

سرن و فرصت‌های آموزشی

محمد رضا خسروی پور

آموزش و پرورش ناحیه ۴ مشهد

مقدمه

در کوهپایه‌های سرسبز آلپ، جایی بین سوئیس و فرانسه و در عمق ۱۰۰ متری زمین ماشین‌های عظیمی در حال کارند که با سرعت بالا، مرزهای علم بشری را درمی‌نورند. عالی‌ترین جلوه‌های همکاری بین رشته‌های مختلف علوم در کنار به‌کارگیری حداکثری از تکنولوژی، مرکز تحقیقات هسته‌ای اروپا موسوم به سرن را به ویتترین افتخارات علمی بشر تبدیل کرده است. این مرکز همان‌گونه که برای جلب همکاری علاقه‌مندان و محققان مرزهای جغرافیایی را نادیده گرفته است، مرزبندی‌های رشته‌ای در علم را نیز تعریف‌نشده می‌داند. در این میان اهمیت آموزش علوم به‌ویژه در فیزیک و ریاضیات در دو زمینه تجربی و نظری و در سطوح مختلف از ابتدایی تا پیشرفته به‌خوبی توسط این مرکز حس شده و برای آن برنامه‌ریزی شده است. این امر مهم با هدف علاقه‌مندسازی و هدایت دانش‌آموزان به‌سمت مطالعه فیزیک ذرات دنبال می‌شود. در این میان سیاست آموزشی سرن براین باور استوار است که معلمان دبیرستان بهترین فرصت و پل ارتباطی بین سرن و دانش‌آموزان هستند. به این منظور هر ساله برای تعدادی معلم فیزیک از سراسر دنیا ویژه‌برنامه‌ای از سوی این مرکز اجرا می‌شود. این برنامه فرصت بی‌نظیری است که علاوه بر ارتقای سطح علمی معلم شرکت‌کننده، دانش‌آموزان و مردم جامعه نیز از دستاوردهای آن بهره‌مند می‌شوند. به بهانه شرکت معلمان فیزیک ایرانی در سال‌های اخیر در این برنامه، برآنیم در این گفتار به برخی دستاوردهای این برنامه برای جامعه آموزشی کشور بپردازیم.

کلیدواژه‌ها: سرن، آموزش فیزیک، مدل استاندارد، نیروهای بنیادی.

سرن و کرانه‌های علم بشری

نظریه‌های علمی بشر در کشف معمای هستی تا کجا پیش رفته‌اند؟ این نظریه‌ها تا چه حد با داده‌های تجربی مطابقت دارند؟ محدودیت‌های فناوری در آزمایش این نظریات کدام‌اند و چگونه بایستی بر آن‌ها چیره شویم؟ تلاش‌های ما در این مسیر چه دستاوردهای علمی و کاربردی برای جامعه بشریت به همراه داشته‌اند؟ جهت حرکت‌های آینده علمی بشر چگونه و در راستای پاسخ‌گویی به چه پرسش‌هایی است؟ پرسش‌هایی از این قبیل و پاسخ‌های آن‌ها روشن‌کننده ساختمان علمی امروزه ماست. در این میان اگر این مقوله‌ها به دو پرسش بنیادی و همیشه همراه بشر معطوف شوند، آنگاه سرن بهترین مکان برای جست‌وجوی پاسخ برای آن‌ها است. اینکه ما از کجا آمده‌ایم؟ و جهان هستی از چه ساخته شده است؟ آن دو پرسش مهم‌اند که دستیابی به جام مقدس فیزیک در گرو یافتن پاسخی برای آن‌هاست. «مهبانگ» و «مدل استاندارد ذرات بنیادی» آخرین نسخه پاسخ‌ها هستند که به ترتیب به این دو پرسش داده‌ایم. تولد این نظریات به نیمه قرن بیستم برمی‌گردد. بیش از پنجاه سال است که تلاش‌های تجربی، در حوزه‌های «کیهان‌شناسی» و «ذرات بنیادی» معطوف به دستیابی به شواهد تجربی برای این دو مدل است. پیش‌بینی‌های فیزیک جدید حاکی از آن است که با افزایش بیش از پیش ذراتی نظیر پروتون‌ها و هسته عناصر و برخورد رودرروی آن‌ها شرایطی را ایجاد می‌کند که اجزای سازنده جهان شامل کوارک‌ها و لپتون‌ها با غلبه بر نیروهای بنیادی چهارگانه تصویری محدود از لحظات اولیه خلقت را بازآفرینی می‌کنند. این بدین معنی است که در صورت موفقیت آزمایش ما شانس مشاهده شرایط اولیه مهبانگ و ذرات بنیادی پیش‌بینی شده را خواهیم داشت. اما این

آزمایش در مراحل مختلف با دشواری‌های عملی غیر معمولی روبه‌رو می‌شود.

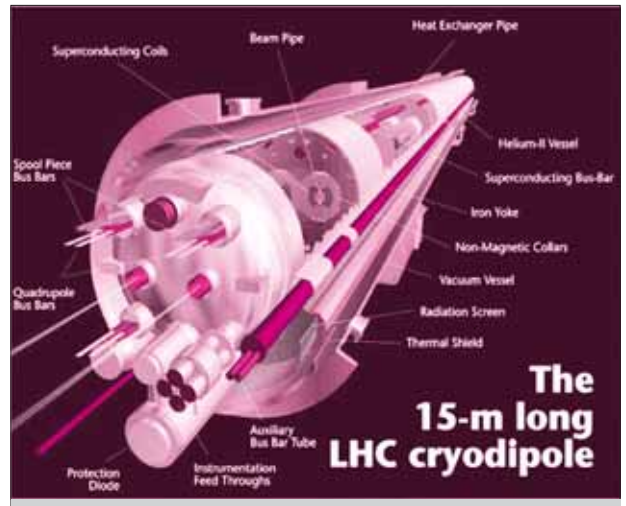
اولین چالشی که دانشمندان تجربی با آن روبه‌رو هستند آن است که افزایش سرعت ذرات تا همسایگی حد بالای سرعت در طبیعت یعنی سرعت نور برای آزمایش ضروری است. این نیاز در طول سال‌ها علت اصلی توسعه شتاب‌دهنده بوده است. شتاب‌دهنده‌های ذرات براساس استفاده از میدان الکتریکی برای تزریق انرژی و میدان مغناطیسی برای جهت‌دهی پرتوها استفاده می‌شوند. پیچیدگی این ماشین‌ها آنقدر هست که شاخه‌ای از فیزیک و مهندسی به این ماشین‌های غول‌پیکر و مهم اختصاص یابد. آخرین مولود این رشته، شتاب‌دهنده‌ای است که به شکل دایره‌ای به محیط ۲۷ کیلومتر در عمق ۱۰۰ متری زمین به کار گرفته می‌شود. برخورددهنده بزرگ هادرونی (LHC) پس از شروع به کار در ابتدای قرن بیستم و بعد از پشت‌سر گذاشتن یک حادثه بزرگ مهندسی توانسته است تا پایان سال ۲۰۱۵ میلادی پروتون‌ها را تا مرز ۱۴ تراالکترون ولت شتاب دهد. کامل‌ترین خلأ و پایین‌ترین دما در جهان هستی در کنار میدان‌های مغناطیسی قوی از عامل‌های فیزیکی هستند که داخل لوله هسته‌ای LHC توسط صفحات بزرگ ابررسانا احاطه شده‌اند.

فیزیکی ذرات مانند بار الکتریکی، اسپین، انرژی و... ذرات را به دام می‌اندازد. تراکم بالای لایه‌ها و کیفیت فیزیکی آن‌ها از جمله جنبه‌های بی‌نظیر آشکارسازها است. این ماشین‌های غول‌پیکر از لحاظ ابعاد با یک ساختمان چند طبقه و به لحاظ جرم با اعدادی از مرتبه ۱۴۰۰۰ تن توصیف می‌شوند. فیزیک آشکارسازها اگرچه قانون‌های فیزیکی کوتاه و خوش تعریف و استوار دارد اما در مرحله ساخت و مهندسی با چالش‌های بزرگ روبه‌رو است. بر روی محیط LHC چهار آشکارساز بزرگ ALICE, ATLAS, LHCb, CMS رسالت آشکارسازی ردپای ذرات حاصل از برخورد را به عهده دارند. در این میان نباید شاهکارهای مهندسی مکانیک و حمل‌ونقل را از یاد ببریم.



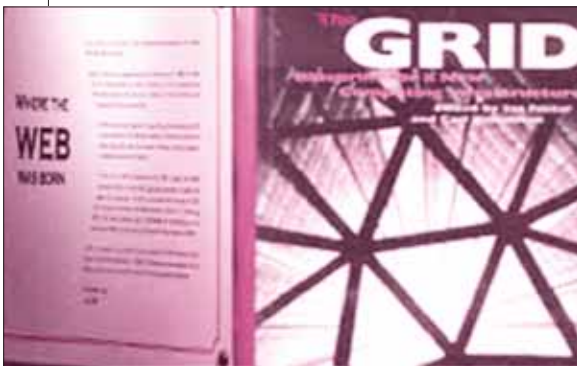
▲ شکل ۲. CMS به ابعاد ۱۵ متر در ۱۵ متر در ۲۵ متر و جرم ۱۴۰۰۰ تن یکی از چهار آشکارساز سرن است که افتخار آشکارسازی هیگز را در کارنامه دارد.

گام مهم بعدی، ثبت وقایع و تحلیل آن‌هاست. انبوه ردها از یک سو و فرصت کوتاه و نزدیک به صفر از سوی دیگر، استفاده از روش‌های خاص ثبت و تحلیل داده‌ها را می‌طلبد. پردازنده‌های پرسرعت، هارد دیسک‌های پر حجم راه‌حل این مشکل هستند. استفاده از ظرفیت‌های نگهداری و پردازش سرورهای رایانه‌ای در سراسر دنیا ایده‌ای است که همیشه سرن امیدوار به استفاده از آن برای غلبه بر چالش داده‌ها بوده و هست. این تلاش در دهه پایانی قرن بیستم منجر به تولد پدیده‌ای جهان‌شمول به نام وب (WEB) شد. در حال حاضر نیز برنامه‌ای جدید موسوم به گرید (GRID) سرعت و حجم انتقال و پردازش اطلاعات را تا حد حیرت‌آوری افزایش داده است.



▲ شکل ۱. در عمق ۱۰۰ متری زمین، مجموعه‌ای از چهار قطبی‌های قرار دارند که مسیری به طول ۲۷ کیلومتر را برای شتاب‌دادن پون‌ها تا نزدیک سرعت نور مهیا می‌کنند.

برخورد دسته یون‌های شتاب‌داده شده در شتاب‌دهنده، باغ‌وحشی از ذرات را به وجود می‌آورد که کثرت در تعداد، طیف وسیعی از ویژگی‌های فیزیکی و کوتاهی غیر قابل تصور طول عمر را یک‌جا دارند. این ویژگی‌ها، آزمایش را با یک موقعیت کاملاً جدید روبه‌رو می‌کند. آزمایشگران بایستی ابتدا با استفاده از قانون‌های برهم‌کنش ذره با محیط، بتوانند ردی از ذرات را در لایه‌های مختلف از مواد مختلف ثبت کنند. به این منظور دانشمندان به سراغ طراحی آشکارسازها می‌روند. لایه‌ای عظیم از مواد که هر لایه براساس یکی از ویژگی‌های



▲ شکل ۳. وب و گرید دو هدیه سرن به جهان ارتباطات هستند

در ویژه برنامه سالیانه سرن برای معلمان فیزیک دبیرستان موسوم به HST بود. به عنوان یک معلم فیزیک بایستی به این نکته توجه شود که یک مرکز علمی که پژوهشگران رده اول جهانی را به کار می گیرد و برنامه آن پژوهش های بنیادی است چرا و چگونه می تواند به آموزش علوم برای نوجوانان ارتباط پیدا کند. واقعیت آن است که به رغم شرکت معلمان ایرانی در چند سال اخیر در این برنامه، بیشتر بر معرفی این مرکز و مختصات علمی آن به عنوان دستاورد حضور در این برنامه تأکید شده است. اما نگاه منطقی می طلبد که معلمان فیزیک به دنبال دستاوردهایی علاوه بر آشنایی با این مرکز باشند. اما پیام این برنامه چیست؟ برای یافتن پاسخ به این پرسش اجازه دهید به سبک یکی از سخنرانان ویژه برنامه معلمان سرن، از زاویه دیگری این مرکز را ببینیم.

مهندسی در سرن با هدف گشایش رموز جهان هستی و یافتن پاسخ های علمی و تجربی برای پرسش های بنیادی انجام می شود، اما نتایج حاصل از آن قبل از پیش بردن مرزهای علمی به دستاوردهای فناورانه تبدیل شده اند که جامعه از آن ها بهره مند می شود. تولید صفحات خورشیدی که هم اکنون درصد بالایی از انرژی الکتریکی فرودگاه شهر ژنو را تأمین می کنند، تقدیم دنیای وب به جامعه و از همه مهم تر روش درمانی موسوم به هادرون درمانی برای بیماری های خاص به ویژه سرطان، فعالیت های سرن را برای همه اقشار جامعه جالب و امیدوار کننده ساخته است.



▲ شکل ۴. دستاوردهای پزشکی در سرن

Key words in CERN

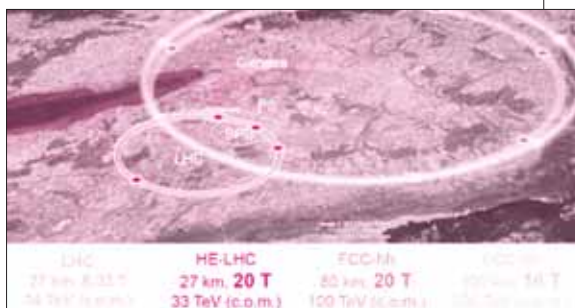
CERN
COLLABORATION
EDUCATION
FUNDAMENTAL RESEARCH
NEW TECHNOLOGIES

▲ شکل ۶. کلیدواژه ها در سرن از دیدگاه مجریان ویژه برنامه معلمان فیزیک

آموزش یکی از محورهای اصلی برنامه های سرن است. پر واضح است که آموزش در سطوح ابتدایی و میانی در این برنامه جایگاه ویژه ای دارد.

حال باید دید در راستای تحقق این هدف چه برنامه های آموزشی به اجرا در می آید. پیش از هر چیز باید خاطر نشان کرد که وجود بخش فعال در سرن گواهی بر اهمیت موضوع آموزش برای دست اندرکاران و سیاست گزاران این مجموعه است. در راستای تحقق این هدف سالیانه برنامه آموزشی مدون و هدفمند با محوریت فیزیک ذرات بنیادی اجرا می شود. از جمله این برنامه ها می توان به مدرسه تابستانی ویژه دانشجویان (summer school) دوره های بین المللی آموزشی ذرات بنیادی (international Masterclasses)، بازدید و کلاس های مجازی ویژه دانش آموزان دبیرستان (Virtual school visits)، کارگاه های یک روزه ذرات بنیادی ویژه دانش آموزان (School Lab) و رقابت دانش آموزی طراحی آزمایش برای باریکه ذرات (Beam line for school) اشاره کرد. همان گونه که پیدا است، همه این برنامه ها با محوریت دانش آموزان و با هدف علاقه مند کردن ایشان به فیزیک ذرات بنیادی انجام می شود.

همچنان که گذشته سرن در پیشرفت و عمق بخشیدن نگاه بشر به جهان هستی افتخارآمیز بوده است، افق پیش روی آن نیز امیدوارکننده و البته اسرارآمیز است. جنبه های گوناگونی از دو مدل علمی یاد شده یعنی مهیابنگ و مدل استاندارد ذرات بنیادی وجود دارند که برنامه های علمی آینده سرن را معین می کنند. ماده تاریک و انرژی تاریک چیست؟ ابر تقارن در مدل استاندارد چگونه وارد خواهد شد؟ نیروی بنیادی گرانش چگونه با سایر نیروهای بنیادی متحد خواهد شد؟ ساختار فضای تهی چگونه قابل توصیف است؟ حیات چیست و آیا زندگی یک تصادف است؟ این ها و پرسش های زیاد دیگری مسیر حرکت علم و سرن را در قرن بیست و یکم تعیین می کنند.



▲ شکل ۵. توسعه فنی سرن با هدف یافتن پاسخ برای آیا در شکل ۵ کلمه های لاتین آورده شود پرسش های بنیادی بشر صورت می گیرد.

سرن و آموزش فیزیک

آنچه نگارنده را مجاب کرد تا گفتار حاضر را بنویسد، حضور

وضعیت را پیشنهاد می‌کند. گروه آموزشی سرن و در رأس آن‌ها پروفسور رولف لاندو معتقدند که در مباحث دبیرستانی درس فیزیک فرصت‌هایی وجود دارد که معلم می‌تواند بدون دور شدن از اصل بحث و سطح معلومات دانش‌آموزان و با اولویت عمق بخشیدن به مطالب، دانش‌آموزان را به سمت کشف و پیش‌بینی مفاهیم فیزیک جدید راهنمایی کند. در این خصوص مثال‌های مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفت. از جمله مباحث مطرح شده ضرورت جهت‌گیری آموزش به سمت مفاهیم بنیادی بود. اینکه آیا در دوره آموزشی معادل با دبیرستان نیازی به طرح این موضوع هست یا خیر و اینکه اولاً تدریس مفهومی فیزیک جدا از هدف محصل باید یک ویژگی تدریس و آموزش باشد. ثانیاً این روش به نزدیک شدن مباحث به کاربرد را سهل‌تر می‌کند. در واقع آموزش پژوهش‌محور از نیازهای جامعه بشری است. نکته دیگر به‌عنوان یک ویژگی علوم، در هر مقطع می‌تواند آموزش به شیوهٔ مکاشفه‌ای و پیش‌بینی انجام شود. به تعبیر دست‌اندرکاران آموزش سرن دانشمندی صفتی است که هر انسان در هر مقطع سنی می‌تواند به خود بگیرد.

از نکته‌های بسیار مهم مورد بحث یافتن فرصت‌های مناسب برای آماده کردن و جهت‌دهی ذهن دانش‌آموزان به سمت مباحث بنیادی بود. در این خصوص، موضوع‌هایی نظیر قانون‌های پایستگی، رابطه هندسه با فیزیک، نقش تقارن‌ها در راه‌حل مسائل و رابطه نوسانی بین ریاضی و فیزیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. البته شایان ذکر است که این موضوع به معنی تدریس مستقیم این مفاهیم نیست بلکه انتظار می‌رود که مدرس در فرایند تدریس به صورت غیرمستقیم اهمیت این موضوع‌ها را در ذهن دانش‌آموزان داشته باشد و با طرح مثال‌هایی دانش‌آموز را در موقعیت مقایسه و نتیجه‌گیری قرار دهد. مثال‌های عملی برای به کار بردن این اصول در تدریس در کلاس‌ها مطرح شد که در صورت یافتن مجال در برنامه‌های آموزشی کشور قابل طرح و بررسی است.



▲ شکل ۷. انجام برنامه‌های کاربردی متعدد به منظور علاقه‌مند کردن دانش‌آموزان به مباحث بنیادی در سرن.

در رسیدن به اهداف یاد شده به‌رغم برنامه‌های متعدد اما شانس استفاده دانش‌آموزان به شکل حداکثری و البته سایر اقشار جامعه به دلیل مشکلات دسترسی زیاد نیست. برای رفع این مشکل، سراغ پتانسیل انسانی بزرگی می‌رود که می‌تواند مجری این برنامه‌ها در سراسر دنیا باشد. معلمان فیزیک دبیرستان به دلایل گوناگون بهترین سفرای برنامه‌های آموزشی سرن در سراسر دنیا هستند. معلمان فیزیک به‌عنوان کسانی که با جامعه آماری دانش‌آموزان وسیعی سروکار دارند از یک‌سو و کسانی که به بهترین نحو قادرند مطالب و روش‌های علمی را به دانش‌آموزان منتقل کنند از سوی دیگر، جامعه هدف در برنامه‌های آموزشی سرن به‌شمار می‌روند.



▲ شکل ۸. جایگاه معلم در آموزش مفاهیم فیزیک جدید از نگاه سرن



▲ شکل ۹. محمدرضا خسری پور (استاد، چپ) عضو کارگروه «برنامه‌درسی فیزیک جدید» در سرن

خلاصه بحث‌های انجام شده و پیشنهادهای ارائه شده در این کارگروه به قرار زیر است:

اینجانب در طی ویژه برنامه معلمان در سال ۲۰۱۵ در سرن با شرکت در کارگروه «برنامه درسی فیزیک جدید» به رهبری مسئول آموزش سرن این فرصت را پیدا کردم تا ضمن آشنایی نزدیک‌تر با اهداف و برنامه‌های آموزشی در این مرکز، چارچوب کلی آموزش فیزیک در ایران را به استناد متن کتاب‌های درسی برای ایشان و تبیین و به برخی از چالش‌ها و البته فرصت‌های آموزشی در کشور اشاره کنم. جلسات متعدد کارگروه و بحث‌های مختلف، موقعیت فیزیک جدید را در چند سال پیش از ورود به دانشگاه برای اکثر نظام‌های آموزشی دنیا روشن و برخی راه‌کارهای بهبود این

آزمایش و اندازه‌گیری اگر چه شالوده فیزیک است، اما نگاه درجه دو به این مقوله به ویژه در نظام آموزشی بومی ما صدمه بزرگی به آموزش فیزیک زده است

منابع

1. Veness R, "An Introduction to Engineering at CERN"; High school teachers program; 2015 jul 5 - 25 GENEVA, Switzerland.
2. Landua R, "Education Resources"; High school teachers program; 2015 jul 5-25; GENEVA, Switzerland.
3. Jendek, "Introduction to Teacher program"; High school teachers program; 2015 jul 5 - 25; GENEVA, Switzerland.
4. Landua R, STRUCTURE OF MATTER - Discoveries and mysteries"; High school teachers program; 2015 jul 5 - 25; GENEVA, Switzerland.
5. <http://education.web.cern.ch/education/chapter2/Intro.html>

فیزیک خاستگاه و مرجع اصلی پاسخ‌گویی به پرسش‌های بنیادی بشر است. مطالعه و پژوهش در این شاخه از علوم ویژگی‌های خاصی دارد. تسلط به مفاهیم و کاربرد ریاضیات به‌عنوان زبان طبیعت، آزمایش و اندازه‌گیری با دقت بالا و البته علاقه و استعداد فردی از جمله این ویژگی‌هاست. تربیت پژوهشگرانی با این ویژگی‌ها، استفاده از تمام فرصت‌ها و پتانسیل‌های آموزشی را می‌طلبد. در این طرح برآنیم تا با تکیه بر دانش دانش‌آموزان دبیرستانی و با روشی نشاط‌انگیز، افق دید ایشان را نسبت به پدیده پیرامون تا حد ممکن گسترش دهیم.

آموزش فیزیک در سطح دبیرستان در تمام نظام‌های آموزشی با چالش‌های گوناگون همراه است. به اقرار پژوهشگران آموزش علوم، برخی از این چالش‌ها به قرار زیر است:

۱. به‌عنوان یک چالش بین‌المللی، پیش‌نیاز ریاضی برای آموزش فیزیک در برخی از روش‌ها این مبحث را برای دانش‌آموزان ملال‌آور ساخته است. این ویژگی در بعضی از موارد به تهی شدن آموزش فیزیک از ریاضیات به‌عنوان راه‌حل انجامیده است. این درحالی است که جدا نگریستن این دو مقوله به شدت به آموزش و تعمیق مطالب در هر دو مبحث می‌انجامد. آموزش جزیره‌ای ریاضی و فیزیک از یک سو باعث انتزاعی و غیرکاربردی انگاشتن ریاضی و از سوی دیگر محدود ماندن افق دید در درس فیزیک می‌شود.

۲. آزمایش و اندازه‌گیری اگر چه شالوده فیزیک است، اما نگاه درجه دو به این مقوله به‌ویژه در نظام آموزشی بومی ما صدمه بزرگی به آموزش فیزیک زده است. در این میان تلاش‌های جسسته و گریخته برای روی آوردن به آزمایش نیز فاقد نگاه علمی موردنظر این بحث است. به‌گونه‌ای که آزمایشگاه در بهترین حالت محلی برای مشاهده پدیده‌هاست و نه اندازه‌گیری.

۳. نگاه پژوهش‌محور به آموزش به‌ویژه در شاخه‌های علوم پایه اکنون نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت است. این رویکرد دانش‌آموز را سریع‌تر و البته کارا تر به مقاطع تحصیلی بالاتر هدایت خواهد کرد. این مهم در اموری مانند انتخاب رشته و ادامه تحصیل، کارایی و شیرینی مطالعه و فهمیدن را چند برابر خواهد کرد.

۴. به یاد داشته باشیم که هیچ‌کس از نگاه کردن به تلی از خاک و آهن و سیمان لذت نمی‌برد. درحالی‌که بنایی شکوهمند با معماری زیبا علاوه بر لذت دیدن، غرور عظمت و افتخار مالکیت، فرصت دیدن به افق‌های دور دست را هنگامی که بر ایوان مرتفع آن بایستید برایتان به ارمغان می‌آورد. این اشاره‌ای است به داستان امروز علم. علمی که نه از جزایر دورافتاده‌ای مانند ریاضیات، علوم تجربی و هنر، بلکه

بر ترکیبی خلاقانه از این موضوع‌ها بنا شده است. براساس بحث‌های انجام شده در کارگروه مذکور و با تکیه بر تجربه‌های شخصی در تدریس و البته پرس‌وجو از صاحب‌نظران به‌نظر می‌رسد که راهکارهای زیر بتواند ما را به هدف نزدیک کند. این پیشنهادها در قالب طرحی که من آن را «پل» نامیده‌ام برای عده‌ای از دانش‌آموزان علاقه‌مند در حال اجرا است. برخی از ویژگی‌های این طرح به قرار زیر است:

۱. تأکید بر محتوای کتاب‌های درسی از جمله ویژگی‌های این طرح است. برخلاف برخی فوق‌برنامه‌ها، تدریس مطالب مقاطع بالاتر و در سطح بالاتر از کتب درسی دانش‌آموزان به هیچ‌عنوان مدنظر نیست.

۲. در این طرح با عمق بخشیدن به مفاهیم ریاضی و فیزیک، دانش‌آموز به‌طور مستقیم و غیرمستقیم برای شرکت در آزمون‌های سراسری و استناددار که بر مبنای ارزشیابی مفهومی طرح شده باشند آماده می‌شود.

۳. این طرح پلی خواهد بود بین حال و آینده بین ریاضیات و علوم. دانش‌آموزان فرصت خواهند یافت تا با استفاده از معلومات علمی خود و با مدد از اندیشه خلاق خود و به زبان ریاضیات آینده پدیده‌های علمی را پیش‌بینی کنند. و مانند یک پرسشگر حرفه‌ای چرخه مشاهده، پرسش، نظریه، پیش‌بینی و آزمایش را بارها و بارها بیمایند.

۴. در این روش تدریس به‌صورت فعال و با نگاه گروهی انجام می‌شود. به این معنی که فعالیت‌های دانش‌آموزان عمدتاً در قالب کار تیم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۵. طرح درس آماده شده برای دوره‌های ده‌جلسه‌ای طراحی شده است. هر جلسه که محتوی آن شامل مباحث نظری و عملی به‌صورت توأم است، به مدت ۹۰ دقیقه اجرا می‌شود.

۶. مخاطبان این طرح برای دوره دوم متوسطه، دانش‌آموزان سال دوم متوسطه در رشته‌های ریاضی و تجربی و برای دوره اول متوسطه دانش‌آموزان پایه هشتم هستند. مسلم است که طرح درس برای دو گروه و با چشم‌انداز متفاوت طراحی شده است.

طی مذاکرات و صحبت‌های مستقیم انجام شده با استادان گروه آموزشی سرن، گزینه برگزاری کارگاه آموزشی با موضوع مذکور برای علاقه‌مندان در فرصت‌های مناسب مطرح شد که توافق شفاهی مبنی بر برگزاری این دوره در داخل کشور مانند سایر کشورها به‌عمل آمد. روشن است تحقق این امر نیاز به نیازسنجی و البته زمینه‌سازی‌های اجرایی موردنیاز است. در پایان از تمامی صاحب‌نظران خواهشمند است نظرات و پیشنهادهای خود را در مورد موضوع‌ها و طرح ارائه شده با ما به اشتراک بگذارند.