اشاره

«وضعیت آموزشـــی فیزیک در مدارس و دانشگاه‌های ایران»، محور اصلی گپ و گفتی بود که با آقای دکتر شاهین روحانی استاد فیزیک نظری دانشـــگاه صنعتی شریف و رئیس انجمن فیزیک ایران انجام شد. در این گپ و گفت که با حضور خانم دکتر منیژه رهبر سردبیر و آقایان: اسفندیار معتمدی، احمد احمدی و روح‌الله خلیلی بروجنی و خانم آزیتا سیدفدایی، اعضای هیئت تحریریهٔ مجلهٔ رشد آموزش فیزیک برگزار شد، دکتر روحانی گفت: «باید نقش فیزیک در رشد و توسعهٔ کشور، فناوری، مهندسی و مسائل مختلف جامعه مشخص شـــود. در کشور ما، سوق دادن آموزش ابتدایی و متوســـطه به سمت تجربی شدن بسیار ضروری است. نظام آزمایشگاه‌های ما باید عوض و درس آزمایشگاه جدی گرفته شود و امتحان داشته باشد و...»

ضمن تشـــکر از جناب آقای دکتر روحانی که دعوت ما را پذیرفتند و وقت ارزشمندشان را در اختیار مجلهٔ رشد آموزش فیزیک قرار دادند، مشـــروح کامل ایـــن گفت‌وگو را تقدیم مخاطبان گرانقدر مجله می‌کنیم:

نقش فیزیک در رشد و توسعهٔ کشور باید شناخته شود

پای صحبت دکتر شاهین روحانی، استاد فیزیک نظری دانشگاه صنعتی شریف و رئیس انجمن فیزیک ایران

گفت‌وگو از نصرالله دادار

é محور و بحث اصلی ما در این نشست، آموزش فیزیک در ایران است. ارزیابی شما از وضعیت آموزش فیزیک در ایران چیست؟ برای شروع، لطفاً خودتان را معرفی کنید.

بنده شاهین روحانی متولد ۱۳۳۶ تهران هستم. دوران ابتدایی در تهران بودم و بعد از آن هم تا دوره متوســـطه، پنجم کلاس ریاضی را در دبیرستان خوارزمی تهران بودم. در کلاس پنجم ریاضی با تشخیص و صلاحدید پدرم، قبل از گرفتن دیپلم، برای ادامه تحصیلات به انگلستان رفتم.

دیپلمم یا به عبارت دیگر دورهٔ اُلِول (OLevel) و اِلِول (ALevel) را در کالج انگلستان گذراندم. بعد به دانشگاه کنتربری[1] رفتم و در فیزیک نظری لیسانس گرفتم. بعد از آن امپریال کالج[2] دانشگاه لندن دوره ارشد و دکترای خود را گذراندم. سرانجام سال ۱۳۵۹ در رشته فیزیک نظری ذرات بنیادی فارغ‌التحصیل شدم.

بعد از آن ۲ ســـال را در مرکز تحقیقات فیزیک دابلین[3] دوره پسادکترا را گذراندم و دو ســـال در دانشگاه دارهام انگلستان دوره پسادکتری بودم. بعد از این دو دوره پسا دکترای فیزیک، به رشـــته ژنتیک جوامع تغییر رشـــته دادم و چهار ســـال در یونیورسیتی کالج دانشگاه لندن باز برای پسادکترا اما این‌بار در رشته زیست‌شناسی نظری تحصیل کردم. این هشت سال پس از کسب دکترا را برای پسادکترا سپری کردم بعد به ایران آمدم که یک‌ســـال در دانشگاه تهران به‌عنوان استادیار بودم. پس از آن به دانشگاه شریف رفتم و تا به امروز در این دانشگاه مشغول به خدمت هستم.

ظاهراً برهه ٤ ساله رفتن به رشته ژنتیک یا زیست‌شناسی نظری مـــرا از فیزیک دور کرد ولی واقعیتش این اســـت که کاربرد نظریه میدان و روش‌های تصادفی در زیست‌شناســـی نظری بود. یعنی از نظر محتوایی تغییری نبود.

در بازگشـــت به ایران و مشغول شـــدن در دانشگاه صنعتی شـــریف، باز در رشـــته فیزیک نظری تا به امروز ادامه داده‌ام. فعالیت‌هایی در پژوهشـــگاه دانش‌های بنیادی یا همان IPM هم ۲۵ سال گذشته از ۷۰ سال تاکنون داشتم.

اثرات این تغییرات یعنی پســـادکتراهای متعدد و تغییر به زیست‌شناســـی نظری و برگشت به کشـــور ایران باعث شده است که بنده در تنوعی از رشته‌ها کار کنم که شامل فیزیک نظری میدان، فیزیک آماری و در رشته‌های مدل‌های نظری ژنتیک جوامع تعدادی مقاله دارم.

آموزش فیزیک در انگلستان یعنی فیزیک تجربی. می‌بایست از تجربه فیزیک به مفهوم دست پیدا می‌کردیم و به نظریه می‌رسیدیم. در حالی که ما در ایران کاملاً در نظریه ایستاده بودیم و تجربه جهت تفریح و تفنن ما بود

é آیا تاکنون کارهای مدیریتی هم داشته‌اید؟

بله. مدیریت در سطح کوچک بوده است. مدتی در ابتدا معاون تحصیلات تکمیلی دانشکده بودم. بعد از آن ریاست پژوهشکده فیزیک پژوهشگاه دانشگاه بنیادی را برعهده داشتم. ریاست پژوهشکده سیاست‌های هوشمند در IPM که بعداً به پژوهشکده علوم‌شناختی تغییر کرد را داشتم. در حال حاضر ریاست انجمن فیزیک و ریاست پژوهشکده میکروالکترونیک ایران را برعهده دارم.

é استاد! آموزش فیزیک در ایران با انگلستان چه تفاوتی داشت؟

سؤال به جایی است. وقتی بنده را در سن کم و زیردیپلم به انگلستان فرستادند، برای شروع می‌بایست به کالج می‌رفتم. روز اول خاطره جالبی را برایم رقم زد، درس اول و کلاس اول روزم فیزیک بود و باید به اتاق شماره فلان می‌رفتم. وقتی وارد اتاق شدم، با یک آزمایشگاه فیزیک بزرگ، پر از میزهای وسیع در ۷ ردیف که هر میز برای ٦-٤ نفر مناسب بود، مواجه شدم. در ابتدا ترسیدم و گمان کردم که وارد کلاس اشتباهی شدم. در را بستم و خارج شدم. از دیگران پرسیدم کلاس فیزیک کجاست؟ گفتند: همین کلاس فیزیک است. گفتم: اینجا آزمایشگاه است. گفتند: کلاس فیزیک همین‌جاست.

é این خاطره مربوط به اواخر دهه ۶۰ میلادی است؟

این در سال ۱۹۷۰ یا ۷۱ میلادی است. وقتی وارد کلاس شدم، خیلی ترسیده بودم. حقیقتش آن است که بنده از دبیرستان خوارزمی خیلی با اطمینان و اعتمادبه‌نفس بالا که فیزیک را به خوبی بلدم، وارد آن کالج شدم. وقتی در آزمایشگاه نشستم، دیگر ماست‌هایم را کیسه کردم. یک استاد فیزیک بداخلاق با روپوش سفید آمد و گفت: وسایل مورد نیاز روی میزهای شماست و شما باید آزمایش مربوط به آن را انجام بدهید. گفتم: ای داد و بیداد، این چگونه درس فیزیکی است؟ خلاصه از سایر بچه‌ها پرسیدم. اتفاقاً مسئله بسیار ساده‌ای بود. بعداً که آزمایش را انجام دادم، متوجه شدم مسئلهٔ ساده‌ای است. قطعاتی از فلز بریده بودند و می‌بایست مرکز ثقل آن‌ها را به وسیله آویزان کردن یک شاقول پیدا می‌کردیم. از گوشه‌های مختلف آن قطعات و اشکال هندسی شاقول را آویزان می‌کردیم و مرکز تقاطع را به‌دست می‌آوردیم و مرکز جرم آن می‌شد.

ولی وحشت اولیه که می‌بایست آزمایش فیزیک را شخصاً و به تنهایی انجام بدهم، مرا بسیار ترساند. این نقطه ضعف بسیار بزرگ در طی تحصیل در انگلیس گریبانگیر من شد. از دیدگاه آنان آموزش فیزیک، فیزیک تجربی بود. آموزش فیزیک در انگلستان یعنی فیزیک تجربی. عده محدودی، شاید پنج درصد دانشکده در حد ۲ استاد نظریه‌پرداز بودند.

می‌بایست از تجربه فیزیک به مفهوم دست پیدا می‌کردیم. از تجربه باید به نظریه می‌رسیدیم. در حالی که ما در ایران کاملاً در نظریه ایستاده بودیم و تجربه جهت تفریح و تفنن ما بود. این موضوع گریبانگیر من بود تا درس کوآنتوم دانشگاه و آخرش که استاد تجربی آن را درس داد. درس ترمودینامیک را استاد تجربی تدریس کرد و همه این موارد سختی خاصی را همراه خودش برایم آورد که می‌بایست دائماً با مقوله فیزیک تجربی کنار می‌آمدم و خیلی برایم مشکل بود و چیزی که باعث شد در رشته فیزیک نظری ادامه تحصیل بدهم، همین ضعف من بود. چون نمی‌توانستم در آزمایشگاه دکترا بگیرم. پرسیدم اگر رشته فیزیک نظری را انتخاب کنم، دیگر آزمایشگاه ندارد؟ گفتند: خیر. به‌همین دلیل رشته فیزیک نظری را انتخاب کردم.

é معلم‌های فیزیک شما در ایران، در آن زمان چه کسانی بودند؟ آقای مسعودی یا آقای عربوف بودند؟

آقای عربوف به ما درس نمی‌دادند. ایشان را یک‌بار دیدم اما در خوارزمی به ما درست نمی‌دادند. اسم معلم فیزیکم را یادم نیست. آقای عربوف را در خوارزمی دیدم، اما ایشان بیشتر نقش مدیریتی داشتند و به ما درس نمی‌دادند.

اصلاً آن موقع آزمایشی نبود! غضنفر بازرگان آن وقت در خوارزمی آزمایشگاه داشت!! یک آزمایشگاهی در خوارزمی وجود داشت که ما یک‌بار رفتیم و ایستادیم و تماشا کردیم که دبیر فیزیک تعدادی آزمایش برای ما نمایش داد. آزمایشگاه ما یک آزمایشگاه نمایشی بود. گفتند: اگر اینجا این کار را انجام بدهیم، این‌گونه می‌شود و ما فقط تماشا کردیم. اینکه خودمان یک آزمایش را انجام بدهیم موضوع وحشتناکی محسوب می‌شد. این خاطره‌ای که برای شما تعریف کردم، در سطح پایین یعنی اُ لِول بود. بعداً که وارد مرحله اِ لِول شدم، از من انتظار داشتند که میزان خطا را هم در اندازه‌گیری‌هایم تعیین کنم. خطا چیست؟ البته مزاح می‌کنم، معلوم است که خطا هم اهمیت دارد. آنچه در فیزیک انگلستان در اولین نگاه به چشم می‌آمد، حکومت مطلق تجربی‌کاران بود. فیزیک تجربی، حکومت دانشگاه فیزیک انگلستان بود. دو نفر ته کریدور به‌عنوان نظریه‌پرداز بودند و برای من خیلی سخت بود. چون اصلاً آمادگی انجام آزمایش و تحلیل خطا و کشیدن نمودار و تحلیل نمودار را نداشتم و ۲۵ درصد یکی از آزمون‌های سطح عالی (اِ لِول) فیزیک تجربی بود که می‌بایست یک آزمایش را انجام می‌دادم و تحلیل‌های مربوط به آن را می‌نوشتم. به‌خاطر ضعفم و ۲۵ درصد تأثیر آزمایش که پنج نمره می‌شد، من یک گرفتم.

é وقتی از ایران تشریف بردید و دو سال سطح عادی (اُ لِول) و سطح عالی (اِ لِول) خواندید، آیا با هدف تحصیل

در ده سال گذشته، تغییری که در آموزش ایجاد کردم، به جای تدریس فرمال و رسمی، تدریس غیررسمی مفهومی کردم و سعی کردم به سؤالی که در ذهن دانشجو است بپردازم، نه اینکه قدم‌به‌قدم، طبق نوشته‌های کتاب درسی پیش بروم

در رشته فیزیک به انگلستان رفتید یا خیر بعداً به رشته فیزیک علاقه‌مند شدید؟

از دبیرستان به خودم اعتماد داشتم و معتقد بودم که باید فیزیک بخوانم. در دبیرستان و در تهران علاقه من به فیزیک زیاد بود و نمرات این درسم خوب بود. به قصد خواندن فیزیک رفتم. در ابتدا هم اُلِوِل و اِلِوِل فیزیک را خواندم. یعنی ۲ سال بعد از پنج ریاضی من در آنجا فیزیک خواندم تا به سطح رفتن به دانشگاه برسم.

é **به کدام دانشگاه وارد شدید؟**

به دانشگاه کنت برای مقطع لیسانس وارد شدم.

é **استاد معتمدی: پس مشخص می‌شود که معلم‌ها در ایران شما را به فیزیک علاقه‌مند کردند. منتهی فیزیک نظری.**

بله. درک ما از فیزیک، فیزیک نظری بود. این کار را انجام می‌دهند و همچنان تأکید بر فیزیک نظری در ایران وجود دارد. ما شاهدیم، آقا و خانم جوانی را که از دبیرستان به فیزیک علاقه‌مند و وارد دانشگاه شده است تصورش از فیزیک چرخ‌گوشت است. بدین معنا که یک مسئله را به تو می‌دهند که شرایط اولیه‌اش تعریف شده است. دسته چرخ گوشت را می‌چرخانی و از تئوری استفاده می‌کنی و جواب از چرخ‌گوشت خارج می‌شود. در این مرحله ما با این دانشجویان می‌جنگیم تا به آن‌ها بفهمانیم که این‌گونه نیست. فیزیک عمدتاً عبارت است از اینکه این پدیده را مشاهده کردم، نمی‌دانم با آن چه‌کار کنم. می‌گویم مثال بزنید و بعد مثال مطرح می‌شود. می‌پرسند: چه‌کار کنیم؟ می‌گویم: باید فکر کنید. راه‌های مختلف را استفاده کنید تا به نتیجه برسید. من خیلی از اوقات در سمینارها و دانشگاه‌هایی که دعوت می‌شوم، مجبورم توضیح بدهم که فیزیک تجربی و فیزیک کاربردی با هم فرق دارد. فیزیک کاربردی نظری هم می‌توان داشت. برایشان مثال می‌زنم. به عنوان مثال اگر بنده به معادله شعله گاز خانه بپردازم و بگویم آن معادله چه شکلی است، این همان فیزیک کاربردی می‌شود. چرا؟ چون اگر این معادله را به درستی به‌دست بیاورم باعث می‌شود که گاز خانگی بهتر کار کند، که این همان فیزیک نظری کاربردی است.

فیزیک تجربی می‌تواند بنیادی باشد. چگونه؟ فیزیک تجربی بنیادی عبارت است از اینکه بنده بر روی مسائل بنیادی جهان همچون اسپین الکترون یا جرم موئون آزمایش انجام بدهم. این آزمایش‌ها فیزیک تجربی بنیادی می‌شوند.

در کشور ما یک ابهامی وجود دارد که فیزیک بنیادی و فیزیک نظری را یکی می‌دانند. شکستن این قضیه و جدا کردن این دو مقوله در اذهان بسیار مهم است. این مسئله اثرهای مدیریتی نیز دارد. در دانشگاهی بودم و رئیس دانشکده به استادان تأکید می‌کرد که کارهای کاربردی انجام بدهند. استادان هم کم‌لطفی نکرده بودند و کارهای تجربی خود را به‌عنوان کاربردی قالب کرده بودند. کار تجربی را نمی‌توان کار کاربردی دانست. کار تجربی، کار تجربی است. یعنی من به روش تجربی در حال کشف فیزیک بنیادی هستم.

در مورد سؤالی که مطرح شده بود و پرسیده بودند: نظریه‌پردازان دانشکده چه‌کار کنند؟ گفتیم: آن‌ها می‌توانند کار کاربردی انجام بدهند. نظریه را قابل استفاده برای چیزی به‌کار ببرند نه برای یک مسئلهٔ بنیادی. لذا این ابهام در سطح بالای کشور ما نیز وجود دارد و همین‌جور هرگاه فرصت شده است، سعی کرده‌ام تفاوت را ایجاد کنم که فیزیک تجربی و فیزیک نظری هر دو می‌توانند بنیادی یا کاربردی باشند. کاربرد یعنی هدف استفاده رساندن به بشر است. بنیادی یعنی هدف کشف طبیعت است. هدف قائل است به این تفکیک.

é **آقای خلیلی: جناب آقای دکتر، کشف طبیعت الزاماً نمی‌تواند از مسیر تجربه باشد. یک ابهام در اینجا برای خودش پیش آمده است. همان بحث اسپین الکترون، ممکن است در ذهن یا براساس آن پیش‌فرض‌های دانشمند به یک نظریه‌ای رسیده باشد و آن نظریه را در قالب تجربه می‌آورد و یا به عکس با یک تجربه‌ای به یک پدیده‌ای برسد، آن‌را مدل‌سازی کند و نظریه بسازد.**

دقیقاً این موارد که شما فرمودید، صحیح است ولی در ذهن خیلی‌ها ابهام وجود دارد. مثلاً دیراک[۴] گفت که معادله کلاین‌ـ گوردون[۵] نمی‌تواند معادله درست الکترون باشد و رفت معادله دیراک را پیدا کرد. پس بنابراین نظریه الکترون را استخراج کرد. کشف معادله دیراک که یک کشف نظری است منجر شد به اینکه اگر الکترون داریم پس پوزیترون هم داریم. تا آن‌روز پوزیترون ندیده بودند. رفتند آزمایش انجام دادند و پوزیترون را دیدند و این مطالعه بنیادی نظری که به کشف تجربی منجر شد. به عکس آن نیز می‌شود. به عکس بدین‌صورت بود که وقتی که دنباله ذره مزون‌پی گشتند، یک ذره‌ای با جرم یک ذره کمتر پیدا کردند که تقریباً همان رفتار را نشان می‌داد. در ابتدا فکر کردند ذره پی است. بعداً کم‌کم کشف شد که نه خیر این ذره، ذره موئون است. ذره موئون نه پیون که کمی سبک‌تر از ذره پیون است که بعداً هم ذره پیون کشف شد. این یک مثال کشف تجربی بود که صرفاً در آزمایشگاه دیده بودند و بعداً کسی آمد و توضیحش داد. به عکس، طبیعت کشف شد یعنی طبیعت اول با تجربه کشف شد.

é **در اینجا، شما می‌توانید این سؤال را مطرح کنید که چند درصد کشف‌های فیزیک، کشف‌های بنیادی ـ تجربی هستند و چند درصدشان نظری هستند؟**

ادعای بنده این است که ۹۵ درصد آن‌ها تجربی و ۵

درصدشان نظری هستند. اول تجربه آن‌ها مشاهده می‌شود و بعداً یک نظریه‌پرداز آن پدیده را توضیح می‌دهد. به‌عنوان مثال اثر کوانتومی هال ابتدا در آزمایشگاه مشاهده شد و بعداً آقای لافلین[6] آن را توضیح داد و گفت نظریهٔ آن چیست. (مثل اثر فوتوالکتریک یا تابش جسم سیاه) البته تابش جسم سیاه ابتدا نظری بود. تابش جسم سیاه از یک تناقض ظهور کرد که بعداً آقای پلانک[7] آن تناقض را توضیح دادند.

é **خانم سیدفدایی: من یک سؤال درباره پیش‌درآمد سؤال کلی که مطرح شد دارم. یک سؤال برای خود من مطرح است. شما در دانشگاه تهران استادم بودید. دخترم در دانشگاه صنعتی شریف دانشجوی شما بود. آوازه روش تدریس شما در کلاس‌های درسی برای ما و بچه‌های نسل جدید جذاب است.**

در واقع یک سؤال شخصی است. چه چیزی باعث شد آقای دکتر شاهین روحانی از دید دانشجویانش یک معلم موفق باشد؟ شاید پاسخ به این پرسش بتواند دربارهٔ شناخت دیدگاه‌های آموزشی شما به ما کمک کند.

پاسخ این پرسش ساده‌تر از پرسش آقای حسینی است. فکر می‌کنم در یک مقطع معلم بهتری شدم. شاید آن موقع که شما شاگردم بودید، از دیدگاه خودم، معلم خوبی نبودم ولی از ده سال پیش تغییر کردم. در ده سال گذشته تغییری که ایجاد کردم این بود به جای تدریس فُرمال و رسمی، تدریس غیررسمیِ مفهومی داشته باشم و به سؤالی که در ذهن دانشجو است، بپردازم نه اینکه قدم‌به‌قدم طبق نوشته‌های کتاب درسی پیش بروم. این تغییر دیدگاه مؤثر واقع شده و خیلی هم سخت است. یعنی زمانی‌که وارد کلاس می‌شوی از پرسش دانشجو متعجب می‌شوی و یکه می‌خوری و باید سعی کنی به آن سؤال جواب بدهی. چون اگر گرفتاری ذهنی آن دانشجو را هر چند که کوچک باشد خوب حل کنی، مؤثرتر از آن است که کل مطالب کتاب را یک‌به‌یک از ابتدا برایش توضیح بدهی. مسئلهٔ دیگری که بنده سعی می‌کنم آن‌را در کلاس دنبال کنم، ایجاد سؤال برای دانشجویان است. مثلاً همین حالا در تدریس فیزیک آماری در ابتدای ترم، سؤالی پرسیدم و تاکنون جواب آن‌را به دانشجویان نگفته‌ام و خواسته‌ام به دنبال کشف جواب سؤال بروند. سؤال هم، سؤال بسیار ساده‌ای است که جواب مشکلی دارد. سؤال این است: قانون لیوویل[8] برای تحول مکانیک می‌گوید که «تابع توزیع تحول فضای فاز، مستقل از زمان است.» اصل آقای پلانک یا آقای بولتزمن[9]، بستگی به یک‌سری تحول تاریخی دارد و آن عبارت است از اینکه: آنتروپی مساوی است با حجم فضای فاز. اما طبق قانون لیوویل که حجم فضای فاز تغییر نمی‌کند، پس آنتروپی کی زیاد می‌شود؟ خیلی سؤال واضحی است و جوابش بسیار مشکل است وقتی بچه‌ها در ابتدا این سؤال را می‌شنوند یکه می‌خورند. بچه‌ها می‌گویند قانون دوم ترمودینامیک صحیح نیست؟ می‌گویم صحیح است. چون صحیح بودن آن را دیده‌ایم. شما می‌توانید یک خانه را منفجر کنید ولی به همان سادگی نمی‌توانید آجرها را روی هم بچینید و یک خانه بسازید. پس قانون دوم ترمودینامیک صحیح است ولی دانش ما می‌گوید صحیح نیست. بررسی کنید چه اشکالی پیش آمده است. شما یک جایی را در عمق دانش از دست داده‌اید. این رویه ایجاد سؤال خیلی مهم است که بنده یک سؤال را به عنوان مثال خدمتتان عرض کردم. ایجاد سؤال خیلی مهم است تا دانشجو متوجه شود که مجموعه دانشی که به‌صورت دسته‌بندی به او ارائه می‌شود در قالب کتاب کوآنتوم، کتاب آماری و کتاب الکترومغناطیس، یک سری پیچ‌هایی وجود دارد که به آن‌ها دقت نکرده است. صرفاً خواندن کتاب درسی و پاسخ به پرسش‌های ته کتاب مهم نیست، بلکه باید به مسائل توجه کند و درباره آن‌ها فکر کند و خودش به درستی یا نادرستی آن مطالب برسد. اگر او را متوجه تناقضات کنیم، متوجه می‌شود که ممکن است برخی مطالب درست نباشد. بعد شروع به فکر کردن می‌کنند و بالاخره در طول یک ترم، کسی می‌آید و می‌گوید: آقای دکتر قانون ترمودینامیک به این دلیل صحیح است. من می‌گویم آفرین. این درست است. آن دانشجو پی کشف درستی مسئله رفته بود و خودش کشف کرد و توانست استدلال ساده‌لوحانه من را رد کند.

ایجاد سؤال روشی است که استفاده می‌کنم. البته روش تدریس من متفاوت است با استادانی که از گوشه تخته شروع به نوشتن معادله‌ها تا رسیدن به انتهای تخته می‌کنند.

é **در واقع نگرش شما بود که شما را به معلم با دیدگاه‌های آموزشی متفاوت تبدیل کرد. معلمی که تغییر روش دادید. این نگرش چقدر تأثیرگذار است؟ چون دانشجویان شما، دیپلمه‌های دبیرستان‌هایِ ما هستند که با روش تست‌زنی و کنکور بالا می‌آیند. واقعاً چقدر می‌توان بر روی شخصیت علمی بچه‌ها در دانشگاه‌ها کار کرد که رضایتمندی درک مفهومی حاصل شود؟**

به‌نظر من خیلی می‌توان کار کرد اگر اقداماتی انجام شود. من فقط کلاس‌های نظری را تدریس می‌کنم. همین روش می‌بایست در کلاس‌های تجربی و آزمایشگاه‌ها هم ارائه شود.

سؤالی که آقای دکتر پرسیدند اگر از بالا به پایین شروع کنیم و ببینیم نقطه‌ضعف آموزش فیزیک در دانشگاه چیست؟ آزمایشگاه‌های ما بسیار بد، تدریس می‌شوند. چرا؟ چون به دانشجو یک دستورالعمل مانند دستورالعمل آشپزی می‌دهند. دانشجو با این طرز فکر و رویه آموزش «زیمن»[10] را انجام می‌دهد. بعد مشاهده می‌کنید که تغییر کرد. میزان تغییر آن‌را یادداشت می‌کنید و در جدول می‌کشید بعد نتیجه می‌گیرید که اعمال میدان مغناطیسی باعث جدایی خط‌ها می‌شود اینکه آزمایش نیست و به این شیوه انجام دادن آزمایش‌ها صحیح نیست.

فکر می‌کنم باید کلاً طرز فکر نظام آزمایشگاه‌های ما عوض شوند و باید امتحان داشته باشد. می‌بایست درس آزمایشگاه جدی‌تر شود

البته مدتی سعی کردند روشی را در دانشکده اجرا کنند که کار نکرد و آن است که: آقای مولایی دانشجوی دکترا این کار را انجام می‌دادند و حالا نمی‌دانم در کجا هستند. می‌گفتند: یک سیخ کباب داریم، ۲ تا قطعه نخ داریم و قصدمان اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی است. چه‌کاری باید انجام بدهیم؟ یعنی به این سختی هم آزمایشگاه انجام می‌شد.

ولی آن‌طور که در انگلیس دروس آزمایشگاه را طرح می‌کردند هم می‌شود در این‌جا عمل کرد. به عنوان مثال بگویید: این مجموعه وسایل در اختیار ما است، این هم نظریه ابَر رسانایی است. شما یک آزمایش انجام بدهید و ببینید آیا اعمال میدان مغناطیسی، دمای نقطه ابررسانه‌ای را عوض می‌کند یا خیر؟

این آزمایشی است که بنده در دوران کارشناسی در انگلستان انجام دادم و باعث شدم یک‌سری از آهنرباها بسوزد. یادم است تکنسین آزمایشگاه آمد و با عصبانیت پرسید: چه کسی آهنرباها را سوزانده است؟ و مرا دعوا کرد.

یک‌بار با همکار تجربی‌ام به آزمایشگاه رفته بودم، همکارم به من گفت: به چیزی دست نزن. هرچه باشد تو نظریه‌پرداز هستی و حتماً یک چیزی را خراب خواهی کرد. فقط بایست و تماشا کن.

به هر صورت بنده فکر می‌کنم باید کلاً طرز فکر نظام آزمایشگاه‌های ما عوض شوند و باید امتحان داشته باشد. الان درس آزمایشگاه امتحان ندارد. دانشجوها گزارش را خوش‌خط و خوانا و با چند رنگ می‌نویسند و بدون اینکه شکلی رسم کنند، نمره درس آزمایشگاه را می‌گیرند و در واقع هیچ آزمایشی یاد نمی‌گیرند و به دانشجویان هم القا می‌کنیم که قدرت فیزیک، در فیزیک نظری است. چون وقتی وارد کلاس فیزیک نظری می‌شود با مسائل و حل آن‌ها مواجه می‌شود، پرسش و پاسخ و فکر درباره آن‌ها ایجاد می‌شود، اما آزمایشگاه و زمان آزمایشگاه بی‌محتوا است.

می‌بایست درس آزمایشگاه جدی‌تر و سخت‌تر و فکری‌تر بشود و برایش امتحان در نظر بگیرند. به‌عنوان مثال ۳ آزمایش که تاکنون انجام نداده‌ای و ندیده‌ای در مقابل تو قرار دارد و تو می‌بایست آن را انجام بدهی و نمودار مربوط به آن را بکشی. بدون کمک این آزمایش‌ها را انجام می‌دهی و از روی نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌هایت، نمره‌ات را خواهی گرفت. حالا شاید به‌نظر شما، قدری سخت باشد.

é برمی‌گردیم به همان سالی که پدر، شما را برای خواندن فیزیک به انگلستان فرستاد. چرا الان دکتر شاهین روحانی کار پدرش را برای فرزندش انجام نمی‌دهد؟ منظورم شخص شما نیست، پدران امروز مدنظرم است. چون عملاً در دانشگاه آزاد رشته فیزیک تعطیل شده است و دانشجویی در مقطع لیسانس ندارد. اگر دانشگاه دولتی هم دانشجویی در این رشته بیاید انگیزه کافی ندارند. من با خیلی از استادان ارتباط دارم و آن‌ها در مقاطع بالا خیلی از دانشجویان گله دارند و می‌گویند، دل به کار نمی‌دهند و مرتب در کلاس‌ها حاضر نمی‌شوند و آن‌طور که باید تمرکز ندارند. دلایل این رفتار دانشجویان چیست؟ جامعه ما وارد چه وضعیتی شده است؟ علوم پایه که می‌تواند اهمیت بالایی در رشد کشور داشته باشد، عملاً در حاشیه است یا به کل کنار گذاشته می‌شود.

این بیشتر یک مسئله اجتماعی است و من صلاحیت جواب دادن به این موضوع را ندارم. ولی یک مقدار آرمان‌گرایی در کشور کم شده است. نگاه جوان‌ها خیلی مادی شده است.

آن موقع بحثی بین من و پدرم بر سر رفتن یا نرفتن من به انگلستان برای خواندن فیزیک در میان بود. پدرم می‌گفت: برای چه می‌خواهی بروی؟ گفتم برای خواندن و کشف فیزیک می‌روم. مفهوم جمله‌ای که به من گفت این بود: «از گرسنگی می‌میری» گفتم: چه‌کار کنم؟ گفت: مهندسی بخوان. پرسیدم: چه‌جور مهندسی بخوانم؟ گفت: مهندسی مکانیک، مهندسی دریا و یا مهندسی برق. در این رشته‌ها استخدام خواهی شد و حقوق و پول خوبی خواهی داشت. گفتم: نمی‌خواهم.

پدرم به خواست من احترام گذاشت و مانع من نشد. اما خود من هم آرمان‌گرا بودم و اصلاً متوجه نبودم، خانه خوب داشتن و صاحب ویلای شمال بودن و ماشین چقدر خوب است! حالا هم آرمان‌گرا هستم. ولی بچه‌های امروز این‌گونه نیستند و خیلی مادی هستند. مشخصاً می‌آیند و می‌پرسند: فیزیک بخوانم که چه بشود؟ آینده استخدامی من چیست؟ این فرق عمده اجتماعی است که اتفاق افتاده است. من فکر نمی‌کنم مسئولیت این اتفاق، صرفاً بر روی آموزش فیزیک کشور باشد. فکر می‌کنم دبیران ما در سطح کشور از قبل بهتر شده‌اند. خیلی از دبیرستان‌ها الان آزمایشگاه دارند برخلاف قدیم که فقط دبیرستان خوارزمی و البرز و از این قبیل دبیرستان‌ها دارای آزمایشگاه بودند. از این بابت خیلی وضع بهتر شده است ولی بچه‌ها، خودشان تغییر اجتماعی کردند و خیلی مادی شدند. تغییر، فضای اجتماعی است و دلیلش یک مقدار همین فضای اجتماعی است.

البته جواب سؤال شما این است که هنوز پدرها فرزندانشان را برای ادامه تحصیل به خارج می‌فرستند. چیزی حدود ۹۵ درصد فارغ‌التحصیلان صنعتی شریف به خارج می‌روند. آمار سر انگشتی من است و روی کاغذ محاسبه نکرده‌ام. ولی تقریباً تمام دانشجویان لیسانس من به خارج رفته‌اند. چه اتفاقی افتاده باشد که یک نفر در ایران مانده باشد.

دانشجویانی که به خارج می‌روند توسط والدینشان تأیید می‌شوند. آنجا هم، برخی از دانشجویان به درجات عالی رسیدند مثل آقای دکتر افشردی. ایشان در دوره لیسانس دانشجوی خیلی خوبی بود. اخیراً یک جایزه‌ای برنده شدند و در حال حاضر در کانادا هستند. به هر حال ایشان ستاره ما هستند و گاهی به تهران می‌آیند و من ایشان را می‌بینم. خیلی از فارغ‌التحصیلان فیزیک صنعتی شریف به خارج رفتند و موفق

مسئلهٔ دیگری که بنده سعی می‌کنم آن را در کلاس دنبال کنم، ایجاد سؤال برای دانشجویان است

اگر گرفتاری ذهنی دانشجو، هر چند کوچک، را حل کنی، مؤثرتر از آن است که کل مطالب کتاب را برایش توضیح دهی

هم بودند. عمدتاً در فیزیک بنیادی تحصیل کردند و عمدتاً به ایران برنمی‌گردند.

من فکر می‌کنم باید نگاه اقتصادی هم به فیزیک داشته باشیم، یعنی نقش فیزیک را برای توسعه جامعه، فناوری، مهندسی و مسائل مختلف به خوبی برای دانشجویان و سیاستمداران مشخص شود.

به هر فناوری در دنیا توجه شود، به‌نظر می‌رسد یک وابستگی به دانش فیزیک دارد. اگر خاطرات آقای واکر را خوانده باشید، همین پرسش را در مورد جامعه آمریکا مطرح کرده است. یعنی خود بچه‌های آمریکایی هم تمایلی به ادامه تحصیل در رشته فیزیک ندارند، بلکه بیشتر آدم‌های نخبه دیگر کشورها هستند که آمریکا را به‌خاطر وضعیت خوبش برای ادامه تحصیلات انتخاب می‌کنند.

نکتهٔ شما واقعاً وارد است. اگر ما بخواهیم کاری در ارتباط با علوم پایه و نه صرفاً فیزیک انجام دهیم و نقش این علوم را برای دیدگاه سیاسی کشور و بالتبع جامعه تدوین کنیم که چرا این رشته‌ها مهم هستند. طبعاً این قسمت کاربردی مطرح می‌شود و در صدر قرار می‌گیرد. در خارج هم همین کار را انجام می‌دهند. باید کاربرد فیزیک ارائه شود و عمدتاً می‌توان کاربرد فیزیک را در صنعت به راحتی نشان داد. اشکال کشور ما در مقایسه با آمریکا این است که صنایع کافی ندارد که فیزیک‌دانان در آن استخدام باشند و کار کنند و بتوان آن صنایع را نشان داد و به سایرین معرفی و کاربرد فیزیک را بیان کرد.

حرکتی که در کشور به‌وجود آمده است و مقداری توجه به فوتوولتاییک (photo voltaic به اختصار PV) برای استفاده از انرژی خورشیدی می‌شود و دریچه‌ای باز شده است، احیاناً تاحدودی این مشکل را حل کرده است.

صنعت فوتوولتاییک مقدار خیلی زیادی به فیزیک مربوط است. صنعت هسته‌ای ما هم به فیزیک مربوط است منتهی به اندازه کافی تبلیغ نشده است که فیزیک کاربردی در صنعت هسته‌ای چه اثراتی دارد.

در سایر صنایع نداریم. مثلاً فرض کنید صنایع میکروالکترونیک در آن حدی که باید، در کشور پیشرفته نیست و عمدتاً وارداتی است. یا توان هیدرودینامیک فیزیک می‌توانست در صنعت هواپیماسازی و کشتی‌سازی هم کاربرد داشته باشد ولی چون مقدار زیادی از این صنایع در کشور ما وارداتی است، آن نیاز کاربردی فیزیک مشخص نیست. نمی‌توان به یک جوان مقدار نیاز کاربرد فیزیک را در این صنایع نشان داد.

é در خودروسازی نیاز به فیزیک چگونه است؟

در خودروسازی ایران هم، آن قسمت که فیزیک باید وارد شود، هیچگاه اتفاق نیفتاده است. و تماماً صنعت خودروسازی در مهندسی باقی‌مانده است. مثلاً بحث ایرودینامیک خودرو که به فیزیک مربوط است، هیچگاه در صنعت خودروسازی کشور ما مطرح نبوده است.

é بحث اپتیک و طراحی چراغ‌ها چطور؟

بیشتر در سطح مهندسی باقی مانده است. فیزیک زمانی مطرح می‌شود که خودت یک محصول را طراحی و اجرا کنی. بیشتر در ایران خط تولید یک محصول طراحی شده در خارج را راه‌اندازی می‌کنند.

آن قسمت R & D که فیزیک می‌خواهد در ایران مطرح نشده است. مثلاً در کشور، شرکتی داریم که عاج لاستیک طراحی می‌کند و من خیلی اتفاقی با آن آشنا شدم. در طراحی عاج

لاستیک، کاربرد فیزیک خیلی مورد نیاز است.

از شـــرکت طراح عاج لاستیک ایران پرسیدم: چرا گل جدید درست نمی‌کنید و طراحی آن را به دانشکده فیزیک نمی‌دهید؟ گفتند: نه آقا. آن کار میشلن است نه کار ما.

مثال فوتوولتاییک را که خدمتتان عرض کردم، دانشکده‌های فیزیک کشور کار تحقیقاتی بر روی آن را انجام می‌دهند.

چگونه کارآیی ســـلول فوتوولتاییـــک را بهتر کنند؟ اما هیچ کارخانه‌ای در کشـــور وجود ندارد که نتیجـــه تحقیقات را از دانشـــکده‌های فیزیک بگیرد و محصول کاربردی آن را تولید کند. نهایت کاری که می‌تواند انجام بدهد این است که نتیجه تحقیقاتش را به خارج بفروشد.

بحث پیچیده‌تر دیگری هم وجود دارد که خیلی سخت است ولی در خارج آن را انجام می‌دهند و آن این اســـت که به فرض فیزیک کاربردی در کارخانجات استفاده شود، چرا من بر روی فیزیک بنیادی هزینه کنم؟

چـــرا در آمریکا بر روی فیزیک بنیـــادی کار می‌کنند؟ چون می‌دانند فیزیک بنیادی، نوک نیزه‌ای است که ارتش فیزیک در پشت آن در حال حرکت است. اگر نوک نیزه نباشد جبهه جنگ در مقابل فیزیک ضعیف خواهد شد. پس فقط کار روی فیزیک کاربردی کافی نیســـت. ولی این بحث در کشور ما به شدت در حال شکســـت خوردن اســـت. برای اینکه می‌گویند این همه هزینه کردن برای پژوهشگر فیزیک چه فایده‌ای برای اقتصاد کشور دارد؟ و ما جوابی برای این پرسش نداریم.

حجم زیاد و قابل توجهی بر روی تحقیقاتی که در دانشگاه‌ها انجام می‌شـــود، صرف می‌کنند و تعداد زیادی مقاله فیزیک از دانشگاه‌ها خارج می‌شود ولی هیچ‌کدام بازتابی در اقتصاد کشور نداشتند. البته شرکت‌های دانش بنیانی هستند که محصولاتی درســـت کردند ولی عمدتـــاً خریدار آن محصـــولات باز خود دانشگاه‌ها هستند.

مثلاً آقای دکتری می‌شناسم در دانشگاه کاشان دستگاه SM درست می‌کند. پرســـیدم خریداران این محصول چه کسانی هســـتند؟ گفت: دانشـــگاه مشهد ۳ تا و دانشـــگاه شیراز ۲ تا خریده‌اند. مثلاً در دانشگاه شریف هم وقتی از آقای دکتر تقویان می‌پرسم، دستگاه‌های فوتوولتاییک را که درست می‌کنید چه کسانی می‌خرند؟ می‌گوید: دانشگاه‌ها می‌خرند. صنعت، خریدار محصولات تولیدی دانشگاه‌ها نیست.

این موضوع بحث خیلی جالبی را مطرح می‌کند. فرض کنید در کشورهای دیگر چه کار می‌کنند؟ کشور جهان سومی مثل ســـنگاپور که خودش را به یک کشور جهان اولی تبدیل کرده است؟ دو بحث مطرح است؛

یک طرف شما باید پول را در دانشگاه‌ها بگذارید تا کشف‌های جدیـــد صورت بگیرد و آن‌طرف باید پول را در صنعت بگذارید تا بازار پول به‌دست آید. یعنی کارخانجاتی تولید شوند که این محصولات را بخواهند و این دو به‌هم وصل شوند.

در ایران هیچ‌وقت بازار پول به‌وجود نیامده اســـت و ما واقعاً ندیده‌ایم بر روی یک صنعت پیشرفته‌ای سرمایه‌گذاری شود که به تحقیقات دانشگاهی احتیاج داشته باشد.

ایران خودرو واقعاً به فیزیـــک احتیاج ندارد. چرا؟ احتیاج به مهندس مکانیـــک و صنایع دارد و خودش هـــم می‌داند و از دانشگاه‌ها می‌گیرد. چون دنبال هیچ بحث و موضوع جدیدی در زمینه خودرو نیست و به تحقیقات ناب احتیاج نداشته است.

ما در زمینه شیمی موفق‌تر هستیم. چون کارخانجاتی وجود دارند که به کار دانشـــگاهی احتیـــاج دارند. ارتباط با صنعت و دانشگاه کشور ما در زمینه شیمی خیلی قوی‌تر و موفق‌تر است. کارهایی در دانشـــگاه در زمینه شـــیمی انجام می‌شود که در صنعت پیاده می‌شود.

در زمینه زیست‌شناسی، اوضاع خیلی بدتر است. فکر می‌کنم یک دلیلش این است که اصولاً زیست‌شناسی در ایران خیلی جذاب نبوده است. دانش‌آموزان با شور و حال و کشف مناسبی از دبیرستان درباره زیست‌شناسی وارد دانشگاه نشده‌اند.

é جناب آقای دکتـــر، به آموزش مدارس برگردیم، زیرا مخاطبان اصلی مجلهٔ ما دبیران فیزیک هستند. نظر شما دربارهٔ آموزش فیزیک در مدارس ایران چیست؟

اطلاعاتـــم در این زمینه کافی نیســـت. چون دیدگاه انجمن فیزیک ایران بیشتر دانشگاهی اســـت من سعی کردم، مقدار زیادی این قضیه را تصحیح کنـــم و با اتحادیه دبیران فیزیک به یک‌سری تفاهم‌نامه‌هایی برســـیم که انجمن فیزیک ایران مشروع به نگاه کردن به دبیرستان‌های کشور کند. لذا اطلاعات انجمن فیزیک در مورد دبیرستان‌ها کافی نیست. من ناچارم از اطلاعات شخصی‌ام گزارش کنم.

é آقای دکتر، قبلاً آموزش فیزیک زیرنظر انجمن انجام می‌شـــد. یعنی برنامه‌ریزی‌های آموزش فیزیک حتی در سطح دانش‌آموزی هم زیرنظر انجمن فیزیک بود و خیلی هم موفق بود. اما نمی‌دانم دلیل توقف این موضوع چه بوده است!

تاریخچه انجمن چه بوده است، نمی‌دانم. کنفرانس آموزش فیزیک وجود داشـــت که انجمن فیزیک آن را انجام می‌داد و شـــاخه دبیران داشـــت. برنامه‌ریزی آموزش فیزیک را انجمن فیزیک انجام می‌داد. به دلایلی حرکت تاریخی انجمن فیزیک از آموزش متوسطه دور شده است و به دانشگاه کشیده شده است. بیشتر اعضای انجمن از دانشگاه هستند.

راه‌حلی که در این‌باره به ذهن من رســـید، برقراری ارتباط با اتحادیه دبیران فیزیک و تقویت آن بود که جنبه آموزش فیزیک مدارس تقویت شود.

دو موضوع در آموزش دانشگاهی ما ضعیف است که بیانگر این است که از ابتدا به فکر سؤال مطرح شده شما نبودیم.

امروز نگاه جوان‌ها خیلی مادی شده است. در زمانی که ما جوان بودیم آرمان‌گرا بودیم. اصلا من متوجه نبودم که خانه خوب، ویلای شمال، ماشین و... چقدر خوب است

اول اینکه در دانشکده‌های فیزیک ما اصلاً رشته اندازه‌گیری وجود ندارد. این مطلب را به‌عنوان مشاهده بیان می‌کنم.

نکته دوم خود مقوله آموزش فیزیک است که فقط در یک دانشگاه و آن هم دانشگاه شهید رجایی است که رشته آموزش فیزیک وجود دارد. یعنی به این مطلب فکر کنیم که چگونه باید فیزیک را تدریس کنیم. چرا قدیمی‌ترین دانشگاه ما که دانشگاه تهران است، رشته آموزش فیزیک ندارد؟! وقتی به یک کتاب خیلی خوب فیزیک مثل کتاب هالیدی[11] نگاه می‌کنید، می‌بینید مقدار زیادی بر روی آن کار شده است که فلان مفهوم را چگونه ارائه کنند. شکل‌ها را با چه رنگ‌هایی ترسیم کنند که بر روی دانش‌آموز یا دانشجو اثر عمیق‌تری داشته باشد. همه این موارد آموزش فیزیک است. ترتیب موارد آموزشی که ابتدا کدام مورد تدریس شود و بعد کدام درس، همه این موارد سؤال‌هایی است که در آموزش فیزیک پرسیده می‌شود که ما اصلاً بر روی این موارد کار نکردیم.

پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد بی‌شماری در زمینه فیزیک در کشور ارائه می‌شود. کتابخانه دانشکدهٔ فیزیک شریف، از این پایان‌نامه‌ها پر است. چند مورد از آن پایان‌نامه‌ها در ارتباط با آموزش فیزیک است؟

é خود دانشگاه شهید رجایی هم زیاد در زمینهٔ آموزش کار نمی‌کند. بیشتر استادان این دانشگاه هم... تخصص آموزش فیزیک ندارند.

نکته خانم دکتر صحیح است. دانشگاه شهید رجایی تنها دانشگاهی است که رشته آموزش فیزیک دارد ولی باید گروه فیزیک آن را مشاهده کنید. ۹۵ درصد آن‌ها، کارشان آموزش فیزیک نیست. در واقع من فقط دکتر وصالی را از میان آن‌ها می‌شناسم که دکترای ایشان هم، آموزش فیزیک نیست.

é وقتی هم می‌خواهند موضوعی را برای تحقیق انتخاب کنند، موضوع‌هایی غیر از آموزش فیزیک است. دلیلش را می‌پرسم، می‌گویند: چون آن موضوع‌ها به درد ارتقای ما نمی‌خورد.

فرهنگ علمی ما به‌عنوان یک فرهنگ مناسب، به این دو مقوله، ارزش نداده است. فعلاً روی سخن من فقط فیزیک است. یکی اندازه‌شناسی و دیگری آموزش فیزیک.

الان در اداره استاندارد کشور، کم‌کم اندازه‌گیری به سوی مهم شدن پیش می‌رود. چرا؟ استاندارد همه آنچه دور و بر ما است مخصوصاً در یک فضای صنعتی باید رعایت شوند و استانداردها مهم هستند. اداره استاندارد می‌گوید: من نمی‌خواهم مجری آزمایشگاه‌های استاندارد در کشور باشم بلکه ترجیح می‌دهم ناظر بر آزمایشگاه‌های استاندارد کشور باشم.

تدوین استاندارد و اجرای آزمایشگاه باید برعهده دانشگاه باشد. هیچ‌کس توان انجامش را ندارد و حاضر نیست این مسئولیت را قبول کند.

ما اصلاً یک گروه علمی در کشور نداریم که چگونگی درجه‌بندی کردن دستگاه‌ها را به آن‌ها بیاموزد. اگر کسی باشد که روی این موضوع کار می‌کند، باز هم یک نظریه‌پرداز است که بر روی این موضوع تحقیق می‌کند و آدم متخصص اندازه‌گیری نیست.

اندازه‌گیری معقول است و کسی به آن توجه نمی‌کند. در حالی‌که من از کتاب‌های اولیه دکتر حسابی یادم است، ایشان تأکید زیادی بر اهمیت مسئلهٔ اندازه‌گیری داشتند.

بخش اول کتاب هالیدی و شروع فیزیک نیز با اندازه‌گیری است.

ما هم در کتاب‌های فیزیکمان این مبحث را داشتیم اما منتهی چون یک مقداری با مسائل دقت اعداد بامعنی و بی‌معنی ارتباط داشت، گفتند معلم‌ها از آن سررشته ندارند و بهتر دیدند آن‌ها را حذف کنند. وگرنه در کتاب‌های فیزیکی که مرحوم دکتر قلمسیاه نوشته بودند، بحث مفصلی از کتاب فیزیک سال‌های پیش به اندازه‌گیری اختصاص داشت و چگونه قوانین علمی را می‌توانیم کشف کنیم.

از آن بدتر وضع آموزش فیزیک است. یعنی هیچ‌کس در طی سابقه ۷۰ ساله انجمن فیزیک کشور، حرفی دربارهٔ نحوه آموزش فیزیک نزده و ارائه مقاله یا تحقیقی در این مورد صورت نگرفته است.

اسمی این است که دانشگاه شهید رجایی کار تحقیق آموزش فیزیک انجام می‌دهد، اما رسمی آن، این‌طور نیست. من استادان آن دانشگاه را می‌شناسم و می‌توانم به اسم بگویم هر کدام در چه موضوعی کار می‌کند. استادان اولیه‌ای که داشتیم مانند دکتر خمسوی، دکتر جناب و دکتر روشن، فارغ‌التحصیل از دانشسرای عالی بودند. یعنی یک دوره لیسانس آموزشی دیده بودند و بعد دکترای فیزیک گرفته بودند و سال‌های بعد تدریس می‌کردند. منتهی در سال‌های بعد دکترای فیزیکی که عملاً در دانشگاه‌ها تدریس می‌کردند دوره دانشسرای عالی نگذرانده بودند یعنی با آموزش فیزیک هیچ آشنایی نداشتند و در حال حاضر همان مسائل ادامه دارد.

بله. چون جامعه انتظار ندارد که کسی درباره نحوه آموزش فیزیک فکر کند. اگر آن‌ها هم در قدیم یک آموزشی دیدند، به دلیل بلا استفاده بودن آن آموزش، بعدی‌ها دیگر آن قسمت را دنبال نکردند و آن را حذف کردند و گفتند: دیگر لازم نیست.

مثل همان قسمتی که شما در مورد اعداد معنادار کتاب فیزیک فرمودید. گفتند: لازم نیست و حذف کردند. خیلی سخت است. مثلاً وقتی من فیزیک یک، درس جرم یک جسم ۱/۱ کیلوگرم تقسیم بر ۷ قسمت را برای محاسبه جرم هر کدام تدریس می‌کنم تا ده رقم اعشار، جوابش را می‌نویسم. چون ماشین‌حساب $\frac{1/1}{7}$ را که می‌دهد تا ته نمایشگر ماشین‌حساب پر از اعداد می‌شود. اصلاً اعداد معنادار مفهوم نیست.

آزمایشگاه‌های ما بسیار بد، تدریس می‌شوند. چون به دانشجو یک دستورالعمل مانند دستورالعمل آشپزی می‌دهند

دانشگاه شهید رجایی تنها دانشگاهی است که رشته آموزش فیزیک دارد. البته ۹۵ درصد گروه فیزیک آنجا هم کارشان آموزش فیزیک نیست

é برای حل مشکلات مطرح شده چه پیشنهادی دارید؟ آیا انجمن فیزیک این موضوع‌ها را دنبال می‌کند؟

انجمن فیزیک یک‌سری اقداماتی انجام داد تا سمیناری برای بررسی معضلات آموزش فیزیک انجام شود. قرار است در کنار کنفرانس فیزیک، یک کارگاه آموزش فیزیک با همکاری اتحادیه دبیران فیزیک داشته باشیم. ولی سؤال شما وسیع‌تر از اقدامات ما است و من نمی‌دانم واقعاً چه راه‌حلی برای رفع مشکلات می‌توان ارائه داد.

به‌نظر بنده می‌بایست آموزش فیزیک به هر نحو ممکن در دبستان‌ها و دبیرستان‌ها ارتقا پیدا کند. چند نکته باید در آموزش فیزیک مدارس تغییر پیدا کند:

یک: تأکید بر مقوله اهمیت فیزیک تجربی است و باید این مسئله حل شود.

دو: باید از این دیدگاه که آدم تحصیل‌کرده انباری از دانش است، دور شویم. حتی در سطح مدارس می‌بایست «روش تحقیق» آموزش داده شود. به‌صورت پروژه‌ای که در کشورهای خارج هم انجام می‌شود. یک پروژه به دانش‌آموز بدهند و خودش برای چگونگی نحوه انجام آن تفکر کند. پروژه می‌تواند بسیار آسان باشد. دیده‌ام پروژه‌هایی که در دبستان یا دبیرستان‌های خارج از کشور انجام می‌شود، بسیار آسان هستند.

مثلاً برای یاد دادن قانون ارشمیدس از او بخواهیم از یک ظرف آب و دو جسم سنگین استفاده کند و این قانون را تجربه کند. یک قایق با بار بیشتر، بیشتر در آب فرو می‌رود و چگالی بیشتر آن باعث بیشتر فرو رفتن قایق می‌شود و از این دست آزمایش‌ها که قانون ارشمیدس با تجربه درک می‌شود.

موضوع دیگر پژوهش‌محوری است. در حال حاضر تأکید ما بر روی انبارش دانش است. یعنی کسانی‌که از دبیرستان خارج می‌شوند، دانشنامه متحرک هستند. همه چی بلدند و همه مطالب را حفظ هستند ولی درک نکردند در پس هر مفهوم، واقعاً چیست؟

نظر شخصی بنده این است ولی بایست بر روی آن تحقیق شود. کنکور باعث به‌وجود آمدن انبارش دانش شده است. وقتی کنکور ملاک قرار می‌گیرد و کسی که در کنکور قبول می‌شود. موفق است. بچه برای کسب موفقیت به سمت انبارش دانش و پاسخگویی به تست‌های کنکور می‌رود.

لذا اگر از دبیرستانی بخواهید که فیزیک را به شیوه پژوهش‌محور تدریس کنند، مثل دبیرستان‌های غیرانتفاعی چون هدف آن‌ها درآمد و پول است و تعداد قبولی دانش‌آموزان در کنکور ملاک موفقیت آن‌ها است، هیچگاه قبول نمی‌کنند. والدین فرزندانشان را از آن دبیرستان خارج می‌کنند، چون اعتقاد دارند با پژوهش احتمال قبولی آن‌ها در کنکور کم خواهد شد.

باید معضل کنکور به نحوی حل شود و بنده نمی‌دانم چگونه باید این اتفاق صورت بگیرد. آن موقع که خودم درگیر بحث پذیرش دانش‌آموزان از نمرات دروس دبیرستانشان بودم، با موارد عجیب و غریبی برخورد کردم و مشاهده کردم. عدم تعادل وحشتناکی وجود دارد. نمره ۱۸ دبیرستان x، با نمره ۲۰ دبیرستان y و با نمره ۱۲ دبیرستان z همخوانی ندارد. چگونه از روی این نمرات پذیرش دانشجو انجام بدهم؟

این مسئلهٔ درجه‌بندی بودن در سطح لیسانس هم وجود دارد. یعنی کنکور فوق‌لیسانس هم اثرات بدی بر روی کیفیت آموزش لیسانس دارد. کسانی‌که وارد دوره فوق‌لیسانس می‌شوند، به‌خاطر کنکور فوق‌لیسانس نسبت به زمانی‌که سؤال‌های تشریحی داشت، افت کیفیت زیادی داشتند.

وقتی وارد کلاس می‌شوند، از پاسخگویی به پرسش‌های ساده‌ای مانند معادله موج، ناتوان هستند و می‌پرسند معادله موج چیست؟ یعنی برای کسی که وارد مقطع کارشناسی ارشد

فیزیک شده است، حداقل دانستن معادله موج انتظار می‌رود. بلد نیست. چون از مباحث مورد نیاز کنکورش نبوده و نخوانده است.

مشـــکل درجه‌بندی نبودن بین محل‌های مختلف تدریس و آموزش را حل کنیم تا مردم به حق وارد مقاطع بعدی بشوند. ولی از طرف دیگر سؤال تستی هم نداشته باشیم برای سنجش سواد دانش‌آموزان جهت ورود به مقطع بعدی.

فکر می‌کنم جی‌آر ای (GRE) [۱۲] در انجام این کار موفق شده اســت، در نتیجه آزمون جامع بــرای ارزیابی توانایی معلومات عمومی فارغ‌التحصیلان شــدنی اســت. یعنی می‌توانید برای رفتن به ام.آی.تی (MIT) [۱۳] با GRE بالای هفتصد امکان دارد و معنادار است. با GRE به گونه‌ای این مسئله را حل کرده‌اند.

é ارزشیابی براساس آزمون‌های استاندارد بین‌المللی منظور شما است؟

روش‌های آزمون اســتاندارد که برای تمام مســائل خطا و حاشیه‌های پیرامونش، فکر شده باشد. آزمون‌های استاندارد یک نیاز جدی کشور برای تمام علوم پایه و نه فیزیک مطرح است. سوق دادن آموزش ابتدایی و متوسطه به سمت تجربی شدن و نه صرفاً درس‌های نظری پای تخته. می‌بایست آزمایشگاه‌های دروس مهم شــوند. نکته مهم دیگر، اهمیت دادن به پژوهش است. تدریس باید پژوهش‌محورتر شود.

البته پژوهش‌محور شــدن تدریس، به شــیوه‌های آموزش معطوف می‌شوند. این موارد شامل تنوعی است که در شیوه‌های آموزش وجــود دارد و روزبه‌روز بر تعداد آن افزوده می‌شــود. به‌ویژه در درس فیزیک که ما از همان دوران کودکی نسبت به پدیده‌های پیرامون خود، تجربه کسب می‌کنیم.

یعنی من چه به مدرسه بیایم یا نیایم، خواهم فهمید که یک شــیء با هل دادن آن حرکت می‌کند. همین تجربه ساده یک تجربه در ذهن من می‌ســازد که عامل حرکت، کشیدن و هل دادن اســت. هر چند این فهم که حاصــل زندگی روزمره من است ممکن است با قوانین و نظریه علمی انطباق نداشته باشد چون در قانون اول می‌خوانیم، جسم می‌تواند حرکت کند حتی بدون کشــیده شدن و هل دادن. شــیوه‌های آموزش معطوف می‌شوند به این موارد که اگر دانش‌آموزان مواردی را در زندگی به غلط یاد گرفته‌اند، در کلاس اصلاح شوند و تنوع شیوه‌های آموزشــی امروزه خیلی زیاد شده است. بعضی‌ها می‌آیند روی کج‌فهمی‌های بچه‌ها کار کننــد و می‌گویند اصلاح کج‌فهمی بچه‌هــا یعنی آموزش دادن. یعنی همین‌که دانش‌آموز بفهمد، صرفاً کشیدن و هل دادن عامل حرکت نیست، می‌شود آموزش دادن؛ که هم تجربه است و هم کار گروهی دانش‌آموزان.

یک شیوه دیگر که از سال ۲۰۱۶ یک نظام آموزشی در فنلاند شده است که یک کشور پیشرو در نظام‌های آموزشی است و به آن نظام یادگیری بر مبنای حل مسئله (PBL) [۱۴] است.

یعنــی دانش‌آموز را در معرض یک پدیــده می‌گذارند. مثلاً می‌گویند می‌خواهم یک ســوزن را فرو کنم و بعد آن‌را خارج کنم.

این پدیده‌ای است که دانش‌آموزان مشاهده می‌کنند و دیدن این پدیده‌ها برایشان هیجان‌انگیز است. وقتی هیجان کافی در بچه‌ها ایجاد شد، به فکر فرو می‌روند و درگیر اتفاقات آن پدیده می‌شوند.

مســئله کنکور مانع از به‌کارگیری روش‌های آموزشی جدید می‌شــود. اگر روش‌های جدید آموزشی متداول شوند، اهمیت انگیزه دانش‌آموزان و اهمیت علوم پایه در کشــور بالا می‌رود. می‌بایســت دبیرســتان‌ها از مقوله، صرفاً انبارش دانش بیرون بیایند و کنجکاوی را در دانش‌آموزان ایجاد کنند.

گاهی برای ســخنرانی در دبیرستان‌ها از من دعوت می‌شود ولی هیچ‌گاه از من نمی‌خواهند در این موارد صحبت کنم. بیشتر می‌خواهند درباره ماده تاریک، ذره هیگز یا بُعد ۲۶ بدانند.

من سه سال پیش وقتی مسئله اصطکاک را که به دانشجوی دکترایم دادم، به او برخورد و قهر کرد و یک ماه بعد آمد. دلیلش را پرسیدم، گفت: آقای دکتر شما فکر کردید من خیلی خنگ هســتم، بنابراین از من خواستید بر روی مسئله اصطکاک کار کنم. گفتم: خیر. این مسئله حل نشده است. چرا فکر نمی‌کنید کــه یک قانون در فیزیک وجود دارد که مســتقل از ســطح $F_S=\mu_S N$ هم می‌شود.

کدام قانون در فیزیک این‌قدر قوی است. بعد کمی فکر کرد و حالا مشغول کار بر روی همین مسئله است و اخیراً در حال نوشــتن مقاله است. از او خواســتم همه مسائل را بنویسد که همیشه $F_S=\mu_S N$ نیست. چون می‌شود موادی پیدا کرد که زیر خط هستند و موادی پیدا شده‌اند که بالای خط هستند. خود یخ در دماهای مختلف، رابطه $F_S=\mu_S N$ برایش برقرار نیست. تازه حالش خوب نیست. به‌نظر من لازم نیست همیشه درباره بُعد بیست‌وچهارم صحبت کنیم که فیزیک برایمان جالب باشد.

ولی بله، حق با شماست. کنکور شادابی دبستان و دبیرستان و روش‌های مختلف را خفه کرده است.

یک مقدار هم مســائل اجتماعی است. ما در اینجا ارزش کار کردن را به خوبی مطرح نکردیم و بیشــتر ارزش پول درآوردن مطرح شــده اســت. هرچه پول بیشتر، بهتر اســت و اصولاً ضرب‌المثل‌هایی داریم که پیرامون کار کردن است. کار کردن برای چه گروهی خوب اســت یا سؤال‌هایی که چه کسی کار می‌کنــد و... ما یاد نگرفتیم که ارزش کار را به آدم‌ها بیاموزیم و آدم‌هــا بدانند زمانی ارزش پیدا می‌کنند که کار بکنند. البته یک‌سری اقداماتی در دوره‌های ابتدایی شروع شده است. حتی در کودکستان‌ها کوشش می‌شود که دست بچه‌ها به‌کار گرفته شــود و علاقه‌مندی به فعالیــت و کار در آن‌ها به‌وجود بیاید.

باید از این دیدگاه که آدم تحصیل‌کرده، انباری از دانش است، دور شویم. حتی در سطح مدارس، می‌بایست «روش تحقیق» آموزش داده شود

یاد بگیرند کـــه کار و فعالیت را به‌صورت گروهی انجام بدهند ولی هرچه بیشتر به سمت سطوح بالاتر می‌روند، ناچارند برای کنکور بیشتر بخوانند و اغلب سروصدای معلمان هم بلند است که ما در کلاس فرصت کافی برای حل مسائل نداریم و حجم کتاب‌های درسی بســیار زیاد است و مسائلی از این قبیل که توسط معلمان مطرح می‌شود.

بچه‌هـــای من از این مراحل گذشـــته‌اند ولـــی آن‌موقع که وقت مهدکودک رفتنشـــان بود، ما با این مسئله روبه‌رو شدیم. مهدکودکی که آموزش می‌دهد یا مهدکودکی که فقط از بچه نگهداری می‌کنـــد. خیلی واضح مدیر مهدکودک می‌گفت که مـــا در اینجا فقط یک مهدکودک نگهـــداری کننده از بچه‌ها هستیم و شـــما چون می‌خواهید به سرکار بروید، فرزندتان را نزد ما می‌گذارید و ما فقط او را برای شـــما نگه می‌داریم و تر و خشک شده رأس ساعت ۱۴ به شما تحویل می‌دهیم. در مقابل مهدکودک‌هایی بودند که به بچه‌ها آموزش می‌دادند.

پس این اتفاق می‌تواند که کم‌کم حتی در دوران ابتدایی و متوسطه هم روش‌های آموزش مدرن‌تر و ایجاد شادابی مطرح بشود.

دربـــارهٔ نکته‌ای که شـــما در مورد فرهنـــگ فرمودید، واقعاً نمی‌دانیم راه‌حلش چیست؟ فرهنگ ما بسیار مادی شده است. حتی در مقایسه با کشورهای همسایه، در وضعیت بدتری قرار داریم. مثلاً در المپیاد فیزیک روسیه شرکت کردم، اصلاً مادی نیست و خیلی با ما فرق دارند. در جامعه فیزیک هندوستان هم بودم، آن‌ها هم خیلی با ما فرق دارند و ما نسبت به همه خیلی مادی‌تر هستیم.

سوق دادن آموزش ابتدایی و متوسطه به سمت تجربی شدن و نه صرفاً درس‌های نظری ضروری است

é جناب آقای دکتر! سخنان شما نه‌تنها از طریق چاپ در مجله از شما برای معلم‌ها بلکه برای خود ما هم بسیار مفید و دلپذیر بـــود. به‌ویژه اینکه آقایان احمدی و خلیلی هم از مؤلفان مستقیم دست‌اندرکار کتاب‌های درسی فیزیک کشور هستند. به هر حال صحبت‌های شما می‌تواند خیلی در تغییر نگرش افراد تأثیرگذار باشد. حضورتان خیلی مفید بود.

امیدوارم فایده داشته باشد. برای بنده، فرصت خوبی بود که در خدمت شما باشم و این جنبه فیزیک کشور که کمتر با آن آشنا هستم، آشنا بشوم. سال‌ها پیش از من در یک کنفرانس برای دبیران فیزیک کشور دعوت شد.

é آقـــای دکتر، اتفاقاً من آن کنفرانس در محمودآباد را به‌خاطر دارم. گفتید که به تازگی آموزش دادنتان خوب شده است. یادم هست که دبیران پس از شنیدن سخنرانی شما گفتند چه معلم عالی‌ای.

پس همان موقع خوب بوده اســـت و خودم نمی‌دانستم. ولی تجربه جالبی بود، برای اینکه جلسه‌ای با دبیر برگزیده فیزیک اســـتان مازندران داشـــتم. از ایشان پرســـیدم: در تدریس چه مسئله‌ای دچار مشکل هستید؟ ایشـــان گفتند: اصطکاک. از ایشان خواستم، پای تخته مبحث اصطکاک را برایمان تدریس کنند. رفت پای تخته و شروع به تدریس اصطکاک کرد. فهمیدم مشکلش واقعی اســـت و خود من هم زمانی‌که می‌خواهم سرِ کلاسِ شریف و فیزیک یک، مبحث اصطکاک را تدریس کنم، با همین مشکل مواجه هستم که بالاخره جهت نیرو کدام طرف است؟ از آنجا یاد گرفتم که سر کلاس فیزیک یک به بچه‌های خودم، یاد بدهـــم، نیروی اصطکاک آدمی که حرکت می‌کند، در جهت حرکت اوســـت یا خلاف جهت حرکتش. ۹۹ درصد می‌گویند: خلاف جهت ولی نمی‌شود. شکل را ترسیم می‌کنم و بچه‌ها مشاهده می‌کنند، نیروی اصطکاک آدم در حال حرکت، خلاف جهتش است. بچه‌ها متعجب می‌شوند و می‌گویند مگر می‌شود؟ تدریس اصطکاک سخت است ولی جالب بود که آن دبیر برگزیده با پرســـش خود، برایمان مشکلاتی را که دبیران فیزیک دبیرستان برای تدریس موضوع‌ها داشتند، روشن کرد. ما باید بفهمیم، زمانی‌که می‌خواهیم در دانشگاه به دانشجویان تدریس کنیم، او از کجا آمده اســـت و در کجا اشکال دارد که نمی‌تواند این موضوع به خصوص را بفهمد؟

اساســـاً هرچه دوره ســـنی پایین‌تر باشـــد، بحث آموزشش مشکل‌تر می‌شود. یعنی روان‌شناسی آموزش مبحث اصطکاک در دانشگاه نسبت به دبیرستان بیشتر می‌شود و همه مفاهیم به همین ترتیب هستند.

به‌همین دلیل گروه‌های بخش آموزش در دانشگاه‌های دنیا، جایگاه ویژه‌ای دارند. من یادم اســـت، چند ســـال پیش یک گروهی در انگلیس کار می‌کردند که چگونه بحث آشـــوب را در دبیرستان ارائه کنند که قابل فهم باشد. چون آن موقع فکر می‌کردند، چشـــم‌اندازی که از آشوب وجود دارد این است که می‌بایست مفاهیم پایه‌ای آن از دبیرستان شروع شود و بعد در دانشگاه تدریس شود.

بـــرای همین فکر می‌کنم خیلی از دانشـــگاه‌های دنیا بحث آموزش خود را در حد دکترا و بالاتر دنبال می‌کنند و همخوان با فرمایش شما در ارتباط با بحث آموزش است.

بله. ما در کشـــورمان به بحث آموزش بی‌توجه هستیم. یک فرض وجود دارد. کسی‌که PhD فیزیک دارد می‌تواند، فیزیک را تدریس کند. فی‌الواقع این فرض اصلاً صحیح نیست. بله این فرد می‌تواند درس دکترا را تدریس کند. می‌تواند به دانشجوی دکترا درس بدهد، چون دانشجوی دکترا هرچه را بگویید، جذب می‌کند ولی به فردی که در ســـطح پایین‌تری است، نمی‌تواند تدریس کند.

é استاد! از اینکه وقت خود را در اختیار ما قرار دادید، سپاسگزاریم.

متشکر، موفق باشید.

پی‌نوشت‌ها

1. Canterbury
2. Imperial College
3. Dublin
4. Dirac
5. Klein-Gordon
6. Laughlin
7. Plannck
8. Liouville
9. Boltzmann
10. Zeeman
11. Halliday
12. Graduate Record Examination
13. Massachusetts Institute of Technology
14. Problem-based learning