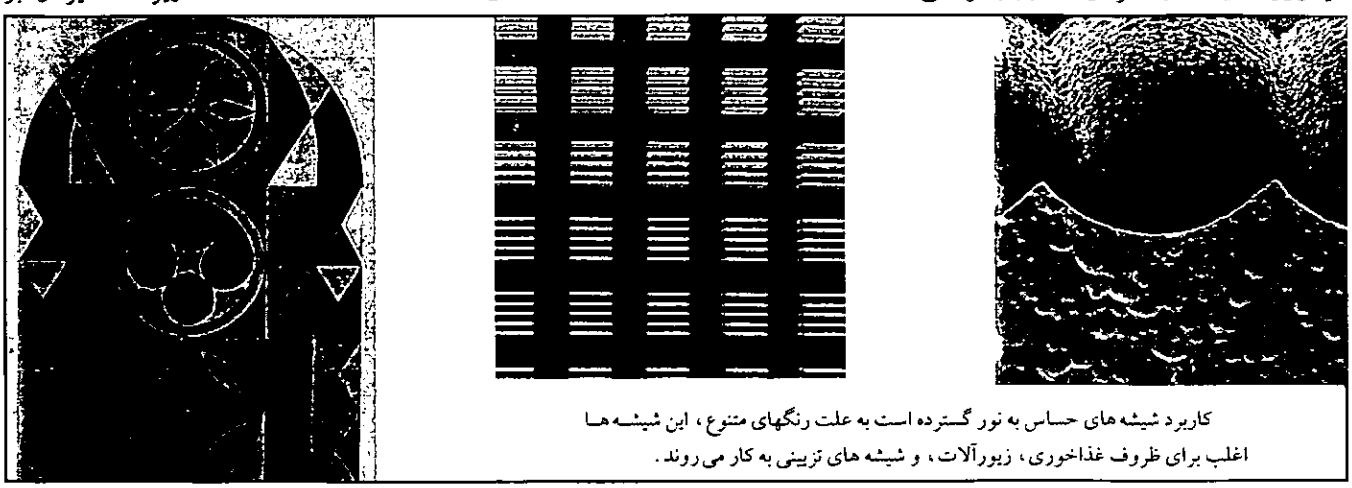
با استفاده از افزودنی فلورید سدیم، حساسیت به نوری حاصل می شود که با آنچه با متاسیلیکات سدیم به دست می آید تفاوت دارد. وقتی فلورید سدیم با بورید سدیم مخلوط شود، رنگهای تیره و زیبایی از سراسر طیف تولید می شود.

عملیات گرمایی اولیه سبب تشکیل بلورهای فلورید سدیم بر روی هسته های نقره می شود. این بلورها مبنایی برای بلورکهای هرمی شکل بورید سدیم هستند که با ادامه عملیات گرمایی رشد می کنند، بلورهای تشکیل شده به قدری پراکنده و به اندازه ای کوچک اند که شیشه مات نمی شود، بلکه شفافیت خود را حفظ می کند. پرتودهی ثانویه و با شدت بیشتر با نور فرابنفش و عملیات گرمایی پس از آن نقره بیشتری را آزاد می کند. این نقره روی نوک هرمهای بورید سدیم به صورت تیرکهای سوزنی رسوب می کند. این تیرکها به اندازه کافی بزرگ هستند و می توانند نورمریی را جذب کنند. چون سوزنها مشابه اند: درنتیجه نوار باریکی از طول موجها را جذب می کنند و رنگ درخشانی به شیشه می دهند. با تغییر شدت پرتوی فرابنفش، ابعاد سوزنهای نقره تغییر می کند. بنابراین رنگهای متنوعی در شیشه ایجاد می شود. این شیشه های حساس به نور در صافیهای رنگ، ظروف غذاخوری و شیشه های تزیینی به کار می روند.

شیشه های فوتوکرومیک و حساس به نور نفوذناپذیر، سخت، بی اثر، گدازناپذیر و عایق دارای ویژگیهای منحصر به فرد مفیدند. از زمانْ اختراع، این شیشه ها راه حل مناسبی برای بسیاری ازمسائل تکنولوژیکی بوده اند.

ترجمهٔ زهرا درجه

ویراستهٔ منیژهٔ رهبر



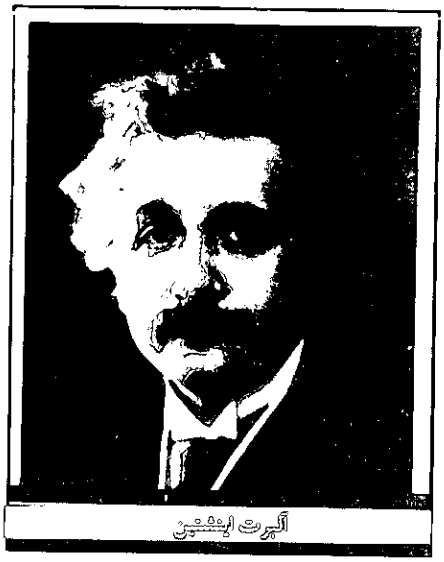
کاربرد شیشه های حساس به نور گسترده است به علت رنگهای متنوع، این شیشه ها اغلب برای ظروف غذاخوری، زیورآلات، و شیشه های تزیینی به کار می روند.

طلب علم: انگیزه هایش

(The Pursuit of Science: Its Motivations)

سوبرامانیان چاندراسیکارا

جایزهٔ نوبل سال ۱۹۸۳ به سوبرامانیان چاندراسیکارا (Subrahmanyan Chandrasekhara) به خاطر مطالعه های نظری وی در فرآیند فیزیکی اهمیت ساختار و تحول ستارگان اهداء شد.


آلبرت اینشتین

سوبرامانیان چاندراسیکارا

الف

«طلب علم: انگیزه هایش» موضوع مشکلی است زیرا انگیزه های یکایک دانشمندان متنوع و گسترده اند؛ این انگیزه ها به مانند سلیقه ها، اخلاق، و نگرشهای خود دانشمندان متنوع هستند. هم چنین انگیزه های دانشمندان در طول عمر آنها در معرض تغییرهای زیادی هستند؛ در واقع یافتن وجه مشترک بین آنها مشکل است.

من خود را به بررسی زندگی و موفقیتهای برخی از دانشمندان بزرگ گذشته محدود می کنم. در بررسی انگیزه ها و نگرشهای انسانهای بزرگ با مشکلهای بزرگی مواجه می شویم که به هنگام برقراری ارتباط، در معنای واژه ها و عبارتها پیدا می شود. واژه ها و عبارتهایی که در زبان مجازند، رنگی از انتقاد یا قضاوت دارند. در واقع هنگام اظهارنظر دربارهٔ دیگران بهتر است به هشدار تورگنیف (Turgenev) توجه کنیم، آنجا که در نقش اینساروف (Insarov) در «دربارهٔ حوا On the Eve» می گوید:

«ما دربارهٔ دیگران صحبت می کنیم؛
چرا خودتان را داخل می کنید»

برای آنکه گزارشم با نمای درست خود ارائه شود، آن را با مکالمه ای شروع می کنم که بین مایورانا

انریکو فرمی

(Majorana) و فرمی (Fermi) در اواسط دههٔ ۱۹۲۰ تا ۱۹۳۰ (اواسط دههٔ ۱۳۰۰ تا ۱۳۱۰) صورت گرفته است هنگامی که هر دو آنها نیز در اواسط ۲۰ تا ۳۰ سالگی خود بودند.

این مکالمه را کسی که در محل حضور داشته است به من گفته است.

مایورانا: دانشمندانی هستند که فقط هر ۵۰۰ سال یک بار «ظهور می کنند»، مانند ارشمیدس یا نیوتون و دانشمندانی هستند که فقط هر قرن یک یا دو بار ظهور می کنند، مانند اینشتین یا بور.

فرمی: اما من کجا قرار می گیرم، مایورانا؟

نیلز بور

مایورانا: منطقی باش، انریکو! من دربارهٔ تو یا خودم حرف نمی‌زنم، من فقط دربارهٔ اینشتین یا بور حرف می‌زنم.

ب

به منظور بحث دربارهٔ انگیزه هایی که انسان را وا می دارند که به دنبال هدفهای علم برود هیچ مثالی بهتر از مثال یوهان کپلر (Johannes Kepler) نیست. یکتایی کپلر به خاطر موقعیت مهم او، موقعیتی که در آن

یوهانس کپلر

علم از یک سو تعصبهای فراگیر خود را رها کرد و از سوی دیگر راه برای نیوتون هموار شد. کپلر در کنجکاویهایش سؤالهایی را مطرح کرده است که پیش از او هیچ کس، از جمله کوپرنیک، نپرسیده بود.

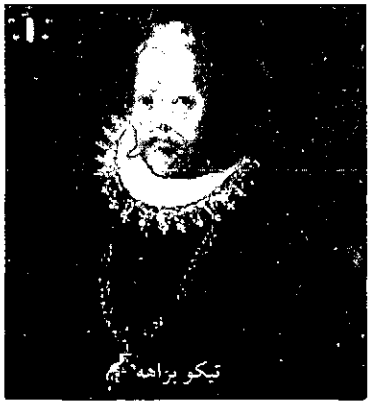
ایزاک نیوتون

قانونهای کپلر با فرضهای قبلی دربارهٔ مدار سیاره ها تفاوت کیفی دارند: این نظر که مدار سیاره ها «بیضی هستند» به هیچ وجه شباهتی به پیشرفتهایی ندارد که پیشینیان او جستجو می کرده اند. کپلر در تحلیل خود از حرکت سیاره ها به سؤالهای هندسی از قبل تعیین شده نپرداخته است بلکه در عوض پرسیده است که «منشأ حرکت سیاره ها چیست؟» «اگر خورشید در مرکز منظومهٔ خورشیدی قرار دارد، چنان که در طرح کوپرنیک مطرح است، آیا این واقعیت نباید

نیکلاس کوپرنیک

در حرکتها و در مدارهای خود سیاره ها مشهود باشد؟» اینها، سؤالهای فیزیکی هستند، نه سؤالهای از پیش تعیین شدهٔ هندسی در حالی که رویکرد کپلر به مسأله حرکت سیاره ها با رویکرد هر شخص پیش از او تفاوت بارز دارد، کار وی به خاطر رسیدن به قانونهای عمومی با بررسی دقیق مشاهده ها برجسته است. بررسی او طولانی و پرزحمت بود: تلاش ثابت و مداوم او بیست سال یا بیشتر طول کشید، اما از هدفش دست نکشید. از نظر ادبی او به دنبال یک آرمان بود. کپلر از ابتداء تشخیص داد که مطالعه دقیق مدار مریخ، کلید مهم حرکت سیاره هاست زیرا مدار مریخ بیشترین تفاوت را با دایره دارد. کوپرنیک در این کار شکست خورده بود؛ علاوه بر آن، تحلیل مشاهده های دقیق تیکوبراهه پیشنیاز لازمی بود. چنان که کپلر نوشته است:

اجازه دهید ساکت باشیم و به تیکو گوش فرا دهیم. هم او که سی و پنج سال را وقف مشاهده هایش کرده است... به خاطر فقط تیکو منتظر می مانم؛ او برایم مرتبه و ترتیب مدارها را توضیح خواهد داد.


تیکو براهه

تیکو دارای بهترین مشاهده هاست از این رو می توان گفت که برای ساختمان جدید مصالح لازم را دارد.

... من معتقدم این لطف الهی بود که من درست در زمانی رسیدم که لانگو مانتینس (Langomontanus) به مطالعهٔ مریخ

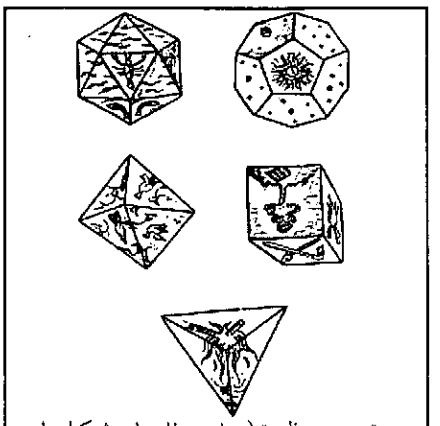
مشغول بود. زیرا تنها مریخ می تواند رازهای نجوم را در اختیار ما بگذارد که در غیر این صورت ممکن بود برای همیشه از نظر ما مخفی بماند...

در واقع، کپلر دست به هر کاری زد تا مشاهده های تیکو را که شدیداً به آنها نیازمند بود به دست آورد. اگر بگوییم که مرتکب دزدی شد اغراق نکرده ایم، زیرا چنان که خود وی اقرار کرده است: «من اقرار می کنم هنگامی که تیکو درگذشت، فوراً از غیبت ورثهٔ او، یا شاید بی احتیاطی آنها، استفاده کردم و نتیجهٔ مشاهده ها را در اختیار خود گرفتم، یا شاید آنها را غصب کردم.» چنان که گفته است:

«علت این مشاجره به خاطر بدگمانی و رفتار بد خانوادهٔ براهه بود، اما از طرف دیگر به اخلاق تند و تمسخرآمیز من نیز بستگی داشت. باید اعتراف کنم که، تنگناگل (Tengnagel) حق داشت نسبت به من بدگمان باشد. زیرا این مشاهده ها را ضبط کرده بودم و از اینکه آنها را به ورثهٔ تیکو تحویل بدهم خودداری می کردم.»

کپلر با در دست داشتن مشاهده های تیکو که به این ترتیب به دست آورده بود مدام از خود می پرسید: «اگر خورشید واقعاً مبدأ و منبع حرکت سیاره هاست، این امر چگونه در حرکت سیاره ها ظاهر می شود؟» کپلر با توجه به اینکه مریخ در نزدیکترین فاصله از خورشید کمی سریعتر از وقتی که بیشترین فاصله را دارد حرکت می کند و با به خاطر داشتن «[محاسبهٔ] ارشمیدس» توانست مساحتی که شعاع حامل مریخ ضمن حرکت به دور خورشید می روبد حساب کند. چنان که کپلر نوشته است:

از آنجا که می دانستم تعداد نامحدودی نقطه روی مدار وجود دارد و در نتیجه تعداد نامحدودی فاصله [از خورشید] وجود دارد این ایده از ذهنم گذشت که مساحت مدار شامل مجموع این فاصله هاست. زیرا به خاطر داشتم که ارشمیدس نیز همین طور مساحت دایره را به تعداد نامحدودی مثلث



پنج «جسم منظم» (و نیز به نامهای شکلهای فیثاغورسی یا جسمهای افلاطونی)

تقسیم کرده بود.

چنین بود که کپلر در تیر ۹۸۲ (ژوییه ۱۶۰۳) قانون مساحتها را کشف کرد، که به احتساب نیوتون دومین قانون از سه قانون بزرگ او بود که آن زمان به بعد پذیرفته شده است. رسیدن به چنین نتیجه ای، برای کپلر پنج سال طول کشید، زیرا پیش از چاپ Mysterium Cosmogrophicum در ۹۷۵ (۱۵۹۶) در مورد ارتباط پنج چند وجهی منتظم خود با وجود شش سیارهٔ شناخته شده به دنبال چنین قانونی می گشت. قانون مساحتها تغییر سرعت در راستای مدار را تعیین می کرد، اما شکل مدار را تعیین نمی کرد. در واقع کپلر یک سال پیش از آنکه به بیان نهایی قانون مساحتها برسد، مدارهای دایره ای برای سیاره ها را کنار گذاشته بود. زیرا در مهر ۹۸۱ (اکتبر ۱۶۰۲) نوشته بود: «نتیجه گیری کاملاً ساده است. مسیر سیاره دایره نیست. این مسیر در دو طرف به درون و در دو طرف دیگر به بیرون خمیده شده است. این منحنی خاگی (oval) نامیده می شود. مدار، دایره نیست بلکه به شکل خاگی است.»

حتی پس از آنکه نتیجه گرفت که مدار مریخ «خاگی» است، سه سال دیگر طول کشید تا یقین کند که مدار در واقع بیضی است. در آن زمان نوشت:

چرا نباید راحت صحبت کنم؟ واقعیت طبیعت، که آن را پس زده بودم و آن را فراری داده بودم، مخفیانه از در عقب برگشت، با تغییر قیافه می خواست مورد قبول قرار بگیرد. یعنی اینکه، [معادلهٔ نخست را] کنار گذاشته بودم، و به فکر بیضیها افتاده بودم، گمان می کردم که این، فرض با آن کاملاً تفاوت دارد، و حال آنکه هر دوی آنها چنان که در فصل بعد اثبات خواهم کرد یکسان و همانند هستند... فکر می کردم و در جستجو بودم تا آنکه، به دلیلی، تقریباً دیوانه شدم که چرا این سیاره مدار بیضوی را [به مدار خاگی من] ترجیح می دهد... آه رفتارم چقدر احمقانه بود. بالاخره، در سال ۹۸۷ (۱۶۰۸) کتاب او نجوم نو ـ Astronomia) (Nova چاپ شد. چنان که آرتور کوستلر (Arthur Coestler) نوشته است:

این کتاب چاپی زیبا و ورقه هایی بزرگ داشت و تنها تعداد اندکی از نسخه های آن باقیمانده است. امپراتور [رادولف Rudolph] ادعا کرده بود که کل چاپ این کتاب به او تعلق دارد و کپلر اجازه نداشت که نسخه ای از آن را «بدون آگاهی قبلی و رضایت ما» بفروشد یا به کسی بدهد. اما چون حقوق او پرداخت نشده بود قید و بندی برای خود احساس نکرد و مطابق میلش عمل کرد و کل چاپ را به ناشران فروخت. به این ترتیب داستان نجوم نو ـ Astronomia) (Nova با سرقت شروع شد و به پایان رسید.

ده سال دیگر گذشت تا کپلر قانون سوم خود را کشف کرد: اینکه مجذور دورهٔ چرخش هر سیاره متناسب با مکعب فاصلهٔ میانگین آن از خورشید است. این قانون در کتاب او (Harmonice Mundi) بیان شده است که در سال ۹۹۷ (۱۶۱۸) کامل شده است. کپلر در این کتاب دربارهٔ کشف خود توضیح می دهد.

اگر تاریخهای دقیق را بخواهید، روز ۸ مارس ۱۶۱۸، [این حل] به ذهنم رسید. اما هنگامی که با محاسبه هایی آن را امتحان می کردم خوش شانس نبودم و آن را رد کردم. در پایان روز ۱۵ مه مجدداً به ذهنم

خطور کرد و با یک یورش جدید به تاریکی ذهنم غلبه کرد؛ این حل با داده هایی که از کار هفده ساله ام روی مشاهده های تیکو حاصل شده بود چنان کامل وفق می داد که نخست فکر می کردم که در رؤیا هستم.

به این ترتیب جستجوی طولانی و پر زحمت کپلر برای آرمان مقدسش به پایان رسید. در اولین کتابش، رازهای کیهان شناسی (Mysterium Cosmographicom) کپلر از ناراحتی فغان برمی آورد که «آه ایکاش می توانستیم زنده بمانیم تا شاهد روزی باشیم که هر دو مجموعهٔ اعداد با یکدیگر همخوانی دارند» بیست و دو سال بعد پس از آنکه کپلر قانون سوم خودش را کشف کرد و نتیجه فغان خود را دید:

او در چاپ مجدد کتاب فوق پانوشت زیر را به فغان خود اضافه کرد: «ما زنده مانده ایم تا بعد از ۲۲ سال شاهد این روز باشیم و از آن خوشحال شویم، حداقل من که خوشحال شدم؛ امیدوارم که ماستلین (Maestlin) و بسیاری از اشخاص دیگر در لذت من سهیم باشند!»

پ

ماکس براد (Max Brod)ـ نویسندهٔ چک که به خاطر چاپ آثار فرانتس کافکا ـ (Franz Kafka) بعد از مرگ وی مشهور است ـ در رمان خود، دفاع از تیکو براهه ـ (The Redemption of Tycho Brahe) تضاد شخصیتهای تیکو براهه و کپلر را به تصویر می کشد و با هم مقایسه می کند.

اگر چه رمان براد از نظر تاریخ بسیار نادرست است اما تصور او از آنچه که دانشمندی چون کپلر چگونه ممکن است باشد ارزش بازگویی را دارد: کپلر او [تیکو] را بهت زده کرده بود. آرامشی که کپلر به هنگام کار داشت و به سخنان چاپلوسان کاملاً بی توجه بود از نظر تیکو فوق بشری بود. چیزی غیرقابل درک در آرامش او وجود داشت مانند نجوای ضعیفی از یک مقام دور...

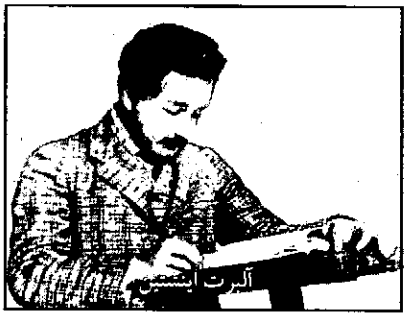
آیا آرام بودن و نگران نبودن را که براد به کپلر خیالی خود نسبت می دهد، تاکنون دانشمندی داشته است؟

ت

قابل توجه ترین ویژگی کپلر در طلب علم ثباتی است که با آن خود را در کنکاش انتخابی خود مشغول می داشت. اگر بخواهیم عبارت شلی (Shelley) را به کار بریم، «او در یکتایی، شخصیتی بی همتا بود». آیا از مورد کپلر می توان اطمینان پیدا کرد که اگر دیگران هم به مانند او پایدار باشند موفقیت نصیبشان خواهد شد؟ من دو مورد را بررسی خواهم کرد.

مورد اول، آلبرت مایکلسون است. موضوعی که فکر او را در سراسر عمرش مشغول کرده بود اندازه گیری سرعت نور با دقت هر چه بیشتر بود. این علاقه تقریباً به طور اتفاقی هنگامی در او ایجاد شد که فرماندهٔ آکادمی نیروی دریایی آمریکا از او خواست ـ در آن هنگام مایکلسون در آکادمی تدریس می کرد ـ که یک سخنرانی به همراه نمایش دربارهٔ سرعت نور ارائه کند. این موضوع در سال ۱۲۵۷ (۱۸۷۸) اتفاق افتاد، که به اولین اندازه گیری سرعت نور توسط مایکلسون در سال ۱۲۵۹ (۱۸۸۰) انجامید. در اردیبهشت ۱۳۱۰ (هفتم مه ۱۹۳۱) پس از پنجاه سال درست دو روز پیش از آنکه فوت کند، او جملات آغازین یک مقاله (paper) را دیکته کرد که نتیجه های آخرین اندازه گیریهای او را نشان می داد. تلاشهای مایکلسون باعث شد معلومات ما دربارهٔ سرعت نور از ۱ در ۳۰۰۰ به ۱ در ۳۰۰۰۰ یعنی ده برابر بهبود پیدا کند. اما تا سال ۱۳۵۲ (۱۹۷۳) این دقت به ۱ در 10^{10} بهبود پیدا کرد، این اندازه گیری همهٔ اندازه گیریهای بعدی را نیز کهنه می کند.

آیا تلاشهای مایکلسون در بیش از پنجاه سال بی فایده بود؟ اگر از این سؤال بگذریم، باید گفت که مایکلسون در طول کار طولانی خود، کشفهای بزرگی کرد که متأثر از علاقهٔ او به «امواج نور و استفاده های آن» بود. از


آلبرت اینشتین

این رو، پیشرفت تداخل سنجی توسط وی، که به اولین اندازه گیری مستقیم قطر یک ستاره انجامید، خیره کننده است. آیا کسی هست که نداند آزمایش مایکلسون ـ مورلی، از طریق فرمولبندی نظریه های خاص و عام نسبیت توسط اینشتین تغییری بنیادی در درک ما از ماهیت فضا و زمان به وجود آورد؟ تعجب خواهیم کرد اگر این واقعیت را بدانیم که خود مایکلسون از پیامد آزمایش خود هرگز خوشحال نبود. در واقع، آورده اند که هنگام ملاقات

آلبرت مایکلسون

اینشتین با مایکلسون در فروردین ۱۳۲۰ (آوریل ۱۹۳۱)، خانم مایکلسون احساس کرد لازم است آهسته به اینشتین هشدار بدهد: «لطفاً موضوع اتر را پیش نکشید».

مورد دوم ادینگتون است، که شانزده سال آخر عمر خود را وقف پرداختن به «نظریهٔ بنیادی» خود کرده است، به علت این تلاش فوق‌العاده بود که یک سال پیش از این که فوت کند گفت: «در این شانزده سال گذشته در هیچ زمانی در درستی نظریه‌ام تردیدی نداشته‌ام» با وجود این، تلاشهای او هیچ اثری روی پیشرفتهای بعدی نگذاشته‌اند. پس آیا عاقلانه است که علم را با فقط یک هدف و تنها یک منظور دنبال کنیم؟

ث

در حالی که کپلر بهترین گواه تلاش علمی بی‌وقفه است که به کشفهای اساسی و بزرگ انجامید، مواردی هم وجود دارند که افکار بزرگ ظاهراً به طور خود به خود شکل گرفته‌اند. از این رو، دیراک نوشته است که کار او روی کروشه‌های پواسون ـ (Poisson Brachets) و روی معادلهٔ نسبیتی موج الکترون، نتیجه‌های افکاری از این قبیل بودند که «درست از غیب نمایان شده‌اند.

پاول دیراک

درست نمی‌توانم بگویم که چگونه برایم پیش آمد. احساس کردم کاری از این نوع نسبتاً موفقیتی بود که در خور آن نبودم.» خاطرهٔ دیراک، ایده‌های مربوط به کار وی روی کروشه‌های پواسون و معادلهٔ نسبیتی موج الکترون که برایش «از غیب نمایان شد.» است مثال آن چیزی است که ظاهراً پدیدهٔ یکتایی نبوده است: به نظر می‌رسد آنهایی که کشفهای بزرگی کرده‌اند موقعیتهایی را به خاطر می‌آورند و در خاطر زنده نگه می‌دارند که با استفاده از این موقعیتها آن کشفها را کرده‌اند. از این رو، اینشتین گفته است: «هنگامی که در سال ۱۲۸۶ (۱۹۰۷) روی مقالهٔ جامع نظریهٔ نسبیت خاص فکر می‌کردم... شادترین فکر زندگیم برایم پیش آمد ... برای ناظری که از بام خانه سقوط آزاد می‌کند هیچ میدان گرانشی ـ حداقل در محیط اطراف او ـ وجود ندارد». این «فکر شاد» البته در اصل هم‌ارزی او نهفته است که اساس نظریه نسبیت عام است.

خاطرهٔ مشابهی از فرمی دارم. یکبار فرصتی دست داد که از فرمی بپرسم با توجه به مقالهٔ آدامار (ریاضیدان فرانسوی

انریکو فرمی

Hadamard) *دربارهٔ روانشناسی اختراع در زمینهٔ ریاضی*، روانشناسی اختراع در زمینهٔ فیزیک چه می‌توانست باشد. فرمی با نقل موقعیت خود در کشف اثر نوترونهای کندبر رادیواکتیویتهٔ القائی به من پاسخ داد. آنچه او گفت این است:

به شما خواهم گفت چگونه کشفی را که فکر می‌کنم مهمترین کشف من باشد پیش آمد. ما داشتیم روی رادیواکتیویتهٔ ایجاد شده با نوترون سخت کار می‌کردیم و نتیجه هایی که به دست می‌آوردیم هیچ معنایی نداشتند. روزی از روزها که به آزمایشگاه آمدم، به نظرم رسید باید اثر گذاشتن یک تکه سرب در جلو نوترونهای فرودی را امتحان کنم. برخلاف عادت معمولم، دردسر زیادی کشیدم تا یک تکه سرب با اندازهٔ بسیار دقیق داشته باشم. برایم روشن بود که از چیزی ناراحتم؛ هر بهانه‌ای تراشیدم که گذاشتن تکه سرب را به عقب بیندازم. سرانجام هنگامی که با بی‌میلی، داشتم تکه سرب را در جایش می‌گذاشتم، به خود گفتم: «نه نمی‌خواهم این تکه سرب را در اینجا بگذارم؛ به جای آن یک تکه پارافین می‌خواهم.» موضوع از این قرار بود که گفتم، بدون هیچ احتیاط قبلی، و هیچ استدلال آگاهانه قبلی، فوراً یک تکه پارافین برداشتم و آن را در جایی که قرار بود تکهٔ سرب باشد گذاشتم.

شاید تکان‌دهنده‌ترین بیان در این مورد بیان هایزنبرگ باشد که به لحظه‌ای مربوط می‌شود که قانونهای مکانیک کوانتومی در ذهن او به وضوح نقش می‌بستند.

ورنر هایزنبرگ

... یک شب به مرحله ای رسیدم که آماده بودم از آنچه که اکنون آن را سری بسیار بد ترکیب از محاسبات می دانند استفاده کنم و تک تک جملات در جدول انرژی، یا چنانکه امروزه می گویند ماتریس انرژی، را تعیین کنم. هنگامی که به نظرم رسید اولین جملات با اصل انرژی همخوانی دارند، نسبتاً هیجان زده شدم، و پشت هم اشتباه های محاسباتی زیادی مرتکب شدم. در نتیجه همین که به آخرین نتیجه محاسباتم رسیدم، ساعت تقریباً ۳ بعد از نیمه شب بود. اصل انرژی برای همهٔ جملات صدق می کرد، و من دیگر نمی توانستم در درستی سازگاری ریاضی و همخوانی کوانتوم مکانیکی که محاسباتم نشان می دادند شک داشته باشم. در ابتدا، کاملاً خواب از چشمانم پریده بود. احساسم این بود که داشتم از سطح پدیده های اتمی به درون زیبای شگفت انگیز آنها نگاه می کردم، و تقریباً با این فکر گیج شده بودم که اینک باید از این ثروت خداداد که این چنین سخاوتمندانه در پیش رویم گسترده بود بهره برداری کنم. از شدت هیجان زدگی خوابم نمی برد، و از این رو با دمیدن روز نو، به سمت قسمت جنوبی جزیره رفتم، که مدتی بود دوست داشتم از صخره ای که در بالای دریا پیش رفتگی داشت بالا بروم. اکنون بدون زحمت زیاد بالا رفتم و به انتظار بالا آمدن خورشید ماندم.

برای هیچ یک از ما سخت نیست که بتوانیم در هیجان هایزنبرگ در آن لحظهٔ باشکوه سهیم شویم. همهٔ ما می دانیم مشکلها و پارادوکسهایی نظریهٔ «قدیمی» کوانتومی بور ـ زومرفلد (Bohr - Sommerfeld) در آن زمان را احاطه کرده بود؛ و هم چنین از معمای طولانی هایزنبرگ با زومرفلد، بور و پاولی در مورد این مشکلها و پارادوکسها خبر داریم. او با کرامر (Kramers) در بارهٔ نظریهٔ پاشیدگی ـ نظریه ای که از خیلی جهتها پیش درآمد پیشرفتهای بعدی بود ـ مقالهٔ خود را در آن زمان به تازگی منتشر کرده بود.

اما در برابر گزارش هایزنبرگ از افکارش دربارهٔ نظریهٔ ذرات بنیادی که سی سال بعد،

پس از تجارب تلخ دوران جنگ و نومیدیها و ناکامیهای او پس از جنگ، ارائه داد واکنش ما چیست؟ خانم هایزنبرگ در کتابش دربارهٔ همسرش نوشته است: «در یک شب مهتابی ما از کوه هین برگ(Hainberg) بالا می رفتیم، و او کاملاً مجذوب مشهودهای خود شده بود، سعی می کرد جدیدترین کشف خود را برایم توضیح بدهد. او دربارهٔ شاهکار تقارن به عنوان نمونهٔ نخستین خلقت، دربارهٔ هماهنگی، دربارهٔ زیبایی سادگی و حقیقت درونی آن صحبت می کرد.» او از نامه های هایزنبرگ به خواهرش در این زمان نقل می کند:

در واقع چند هفتهٔ آخر برایم پر از هیجان بود. و شاید بتوانم آنچه که تجربه کرده ام را به بهترین وجه، از طریق مشابهت تلاشم در صعود به قلهٔ اساسی نظریهٔ اتمی که هنوز هم ناشناخته مانده است، با تلاشهای زیادم در طول پنج سال گذشته به تصویر بکشم. و اکنون، در حالی که قله درست در پیش روی من است، تمام پهنهٔ روابط درونی نظریهٔ اتمی ناگهان و به روشنی پیش چشمان من گستردهٔ شده اند. آنچه که این روابط نشان می دهند، با همهٔ تجرد ریاضی آنها، درجه ای باورنکردنی از سادگی، هدیه ای است که ما تنها متواضعانه می توانیم قبول کنیم. حتی افلاطون نمی توانست باور کند که آنها این همه زیبا هستند. زیرا این روابط نمی توانند اختراع شوند؛ از بدو خلقت همانجا بوده اند.

شما به تشابه قابل ملاحظه در زبان و واژه گزینی با توصیف کشف قاعده های اساسی مکانیک کوانتومی توسط او در سی سال پیش توجه دارید. اما آیا در شهود دوم او به همین طریق شریک هستیم؟ در مورد اول، افکارش فوراً مورد قبول واقع شد. در مقایسه، افکارش دربارهٔ فیزیک اتمی رد شد حتی توسط منقد و دوست قدیمی اش، پاولی. اما نوشتهٔ خانم هایزنبرگ در پایان زندگینامه اش را بخوانیم.

با لبخندی حاکی از قاطعیت، یکبار به من گفت: «به اندازهٔ کافی خوشبخت بودم تا از روی شانهٔ خداوند کار او را به هنگام خلقت به دقت ببینم.» این برایش کافی بود و حتی بیشتر! این برایش لذت بخش بود و به او قدرت می داد تا با دشمنان و سوء تفاهمهای در آن زمان بین المللی و دوباره با آرامش خاطر مواجه شود و پرت نشود.

ج

هیدکی یوکاوا (Hideki Yukawa) تأثیر متفاوت دیگری که یک کشف بزرگ می تواند بر کاشفش داشته باشد، در خود زندگینامه اش (autobiography)، مسافر (The Traveler)، آورده است. یوکاوا این کتاب را در پنجاه سالگی نوشته است. شخص طبیعتاً انتظار دارد که خود زندگینامه ای با نام مسافر توسط کسی که زندگی اش، حداقل از دید بیرونی، غنی و پرثمر بوده است، گزارشی از کل زندگی او باشد. اما گزارش یوکاوا از «سفرها»یش با چاپ مقالهٔ خود در سال ۱۳۱۳ (۱۹۳۴) که کشف بزرگ او را توضیح می دهد با این یادداشت غم انگیز پایان می پذیرد: «من نمی خواهم بیشتر از این چیزی بنویسم، زیرا حسرت آن روزهایی را می خورم که با ولع مطالعه می کردم و از طرف دیگر، از اینکه فکر می کنم چگونه با موضوعهایی غیر از مطالعه به طور فزاینده درگیر شدم ناراحتم.»

در حالی که همهٔ ما می توانیم در لذت

کشفهای مردان بزرگ علم سهیم شویم، اما از آنچه که افراد زیاد، بسیار زیاد با درک و خوشبختی کمتر که قرار است به خاطر آورند و در خاطر زنده نگهدارند ممکن است تعجب کنیم. آیا آنها، مانند ولادیمیر و استراگون (Vladimir and Estragon) در نمایشنامهٔ ساموئل بکت (Samuel Beckett) در انتظار گودو (Godot) هستند. یا آنها قرار است خودشان را با فکر میلتون (Milton) «آنهایی که فقط می ایستند و انتظار می کشند نیز خدمت می کنند» تسلی بدهند؟

ج

اکنون به نقش تأیید و تصدیق در طلب علم برمی گردیم. نیوتون مورد با ارزشی است. «[او] در دریاهای غریب فکر به تنهایی گشت و گذار می کرد» این موردی نیست که هیچ یک از ما بتواند دنبال کند. تاکنون اشاره ای کرده ام که ادینگتون (Eddington) به تنهایی در دنبال کردن نظریهٔ بنیادی اش تلاش کرده است. با وجود اطمینانی که ادینگتون به درستی نظریهٔ خود ابراز می داشت، از اینکه معاصران او کارش را ندیده می گرفتند باید عمیقاً ناکام شده باشد. این ناکامی را می توان در نامهٔ صریحی که چند ماه پیش از مرگش به دینگل (Dingle) نوشته بود یافت:

من پیوسته در تلاشم تا دریابم چرا مردم این روش را ناشناخته می یابند. اما خاطرنشان می کنم که حتی اینشتین نیز ناشناخته مانده است، و نظر صدها نفر بر این است که لازم است او را توصیف کنند. جداً نمی توانم فکر کنم که من حتی به اندازهٔ دیراک ناشناخته باشم. اما مردم در مورد اینشتین و دیراک این طور فکر کرده اند که ارزش آن را دارند که آنها را از ناشناختگی بیرون آورند. ایمان دارم هنگامی که آنها تشخیص بدهند که باید مرا درک کنند و هنگامی که متداول شود که «ادینگتون را توصیف کنیم» آنها مرا به خوبی درک خواهند کرد.

عدم تأیید توسط معاصران شخص هنگامی که به شکل انتقاد تند و تیز بیان شود می تواند عواقب غم انگیزی داشته باشد. از این روست هنگامی که اوستوالد و ماخ (Ostvald and Mach) به افکار لودویگ بولتسمان (Ludwig Bolzmann) حملات تندی می کنند او خودکشی می کند، چنان که فلام (Flamm) نوهٔ بولتسمان نوشته است «شهید افکارش». گئورگ کانتور (Georg Cantor) صاحب نظریهٔ جدید مجموعه های نقطه ها و مرتبه های بی نهایت، به خاطر نفرتی که معلمش لئوپولد کرونکر

(Leopold Kronecher) از او و افکارش داشت روانی می شود. او در چند سال آخر عمرش به یک بیمارستان روانی محکوم می شود.

ح

مورد راذرفورد (Rutherford) با مواردی که تاکنون بررسی کردم خیلی فرق دارد. به گزارشی دربارهٔ او توجه کنید. در سال ۱۲۷۶ (۱۸۹۷) او تابش رادیواکتیو را به ذرات $\hat{A}$، پرتوهای β، و پرتوهای G، طبق نام گذاری خود او، تجزیه کرد. در سال ۱۲۸۱ (۱۹۰۲) او قانونهای فروپاشی رادیواکتیو را فرمولبندی کرد ـ این برای اولین بار بود که یک قانون فیزیکی بر حسب احتمال و نه قطعیت، فرمولبندی شد ـ و پیشگام تعبیر احتمالاتی مکانیک کوانتومی شد که قرار بود بیست و پنج سالی بعد جهانی شود. بین سالهای ۱۲۸۴ تا ۱۲۸۶ (۱۹۰۵ تا ۱۹۰۷) به اتفاق سادی (Soddy)، قانونهای

جابه جایی رادیواکتیو را فرمولبندی کرد، و ذرهٔ $\hat{A}$ را به عنوان هستهٔ اتم هلیوم شناسایی کرد؛ و به اتفاق بولت وود (Boltwood)، تعیین سن سنگها و کانیها به وسیلهٔ رادیواکتیویتهٔ آنها را آغاز کردند. در سالهای ۹ ـ ۱۲۸۸ (۱۰ ـ ۱۹۰۹)، آزمایشهای گایگر و مارسدن (Geiger and Marsden) انجام شدند، پراکندگی ذرات $\hat{A}$ با زاویه های بزرگ کشف شد، و راذرفورد قانون پراکندگی و مدل هسته ای اتم را فرمولبندی کرد سپس در سال ۱۲۹۶ (۱۹۱۷) در تأسیس اولین آزمایشگاه تبدیل اتمها سهیم بود: تبدیل نیتروژن ـ ۱۴ به اکسیژن ـ ۱۷ و یک پروتون توسط بمباران ذرهٔ $\hat{A}$.

در سالهای ۱۹ ـ ۱۳۰۹ (۳۰ ـ ۱۹۲۰) در واضح کردن رابطهٔ بین طیفهای پرتو $\hat{A}$ و پرتو G همکاری داشت و سال ۱۳۱۱ (۱۹۳۲) ـ سال شگفت زدگی (annus mirabilis) چنان که فاولر (Fowler) آن را نامیده است ـ شاهد کشف فروپاشی مصنوعی لیتیوم ـ ۷ به دو ذرهٔ $\hat{A}$ به وسیلهٔ کاک کرافت و والتون (Cockcroft and Walton) و کشف پوزیترون در شارش پرتو کیهانی به وسیلهٔ بلاکت (Balckett)، و کشف نوترون توسط چادویک (Chadwick) بود ـ همهٔ این کشفها در آزمایشگاه راذرفورد ـ کاوندیش (Cavendish) در دانشگاه کمبریج اتفاق افتادند. در سال بعد، به اتفاق اولیفانت (Oliphant)، راذرفورد خودش هیدروژن ـ ۳ و هلیوم ـ ۳ را کشف کرد.

نگرش راذرفورد نسبت به کشفهای

خودش در پاسخ او به اظهار شخصی که در لحظهٔ یکی از کشفهایش حضور داشته مشهور است: «راذرفورد، شما همیشه روی قلهٔ موج قرار دارید.» راذرفورد در پاسخ می گوید: «من موج را درست کردم، این طور نیست؟» راذرفورد هر چه می گفت از دیدگاه او به نحوی درست به نظر می رسید، حتی از جمله هنگامی که از او می پرسند که آیا دانشجویانش را به مطالعهٔ نسبیت تشویق می کند یا نه در پاسخ می گوید «من نمی گذارم بچه هایم وقتشان را تلف کنند». راذرفورد رزمنده ای با نشاط بود البته اگر چنین کسی می توانست وجود داشته باشد.

خ

با توسل به اتفاقهایی در زندگیهای مردان بزرگ علم تاکنون سعی کرده ام طلب علم را از جنبه های مختلفی به تصویر بکشم. اکنون به موضوعهای عمومیتری برمی گردم و با یک مثال شروع می کنم. هنگامی که از مایکلسون، در آخر عمرش، پرسیده شد چرا قسمت زیادی از وقتش را صرف اندازه گیری سرعت نور کرده است، می گویند که پاسخ داد «سرگرمی (fun) خوبی بود.» نمی توان انکار کرد که «سرگرمی» در طلب علم نقش دارد. اما واژه «سرگرمی» متضمن جدی نبودن است. می توانیم مطمئن باشیم که مایکلسون به هنگام توصیف علاقهٔ اصلی زندگی اش این معنی را در ذهن نداشته است. بنابراین از «سرگرمی» در مضمونی که مایکلسون به کار برده است چه معنای دقیقی می توانیم استنباط کنیم؟ به طور کلی تر، نقش لذت و تفریح چیست؟

در حالی که «لذت» و «تفریح» اغلب برای توصیف تلاشهای یک شخص در علوم به کار می روند، شکستها، ناکامیها، و نومیدیها به طور مساوی، اگر بیشتر نباشد، اجزاء معمول تجربهٔ علمی هستند. فائق آمدن بر مشکلات، بی شک، در لذت نهائی موفقیت شخص تأثیر دارد. پس آیا شکست جنبه ای منفی در طلب علم دارد؟ نظر دیراک در توصیف پیشرفت سریع فیزیک که به دنبال پایه گذاری اصول مکانیک کوانتومی در اواسط و اواخر سالهای ۱۲۹۹ تا ۱۳۰۹ (۹ ـ ۱۹۲۰) برای موضوع فوق مناسب است.

اگر بگوییم که [مکانیک کوانتومی] بازی بود، بازی بسیار جالبی که شخص می توانست بازی کند، توصیف خوبی بود. همین که شخص یکی از مسائل کوچک را حل می کرد، می توانست مقاله ای دربارهٔ آن بنویسد. در آن روزها برای هر فیزیکدان درجهٔ دوم بسیار ساده بود که کار درجهٔ اول انجام دهد. از آن موقع تاکنون چنین موقعیت درخشانی وجود نداشته است.

به بهانهٔ این اظهارنظرها، ارزیابی تامسون (Thomson) از لرد ریلی (Lord Rayleigh) در خطابه اش دربارهٔ بزرگداشت خاطرهٔ او در کلیسای وست مینستر (Westminster Abbey) را در نظر بگیرید:

جذابیت برخی از عالمان بزرگ به خاطر آن است که حرف اول را دربارهٔ یک موضوع زده اند، و ایدهٔ جدیدی را که مفید بوده است ارائه کرده اند. جذابیت عالمان دیگر شاید در این باشد که حرف آخر را دربارهٔ موضوع زده اند، و موضوع را منطقاً ساده و سازگار کرده اند. فکر می کنم که لرد ریلی از نظر اخلاق به گروه دوم تعلق دارد.

این ارزیابی تامسون را گاهی دوپهلو توصیف کرده اند. اما، در عوض، آیا نمی توان نتیجه گرفت که ریلی اخلاقاً می خواست خودش را در مسائل مشکل مشغول کند و قانع نبود که مشغول بازیهایی شود که دیراک «موقعیت درخشان glorious) (time» را به عنوان موقعیتی توصیف می کند که «فیزیکدانان درجهٔ دوم می توانستند کار درجهٔ اول انجام دهند»؟ این سؤال آخر که مربوط به اخلاق ریلی است سؤال دیگری را پیش می کشد: پس از آنکه یک دانشمند به بلوغ فکری رسید، دلیلهای ادامهٔ طلب علم چیستند؟ این دلیلها تا چه حدی شخصی هستند؟ و تا چه حدی به معیارهای زیبایی شناسی، مانند درک نظم و طرح (order and pattern)، شکل و ماده (form and substance) مربوط می شود؟ آیا این معیاری زیبایی شناسی و شخصی طردکنندهٔ یکدیگرند؟ آیا وظیفه شناسی [در این میان] نقشی دارد؟ منظورم از وظیفه معنی متداول وظیفه نسبت به دانش آموزان خود، همکاران خود، و جامعهٔ خود نیست. بلکه منظورم وظیفه نسبت به خود علم. اما محتوای وظیفه در طلب علم برای علم چیست؟

در پایان می خواهم مطلب را از جنبهٔ متفاوت دیگری طرح کنم. هاردی (G. H. Hardy). کتاب دفاع یک ریاضیدان (Mathematician's Apology) را با مطلب زیر خاتمه می دهد: پس برای زندگی من، یا برای زندگی هر کس دیگر که ریاضیدان بوده است به همان معنا که من یکی از آنها بوده ام، موضوع این است که چیزی را بر علم افزوده ام، و به دیگران کمک کرده ام که چیزی دیگر بر علم بیفزایند: و اینکه این چیزها ارزشی دارند که فقط از نظر درجه و نه نوع با ارزش خلاقیتهای ریاضیدانهای بزرگ، یا هنرمندان دیگر، بزرگ یا کوچک، که نوعی خاطره از خود به جای گذاشته اند، تفاوت دارد. مطلب هاردی را که اشاره به ریاضیدانها دارد، حتی برای همهٔ دانشمندان به طور مساوی می توان به کار برد. می خواهم توجه شما را به ویژه جلب کنم به ارجاع خواست او در به جا گذاشتن نوعی خاطره از خود، یعنی چیزی که آیندگان قضاوت خواهند کرد.

د

طلب علم اغلب با بالا رفتن از کوه ها مقایسه می شود، زیاد و نه چندان زیاد. اما چه کسی از ما می تواند امیدوار باشد، حتی در تخیل، از اورست بالا رود و به قلهٔ آن برسد در حالی که آسمان، آبی و هوا آرام است، و در حالی که هوا آرام است کل سلسلهٔ هیمالایا را در سفیدی خیره کنندهٔ برف که تا بی نهایت کشیده شده است بررسی کند؟ هیچ یک از ما نمی تواند برای مشاهده ای قابل قیاس از طبیعت و جهان اطراف ما امیدوار باشد. اما چیزی پست یا پایین در درهٔ زیر وجود دارد و منتظر است خورشید از بالای کینچین جونگا (Kinchinjunga) بگذرد.

ترجمهٔ محمدعلی سعادت بخت

نهمین المپیاد فیزیک ایران

(۱۳۷۵)

بخش اوّل : سؤالهای چند گزینه ای

توجه :
سؤالهای ۱ تا ۲۸ چند گزینه ای هستند و ممکن است در هر سؤال بیش از یک گزینهٔ درست وجود داشته باشد. به هر گزینه که درست علامت زده شود نمره مثبت و به هر گزینه که نادرست علامت زده شود نمره منفی داده خواهد شد. نمره مثبت هر گزینه درست همراه هر سؤال در پرانتز نوشته شده است و انتخاب هر گزینه نادرست یک نمره منفی دارد.

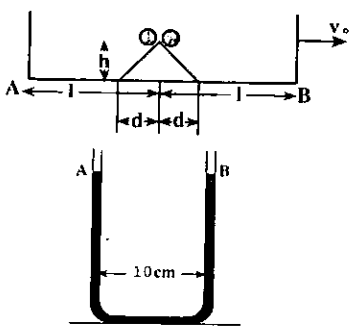
۱ ـ چهار وزنهٔ مشابه ۲ کیلوگرمی را با ۳ فنر مشابه سبک با ثابت فنر $۲۰\frac{N}{cm}$ طوری به یکدیگر می بندیم که میان هر دو وزنه متوالی یک فنر باشد. وقتی دستگاه را روی یک میز افقی بدون اصطکاک به حالت تعادل می خوابانیم طول کل دستگاه ۳۶cm است. اگر دستگاه را از سقف بیاویزیم طول آن چند سانتیمتر می شود؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$ (+۲)

الف) ۳۹ ب) ۴۲ ج) ۳۶ د) ۴۵ هـ) ۴۶

۲ ـ دو گلوله کوچک نارسانا دارای بارهای $+۱۰^{-۶}$ کولن و $-۱۰^{-۶}$ کولن در دو انتهای فنری با ثابت $۱۰۰\frac{N}{m}$ قرار داده شده اند. در این شرایط طول فنر ۱۰cm است. طول عادی فنر چند سانتیمتر است؟ (فنر نارسانا است و K در قانون کولن $۹\times۱۰^۹ Nm^۲/C^۲$ است). (+2)

الف) ۱۰/۹ ب) ۱۱/۸ ج) ۹/۱ د) ۸/۲ هـ) ۱۱/۲

۳ ـ واگنی با سرعت ثابت $V_۰$ در حال حرکت است. در بالای سطح شیبدار دوطرفه‌ای که به وسط کف واگن چسبیده است (مطابق شکل)، دو گلولهٔ کوچک یکسان قرار دارند. این دو گلوله همزمان از بالای سطح شیبدار و از حالت سکون نسبت به واگن رها می شوند. اختلاف زمان رسیدن گلوله ها به نقاط A و B عبارت است از : (+۲)



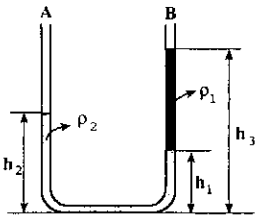
الف) $\frac{\sqrt{۲gh}\ \ l}{v_۰^۲ - ۲gh}$ ب) $\frac{\sqrt{۲gh}\ \ (l-d)}{v_۰^۲ - ۲gh}$

ج) صفر د) $\frac{\sqrt{۲gh}\ \ (l-d)}{v_۰^۲}$

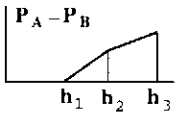
۴ ـ در یک لوله مطابق شکل مقداری آب ریخته شده است. طول قسمت افقی لوله ۱۰cm و ارتفاع آب در بخشهای عمودی لوله ۲۰cm است. لوله با شتاب $۳ m/s^۲$ به سمت راست حرکت می کند. با توجه به نیروهایی که به بخشی از مایع که در قسمت افقی لوله قرار گرفته وارد می شود، اختلاف ارتفاع آب در دو بازوی عمودی لوله $(h_A - h_B)$ چند سانتیمتر خواهد شد؟ $(g \approx ۱۰ m/s^۲)$ (+۳)

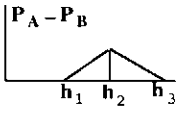
الف) صفر ب) ۳ ج) ۳ − د) ۱/۵ هـ) ۱/۵ − و) ۰/۶

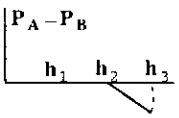
۵ـ در یک لولهٔ U شکل دو مایع به چگالی‌های ρ_1 و ρ_2 که با هم مخلوط نمی‌شوند ریخته ایم. چگالیها به نحوی است که ارتفاع دو مایع در شاخه های A و B، مانند شکل است. مبدأ مختصات محور قائم را بر قسمت پایین لولهٔ U شکل منطبق می گیریم. کدام نمودار تفاوت فشار $(P_A - P_B)$ در دو لوله را برحسب ارتفاع y نشان می دهد؟

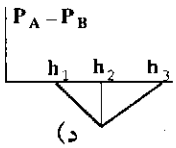


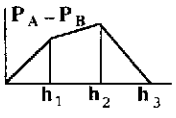
(+۳)

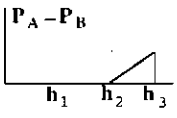
الف)


ب)


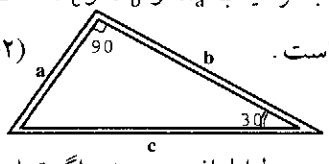
ج)


د)


هـ)


و)


۶ـ سه میلهٔ a و b و c مطابق شکل به هم متصل شده‌اند. ضریب انبساط خطی میله ها به ترتیب α_a و α_b و α_c است به طوری که $\alpha_a = \alpha_b = \alpha$. می خواهیم در هر دمایی زاویهٔ بین a و b ۹۰° بماند. نسبت $\frac{\alpha_c}{\alpha}$ کدام است. (+۲)

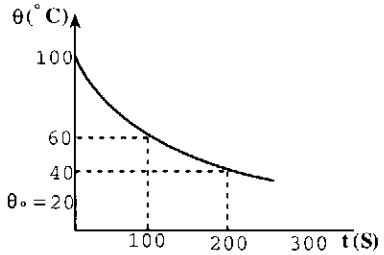


الف) $\sqrt{2}$ ب) ۲ ج) ۱ د) $\frac{1}{2}$ هـ) $\frac{1}{2}(1+\sqrt{3})$

۷ـ یک مخزن مکعب شکل که دارای آب داغ است، در هر ثانیه ۱۵۰۰J گرمای خود را به محیط اطراف می دهد. اگر تمام سطوح مخزن را با نوعی ماده عایق بپوشانیم، میزان از دست دادن گرما به ۶۰J در ثانیه می رسد. اگر تنها یکی از سطوح مخزن را عایق بندی نکنیم، در هر ثانیه چند ژول گرما از دست خواهد داد؟ دمای آب درون مخزن و محیط ثابت فرض می شوند. در نظر بگیرید که انتقال گرما تنها از طریق سطوح مخزن انجام می شود و افقی و یا قائم بودن سطوح تأثیری بر میزان انتقال گرما ندارد. (+۲)

الف) ۵۰ ب) ۲۵۰ ج) ۳۰۰ د) ۳۶۰

۸ـ میزان گرمایی که یک جسم داغ در هر ثانیه از دست می دهد به تفاوت دمای جسم (θ) و دمای محیط (θ_0) بستگی دارد. نمودار روبرو تغییرات دمای جسم را نسبت به زمان نشان می دهد. با توجه به نمودار، کدامیک از گزینه های زیر درست است؟



(+۲)

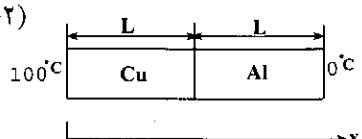
الف) گرمایی که جسم در ۱۰۰ ثانیه اول از دست داده است برابر گرمایی است که در ۱۰۰ ثانیه دوم از دست داده است.

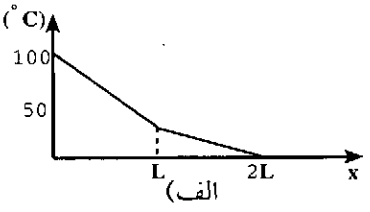
ب) میزان از دست دادن گرما در ۱۰۰ ثانیه اول ۲ برابر گرمایی است که در ۱۰۰ ثانیه دوم از دست داده است.

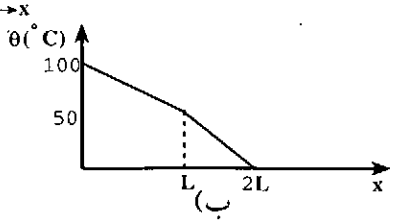
ج) دمای جسم بعد از ۳۰۰ ثانیه برابر دمای محیط می شود.

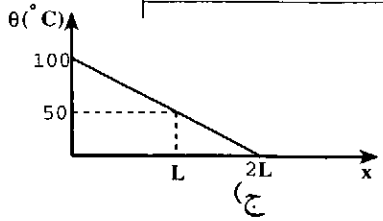
د) گرمایی که جسم در ۱۰۰ ثانیه اول از دست می دهد، برابر با گرمایی است که از لحظه ۱۰۰ ثانیه به بعد از دست خواهد داد.

۹ـ دو میله مسی و آلومینیومی با ابعاد یکسان را مطابق شکل به یکدیگر متصل می کنیم به طوری که دو میله به خوبی در تماس گرمایی با هم هستند و دمای دو انتهای میله همواره در دماهای نشان داده شده ثابت نگه داشته می شوند. مس بیش از آلومینیوم رسانای گرما است و اطراف میله ها از نظر گرمایی عایق پوشی شده است. کدامیک از گزینه های زیر، نمودار تغییرات دما را برحسب فاصله x در طول میله در شرایط ثابت (پایدار) درست نشان می دهد. (+۲)



الف)


ب)


ج)


۱۰ ـ یک ظرف محتوی آب صفر درجه را از بالا بر اثر تابش به آرامی گرم می کنیم . پس از مدتی دمای سطح آب به $10^{\circ}C$ می رسد ، اما قسمتهای پایینی آن سردتر از این دما باقی مانده اند . کدامیک از گزینه های زیر درست است . (+۲)

الف) در پایین ترین قسمت ظرف آب صفر درجه می تواند وجود داشته باشد .

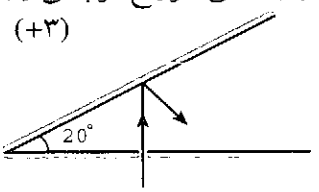
ب) در هیچ جای ظرف آب صفر درجه نمی تواند وجود داشته باشد .

ج) آب صفر درجه کمی بالاتر از کف ظرف وجود دارد .

۱۱ ـ شخصی از دور به یک آینهٔ مقعر با شعاع R نزدیک می شود و وقتی به فاصلهٔ معینی از آینه می رسد نمی تواند تصویری از خود در آینه ببیند . در اولین لحظه ای که شخص تصویر خود را نمی بیند در کجا قرار گرفته است؟ (+۲)

الف) در نزدیکی رأس آینه ب) در نزدیکی کانون آینه ج) در نزدیکی مرکز آینه د) در فاصلهٔ R از کانون آینه

۱۲ ـ دو آینهٔ تخت بسیار طویل مطابق شکل با یکدیگر زاویهٔ ۲۰ درجه می سازند . در آینهٔ افقی سوراخ کوچکی ایجاد شده و نور از آن بطور قائم می تابد . این نور چند دفعه در برخورد با آینه ها منعکس خواهد شد؟ (+۳)



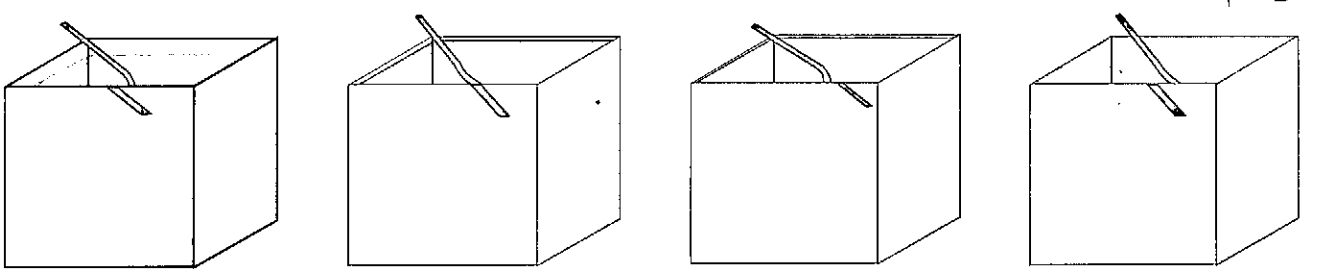
الف)۳ ب) ۴ ج) ۵ د) ۶ هـ) ۱۷ و) بینهایت

۱۳ ـ نقطه ای نورانی روی محور اصلی عدسی همگرایی قرار دارد . در طرف دیگر عدسی پرده ای عمود بر محور اصلی نصب شده است و روی آن قرص روشنی مشاهده می شود . اگر پرده را عمود بر محور عدسی در یک جهت جابجا کنیم قطر قرص روشن چه تغییری می کند؟ (+۲)

الف) حتماً زیاد می شود . ب) حتماً کم می شود . ج) امکان دارد زیاد شود .

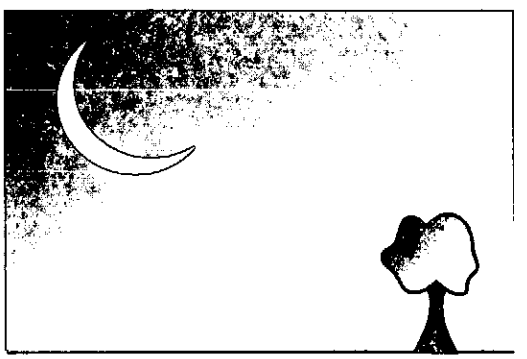
د) امکان دارد ابتدا زیاد و سپس کم شود . هـ) امکان دارد ابتدا کم و سپس زیاد شود .

۱۴ ـ یک میله مستقیم را وارد یک ظرف مکعب مستطیلی پر از آب با یک دیواره شفاف می کنیم ، کدامیک از تصاویر زیر را مشاهده می کنیم؟ (+۲)



(الف) (ب) (ج) (د)

۱۵ ـ تصویر زیر وضعیت هلال ماه را نسبت به افق در لحظاتی بعد از طلوع ماه نشان می دهد . کدام گزینه در مورد زمان ثبت این تصویر درست است . (+۲)



الف) کمی قبل از غروب خورشید

ب) کمی بعد از غروب خورشید

ج) کمی قبل از طلوع خورشید

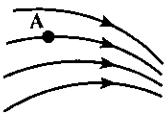
د) کمی بعد از طلوع خورشید

۱۶ ـ گلولهٔ کوچکی دارای بار الکتریکی q بوده و با یک نخ عایق از نقطه ای آویخته شده است . می خواهیم در این حالت میدان

الکتریکی حاصل از بار q را در نقطه‌ای روی یک صفحهٔ افقی که از بار q می گذرد اندازه بگیریم. برای این کار بار .q را در نقطه مورد نظر قرار می دهیم و با اندازه گیری نیروی الکتریکی وارد بر آن، میدان الکتریکی را بدست می آوریم. کدام گزینه درست است؟
(+۱/۵)

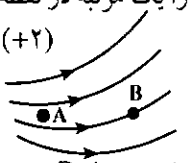
الف) اگر بارهای q و .q مثبت باشد، میدان به دست آمده از میدان مورد نظر کوچکتر است.
ب) اگر بار q مثبت و بار .q منفی باشد، میدان به دست آمده از میدان مورد نظر بزرگتر است.
ج) اگر بارهای q و .q منفی باشد، میدان به دست آمده از میدان مورد نظر بزرگتر است.
د) اگر بار q منفی و بار .q مثبت باشد، میدان به دست آمده از میدان مورد نظر کوچکتر است.

۱۷ ـ نمودار مقابل خطوط میدان الکتریکی را در فضای معینی نشان می دهد. بار نقطه‌ای .q را در نقطه A قرار می دهیم. کدام گزینه درست است؟
(+۲)



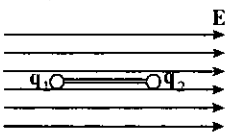
الف) بار .q در هر شرایطی همواره روی خط میدان حرکت خواهد کرد.
ب) اگر بار .q سرعت اولیه‌ای مماس بر خطوط میدان داشته باشد، بطور مداوم روی خط میدان حرکت خواهد کرد.
ج) اگر سرعت اولیه بار .q صفر باشد، به طور مداوم روی خط میدان حرکت خواهد کرد.
د) در هیچ شرایطی بار .q روی خط میدان ادامه حرکت نخواهد داد.

۱۸ ـ نمودار مقابل خطوط میدان الکتریکی را در فضای معینی نشان می دهد. بار الکتریکی q را یک مرتبه در نقطهٔ A و مرتبهٔ دیگر در نقطه B قرار می دهیم. کدام گزینه درست است؟
(+۲)



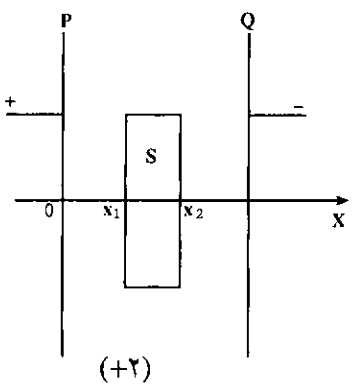
الف) اندازهٔ نیرویی که بر بار در نقطه A وارد می شود، از اندازه آن در نقطه B کوچکتر است.
ب) اندازه نیرویی که بر بار در نقطه A وارد می شود، از اندازه آن در نقطه B بزرگتر است.
ج) در نقطه A نیرویی بر بار الکتریکی وارد نمی شود، زیرا میدان در نقطه A صفر است ولی بر بار در نقطه B نیرو وارد می شود.
د) اطلاعات مسأله برای مقایسه نیروی وارد بر بار q در نقطه A و B کافی نیست.

۱۹ ـ دوبار q_1 و q_2 که اندازه‌های آنها با یکدیگر برابر است با میله نارسانای بسیار سبکی به هم وصل شده اند و مطابق شکل مجموعه در میدان الکتریکی یکنواختی قرار دارد. کدام گزینه درست است؟
(+۱/۵)

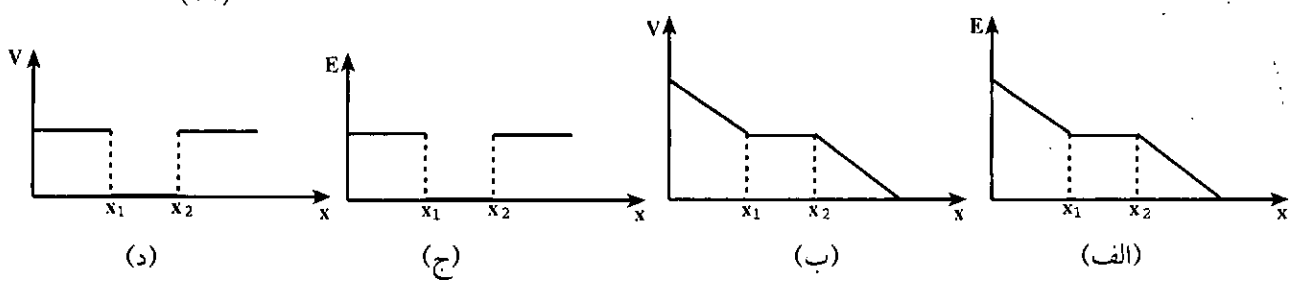


الف) اگر q_2 مثبت و q_1 منفی باشد، مجموعه دارای تعادل پایدار است.
ب) اگر q_1 و q_2 مثبت باشد، مجموعه دارای تعادل ناپایدار است.
ج) اگر q_2 منفی و q_1 مثبت باشد، مجموعه دارای تعادل ناپایدار است.
د) اگر q_1 و q_2 منفی باشد، مجموعه دارای تعادل پایدار است.
هـ) اگر q_1 و q_2 منفی باشد، مجموعه تعادل ندارد.

۲۰ ـ در شکل روبرو P و Q صفحه های یک خازن متصل به باتری هستند. قطعهٔ فلزی S را بدون اتصال با صفحه ها، وسط آنها وارد می کنیم. اگر E شدت میدان الکتریکی و V اختلاف پتانسیل الکتریکی و X فاصله از صفحه P باشد، کدامیک از گزینه های زیر درست هستند؟



(+۲)



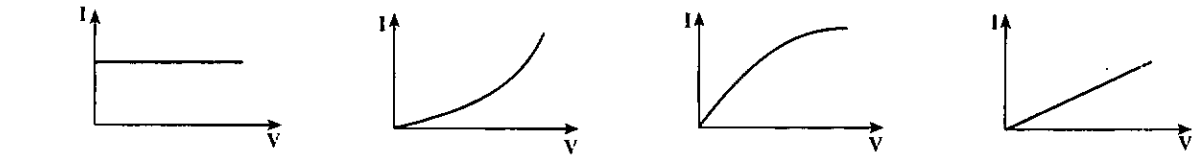
(د) (ج) (ب) (الف)

۲۱ ـ هنگامی که مقدار بار الکتریکی روی یک جسم فلزی را تغییر می دهیم، اختلاف پتانسیل آن نسبت به یک نقطه معین، تغییر می کند. اگر نمودار تغییرات اختلاف پتانسیل برحسب بار الکتریکی مطابق شکل باشد، مساحت زیر نمودار، کدام کمیت، است؟

(+۱/۵)

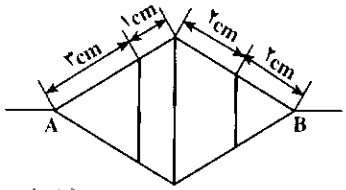
الف) توان ب) انرژی ج) شدت جریان د) عکس مقاومت هـ) ظرفیت و) عکس ظرفیت

۲۲ ـ مقاومت الکتریکی یک قطعه کربنی با افزایش دما کاهش می یابد. اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن را به آرامی افزایش دهیم، کدامیک از نمودارهای زیر می تواند نمودار تغییرات شدت جریان برحسب ولتاژ باشد؟ (+۲)



(الف) (ب) (ج) (د)

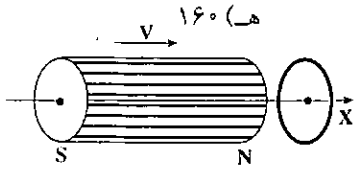
۲۳ ـ از سیمی که مقاومت هر سانتیمتر آن Ω ۱ است، مطابق شکل مقابل یک شبکهٔ سیمی ساخته ایم. مقاومت معادل بین نقاط A و B چند اهم است؟

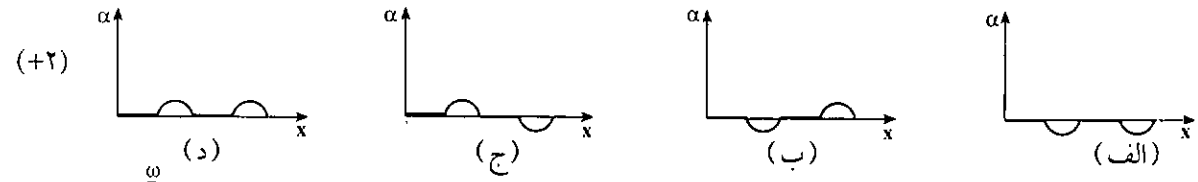


(+۲)

الف) ۸۰ ب) ۴۰ ج) ۲۴ د) ۱۶ هـ) ۱۶۰

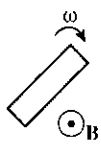
۲۴ ـ یک آهن ربای سبک استوانه ای مطابق شکل با سرعت افقی V به سمت یک حلقه که قطر آن حدود قطر آهن رباست، پرتاب شده و از داخل آن عبور می کند. نمودار تقریبی تغییرات شتاب آهن ربا در طول مسیر آن کدام است؟





(الف) (ب) (ج) (د) (+۲)

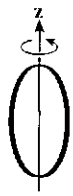
۲۵ ـ یک میله رسانا مطابق شکل عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت B به طرف خارج صفحه شکل، قرار گرفته است. این میله دور محوری که با B موازی است و از وسط آن می گذرد، می چرخد. بارهای القائی میله کدام است؟



(+۲/۵)

(الف) (ب) (ج) (د)

۲۶ ـ روی یک حلقه نارسانا بار الکتریکی منفی به طور یکنواخت توزیع شده است. حلقه را مطابق شکل دور یکی از قطرهای آن بسیار سریع به دوران درمی آوریم. در این صورت در مرکز حلقه: (+۲)



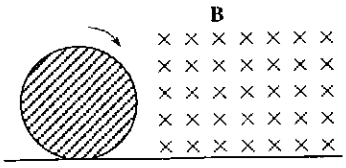
الف) میدان مغناطیسی عمود بر سطح حلقه به وجود می آید.

ب) میدان مغناطیسی به وجود نمی آید.

ج) میدان مغناطیسی در امتداد محور دوران و رو به پایین به وجود می آید.

د) میدان مغناطیسی در امتداد محور دوران و رو به بالا به وجود می آید.

۲۷ ـ یک قرص مسی روی سطح افقی مطابق شکل از چپ به راست می غلتد. در ضمن این حرکت از میان دهانهٔ یک آهن ربا که میدان مغناطیسی آن به سمت داخل صفحه شکل است رد می شود. به هنگام عبور از میان دهانه آهن ربا: (+۲)



الف) سرعت آن کم می شود.
ب) سرعت آن افزایش می یابد.
ج) سرعت آن ثابت می ماند.
د) سرعت آن ابتدا کم و سپس زیاد می شود.
هـ) سرعت آن ابتدا زیاد و سپس کم می شود.

۲۸ ـ در مسألهٔ قبل، جهت جریان القائی بر روی سطح قرص: (+۲/۵)
الف) همواره در جهت چرخش عقربه های ساعت است.
ب) همواره در خلاف جهت چرخش عقربه های ساعت است.
ج) هنگام ورود به میدان در جهت چرخش عقربه های ساعت و هنگام خروج در خلاف جهت چرخش عقربه های ساعت است.
د) هنگام ورود به میدان در خلاف جهت چرخش عقربه های ساعت و هنگام خروج در جهت چرخش عقربه های ساعت است.

بخش دوم: مسأله های کوتاه

پیش از شروع به حل مسأله های کوتاه، توضیح زیر را به دقت بخوانید:
در مسائل شمارهٔ ۲۹ تا ۳۶ باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (مثلاً برحسب میلیمتر یا متر یا کیلوگرم یا میکروکولن و غیره) که در صورت مسأله آمده با دو رقم به دست آورید. این عدد را در پاسخ نامه در دو خانه بالای هر سئوال نوشته و سپس خانه های مربوط به این عدد دو رقمی را در برگه پاسخ نامه سیاه نمایید. توجه کنید رقم یکان عدد مورد نظر را در ستون یکان و رقم دهگان را در ستون دهگان پاسخ نامه سیاه کنید.

مثال ـ فرض کنید ظرفیت خازنی را برحسب میکروکولن خواسته باشند و شما عدد ۲۶/۷ میکروکولن را به دست آورید. ابتدا آن را گرد کرده و ۲۷ میکروکولن بگیرید و سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخ نامه وارد کنید.

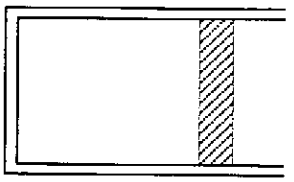
۲	۷
دهگان	یکان
۰	۰
۱	۱
■	۲
۳	۳
۴	۴
۵	۵
۶	۶
۷	■
۸	۸
۹	۹

توجه:
۱ ـ خانه های سیاه شده توسط دستگاه خوانده می شود و اعداد نوشته شده بالای هر سئوال ملاک تصحیح نخواهد بود.
۲ ـ پاسخ نادرست در این بخش نمره منفی ندارد.

۲۹ ـ گلولهٔ A از بام ساختمانی به ارتفاع ۲۴m بدون سرعت اولیه رها می شود. همزمان با آن گلوله B را از سطح زمین در راستای قائم بطرف بالا پرتاب می کنیم. در هنگام رسیدن دو گلوله به هم، اندازه سرعت گلوله A دو برابر اندازه سرعت گلوله B است. نقطه برخورد دو گلوله در چه ارتفاعی از سطح زمین برحسب متر قرار دارد؟ (۴ نمره)

۳۰ ـ یک لوله مویین به طول ۱ m را که دوسر آن باز است وارد آب می کنیم. مشاهده می شود که آب در لوله به میزان ۱۰cm بالا می آید. اکنون لوله را از آب خارج کرده و آب درون آن را خارج می کنیم و سپس با انگشت یک انتهای لوله را مسدود می کنیم. انتهای دیگر لوله چند میلیمتر باید وارد آب شود تا آب داخل لوله و ظرف هم سطح شود. فشار هوا در محل آزمایش معادل فشار ناشی از ستونی از آب به ارتفاع ۱۰ متر است. و در هر مورد لوله را به طور قائم در آب وارد می کنیم. (۵نمره)

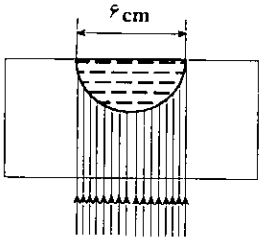
۳۱ ـ استوانه ای مطابق شکل به طور افقی روی سطحی قرار داده شده است . پیستونی می تواند بدون اصطکاک در داخل سیلندر حرکت کند و فاصله پیستون از ته سیلندر ۱۰cm است . فشار هوای بیرون $۱۰^۵ N/m^۲$ و سطح مقطع پیستون $۲۲۴cm^۲$ می باشد . در اثر گرم کردن گاز درون سیلندر ، پیستون به آرامی حرکت کرده و به فاصله ۱۱cm از ته سیلندر رسیده و همان جا متوقف می شود . گاز در فرآیند انبساط چند ژول کار انجام می دهد؟ (۴ نمره)



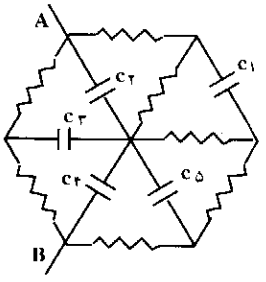
۳۲ ـ در مسألهٔ قبل اگر دمای گاز پیش از گرم کردن صفر درجه سلسیوس باشد ، و برای افزایش دمای یک مول از گاز ، به اندازه یک کلوین ، ۱۰ ژول انرژی لازم باشد ، در این فرایند چند ژول انرژی از منبع گرما گرفته شده است؟ (۳ نمره)

۳۳ ـ گلوله کوچکی با سرعت افقی ۷۲۰km/h از مقابل دوربینی رد می شود . اگر فاصله گلوله هنگام عبور از مقابل دوربین ۲۶m و فاصله کانونی عدسی آن ۱/۳cm باشد ، دریچه دوربین چه زمانی برحسب میلی ثانیه باز بماند تا طول تصویر گلوله بر فیلم ۲mm باشد؟ (۴ نمره)

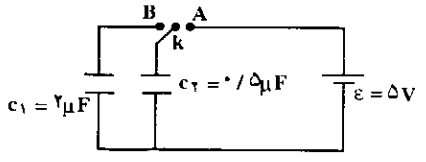
۳۴ ـ شکل مقابل یک مکعب مستطیل شیشه ای را نشان می دهد که در وجه بالایی آن گودی به شکل نیم کره به قطر ۶cm تعبیه شده است . این گودی را از آب پر کرده و از زیر ، یک دسته پرتو نور موازی را عمود بر وجه مکعب به آن می تابانیم . قطر دسته پرتوهایی که می توانند وارد نیم کره شوند بر حسب میلیمتر چقدر است؟ ضریب شکست شیشه ۱/۵ و ضریب شکست آب ۱/۳ است . (۴ نمره)



۳۵ ـ در مدار مقابل ، همه خازن ها ۲μF و همه مقاومت ها ۲۰۰Ω هستند و $V_B - V_A = ۲۲۰V$ است . بار روی خازن $C_۳$ چند میکروکولن است؟ (۵ نمره)



۳۶ ـ مداری مطابق شکل بسته ایم . ابتدا کلید K در موقعیت A قرار داشته و سپس در موقعیت B قرار می گیرد . آنگاه این عمل تکرار می شود یعنی کلید K به حالت A برگشته و مجدداً به حالت B برمی گردد و این کار را مرتباً تکرار می کنیم . بار نهائی روی خازن $C_۱$ برحسب میکروکولن چقدر می شود؟ (۴ نمره)



فیزیک در برنامه درسی نیوزیلند

« فیزیک در برنامه درسی نیوزیلند (آخرین پیشرفتها)» نشریهٔ وزارت آموزش نیوزیلند است که ترجمهٔ آن در چند قسمت ارائه می شود.

قسمت اول

مقدمه: فیزیک شاخه ای از علم است که براساس آن، انسان دنیای اطراف خود را کشف می کند؛ همچنین از طریق این علم برای درک و توصیف پدیده هایی که به آنها برمی خورد به جستجو می پردازد. فراگیری فیزیک از دو عامل الهام می گیرد: نخست، تحیر ساده در این که اشیاء چگونه هستند و دیگر برانگیختن کنجکاوی در این که چرا اشیاء این گونه کار می کنند. مطالعهٔ فیزیک گستردگی ای در حدود جهان ما دارد: از ابعاد ریز اتمی گرفته تا کهکشانها، مهارتها (skills) و معلوماتی (knowledge) را گسترش می دهد که در دنیای امروزی مفید واقع می شوند و در فراگیری بیشتر اهمیت دارند.

دانش آموزان به فراگیری فیزیک می پردازند تا پدیده های فیزیکی را بررسی کنند و مفاهیم، اصول و نمونه هایی را برای تشریح این پدیده ها به دست آورند. هنگام گسترش معلومات و مهارتهای علمی به دانش آموزان فرصتی داده می شود تا از تواناییهای ذهنی و گفتاری خود آگاه شوند و مهارتهای ضروری، مانند حل مسأله، محاسبهٔ عددی (numeracy) و برقراری ارتباط (communication) را که در چارچوب برنامه درسی نیوزیلند[1] بیان شده است، گسترش بیشتری دهند.

زندگی ما به طور فزاینده ای به علم و تکنولوژی وابسته شده است. دانستن فرآیندهای فیزیکی و کاربردهای آنها این امکان را به دانش آموزان می دهد تا دربارهٔ مباحث مربوط به علم، تکنولوژی و جامعه به گونه ای مستدل اقناع کننده (well reasoned) تصمیم بگیرند.

این برنامهٔ درسی سبب می شود تا از فیزیک، تصویری خلاق، مرتبط و مردم گرا (people-oriented) ارائه شود. گفتنی است این برنامه برای ترغیب دانش آموزان با هر سن، جنس و پیش زمینهٔ فرهنگی طراحی شده است تا به گونه ای فعال به دنیای فیزیک علاقمند شوند، و از فرصتهای فراگیری استفاده کنند تا برای آن معنایی بیابند.

این مبحث (گفتار دربارهٔ فیزیک) باید به گونه ای مرتبط و کلی دربارهٔ «علم» تحت عنوان «علم در برنامه درسی نیوزیلند» مطالعه شود.

آموزش فیزیک[2] در نیوزیلند

هدف از آموزش فیزیک تعلیم دانش آموزانی است تا:

1 فراگیرندگانی مؤثر، مستقل، علاقه مند باشند و با دیگران به خوبی ارتباط برقرار کنند؛

1 درک کاربردی ـ operational) understanding) مناسبی از مفاهیم پایه، اصول و مدلهای فیزیک داشته باشند؛

1 بررسی کنندگان عملی ـ practica) l investigators) ماهر باشند و مسائل را با مهارت حل کنند و از کار کردن لذت ببرند؛

1 ماهیت معلومات علمی و رابطه های بین علم، تکنولوژی و جامعه را دریابند؛

1 قادر باشند با دیگران به طور مؤثر همکاری کنند؛

1 در دنبال کردن معلومات فیزیکی، یکپارچگی علمی (scientific integrity) را حفظ کنند.

رویکردها (approaches) در آموزش و فراگیری فیزیک

این گفتار باید به همراه بخش «تقویت پیشرفت Enhancing Achievement» و «علم برای همه» زیر عنوان «علم در برنامهٔ درسی نیوزیلند» مطالعه شود.

آموزش و فراگیری، همکاری دانش آموزان و معلمانی را که در فرآیند فراگیری فعالانه مشغول هستند ایجاب می کند.

فراگیری فیزیک در صورتی تقویت خواهد شد که:

1 برنامه های آموزشی به گونه ای باشند که دانش آموزان مجموعه ای از تجربه های شخصی، ایده ها، مفاهیم و نگرشهایی دربارهٔ دنیای فیزیکی را به کلاس آورند؛

1 رویکردهای آموزشی، تجربه های موجود دانش آموزان را تشخیص دهند و به این تجربه ها اعتماد کنند؛

1 دانش آموزان وضعیت های واقعی مورد علاقهٔ خود را بررسی کنند؛

- برای دانش‌آموزان زمینه‌های فراگیری، تجربه‌های فراگیری و رویکردهای آموزشیِ دسترس، جالب و مناسب باشند.
- رویکردهای آموزشی، زبان فیزیک را در نظر بگیرند، هم واژه‌های فنی ـ تخصصی و هم واژه‌های روزمره‌ای که معنای خاصی دارند؛
- دانش‌آموزان ترغیب شوند برای فراگیری خود مسؤولیت بپذیرند و دربارهٔ واقعیت‌ها، ایده‌ها و پدیده‌هایی را که به آنها برمی‌خورند، فکر کنند و بین آنها پیوند برقرار کنند؛
- معلمان نقشهای زیادی را بپذیرند و برخی فعالیت‌های فراگیری و فعالیت‌های ارزیابی را فراهم کنند؛
- منابع کافی از جمله کتاب و نشریه، تجهیزات، فضای آزمایشگاهی و پشتیبانی فنی فراهم شوند؛
- دانش‌آموزان امکان بررسی و کاربرد ایده‌ها را هم در زمینه‌های تخیلی و هم در بسیاری از زمینه‌های واقعی بیابند؛
- دانش‌آموزان از طریق زمینه‌هایی که در برگیرندهٔ پدیده‌های طبیعی، وسائل فنی، مکانیسمها و سیستمها هستند دریافت خود را گسترش و تغییر شکل داده به یکدیگر انتقال دهند و آن را تحکیم بخشند؛
- برنامه‌های آموزشی به گونه‌ای تدوین شوند تا با سازمانهای محلی مربوط به فیزیک[۲] (local physics-related enterprises) ارتباط برقرار شود؛
- به دانش‌آموزان فرصت داده شود درک خود را از برهم‌کنشهای بین فیزیک، تکنولوژی، و جامعه گسترش دهند و آگاهی خود را از ماهیت متحول فیزیک بالا ببرند؛
- اشخاصی که در امور مربوط به فیزیک مشغولند با شرکت در برنامه‌های فیزیک به عنوان سخنگو یا مشاور در بررسیهای دانش‌آموزان نقش الگو را داشته باشند؛

استفاده از رویکردهای یاد شده به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا معلومات، مهارتها و نگرشهای خود را درباره فیزیک به طور کامل، منصفانه، و با علاقه و لذت گسترش دهند.

ایمنی

سلامت و ایمنی در تصویب نامهٔ کار (Health and Safety in Employment Act 1992) امور مدیریت را زیر نظر می‌گیرد تا از تندرستی و ایمنی کارمندان و افراد دیگر در محلهای کار از جمله مدرسه‌ها مطمئن شود. برای هیأت امناء مدرسه این موضوع اهمیت دارد که معلمان، مربیان آزمایشگاه و دانش‌آموزان مسائل ایمنی را در آزمایشگاه فیزیک به ویژه در این موارد رعایت کنند:

- رفتار و حرکت در آزمایشگاه و اطراف آن؛
- انبار کردن و کارکردن با کتاب و نشریه و تجهیزات، به ویژه تجهیزات الکتریکی و نمونه‌های رادیواکتیو؛
- فراهم کردن و سهولت دسترس بودن وسائل کمکهای اولیه و خاموش کردن آتش، پیش از شرکت جستن در فعالیتهای فیزیکی، به ویژه نمایشها و بررسی‌های عملی؛ معلمان و دانش‌آموزان باید با مقررات تندرستی و ایمنی وزارت آموزش برای مدرسه‌های دولتی ابتدائی، مختلط (*composite*) و راهنمایی و دبیرستان آشنا باشند، (مقررات مربوط به سال ۱۳۷۲/۱۹۹۳) که در آن استانداردهای فیزیکی، تندرستی و ایمنی مناسب برای مدرسه‌ها توصیه شده است.

زبان فیزیک

برای انتقال داده‌ها و مفاهیم، فیزیکدانها واژه‌ها و عبارتهای ویژه را به معنای خاصی به کار می‌برند. از این رو اهمیت دارد که رویکردهای آموزشی، زبان فیزیک را در واژه‌ها و عبارتهای فنی ـ تخصصی و نیز واژه‌های روزمره که معنای خاصی نیز دارند، در نظر بگیرند.

همچنین، زبان در فراگیری مفاهیم و اصول نقشی اساسی دارد، از این رو برای توضیح‌ها، بحثها، نحوهٔ ارائه، و طرز نوشتن دانش‌آموزان در موارد فنی و غیر فنی باید فرصت‌هایی پیش بیایند. رویکردهای آموزشی باید در نظر بگیرند که چگونه تعادلی بین زبان شفاهی و ریاضی، فراگیری فیزیک را به بهترین صورت توسعه می‌دهد.

جایگاه ریاضی در فیزیک

ریاضی در فیزیک، ذاتی (intrinsic) و اجتناب‌ناپذیر است. برخی روشهای تحلیل ریاضی مانند حسابان (calculus)، به هنگام تحلیل و تشریح پدیده‌های فیزیکی ابداع شده‌اند. درنتیجه مفاهیم و اصول فیزیکی به صورتهای مختصر ریاضی توصیف می‌شوند.

ریاضی در همهٔ جنبه‌های فیزیک، از اندازه‌گیری و تحلیل داده‌های آزمایش گرفته تا به کارگیری جبری معادله‌ها در پردازش نظریه‌ها، نفوذ کرده است. درنتیجه، از دانش‌آموزان انتظار می‌رود که در مطالعهٔ فیزیک، مهارت‌ها و درک فرآیندهای فیزیکی را گسترش دهند. انتظار می‌رود توانایی آنها در ریاضی فراتر از صرفاً مهارتهایی در محاسبهٔ عددی باشد.

فرآیندهای ریاضی مهم در فیزیک در کتابهای ۶، ۷، ۸ شامل این موارد است:

- عملیات اساسی عددی، کار کردن با عبارتهای جبری، جایگذاری مقادیر عددی در عبارتها و استفاده از نمادگذاری علمی؛
- کار کردن و تحلیل کمیتهای برداری؛
- آشنایی با تابعهای متداول در فیزیک، مثلا تابعهای خطی، درجهٔ دوم، وارون، مربع وارون، سینوسی، نمایی؛
- استفاده از تناسب به هنگام کشف رابطه‌های بین متغیرها؛
- تحلیل و کار کردن با یکاها (واحدها)ی مربوط به کمیتهای فیزیکی؛

1 برآورد کمیتها با استفاده از مرتبه های بزرگی؛
1 استفاده از برآوردهای عدم اطمینان و ارقام با معنی در تعیین دقت کمیتهای اندازه گیری و محاسبه شده؛
1 استفاده از میانگین نمونه هایی از داده ها؛
1 بررسی نموداری داده ها در تعیین رابطه ها.

برای دانش آموزان توانا، معلمان می توانند فرآیندهای فیزیکی حسابان مقدماتی مانند آهنگهای تغییر، و روشهای آماری بیشتر برای تحلیل داده ها را بیان کنند.

از دانش آموزان انتظار می رود به هنگام فراگیری تدریجی فیزیک، توانایی فزاینده ای [illegible] فرآیندهای ریاضی گسترش دهند. به طور [illegible] انتظار می رود که دانش آموزان بتوانند [illegible]علومات و مهارتهای ریاضی که در [illegible]ای پیشین برنامه درسی ریاضی مشخص [illegible]ده اند استفاده کنند.

فرمت (Format) برنامهٔ درسی فیزیک

مقاصد پیشرفت ـ Achievement) Aims)

مقاصد پیشرفت عبارت است از این که آموزش و یادگیری فیزیک، مهم در نظر گرفته شوند. انتظار می رود که در یک برنامهٔ آموزشی که به طور همسان سازمان بندی شده است، مقاصد پیشرفت به طریقی یکپارچه شوند تا هر یک در تقویت و توسعهٔ بقیه سهیم باشند.

اهداف پیشرفت ـ Achievement) Objectives)

اهداف پیشرفت در هر سطحی از مقاصد پیشرفت نتیجه می شوند. این اهداف، مقاصد را با عبارتهای مشخص تری که می توان آنها را نشان داد، تفسیر می کنند.

زمینه های نمونهٔ یادگیری ـ Sample) Learning Contexts)

زمینه های نمونهٔ یادگیری مثال های آشنا جالب اطراف ما هستند که باید به دانش آموزان کمک کنند تا درک خود را گسترش دهند. زمینه ها را می توان به عنوان نقطهٔ شروع برای بحث یا به عنوان تم (theme) که ممکن است پیوندی بین چندین هدف پیشرفت برقرار سازد استفاده کرد.

اگرچه هر زمینه در یک سطح ویژه ای ارائه می شود، اما برخی از آنها را می توان در سطح دیگر به کار برد. زمینه های نمونهٔ یادگیری فقط جنبهٔ پیشنهاد دارند و معلمان تشویق می شوند که زمینه های مورد نظر خود را انتخاب کنند، به ویژه هنگامی که این زمینه ها در برگیرندهٔ مثال ها و منابع محلی باشند.

تجربه های محتمل یادگیری ـ (Possible Learning Experiences)

دانش آموزان باید در تجربه های متعدد یادگیری شرکت جویند تا مطمئن شوند که آنها برای گسترش معلومات، مهارتها و نگرش های مبتنی بر اهداف پیشرفت، فرصتهایی در اختیار دارند. برخی تجربه های محتمل یادگیری در هر سطحی ارائه می شود. در بسیاری از موارد یک تجربهٔ محتمل آموزشی، بیش از یک هدف پیشرفت نقش دارد.

تجربه های محتمل یادگیری تنها پیشنهاد می شوند و اجباری نیستند. معلمان تشویق می شوند که برخی از آنها و تجربه های مناسب دیگر فراگیری را در برنامه خود بگنجانند تا مطمئن شوند که برنامه هایی کامل و متوازن حاصل خواهد شد.

هنگامی که تجربه های محتمل فراگیری در هر سطحی مجموعاً در نظر گرفته شوند، آنها راهنماییهایی دربارهٔ زبان، رویکردها، تکنیکها، مواد و تجهیزات مناسب هر سطح ارائه می کنند. همچنین آنها نما و عمق فراگیری مورد انتظار را پیشنهاد می کنند و توسعهٔ فراگیری را از یک سطح به سطح دیگر نشان می دهند.

انتخاب تجربه های محتمل فراگیری به تعدادی متغیر مهم بستگی دارد. این متغیرها عبارتند از: ماهیت اهداف مورد نظر پیشرفت، ترکیب یک کلاس معین، جامعه ای که مدرسه عضوی از آن است، علاقه های دانش آموزان و معلمان، پیشامدهای زمان حال و تاریخ سال.

مثالهای ارزیابی

مثالهای ارزیابی، راهنمایی هایی برای طرح ریزی فرصت مناسب ارزیابی ـ که باید جزء اساسی برنامهٔ فراگیری باشد ـ فراهم می آورند. همچنین این مثالها نشان می دهند که چگونه ارزیابی معلومات، مهارتها و نگرشها به هم مرتبط اند ازجمله مهارتهای ضروری در چارچوب برنامه درسی نیوزیلند ـ همانند زمینه های نمونهٔ فراگیری و تجربه های محتمل یادگیری ـ مثالهای ارزیابی است که ماهیت و گسترهٔ فرصتهای مناسب ارزیابی را نشان می دهد. همچنین معلمان نیاز دارند تا فعالیتهای دیگری که فرصتهای ارزیابی را به وجود می آورند ابداع و در برنامهٔ خود وارد کنند.

در طرح برنامه، معلمان باید نسبت به سبکهای مختلف دانش آموزان در فراگیری و برقراری ارتباط با دیگران حساس باشند. بنابراین، باید با استفاده از تعدادی ارتباط گسترهٔ معلومات، مهارتها و نگرشها که انتظار می رود در هر سطح پیشرفت، توسعه یابند را اندازه گیری کند.

مقاصد پیشرفت فیزیک

دانش آموزان در مطالعهٔ فیزیک از معلومات علمی، مهارتها و نگرشهای خود استفاده می کنند تا به مقاصد زیر دست یابند.

۱ دانش آموزان موارد زیر را گسترش می دهند:

(الف) درک مفاهیم، اصول و مدلها در فیزیک

(ب) توانایی استفاده از مفاهیم، اصول و مدلها برای تشریح پدیده ها، دستگاه ها و وسیله های فیزیکی

۲ دانش آموزان موارد زیر را تشخیص می دهند:

(الف) ماهیت نظریه ها و مدلها در فیزیک
(ب) چگونه فیزیک و کاربردهای فیزیکی بر جامعه تأثیر می گذارند و از نیازها و نگرشهای مردم تأثیر می پذیرند.

۳ دانش آموزان مهارتهای بررسی عملی و نگرشهای زیر را گسترش می دهند:
(الف) رابطه ها، الگوها و روندها (trends) در پدیده ها، دستگاه ها، و وسیله ها را تعیین می کنند؛
(ب) کاربردهای مفاهیم و اصول در فیزیک را شناسایی وتشریح می کنند.

ترتیب مقاصد فوق اهمیت نسبی آنها را نشان نمی دهد.

و نیز دانش آموزان باید ماهیت درهم تنیدهٔ این سه مقصد را تشخیص دهند و این که این سه هدف باید به صورت جنبه های ضروری در فراگیری مؤثر فیزیک و در گسترش واژگان فیزیکی تلقی شوند.

مهارتهای بررسی و نگرشهایی که از دانش آموزان انتظار می رود گسترش دهند، تحت عنوان اهداف پیشرفت در علم در برنامهٔ درسی نیوزیلند توضیح داده شده اند.

آخرین بخش این گفتار شامل اهداف پیشرفت است و تجربه های محتمل فراگیری مناسب برای فیزیک را پیشنهاد می کند.

در فراگیری فیزیک، دانش آموزان مهارتهای ضروری ای که در ساختار برنامه درسی نیوزیلند ترسیم شده اند گسترش می دهند.

برنامه های فیزیک

مقاصد و اهداف پیشرفت به ترتیب اولویت فهرست نشده اند و نیز نباید این گونه تلقی شوند که لازم است وقتهای مساوی برای هر یک صرف کرد. وقتی را که دانش آموزان روی هر مقصد و هدف صرف می کنند با معلومات و مهارتهای پیشین آنها، در ارتباط با هر هدف در برنامه های آنان تعیین می شود.

در طراحی برنامه ها، معلمان تشویق می شوند بین اهداف پیشرفت ـ که ناشی از مقاصد مختلف و برای فراهم آوردن تجربه های یکپارچهٔ فراگیری است ـ پیوند برقرار کنند.

در طراحی برنامه ها، از معلمان انتظار می رود از نتایج معین فراگیری گسترش یافته که ناشی از اهداف پیشرفت هستند استفاده کنند. این نتایج باید در زمینه هایی قرار گیرند که برای نیازهای فراگیری دانش آموزان آنها مناسب اند. این نتایج معین فراگیری، معیارهایی به دست می دهند که با این معیارها به کمک تعدادی روشهای ارزیابی و پیشرفت دانش آموز از سوی معلمان و دانش آموزان ارزیابی می شود. از این مطلب می توان برای قضاوتهایی دربارهٔ پیشرفت دانش آموز در رابطه با اهداف پیشرفت استفاده کرد.

مقصد دوم که مربوط به ماهیت فیزیک و تأثیر آن روی جامعه است، انتظار می رود که با آموزش محتوای اصلی (core content) یکپارچه شود و وقت دوره را کمتر از هر یک از دو مقصد دیگر بگیرد. انتظار می رود که کار تحقیقی به طور مشابه در هم تنیده شود و به اندازهٔ قابل ملاحظه ای وقت برای [redacted] صرف شود.

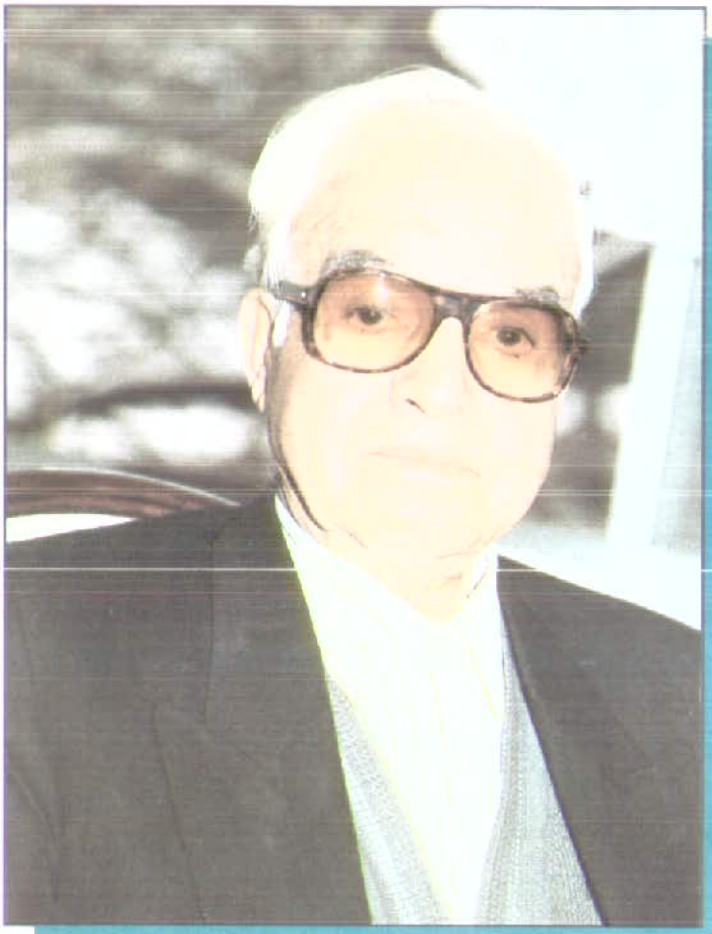
برخی از مدرسه ها می توانند و [redacted] محتوای اصلی را با شامل کردن برخ[redacted] مواد اختیاری که در برنامه درسی پیشنه[redacted] شده است افزایش دهند. مدرسه های دی[redacted] می توانند معلومات پیش زمینه را برای دانش آموزانی که فیزیک را در سطح معینی انتخاب کرده اند فراهم کنند.

ادامه دارد

مجله و خوانندگان

تهران ـ دانش آموز عزیز، آقای حمید رضا شهبازی ـ با تشکر از دقتی که در مطالعهٔ کتاب مبذول داشتید، اشتباه برطرف می شود.

اصفهان ـ دانش آموز عزیز، آقای حسین طحانی زاده ـ چنانچه در کتاب نیز بیان شده است موفقیت در تشخیص تغییرات اعمال شده در یک تابلو نقاشی براساس این خاصیت است که در رنگهای نقاشی قدیمی بیشتر از رنگهای جدید ترکیبات سربی به کار رفته است. این ترکیبات بیشتر از مواد دیگر پرتو x را جذب می کنند. بنابراین چون دو نوع رنگ در تابلو تغییر یافته وجود دارد از نظر مقدار جذب پرتوهای x به طور متفاوت عمل می کنند که می توان آن را تشخیص داد.



اعضای هیأت تحریریه و خانواده نوروزیان

به ترتیب از راست به چپ:

محمودزاده، نوروزیان(فرزند)، مهرداد، نوروزیان، دکتر رهبر(سردبیر)،دکتر عزیزی، سعادت بخت

مجلات رشد تخصصی سه شماره در سال به منظور اعتلای دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش‌پژوهان منتشر می‌شود.