فیزیک را چگونه آموزش دهیم؟

ماری‌سیو پیتروکلا[1]
مترجم دکتر روح‌الله خلیلی بروجنی از سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

در مواجهه با تحولات فراگیر جهانی که در طول پنجاه سال گذشته اتفاق افتاده است، این پرسش که: فیزیک را چگونه آموزش دهیم؟ تاکنون توسط بسیاری از فیزیک‌دانان سراسر جهان مطرح شده است. در این چند دهه شاهد انتشار پرفروش‌ترین کتاب برای آموزش فیزیک پایه در سطح دانشگاهی بوده‌ایم. نخستین بار در سال ۱۹۶۰ فیزیک هالیدی و رزنیک برای دانشجویان علوم و مهندسی چاپ شد (در ویراست دهم با عنوان مبانی فیزیک[2] چاپ شده است). این کتاب که آموزش فیزیک پایه در سطح دانشگاه را دنبال می‌کند در آموزش فیزیک دورهٔ متوسطه نیز به شدت مؤثر واقع شده است. هدف اولیهٔ مؤلفان این کتاب ایجاد جامعه‌ای از محققان علوم و مهندسی بود که بتوانند پس از انقلاب صنعتی، فناوری و دانش بنیادی را برای بهره‌مندی جامعه ایجاد و عرضه کنند.

هر چند کتاب هالیدی و رزنیک همچنان مرجع اصلی برای آموزش فیزیک در سراسر جهان است، اما تردید نیست که اوایل قرن بیست‌ویکم با اواخر دههٔ ۱۹۵۰ میلادی بسیار متفاوت است. در جامعهٔ امروز چالش‌های زیادی برای افراد وجود دارد. با پیشرفت علم و فناوری، ما به مرزهایی از دانش و توانمندی‌های پیچیده و خارق‌العاده رسیده‌ایم که هیچ‌کس مطلقاً قادر به درک و شناخت کامل آن‌ها نیست.

در عین حال، این شرایط بی‌سابقه تنوعی از آیندهٔ محتمل را به‌وجود می‌آورد که لازم است ما، به‌منظور پرورش نظرات و تصمیم‌گیری‌های قاطع، از آن‌ها آگاهی داشته باشیم. به‌طور کلی، دو تحول اساسی بر زندگی امروز بشر تأثیرگذار است. این دو تحول یکی پایان طبیعت و دیگری پایان سنت[3] است. هر دوی این‌ها با رشد روزافزون علم و فناوری در ارتباط هستند، اگرچه کاملاً مشخص نشده‌اند.

جهان طبیعی، که بشر از ابتدای خلقتش به تدریج آموخته بود که چگونه با آن سروکار داشته باشد و آن را بشناسد، دیگر وجود ندارد. در طی هفتادوپنج سال گذشته، بشر به آنچه طبیعت می‌تواند برای ما انجام دهد کمتر توجه کرده و بیشتر نگران آن چیزی بوده است که خود با طبیعت انجام داده است. آگاهی ما از اینکه تخریب محیطی که در آن زندگی می‌کنیم شروع شده است، چیزی است که سابقه‌اش حداقل به دههٔ هشتاد میلادی قرن گذشته باز می‌گردد. اما آنچه امروزه بیش از پیش آشکار شده این است که زیست‌گاه‌های انسانی به وسیلهٔ طبیعت احاطه نشده‌اند بلکه برعکس، طبیعت توسط بشریت احاطه شده است. این احاطه به حدی است که حفاظت از منابع حیات‌وحش، اعم از حفاظت از طبیعت، جنگل‌ها، تالاب‌ها، رودخانه‌ها، چشمه‌ها، اقیانوس‌ها و غیره به پروژه‌هایی برای گروه‌های حامی محیط‌زیست تبدیل شده است. این انتقال برای ورود ما به جامعهٔ ریسک (براساس تعریف بِک[4] (۱۹۸۸) اساسی و

بنیادی است. هم اینکه ما در یک جامعهٔ پساطبیعت زندگی می‌کنیم و شاهدیم که چگونه علم و فناوری، طبیعت را به طبیعتْ فناوری و به تعبیری طبیعتِ فناورانه تبدیل کرده است.

نیاز فعلی به خلقِ مداوم دانش و فناوری ریسک‌های متنوعی را به همراه دارد: تخریب محیط زیست، افزایش فقر، گسترش نابرابری‌ها، محرومیت اقلیت‌ها و غیره.

در اینجا لازم است برخی از تحولات مهم در زمینهٔ پیدایش جامعهٔ علمی[۵] را برجسته کنیم؛ تحولاتی که اساساً با این ریسک‌ها مرتبط هستند:

- در طول دو قرن گذشته، علم و فناوری به گونه‌ای توسعه یافته‌اند که به سنگ بنای سنت غربی[۶] تبدیل شده‌اند.
- دانش علمی که پیش از این توسط بسیاری آموخته می‌شد (و هنوز هم برخی می‌آموزند) همواره قادر به غلبه بر سنت‌های قدیمی بوده است، اما امروز به نوعی به یک امر معین، قدرت خاص و مطمئن تبدیل شده است.
- از آنجا که هر چه علم و فناوری پیچیده‌تر شوند، بیشتر از زندگی مردم فاصله می‌گیرند، مردم به آن‌ها به‌عنوان ابزاری برای ایجاد امنیت بیشتر ارج می‌نهند.
- در صورت عدم دسترسی به آموزش و اطلاعاتی که به مردم امکان شکل‌دهی به نظراتشان را بدهد (همچنین محاسبه و مدیریت ریسک‌های احتمالی)، مردم عادی به دنبال نظرات کارشناسان (دانشمندان و مهندسان) می‌روند.
- پس هم اینک به روش‌هایی نیاز داریم تا میان گفت‌وگو و درگیری بیشتر با علم و فناوری از یک سو و دانش‌آموزان و به طور کلی شهروندان از سوی دیگر رابطه‌ای برقرار کنیم.

اکنون در پاسخ به این پرسش که چه انواعی از دانش علمی باید آموزش داده شود؟ نقش و اهمیت علمی پدیدار و برجسته‌تر می‌شود که در شکل‌گیری بنیان وجدان اجتماعی[۷] در فرد مؤثرتر باشد. حوزهٔ فیزیک (تأثیرگذار بر شناخت و درک دانش‌آموزان از دنیای اطراف) در این فرایند حرف زیادی برای گفتن دارد و گزارش کمیسیون اروپا از گروه متخصصین آموزش علوم (۲۰۱۵) نیز این موضوع را تأیید می‌کند: «ما به علم نیاز داریم تا به طور واقع‌بینانه، سیاست‌ها و خط‌مشی‌ها را اطلاع رسانی کنیم. ما به علم نیاز داریم تا شهروندان و سیاستمداران را به روشی مطمئن و قابل دسترس آگاه سازیم. ما باید با یکدیگر تصمیم بگیریم (به جای موضع‌گیری‌های قطبی شده) و مسئولیت تصمیم‌هایی را برعهده بگیریم که متکی بر شواهد علمی صحیح باشند. (صفحه۵)

تا در خصوص چگونگی آموزش و یادگیری فیزیک فکری نشود، این نوع نیازها برآورده نخواهد شد. در این مضمون: پژوهش‌های آموزش علوم، نوآوری و شیوه‌های کار باید پاسخگوی نیازها و بلند پروازی‌های جامعه باشد و ارزش‌های آن را بازتاب دهد. (صفحهٔ ۶)

برای این کار باید به سه پرسش اساسی پاسخ دهیم: چرا آموزش می‌دهیم؟ چه چیزی آموزش می‌دهیم؟ چگونه آموزش می‌دهیم؟

کتاب ارتقاء آموزش فیزیک برای رفع نیازهای جامعه[۸] در پی پاسخ به بخشی از این پرسش‌ها از نقطه‌نظر پژوهش در آموزش فیزیک است.

بخش اول این کتاب، به تأثیر علم و فناوری در آموزش فیزیک می‌پردازد و توجه عمدهٔ آن معطوف به رایانه، فناوری برای آموزش و مفاهیم جدیدِ کار شده در مدرسه است.

ایان لارنس[۹] در نخستین مقالهٔ بخش اول کتاب با عنوان: توسعهٔ محاوره‌ای ایده‌های شاگردان به کمک محاسبه در کلاس درس با ساده نگه داشتن آن[۱۰]، می‌گوید که رایانه‌ها می‌توانند ابزاری مفید برای ارائه باشند. بسیاری از مشکلات موجود در یادگیری فیزیک، به بازنمایش[۱۱] جهان به خودتان وابسته است: تصور کردن جهان به غیر از آن چیزی که واقعاً هست و سپس نتیجه‌گیری با آن تصور، انتظارات جدیدی را در مورد جهانی که در آن زندگی می‌کنیم به وجود می‌آورد. در حین این فرایند، برای زنده نگه‌داشتن فیزیک در کلاس‌های درس، به ابزاری حساس و انعطاف‌پذیر نیاز است تا بتوان معلمان را در آموزش فیزیک به شاگردان ترغیب کرد. یک بررسی دقیق در مورد امکانات و سختی‌های موجود در روش‌های ممکن برای برنامهٔ آموزشی فیزیک، پیشنهاد می‌کند که گزینه‌های متنوع‌تری را به جای آموزش مبتنی بر جبر و حسابان استفاده کنند.

این مقاله از تجربهٔ چند سال کار با ابزارهای مدل‌سازی محاسباتی توسط معلمان و دانش‌آموزان (۱۱-۸ ساله) و همچنین کار قابل توجهی که در زمینهٔ ساخت مراتب تدریس انجام شده و نیز کمکی که به حمایت از «تدریس فیزیک در مراحل پایه و پیشرفته» شده، استفاده کرده است. مرکز توجه به سمت استفاده از نمایش نموداری است بدون اینکه قادر به حمایت از ایده‌های روبه رشد در الگوهای تدریس باشد، ضمن اینکه در حال جست‌وجوی راهی جدید برای ساده‌سازی روشی با ارزش‌های فرهنگی و ساده نگه داشتن اجرای آن هستیم که معلمان به استفاده از آن ترغیب شوند.

تام الرمیجر[۱۲] به پرسش‌هایی مانند «چگونه آموزش فیزیک را برای دانش‌آموزان دبیرستانی چالش‌برانگیزتر و جذاب‌تر کنیم؟ یا چگونه می‌توان تفکر خلاق، توانایی حل مسئله و سایر مهارت‌های شناختی را تقویت کرد؟» پاسخ می‌دهد. در بسیاری کشورها، دولت‌ها مایلند علم و فناوری را در مدارس توسعه دهند و در این راستا در آمریکا STEAM (سرحرفِ علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات)[۱۳]، در اتحادیهٔ اروپا IBSE (سر حرفِ آموزش علوم مبتنی

در جامعهٔ امروز چالش‌های زیادی برای افراد وجود دارد. با پیشرفت علم و فناوری، ما به مرزهایی از دانش و توانمندی‌های پیچیده و خارق‌العاده رسیده‌ایم که هیچ‌کس مطلقاً قادر به درک و شناخت کامل آن‌ها نیست

بـر کاوشـگری)[14] و در آلمـان MINT (سـر حـرفِ ریاضیـات، انفورماتیـک، علـم و فنـاوری)[15] جدیدتریـن کلمـات اختصاری در ایـن زمینـه هسـتند. آیا کاربرد فنـاوری در آمـوزش فیزیک می‌توانـد مـا را به اهـداف موردنظر نزدیک‌تر کند؟ واضح است کـه فناوری می‌تواند آموزش فیزیک را بیشـتر به زندگی واقعی مرتبـط سـازد و امکان تحقیق را برای خـود دانش‌آموزان فراهم کنـد. کاربـرد فناوری فقط روشـی دیگـر برای آموزش نیسـت بلکـه مزیت‌هـای زیادی بـه روش آموزش اضافـه می‌کند؛ و این امری اسـت که برای ده‌ها سـال شـناخته شـده اسـت اما هنوز کاربـرد کمـی دارد. چند مـورد از این کاربرد ماننـد اندازه‌گیری بـا حسـگرها، اندازه‌گیری‌هـای ویدئویی و مدل‌سـازی این مزایا را نشـان می‌دهند.

مارسـیا بگالـی و یوتابیلـو[16] فعالیت‌هایـی را معرفی می‌کنند کـه طـی آن مؤسسـات تحقیقاتـی و دانشـگاه‌های سراسـر جهـان دانشـجویان و معلمـان خـود را بـرای برنامـهٔ یـک روزه دعـوت می‌کننـد تـا زندگی بـا تحقیقات پایـه را تجربـه کنند. ایـن کلاس‌هـای بین‌المللـی [17] بـه دانش‌آمـوزان ایـن امـکان را می‌دهـد تـا بـا تجزیـه و تحلیـل داده‌هـای واقعـی کـه از برخوردهنـدهٔ بـزرگ هادرونی [18] در سـرِن گرفته شـده اسـت بـرای یـک روز فیزیـک‌دان ذرات بنیادی باشـند. این پـروژه که در هر سـال بیش از ۱۳۰۰۰ دانش‌آموز دبیرسـتانی را از چهل و شـش کشـور جهان جذب می‌کنـد پیوندی بین آمـوزش علوم در مـدارس و پژوهش‌هـای علمـی مـدرن بـه وجـود مـی‌آورد. شـرکت‌کنندگان می‌تواننـد نیروهـای بنیـادی (نیروهـای تعاملـی) و اجزای طبیعت را کشـف کنند و اطلاعاتـی در مورد اکتشـافات نویـن و قابل توجـه در زمینهٔ فیزیـک ذرات، مثل کشـف بـوزون هیگـز، بـه دسـت آورنـد. افـزون بـر ایـن، آن‌ها می‌تواننـد در تحقیقاتـی مهم سـهیم شـوند و درک خـود را از علمـی و پژوهـش علمی بهبود بخشـند. این برنامـه تجربه‌های ارزشـمندی را بـه آمـوزش فیزیـک می‌افزاید کـه باعث تقویت علاقـهٔ دانش‌آمـوزان بـه علـم می‌شـود.

قسـمت دوم ایـن کتاب، به ارزیابی موضوعات خـاص در مورد روش‌های شـناخته شـدهٔ آموزش فیزیک پرداخته و آن بر پایهٔ روش آموزشـی دانش‌آموز محور و آزمایش‌های سـاده اسـت.

در مقالـه‌ای دیگـر از ایـن کتـاب لئـوس دوژاک[19] در مـورد آزمایش‌هـای سـاده، ارزان، قابـل انجـام در زمـان کوتـاه و بـا نتایـج جالـب بررسـی‌هایی انجام می‌دهـد. آزمایش‌های سـاده مدت‌هاسـت کـه در کلاس‌هـای فیزیـک اجـرا می‌شـود، با این حـال، بایـد دیـد امـروزه چگونـه اسـت؟ و آیـا ایـن آزمایش‌ها می‌تواننـد بـا آنچه فنـاوری اطلاعـات و ارتباطـات، فناوری‌های نویـن و اسـباب‌بازی‌های پیشـرفتهٔ جـذاب و بـا کیفیـت برای مـا و دانش‌آموزانمـان فراهـم می‌کننـد، رقابت کننـد؟ آیا انجام آزمایش‌هـای سـاده (بـا چنـد نـی نوشـابه، میلـه، نـخ و ...) در عصـر اینترنت- با هزاران اپلیکیشـن، آزمایشـگاه‌های مجازی و امکان مشـاهدهٔ آخرین دسـتاوردهای فیزیک در مؤسسـه‌های بین‌المللـی چندمیلیونـی، آن هـم فقـط بـا یک کلیـک، دیگر منسـوخ و مضحـک نیسـت؟ بـه نظـر مـا نـه! و هـدف از ایـن مقاله این اسـت که نشـان داده شـود آزمایش‌های سـاده هنوز نمرده‌اند و این آزمایش‌ها توانایی بیشـتری از فقط یک واکنش «وای، چـه جالـب!» دانش‌آمـوزان دارند. و مـا فکر می‌کنیم که ایـن نظریه چیزی اسـت کـه احتمالاً معلمـان و مربیان فیزیک هـم بـا آن موافـق هسـتند. ما چنیـن آزمایش‌هایی را دوسـت داریـم و عقیـدهٔ اکثرمان این اسـت کـه آن‌ها مفیـد و کاربردی هسـتند. بـا این حال، ایـن نباید فقط یک باور کورکورانه باشـد. بنابرایـن هـدف از ایـن مقاله، حمایـت از این ادعـا با نمونه‌های ملموس اسـت (امیـدوارم حداقل برخـی از آن‌ها بری مخاطبان جدیـد باشـند). بنابرایـن، سـعی شـده اسـت کـه بـه ایـن باور مقداری چاشـنی اضافه شـود که آزمایش‌های سـاده می‌توانند در دوره‌هـای آینـده در آموزش فیزیک جایـگاه و رویکرد خوبی داشـته باشند.

در قسـمت سـوم، تمرکـز روی نتایـج تحقیقـات مبتنـی بـر فیزیـک رایـج و سـنتی خوهـد بـود.

جنـارو گویساسـولا[20] بـا توجـه بـه روش‌هـای مختلـف برای تحلیـل یادگیـری دانش‌آمـوزان، نمـای کلـی ایـن رونـد را ترسـیم کـرده اسـت. هدف ایـن فصل توصیـف و بحـث دربارهٔ رویکردهـای تدریـس و پیشـرفت دانش‌آمـوزان در موضوعـات خـاص برنامـهٔ درسـی در سـطح دانشـگاهی اسـت. در سـطح دانشـگاهی، آمـوزش علـوم و فنـاوری بایـد جمعیـت متنـوع دانش‌آموزان را پوشـش دهد اما به شـکلی که در واقع اسـتفاده از دانش اهمیت بیشـتری از فقط حفظ کردن آن داشـته باشد. وی چارچوب‌هـای رویکرد آمـوزش و ویژگی‌های مختلف آن‌ها (ماننـد انتقال مطالـب، نظارت صریح بر یادگیـری دانش‌آموزان و ارزیابـی) را مـورد بحـث و مقایسـه قـرار می‌دهـد و خطـوط متفاوتـی از رویکردهـای تدریـس را ترسـیم می‌کنـد.

کریسـتیانو متـوس روی جسـت‌وجوی گزینه‌هـای جایگزین بـرای آمـوزش سـنتی کار می‌کنـد. هـدف اصلی، بومی‌سـازیِ گزینه‌هـای جایگزیـن تدریـس در حلقـهٔ فعالیت‌هـای آموزش‌وپـرورش اسـت، زیـرا فعالیـت آمـوزش عالی بخشـی از یـک نظـام آموزشـی بزرگ‌تر اسـت کـه مدرسـه ابتدایـی را به دوران کاری کارآمـد وصـل می‌کنـد.

در همین راسـتا، ر.لیمینانا، آ.منارگوس و س. رزا توسعهٔ توالی آمـوزش و یادگیـری را براسـاس سـاختار حـل مسـئله معرفی می‌کننـد کـه باعـث ایجاد یـک محیط آزمایشـی می‌شـود که دانش‌آموزان و معلمان باید برای پیشـبرد/ حل مسـئله، اجرای طـرح و تجزیـه و تحلیل نتایج، یک اسـتراتژی محتمل طراحی کنند.

ماریسـا میشـلینی و آلبرتـو اسـتفانل «نـوآوری در آمـوزش و یادگیـری فیزیـک بـرای موفقیـت در فیزیـک مقدماتـی در

نیاز فعلی به خلق مداوم دانش و فناوری ریسک‌های متنوعی را به همراه دارد: تخریب محیط زیست، افزایش فقر، گسترش نابرابری‌ها، محرومیت اقلیت‌ها و غیره

رشته‌های زیست‌محیطی و در مورد شاره‌ها» را ارائه می‌دهند. مدل‌های مداخله‌ای مبتنی بر تحقیق، در دو سال گذشته برای مدرک در دانشگاه اودین، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. جنبه‌های اصلی که باید با آن‌ها روبه‌رو شد عبارت است از:

الف. طراحی مجدد روشی برای آموزش فیزیک، به‌گونه‌ای که نقش آن مشخص کردن درجهٔ اهمیت یک موضوع خاص باشد؛ و این عبارت است از: تغییر روش‌های دستیابی فیزیک، تغییر نقش هر موضوع و مجزا کردن برنامه‌های کاربردی فیزیک در هر رشتهٔ تخصصی و در مقاطع تحصیلی مختلف.

ب. ارائهٔ ابزار و روش‌هایی برای ایجاد توانمندی ویژه از فیزیک در رشته‌های مختلف.

ج. با شخصی‌سازی راهبردها، دانش‌آموزان قادر به ایجاد نقش فعال در یادگیری فیزیک هستند و به آن‌ها فرصتی برای اختصاص روش‌های فیزیک کاربردی می‌دهد.

د. حمایت از یادگیری دانش‌آموزان به روش‌های چند وظیفه‌ای با استفاده از ابزار فناوری اطلاعات و ارتباطات، فعالیت‌های آزمایشگاهی، حل مسئله و ارزیابی گام‌به‌گام نتایج یادگیری انجام می‌شود.

جنارو زاوالا[21] موضوع «طراحی مسئله براساس چارچوب‌های شناختی برای آموزش فیزیک» را ارائه می‌دهد. این روش طوری طراحی شده است که می‌تواند تقریباً در هر مکانی و بدون نیاز به تجهیزات به اجرا در آید. در این طرح که دانش‌آموزان در گروه‌های سه یا چهار نفره با یکدیگر مشارکت می‌کنند. طراحان یک مسئلهٔ سنتی را به یک مسئلهٔ با قالب آموزشی تبدیل می‌کنند و دانش‌آموز از مراحل استدلال علمی برای ساخت ایده‌ها (روش داربست‌های شناختی) استفاده می‌کند. در این بخش چند مثال ارائه می‌شود و نتایج استدلال دانش‌آموزان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

میلا کریجوسکایا[22] با «بررسی روابط بین شهود، استدلال و درک مفهومی در فیزیک» سر و کار دارد. او روش‌های مختلفی را در یک پروژهٔ در حال انجام با تمرکز بر استدلال دانش‌آموزان در فیزیک، اعمال کرده است که به او این امکان را می‌دهد که استدلال، شهود و درک مفهومی در فیزیک را از یکدیگر جدا کند. نظریهٔ پردازش دوگانه برای پاسخ‌گویی به الگوهای مشاهده شده در پاسخ دانش‌آموزان استفاده می‌شود. داده‌های مربوط به دوره‌های فیزیک مقدماتی ارائه خواهد شد و پیامدهای مربوط به آموزش نیز مورد بحث قرار خواهد گرفت.

لازم است خاطرنشان کنیم که پیشرفت‌هایی صورت گرفته است، اما برای شناسایی اثربخشی رویکردها در کشورهای مختلف با زمینه‌ها و برنامه‌های مشابه، نیاز به کار بیشتری است. نتایج نوآوری باید تکرارپذیر باشند (که اغلب این اتفاق نمی‌افتد) تا پایه‌ای معقول از مطالب آموزشی را تشکیل دهد.

لورنس وینت[23] در فصل خود اظهار داشت که در آموزش علوم تفکر انتقادی را بسیار مهم می‌داند. اما تمرکز کنونی، که در بیشتر کشورها بر شایستگی‌های قابل مشاهده است، باعث کاهش ساختار مفهومی منابع مورد استفاده در آموزش می‌شود. سپس یک سؤال اساسی مطرح می‌شود: آیا تصور مفهومی و تحولات اساسی به‌طور جداگانه مثمرثمر هستند؟ از نظر عملیاتی آیا می‌توان تفکر انتقادی را در دانش‌آموزان بدون ساختار مفهومی پرورش داد؟ براساس چارچوب معرفت‌شناختی که به نقش محوری جست‌وجو در انسجام علم تأکید می‌کند، مطالبی که باید آموزش داده شود به تبادل نظر بین تجزیه و تحلیل کامل محتوا و آنچه ما به‌عنوان ایده‌های دانش‌آموزان قدیم می‌شناسیم اشاره می‌کند.

یافته‌ها حاکی از آن است که اکثر دانش‌آموزان قبل از شروع انتقاد، نیاز به رسیدن به آستانهٔ درک و فهم بیشتر دارند. به عنوان مثال، نیازی به دانستن چگونگی کار با رادیو کربن‌ها نیست که بخواهیم بعد از خواندن متنی ناقص در مورد «اگر هیچ واپاشی رادیواکتیو در جو وجود نداشته باشد، غلظت اتم‌های C_{14} در جو نسبت به زمان ثابت هستند» سؤال بپرسیم. با وجود این مشاهده می‌شود که تا زمانی که درک مشخصی از این پدیده حاصل نشود، چنین سؤالاتی توسط دانش‌آموزان مطرح نمی‌شود. پس از رسیدن به این آستانه (وابسته به هر فرد)، سؤالات مهم و انتقادی برای درک مطلب به‌وجود می‌آید که این پدیده را با عنوان سندروم «انتقاد با تأخیر» توصیف می‌کنیم.

برای تعداد کمی از شرکت‌کنندگان (دو نفر از ده نفر) با توجه به ناقص بودن توضیح مطلب مورد نظر، شاهد عدم انتقاد و سؤال بودیم. این دانشجویان موضوع مورد بحث را از قبل خیلی خوب می‌دانستند. بنابراین آن‌ها به‌طور ناخودآگاه آنچه را می‌خواندند، در ذهنشان کامل می‌کردند و در نتیجه به نظر خودشان مطلب بدون نقص بیان شده بود. ما این پدیده را با عنوان سندروم «قضاوت متخصص بیهوشی» توصیف می‌کنیم.

تانجا تاجمل[24] در فصل خود به «تنوع در آموزش فیزیک» از دیدگاه نظری و گفتمان- تحلیلی می‌پردازد. گفتمان «تنوع» از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به انگیزه‌های مختلف در ترویج تنوع (کارآمد و همچنین آزادی بخش) آگاهی کامل معلمان فیزیک و محققان آموزش‌وپرورش دربارهٔ تنوع، اهمیت فزاینده‌ای پیدا می‌کند. توصیف مفهومی متداول از تنوع، به ویژه از طریق طبقه‌بندی افراد با ویژگی‌های خاص، خطر تبعیض را به همراه دارد. در این بخش، چشم‌انداز حقوق بشر به‌عنوان رویکردی برای درک جامع تنوع در آموزش فیزیک برجسته می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1.Mauricio Pietrocola
2. Fundamentals of Physics
3. the end of nature and the end of tradition
4. Beck
5. Science- society
6. Western tradition
7. Social conscience
8. Upgrading physics education to meet the needs of society (Springer Nature Switzerland AG 2019)
9.Ian Lawrence
10. Dialogic Development of Children's Ideas Using Computation in the Classroom: keeping it Simple
11. re- representing
12. Tom Ellermeijer
13. Science Technology Engineering Art and Mathematics
14. Inquirey- Based Science Education
15. Mathematik Informatik Naturwissenschaft und Technik
16.Marcia Begalli and Uta Bilow
17. www. Physics-masterclasses. org
18. Large Hadron Collider (LHC)
19. Leos Dvorak
20. Jenaro Guisasola
21.Genaro Zavala
22. Mila Kryjevskaia
23. Laurence Viennot
24. Tanja Tajmel