

فیزیک فقط فیزیک نیست

دکتر رضا منصوری

سخنرانی در همایش سالانه اتحادیه معلمان فیزیک ایران، ۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶، شیراز. در شماره ۱۵ مجله آذرخش، انجمن معلمان فیزیک استان فارس، چاپ می شود.

شیراز ۶ شهریور ۱۳۹۷

مدرسه زمان

مرکز آموزش مدیریت زمان و برنامه ریزی

SajadSoleimani.com

به این سوال‌ها توجه کنید:

مدار را چگونه آموزش بدهیم؟

قانون‌های نیوتون را چگونه آموزش بدهیم؟

مفهومی درس بدهیم یا مسئله حل بکنیم و تست زدن را یاد بدهیم؟

چرا ساعت درس فیزیک کم شده؟

چرا رغبت دانش‌آموزان به تحصیل در این رشته کاهش یافته؟

ساعت‌های آموزشی تخصیص‌یافته به درس فیزیک در مقایسه با ساعت‌های آموزشی هفتگی و درس‌های دیگر بسیار کم و ناچیز است. مثلاً درس دینی و آمادگی دفاعی ساعت‌های مشابهی با درس فیزیک در هفته دارند. چرا؟ برخلاف اینکه همیشه عنوان می‌شود مبنای آموزش و در نهایت سنجش کتاب درسی است، در صدا و سیما کتاب‌های کمک‌آموزشی و جزوه و سی‌دی تبلیغ می‌شود؛ حتی برنامه‌هایی اجازه‌ی پخش می‌گیرند که کاملاً روش‌های تست‌زنی بدون فهم مطالب رو تبلیغ می‌کنند مانند برنامه‌ی “کنکور آسان است”. چرا؟

مدیران مدارس و کارشناسان آموزش، و به طور کلی مسولان برنامه‌ریز، معمولاً تخصص و تجربه‌ای در امور آموزشی، به ویژه رشته‌های علوم پایه، ندارند و بنابراین درک و تصویری هم از موقعیت و اهمیت و یا مشکلات معلمان دروس علوم پایه ندارند. چرا؟

دانش‌آموزان رفته‌رفته ضعیف‌تر می‌شوند و علاقه و انگیزه‌ی کمتری به دروسی مثل فیزیک دارند. چرا؟

جمعیت دانش‌آموزی رشته‌ی ریاضی فیزیک به شدت در حال کاهش است و در برخی از مدرسه‌ها این رشته کاملاً حذف شده است. چرا؟

تمام توجه و اهتمام در درس فیزیک فقط به حل مسئله و جزوه‌های قطور معطوف است و از مفاهیم فیزیکی به عنوان قسمت‌های “خواندنی” نام برده می‌شود. چرا؟

شک ندارم سوال‌هایی بسیار بیش از این در ذهن شما است که بی‌واسطه به محتوای کتاب درسی فیزیک مرتبط می‌شود، یا به وضعیت آموزش فیزیک وابسته است؛ بسیار از آن‌ها هم در همین همایش به بحث گذاشته می‌شود.

در برخی موردها هم نتیجه‌ی کارهای پژوهشی دبیران ارائه می‌شود. من اما می‌خواهم حرف دیگری بزنم و نکته‌ای دیگر بیان بکنم؛ نکته‌ای که معمولا از آن غافلیم.

فیزیک فقط فیزیک نیست را به دو معنی در نظر دارم. اول این که آموزش فیزیک شخص را برای حرفه‌های بسیار متفاوتی آماده می‌کند. فیزیک پزشکی، فیزیک اقتصادی (econophysics)، و فیزیک جامعه‌شناسی (sociophysics) بعضی از عنوان‌هایی هستند که بیشتر مطرح شده‌اند. اما به یک مورد توجه بکنید تا عمق کاربرد فیزیک و توانایی فیزیک خوانده‌ها مشخص بشود. سال‌ها پیش شبی هنگام شام با یک استاد فیزیک از آلمان که میهمان ما بود پیرامون اشتغال دانش‌آموخته‌های فیزیک صحبت می‌کردیم. دانشجویی از او پرسید شاگردان شما چه شغل‌هایی پیدا می‌کنند به غیر از دبیری و استادی. گفت بگذارید مثال دانشجوی خودم را بزنم که اخیرا در زمینه‌ی ذرات بنیادی ارشد گرفت. او در شرکتی استخدام شد که اولین کار او پاسخ به این سوال بود: رنگ مد لباس در سال آینده چه رنگی خواهد بود؟ این دانش‌آموخته‌ی فیزیک مسئله را برایشان حل کرد! این نمونه واقعی را از این جهت این‌جا نقل می‌کنم که بدانید دانش‌آموخته‌ی فیزیک فقط برای این آموزش نمی‌بیند که فیزیک بلد باشد. بله درس‌های متعارف فیزیک را می‌خواند اما چون «**فیزیک فقط فیزیک نیست**» توانایی‌های ویژه برای حل مسئله، هر مسئله‌ای، پیدا می‌کند. مدل‌سازی برای حل مسئله یاد می‌گیرد. این ذاتی روش‌هایی است که ما در مواجهه با سوال از طبیعت به کار می‌بریم. همین است که مثلا فیزیک نقش مهمی در اقتصاد و ایمنی‌شناسی پزشکی پیدا کرده است. البته باید تاسف بخوریم از این که در ایران به این توانایی فیزیک کمتر توجه شده است. هنگامی که همکارمان در دانشگاه شهید بهشتی حدود نه ماه قبل نوسان‌های ارزی این روزها را با استفاده از داده‌ها و روش‌های فیزیک آماری پیش‌بینی کرد کسی به حرفش گوش نداد! این ویژگی فیزیک که «بیش از فیزیک» است ناشی از معنی دومی از عنوان صحبت من است که می‌خواهم به آن بپردازم.

به مفاهیم فیزیک توجه بکنید: سرعت، شتاب، نیرو، لختی، جرم؛ اولین مفهوم‌هایی که در فیزیک با آن آشنا می‌شویم. این مفهوم‌ها از کجا آمدند؟ از آسمان؟ چرا آنها را کمابیش بدیهی فرض می‌کنیم؟ دقت کرده‌اید که تا صد سال پیش ما ایرانیان تفاوت شتاب و سرعت را درک نمی‌کردیم؟ مفهوم میدان یا مدار الکتریکی متاخرترند و مبتنی بر مفهوم‌های اولیه‌ای هستند که از آنها نام بردم. دانش‌آموزان ما مفهوم‌های اولیه را از ما می‌پذیرند چون اگر سوال بکنند معمولا برایش جوابی نداریم و با ارباب ساکتشان می‌کنیم یا با مهربانی حواله به ابهام می‌دهیم و می‌گوییم بعدا در دانشگاه یاد خواهید گرفت! در هر صورت با «**اسکات گفتمان**» جرات هر سوال دیگری را هم از دانش‌آموز می‌گیریم و او را تبدیل به ماشین حافظه می‌کنیم. به مفهوم میدان الکتریکی و مدار که برسد این

نابودی خلاقیت بدیهی است. (این ترکیب اسکاتِ گفتمان را بر مبنای اصطلاح قدمایی «اسکات خصم» درست کرده‌ام که منظور ساکت کردن دشمن در مناظره با هر روشی است و این‌جا منظورم ساکت کردن دانش‌آموز و اجازه ندادن به شروع یک گفتمان خلاقیت برانگیز با هر روشی است.)

چرا باید فیزیک را آموزش بدهیم؟ چرا ساعت‌های آموزش فیزیک کم است یا زیاد است؟ مبنای ما چیست؟ به چندین نسل که در مدرسه فیزیک خوانده‌اند توجه بکنید؟ به چه درد آنها خورده است؟ چند درصد متخصصان ما، چه در رشته‌ی فیزیک و چه در رشته‌های مهندسی، مبحث «مدار» را در حدی که در دبیرستان تدریس می‌شود بلدند؟ یا بقیه‌ی بخش‌های فیزیک مدرسه‌ای را؟ ما بیش از ۱۰۰۰ هیئت علمی فیزیک در دانشگاه‌های ایران داریم. اگر از همه‌ی آنها، یا از چند ده هزار نفر مهندس و پزشک، امتحان فیزیک در حد دبیرستان بگیریم چند نفر نمره بیش از ۱۵ می‌گیرند؟ نتیجه را نمی‌دانم. اما تجربه‌ی من نشان می‌دهد آنچه جوانان ما لازم دارند برای زندگی موفق یا شهروند مفید بودن این چیزها نیست.

به مشکلات کشور در این روزها نگاه کنیم. عادت کرده‌ایم به این که مشکلات را گردن سیاستمداران بیندازیم. از بحران صحبت می‌کنیم و با اطمینان بیان می‌کنیم که این نتیجه‌ی بی‌تدبیری مسولان است- شاید حرف درستی است- اما بی‌تدبیری یعنی چه؟ آیا تدبیر در قطع دست دزدان و اختلاس‌کنندگان است؛ یا آن‌گونه که بعضی آقایان در قم اعلام می‌کنند در اعدام چند نفر از این اختلاس‌گران است تا دیگر کسی از این کارها نکند؟ آیا تدبیر فقط در به کارگیری افراد سالم و مصلح «موردِ وثوق» است آن‌گونه که در فقه شیعه عرف شده است؟ مگر این افراد اختلاس‌گر مورد وثوق نبوده‌اند؟

دنیای مدرن امروزی بسیار پیچیده‌تر از این است که حکمرانی را در مفاهیم بسیار ساده «موردِ وثوق» و «تیول‌داری» فرو بکاهیم. آنچه کم داریم درک تفکر مدرن و دنیای مدرن و پیچیدگی‌های آن است: درک پیچیدگی دنیای مدرن و لزوم درک اقتصاد مدرن، حکمرانی مدرن، علم سیاست مدرن، روان‌شناسی اجتماعی مدرن، و خلاصه علم مدرن. مفهوم‌های منسوخ تاریخی برای حکمرانی در این دنیای مدرن کافی نیست؛ با آنها نمی‌توان روش و منش «استکبار جهانی» را درک کرد؛ نمی‌توان فساد مالی را در ایران درک کرد. مفهوم تورم و رانت، به عنوان دو مفهوم رایج میان مردم، دست‌کم همان‌قدر پیچیده‌اند که مفهوم نیرو و شتاب در فیزیک؛ با این تفاوت که، برخلاف مفهوم‌های فیزیک که جهانی‌اند و مرتبط با طبیعت، به شرایط اجتماعی وابسته‌اند. به نظر می‌رسد در

اقتصاد کنونی ما و در نصب مدیران دولتی دو مفهوم سنتی «مورد وثوق» و «تیول»، که فقه ما با آن آشنا است یا آن را پذیرفته است، بیش از هر چیز تعیین کننده است و استفاده از آن به یک فرهنگ اسلامی تبدیل شده است. درک مفهوم‌های مدرن اقتصادی در فرهنگ سیاسی ما یک توهم بیش نیست. چسبیدن به مفهوم‌های بسیط مورد وثوق و تیول‌داری، و نبود درک درست از علم اقتصاد نوین و مفهوم‌های آن منجر به «نتیجه‌ی نامنظور» ساده‌اندیشی شده که به نوبه‌ی خود «استکبارِ جهل» را در ما به وجود آورده است؛ این استکبار پدیده‌ای فردی نیست، بلکه پدیده‌ای است تکاملی و جمعی که با مفهوم خیانت و اختلاس فردی تفاوت اساسی دارد، سیستمی است و ناشی از اتکا به مفهوم‌های منسوخ است که در یک جامعه‌ی پیچیده کاربرد ندارد. صداقت فردی همراه با مفهوم منسوخ پیشامدرن در جامعه‌ی کشاورزی و دامداری می‌تواند در یک جامعه‌ی مدرن به یک پدیده‌ی برآمده‌ی (emergent phenomenon) منجر بشود که با صداقت اولیه در تناقض باشد.

مفهوم استکبار جهل را در این بافتار تعریف می‌کنم. ما با غفلت از علم مدرن و مفهوم‌های آن ناخواسته دچار استکبار جهل شده‌ایم. الگوریتم‌های ژنتیکی در علوم فیزیکی پدیده‌های مشابه بسیاری را به ما آموخته است. در فرهنگ ما مدیر خوب، استاد خوب، یا رییس بانک مرکزی خوب کسی است که صداقت داشته باشد! مورد وثوق باشد! فرد مورد وثوق یک فقیه معمولاً شخصی است صادق؛ اما صداقت در یک امر بانکی مدرن هنگامی که قرار است ده‌ها یا صدها میلیاردها یورو جا به جا بشود امر دیگری است.

می‌گویند مرحوم شاهرودی مرجع تقلید در نجف در امر رویت هلال شخصی را به نام حاج رجب قناد مورد وثوق می‌دانست. شروع ماه رمضان را آقای شاهرودی هنگامی اعلام می‌کرد که حاج رجب خبر می‌داد ماه را رویت کرده است. زمانی که حاج رجب پیرچشمی پیدا کرده بود و دیگر نمی‌دید در اعلام شروع ماه مبارک در نجف مشکل پیدا شد: آقای شاهرودی دایم می‌گفت هر چه حاج رجب بگوید. آقایان حجج اسلام به فکر چاره بودند تا سرانجام جوانی را پیدا کردند که حاج رجب قناد او را قبول داشت، بگویند مورد وثوق حاج رجب بود. اول از حاج رجب پرسیدند اگر فلانی بگوید ماه رویت شد قبول داری گفت بله. با جوان رفتند و ماه را دیدند و او هم به حاج رجب گفت و حاج رجب پذیرفت. بعد رفتند سراغ آقا و گفتند حاج رجب قناد می‌گوید ماه رویت شده. آن وقت آقا هم اعلام کردند ماه مبارک است فردا. این روش «مورد وثوق بودن» را حالا تعمیم بدهید به نصب یک مدیر در بانک ملی یا مرکزی. بعد ببینید چه در می‌آید! این را مقایسه بکنید با روش‌های پیچیده‌ی نظارتی مبتنی بر علم در جامعه‌ی مدرن.

علم مدرن بسیار چیزها به ما آموخته است. انسان خردمند امروزی با انسان ۴۰۰ سال پیش تفاوت ماهوی دارد. بشر امروزی ده‌ها میلیون مفهوم ابداع کرده است و سالانه هم چند میلیون مفهوم جدید ابداع می‌کند. ساختار ذهن و نورون‌های مغز بشر امروزی با بشر ۴۰۰ سال پیش، که مفاهیم ابداعی‌اش به زحمت به ده هزار می‌رسید، بسیار متفاوت است. رایانه‌های امروزی هر محاسبه یا تشخیصی را بهتر و بسیار سریع‌تر از انسان خردمند انجام می‌دهند؛ ابررایانه‌ی واتسون نه تنها در مسابقه‌های هوش از انسان جلو زده است، بلکه در تشخیص پزشکی هم توانا‌تر از پزشک عمل کرده است. سال‌ها است روباتی هوشمند، الگوریتم Vital، عضو هیئت مدیره‌ی شرکت هنگ کنگ‌دییپ نالچ ونچرز شده است و در جلسه‌ی هیئت مدیره شرکت می‌کند. چگونه بشر به این دستاوردها رسیده است؟

بشر مدرن روش جدیدی برای تفکر پیدا کرده است. همین روش است که این همه قدرت به بشر داده تا «موجوداتی» هوشمندتر از خود بسازد. این توانایی مدیون روش تفکر در علوم فیزیکی است. انسانی که با این روش تفکر و مبانی آن آشنا نشود در دنیای جدید غریبه است و اگر قدرت‌نمایی هم بکند بیشتر شبیه به دون کیشوت به او نگاه می‌شود- به مانند کسی که می‌خواهد با مفهوم‌های منسوخ با جامعه‌ی مدرن که به مفهوم‌های مدرن مسلح است، مواجهه کند. ما تنها مظاهر این نوع تفکر را در اختیار داریم درحالی که زندگی نوین بدون آن غیر قابل‌تصور است. در آموزش فیزیک باید به این روش تفکر بشر که ریشه در علم فیزیک دارد توجه داشته باشیم. کافی نیست تنها به نتیجه‌ی دانشی این روش تفکر، یعنی دانش فیزیک، توجه بکنیم. حجم دانش نتیجه‌ی این روش تفکر بسیار بیش از آن است که بشود به راحتی آموزش داد. تنها در فیزیک ما با ۴۰۰۰ شاخه‌ی گُردار روبه رو هستیم. چه می‌خواهیم آموزش بدهیم و به چه منظور؟ پس بهتر است توجه بکنیم این چه نوع تفکری است که به این جهش هوش و آگاهی در انسان خردمند منجر شده است و همچنان پیش می‌تازد. باید برایمان مهم باشد که نسل بعدی ما با این روش تفکر آشنا بشود. اگر از دانشی که نتیجه‌ی این روش فکر است کم بهره برده باشد نباید چندان نگران بود. این دانش فیزیک نیست که جوانان ما را برای دنیای مدرن آماده می‌کند بلکه آنچه برای حضور در این دنیا لازم دارد این **روش مدرن تفکر** است، این روش شناخت است.

در فیزیک ما چگونه فکر می‌کنیم؟ (ر.ک. کتاب خودم با عنوان مبانی تفکر در علوم فیزیکی، نشر الکترونیک، کانال شخصی.) برای درک هرگونه پدیده‌ای، چه خاص و منفرد باشد و چه کلّ عالم، مدل می‌سازیم، در هر مدل ابتدا هر مفهومی که لازم بدانیم تعریف عملیاتی می‌کنیم و نماد آن را مشخص می‌کنیم. این مفاهیم باید به شکل یکی از موجودهای ریاضی باشد، مانند نرده‌ای و برداری. با شناخت مفاهیم رابطه‌ی میان آنها را نیز زبان ریاضی تا حد

زیادی تعیین می‌کند. استفاده از ضریب‌های عددی هم لازم می‌شود که مقدار عددی آنها را در نهایت تجربه و آزمایش تعیین می‌کند. مدل‌های ما همواره در گستره‌ی معینی کاربرد دارند یا ندارند. درست یا غلط بودن در سطح فرمول‌بندی و کاربرد زبان ریاضی معنی دارد. هنگامی که یک مدل مبنای درست ریاضی داشته باشد فقط کارا بودن است که تعیین می‌کند چقدر به مدل بها بدهیم. زمانی که گرانش نسبیت عام را اینشتین نوشت مدل گرانش نیوتونی غلط نشد، بلکه تنها گستره‌ی اعتبار آن محدود شد به دقت‌های کم در کاربرد مهندسی. اما هنگامی که دقت ما مثلاً در مهندسی هوافضا بالا رفت مجبور شدیم در این حیطه هم گرانش نسبیت عام را به کار ببریم. در گرانش نسبیت عام ما از مفهوم نیرو، که بردار است، اصلاً استفاده نمی‌کنیم؛ مفهوم میدان تانسوری وارد مدل ما می‌شود. دقت کنید که در این دو مثال ساده یک بار مفهوم نیرو اساسی است و یک بار مفهوم میدان؛ بقیه‌ی مدل و روابط ریاضی را کمابیش زبان ریاضی تعیین می‌کند.

در این میان زبان ریاضی نقش تعیین‌کننده‌ای بازی می‌کند. زبان ریاضی امکان تفکری بسیار پیچیده‌تر از زبان کلامی متعارف در اختیار ما می‌گذارد. اگر زبان ریاضی نبود نمی‌توانستیم مفهوم بردار را ابداع بکنیم. مفهوم تانسور یا مشتق یا انتگرال بسیار پیچیده‌تر از این است که بشود با زبان کلامی بیان بشود، چه برسد که ابداع بشود. پس در این روش مدل‌سازی برای طبیعت سه اتفاق اساسی افتاده است. **اول** این که مفهوم‌ها را ما ابداع می‌کنیم نه کشف. **دوم** این که قانون‌ها را کما بیش زبان ریاضی بر ما تحمیل می‌کند. گرچه در این زبان آزادی عمل هنوز وجود دارد اما این آزادی عمل را شرط ساده بودن که به آن اصطلاحاً روش فروکاست‌گرایی می‌گویند محدود می‌کند (ر.ک. به کتاب مبانی تفکر در علوم فیزیکی). **اتفاق سوم** تطبیق نتیجه‌های مدل با طبیعت است که حرف نهایی را برای کارا بودن مدل می‌زند. آن‌چه گاهی در فیزیک قانون می‌گوییم معمولاً بخش کوچکی از یک مدل عام است؛ به عبارتی دیگر می‌شود گفت قانون یکی از نتیجه‌های روابط ریاضی اصلی مدل است؛ یا یکی از عبارت‌هایی است که با زبان ریاضی مدل با مفهوم‌هایی که ابداع کرده‌ایم می‌سازیم. با این توضیح می‌بینیم که رابطه‌های ریاضی و قانون‌های فیزیک ابداع خود ما هستند. همین‌طور توضیح‌هایی که در این ارتباط می‌دهیم کمابیش به مفهوم‌های ابداعی ما مرتبط است.

ما باید در آموزش فیزیک سعی بکنیم جوانان را با این روش مدل‌سازی آشنا بکنیم. آنها باید با این توافق انسان‌ها بر مفهوم‌ها آشنا بشوند. باید اهمیت این توافق را در علم درک بکنند. باید اهمیت ارتباط مدل را با طبیعت و نقش اعداد را درک بکنند. اهمیت قانون‌ها در شکل آنها نیست که جوانان را در حفظ کردن آنها مجبور بکنیم. آنچه تعیین‌کننده است روش ابداع مفهوم‌ها، درک مشترک از این مفهوم‌ها، و نتیجه‌ای است که از این مدل‌ها برای

طبیعت و حتی رفتار انسانی می‌گیریم. نوآوری و کارافرینی اگر در دنیای جدید اهمیت پیدا کرده است به خاطر نقش تعیین‌کننده‌ی این روش در تولید ثروت و قدرت است. این روش تفکر را به امری دینی یا متافیزیکی تبدیل نکنیم. از دانش‌آموزان خود نخواهیم این قانون‌های فیزیک را مانند ادعیه حفظ بکنند. با تاکید بر آموزش روش تفکر خلاقیت آنها شکوفا بکنیم. شکل قانون‌ها را می‌توانند به راحتی در کتاب یا اینترنت پیدا بکنند اما خلاقیت را نه!

برای مطالعه‌ی مقاله‌های بیشتر مراجعه کنید به:

[کتابخانه زمان](https://sajadsoleimani.com/time-library/)

<https://sajadsoleimani.com/time-library/>