وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

چشم انداز آموزشی

شماره ۱۱ بهـــار ۱۳۹۵

این شماره: علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات برای همه

ترجمه مقاله هایی از نشریه

Educational Leadership: STEM for All. December 2014/January 2015 | Vol.72 | No .4

ترجمه شده در: شورای گزینش و ترجمهٔ متون خارجی
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

سرپرست مترجمین: دکتر محمد جعفر جوادی / ویراستار: بهروز راستانی / مدیر داخلی : طیبه الدوسی

چشم انداز آموزشی

این شماره: علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات برای همه

فهرست

کمک کنیم آموزش یکپارچه علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات توسعه پیدا کند ۲
فراتر از یک «سرواژه» ۶
هم‌گام با استانداردهای جدید علوم ۱۴
لحظات قابل آموزش در ریاضی ۲۵
مهندسی برای همه ۳۳
همگانی کردن علوم رایانه ۴۲
آموزش «علوم، فناوری، مندسی و ریاضیات» برای همه ۴۸
آموزش «اهمیت علوم» ۶۰
مطالعه درباره دانشمندان واقعی ۶۸
یکپارچه کردن علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات ۷۵
معلمان مورد نیاز در آموزش STEM ۸۲

کمک کنیم آموزش یکپارچه علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات توسعه پیدا کند

سردبیر: مارچ شیرر

مترجم: محمدجعفر جوادی

یک تعمیرکار وسایل خانه، به نام جوزف مونت گلفیر[1]، با مشاهدهٔ تکان خوردن پیراهنی که بالای یک شومینه در حال خشک شدن بود، تصمیم گرفت زیر یک بالن آتش روشن کند و به این ترتیب، اولین ماشین‌پرواز را به‌وجود آورد.

گالیله[2]، بعد از مشاهدهٔ یک اثر هنری که از سقف یک کلیسا آویزان و در حال نوسان بود، به بررسی ساز و کارهای پاندولی پرداخت که ساعتی را به حرکت در می‌آورد و در نتیجهٔ آن، ۵۰ سال بعد ساعت ساخته شد.

1. Montagolfier, J.
2. Galileo

ژوهانس گوتمبرگ[1]، نخستین ماشین چاپ را در حالی اختراع کرد که قصد داشت فشار در یک بطری را تنظیم کند. این ابداع نه تنها موجب به‌وجود آمدن طبقهٔ جدیدی از افراد با سواد شد، بلکه در سال‌های بعد، نیاز فزاینده‌ای به عینک نیز پیدا شد.

گروهی از سازندگان ظروف شیشه‌ای که از طریق دمیدن آنها را تولید می‌کردند، از «ونیز» اخراج شدند، چرا که موجب بروز یک آتش‌سوزی تصادفی شده بودند که از کورهٔ آنها شروع شده بود. آنها به‌قدری دربارهٔ ویژگی‌های شیشه مطلب آموخته بودند که در نهایت، دانشمندان، ریاضی‌دانان، فناوران و مهندسان بعدی توانستند دانش لازم را برای ساختن عینک، میکروسکوپ، تلسکوپ و نیز دوربین‌هایی که از ماه عکس می‌گیرند، به‌دست آورند.

این طرح‌ها که از روی اسناد علوم «PBS»[2] اقتباس شده‌اند، به نحو جالب توجهی توضیح می‌دهند که کاوشگری‌های سازمان یافته سال‌ها ادامه یافته‌اند تا به نوآوری‌های متعددی منجر شده‌اند؛ نوآوری‌هایی که امروزه کاملاً طبیعی و مطابق با انتظار تلقی می‌شوند. نکتهٔ جالب این است که چگونه هر اختراع موجب اختراعات دیگری می‌شود. در واقع خلاقیت‌ها و همکاری‌های ناشناختهٔ بسیاری به یکدیگر وابسته هستند و ارتباط‌های پیش‌بینی شده‌ای را بین علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات موجب می‌شوند. در سایر حوزه‌های دیگر مطالعه، از جمله هنرها و ادبیات نیز همین موضوع صدق می‌کند. امروزه مسائل پیچیده‌ای وجود دارند که نیازمند راه حل هستند و باید امیدوار باشیم که دانش‌آموزان امروزی همین نوآوری‌ها را دنبال کنند.

این شماره از مجلهٔ «رهبری آموزشی» به جنبش در حال رشد آموزش «علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات»[3] (STEM) اختصاص دارد. اگرچه بعضی بر این باورند که کارگران عصر STEM به‌دلیل نیاز به این آموزش‌ها با بحران روبه‌رو هستند (آمده در صفحهٔ ۱۰)، دیگران معتقدند که در مورد بحرانی بودن "وضعیت نیروی کار" اغراق شده است (صفحهٔ ۷۹). با این وصف، اکثر کارشناسان بر این باورند که تمام دانش‌آموزان می‌توانند از سواد عمیق‌تر علوم سود ببرند، بدون اینکه بر مسیری که برای حرفه خود انتخاب می‌کنند تأثیری داشته باشد (صفحات ۷۹، ۸۴، ۸۶ و ۹۱). بعضی از نویسندگان این شماره معتقدند که در آموزش دانش‌آموزان به نکات زیر باید توجه شود:

یادگیری مبتنی بر دنیای واقع، نقش اصلی را به‌عهده دارد

واسکوئیز[4] در صفحهٔ ۱۰ مجلهٔ این شماره می‌نویسد: آموزش STEM، موانع سنتی جدا کنندهٔ چهار رشتهٔ علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات را برطرف می‌کند و آنها را برای دستیابی به تجارب یادگیری مبتنی بر دنیای واقع، منسجم و همه جانبه و مرتبط با نیازهای دانش‌آموزان یکپارچه می‌سازد. صرف‌نظر از اینکه مدرسه در چه سطحی می‌تواند آموزش STEM را فراهم کند، کاربردی کردن آن در مرکز این نوع از آموزش‌ها قرار دارد. وقتی دانش‌آموز

1. Gutenberg, J.
2. Public Broadcasting Service
3. Science, Technology, Engineering & Mathematics
4. Vasques, J.A.

می‌پرسد، چرا باید این موضوع را یاد بگیرم، تجربهٔ به‌دست آمده از طریق آموزش STEM می‌تواند به این سؤال جواب بدهد.

استانداردهای جدید فرصت‌هایی را به‌وجود می‌آورند.

به گفتهٔ مارشال[1] (صفحهٔ ۱۶) جنبش STEM همان «استانداردهای علوم نسل آینده» است. اجرای استانداردها مستلزم آن است که دانش‌آموزان با پرداختن به الگوسازی، تحلیل و طراحی، به‌صورت عملی به یادگیری علوم بپردازند. او توصیه می‌کند که معلمان در اجرای یک استاندارد جدید، با گام‌های کوچک شروع کنند، ولی بیشتر برای دویدن در یک «ماراتن» آماده باشند تا یک دوی سرعت.

با تعمیرکار، کار را شروع کنید

بی وان[2]، و همکارانش از بخش «کاوشگری» (صفحهٔ ۲۸) توضیح می‌دهند که چگونه «جنبش سازندگان» از خلاقیت و «شاگردی کردن» تجلیل می‌کنند و آن را گرامی می‌دارند. آنها بیان می‌کنند که چگونه تعمیرکاران را باید با وسایل و مواد اولیهٔ آنها به مدرسه آورد، بدون اینکه فعالیت‌های آنها را به راه حل‌هایی قدم به قدم و شبیه توصیه‌های کتاب آشپزی تبدیل کرد. شناور کردن اشیا در لوله‌های دارای باد و ساختن مدارهای ادواری، دانش‌آموزان را به همکاری و داشتن پشتکار در فعالیت‌هایشان تشویق می‌کند و آنها یاد می‌گیرند که آماده کردن وسایل دست دوم نیز بخشی از یادگیری است.

همهٔ دانش‌آموزان به STEM نیاز دارند

به گفته مارگولیس[3] و همکارانش (صفحهٔ ۴۸) علوم رایانه را دیگر نمی‌توان خاص دانش‌آموزان نخبه به‌حساب آورد. کانینگ هام و هیگنز[4] (صفحهٔ ۴۲) نکته‌ای مشابه را درمورد مهندسی بیان می‌کنند؛ رشتهٔ دیگری که در آن زنان و اقلیت‌ها به نسبتی کمتر از سهم خود حضور دارند؛ چرا که فعالیت‌های گذشته در جذب دانش‌آموزان به این حوزه موفق نبوده است. بنابراین، باید چالش‌ها را دوباره بازسازی کنیم و نشان بدهیم که چگونه مهندسی می‌تواند به مردم و جامعه کمک کند.

ارزش علوم را به دیگران بفهمانیم

الگوها و برنامه‌های فوق‌العاده‌ای درمورد آموزش STEM در مدرسه‌ها وجود دارند که دو نویسندهٔ مقاله، یعنی

1. Marshall
2. Bevan, B. Ver.al
3. Margolis, J. Vet.al.
4. Cunningham, C.M. & Higgins, M.

شامو و اشمیت[1]، در صفحات ۵۴ و ۶۸ به توضیح آنها پرداخته‌اند. این دو نویسنده یادآوری می‌کنند که اغلب دانشمندان از معلم مدرسهٔ خود به‌عنوان فردی که علاقهٔ اولیه را نسبت به علوم در آنها ایجاد کرده است، نام می‌برند. بیان احساسات و علاقه به یادگیری علوم می‌تواند این اشتیاق را در افرادی ایجاد کند که نیاز دارند بدانند چگونه به وضعیت فعلی رسیده‌ایم و چگونه به طرف آینده حرکت خواهیم کرد.

مارج شیرر ـ سردبیر مجله

1. Shumov, L. & Schiidt, J. A.

فراتر از یک «سرواژه»

نویسنده: جو آن واسکوئز[1]

مترجم: مریم خیریه

آموزش «STEM»[2] تنها به یک راهبرد محدود نیست، بلکه شامل طیفی از راهبردها برای کمک به دانش آموزان در به‌کارگیری مفاهیم و مهارت‌های مرتبط با رشته‌های علمی گوناگون به منظور حل مسائل معنادار است.

به هر سو بنگرید، می‌بینید جنون آموزش STEM آغاز شده است. اغلب مربیان با این واژه آشنایی دارند، لیکن پرسش‌های زیر برای بسیاری از آن‌ها مطرح است:

- چرا آموزش STEM اهمیت دارد؟
- آیا این آموزش همهٔ دانش‌آموزان را شامل می‌شود یا تنها به دانش‌آموزان رشته‌های ریاضی و علوم اختصاص دارد؟
- آیا STEM می‌تواند تدریس مرا بهبود بخشد؟
- آیا این آموزش، باری اضافی برای برنامهٔ درسی بیش از حد فشرده‌ام نیست؟

---

1. Jo Anne Vasquez

۲. این سرواژه از حرف اول کلمات "science, technology, engineering, and mathematics" (علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی) شکل گرفته است.

هر چیزی سرآغازی دارد

مفهوم STEM برای نخستین بار در دهۀ ۱۹۹۰ از سوی «بنیاد ملی علوم»[۱] مطرح شد. مدت زمانی طولانی از معرفی این مفهوم نگذشته بود که آمریکایی‌ها دریافتند: «جهان مسطح است»[۲] (فریدمن،[۳] ۲۰۰۵) و دانش‌آموزان ما در بازار رقابت جهانی درحال عقب ماندگی هستند؛ چرا که بسیاری از کشورهای دیگر در زمینۀ آموزش STEM گوی سبقت را از ما ربوده‌اند. بنابراین، بودجۀ بخش‌های دولتی و خصوصی به‌سوی انواع گوناگون آموزش STEM سرازیر شد و در حال حاضر STEM یک فرارشته شناخته می‌شود؛ یعنی تلفیقی از موضوعات درسی مجزای سابق در قالب رشته‌ای جدید و منسجم.

STEM یک برنامۀ درسی، جایگزینی برای استانداردهای ایالتی، یا راه حلی سریع برای مشکلات آموزشی‌مان نیست، بلکه راهبردی در یادگیری است که موانع سنتی مجزاکنندۀ این چهار رشتۀ علمی را برطرف می‌کند و آن‌ها را با تجارب یادگیری موشکافانه، مرتبط و مبتنی بر دنیای واقعی تلفیق می‌کند (واسکوئز، اسنایدر[۴] و کومر[۵]، ۲۰۱۳).

از تعریف تا عمل

تعریف STEM بخش آسان کار است و به‌کارگیری آموزش STEM در مقیاس وسیع، بسیار چالش برانگیزتر است. بخشی از این مشکل ناشی از سردرگمی گسترده در این‌باره است که آموزش STEM عملاً در کلاس درس چگونه خواهد بود (بای‌بی،[۶] ۲۰۱۳).

آموزش STEM می‌تواند شکل‌های گوناگونی داشته باشد و لزومی ندارد هر بار در برگیرندۀ هر چهار رشتۀ STEM باشد. به علاوه، این آموزش لازم نیست همواره «مسئله محور» یا «پروژه محور» باشد. لیکن تمام یادگیری‌های مبتنی بر STEM دارای یک نقطۀ اشتراک هستند؛ اینکه، برای دانش‌آموزان فرصتی فراهم می‌آورند تا مهارت‌ها و دانشی را که فرا گرفته‌اند یا در حال یادگیری آن هستند، در عمل به‌کار گیرند. «کاربرد» مهم‌ترین ویژگی این آموزش است. هنگامی دانش‌آموزان می پرسند: «چرا باید این نوع از راهبرد را بیاموزیم؟» هر تجربۀ مبتنی بر آموزش STEM، پاسخ لازم را برای آن‌ها فراهم می‌آورد.

در اینجا مثالی از مطلبی مبتنی بر STEM می‌آوریم (پیشین). (واسکوئز، اسنایدر، و کومر، ۲۰۱۳). گروهی از دانش‌آموزان پایۀ پنجم در حال فراگیری مطالبی در زمینۀ نیرو و حرکت در درس علوم، تجزیه و تحلیل داده‌ها در درس ریاضی هستند. آن‌ها در گروه‌های متفاوت به فعالیت می‌پردازند و با استفاده از جعبه‌های مقوایی و چند لوله،

---

۱. سازمانی دولتی در ایالات متحده آمریکا که از پژوهش و آموزش‌های بنیادین در تمام رشته‌های غیرپزشکی علوم و مهندسی حمایت به‌عمل می‌آورد (مترجم).
۲. مقصود "جهانی‌سازی" (Globalization) است. "جهان مسطح است"عنوان کتابی است که از سوی توماس ال. فریدمن در سال ۲۰۰۵ منتشر شد که مفهوم جهانی‌سازی را عمدتاً در اوایل قرن بیست و یکم مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است (مترجم).

3. Friedman
4. Sneider
5. Comer
6. Bybee

ریل‌های یک ترن هوایی را طراحی می‌کنند. آنان در نخستین گام از متر نواری، تیله، پوشش نواری و قسمت‌هایی از ریل‌های پلاستیکی استفاده می‌کنند تا دریابند تیله چگونه در امتداد ریل حرکت می‌کند.

به دانش‌آموزان آموزش داده شده است، در فواصل زمانی یک ثانیه‌ای چگونگی سرعت گرفتن تیله را هنگام پایین آمدن از ریل شیب‌دار اندازه‌گیری کنند. دانش‌آموزان این آزمایش را بدون دریافت راهنمایی در زمینهٔ جزئیات، طراحی می‌کنند و آن را به اجرا در می‌آورند. هر یک از گروه‌ها با بهره‌گیری از شیوه‌هایی که برای تجزیه و تحلیل اطلاعات فراگرفته است، داده‌ها را در قالب نمودار مناسبی به تصویر می‌کشد (مثلاً نمودار ستونی یا خطی) و نوع داده‌ای را که باید از آن استفاده کند، انتخاب می‌کند (میانگین، میانه یا نما).

آن‌گاه کلاس همهٔ داده‌ها را در قالب یک نمودار سازمان می‌دهد. به این منظور، دانش‌آموزان باید در زمینهٔ مسائل مرتبط با مفاهیم علوم و ریاضی که در حال فراگیری آن هستند، به بحث و گفت‌وگو بپردازند و دربارهٔ آنها تصمیم بگیرند. برای مثال، دانش‌آموزان مشاهده می‌کنند که داده‌های یکی از گروه‌ها با داده‌های گروه دیگر متفاوت است و با بررسی بیشتر درمی‌یابند که آن گروه برای طرح خود شیب متفاوتی را انتخاب کرده است. بنابراین، به‌جای آموزش صِرفِ مفهومِ آماریِ «برون هشته‌ها»[1]، دانش آموزان به درکی صحیح از این مفهوم دست می‌یابند.

دانش‌آموزان در حین فعالیت‌های مربوط به ترن هوایی، تلفیق «فرارشته‌ای» را تجربه می‌کنند؛ آنچه به‌طور متداول از آن به‌عنوان یادگیری مسئله محور یا پروژه محور یاد می‌شود و پیشرفته‌ترین سطح تدریس و یادگیری STEM است. مشخص شده است که تلفیق فرارشته‌ای که مبتنی بر نظریهٔ ساختن‌گرایی است (فورتِس،[2] کرایچیک،[3] درشیمرب،[4] مارکس[5] و مام‌لاک ـ نامند،[6] ۲۰۰۵)، پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان را در فعالیت‌های سطوح بالاتر شناختی بهبود می‌بخشد و این امر با کاربرد فرایندهای علمی و حل مسئله به روش ریاضی تحقق می‌یابد (ساچوِل[7] و لوئپ،[8] ۲۰۰۲).

دانش‌آموزان در طول این تجربهٔ فرارشته‌ای، محتوای جدیدی را که در کلاس‌های ریاضی (تجزیه و تحلیل داده‌ها) و علوم (نیرو و حرکت) آموخته بودند، به‌کار گرفتند تا مسئله‌ای واقعی را که به آن علاقه‌مند بودند، حل کنند. آن‌ها با کار در گروه‌های کوچک و تلفیق نتایج گروهی، مهارت‌های ارتباطی و همیاری خود را افزایش دادند. دانش‌آموزان همچنین فرایند طراحی مهندسی را به شیوهٔ زیر تمرین کردند:

- تعریف مسئله‌ای که باید آن را حل می‌کردند (ساختن ترن هوایی).

---

1. Outliers

برون هشته به معنی اندازه‌گیری یا امتیاز اغراق‌آمیز دادن است که نسبت به سایر موارد مشابه تفاوت معنی‌داری داشته باشد. برون هشته‌ها ممکن است ناشی از خطا باشند که در این صورت موجب تحریف نتایج تحقق می‌شوند و بر تلخیص آماره‌ها و برآوردهای مقادیر پارامتریک و دقت آن‌ها تأثیر زیادی می‌گذارند (منبع: فرهنگ توصیفی انجمن روان‌شناسی آمریکا، جلد دوم، ۱۳۹۱، صفحهٔ ۱۲۲۱).

2. Fortes
3. Krajcik
4. Dershimerb
5. Marx
6. Mamlok-Naamand
7. Satchwell
8. Loepp

- دستیابی به راه حل گروهی و موافقت در زمینهٔ یک برنامه یا طرح اولیه.
- بهینه سازی طرح (و آزمایش اینکه آیا سطح شیب دار ترن به درستی کار می‌کند و آیا آن‌ها توانسته اند داده‌های مورد نیاز را گردآوری کنند).

تلفیق STEM همانند سطحی شیب‌دار

آموزش فرارشته‌ای STEM گونه‌ای از تلفیق است که به‌دلیل ارتباط آن با یادگیری «پروژه محور» یا «مسئله محور» بیشترین توصیف را در ادبیات پژوهش به خود اختصاص داده است. همچنین، دستیابی به آن بسیار دشوار و مستلزم برنامه‌ریزی دقیق، هم‌یاری و اختصاص وقت در کلاس برای اجراست. اگرچه آموزش جامع فرارشته‌ای STEM در عمل امکان ندارد (برای مثال، در برخی از مدرسه‌های دوره‌های متوسطه اول و دوم، دبیران امکان کافی برای برنامه‌ریزی مشترک در اختیار ندارند)، سطوح دیگری از تلفیق وجود دارند که دبیران می‌توانند از طریق آنها تجارب STEM را در اختیار دانش‌آموزان خویش قرار دهند.

آموزش و یادگیری STEM را همچون سطحی شیب‌دار در نظر بگیرید که دارای سطوح فزاینده‌ای از تلفیق است (رجوع کنید به نمودار ۱). در پایین این سطح شیب‌دار، آموزش «تک رشته‌ای» قرار دارد که در آن دانش‌آموزان محتوا و مهارت‌های درس‌های متفاوت را در کلاس‌های مجزا فرا می‌گیرند و در بالاترین نقطهٔ این سطح شیب‌دار، تلفیق فرارشته‌ای قرار دارد. با حرکت در طول این سطح شیب‌دار از آموزش تک رشته‌ای به سوی «فرارشته‌ای»، دو رویکرد دیگر برای نظم بخشیدن به برنامهٔ درسی STEM رخ می‌نمایند: یعنی آموزش «چند رشته‌ای» و آموزش «میان رشته‌ای».

تک رشته‌ای	چند رشته‌ای	میان رشته‌ای	فرا رشته‌ای
⇑	⇑	⇑	⇑
دانش‌آموزان مفاهیم و مهارت‌ها را در هر یک از رشته‌های علمی (دیسیپلین‌ها) به طور جداگانه فرا می‌گیرند.	دانش‌آموزان مفاهیم و مهارت‌ها را در هر یک از رشته‌های علمی به صورت جداگانه ولی با ارجاع به یک موضوع مشترک فرا می‌گیرند.	دانش آموزان مفاهیم و مهارت‌ها را از دو یا چند رشتهٔ علمی که با یکدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند، فرا می‌گیرند تا دانش و مهارت‌هایشان عمق پیدا کند.	دانش‌آموزان با عهده‌دار شدن مسائل یا پروژه‌های دنیای واقعی، دانش مرتبط با دو یا چند رشتهٔ علمی را به کار می‌گیرند و به شکل‌گیری تجربه یادگیری کمک می‌کنند.

نمودار یک: سطح شیب‌دار تلفیق STEM

سطوح فزایند ـ تلفیق

منبع: از ضروریات درس‌های STEM، پایه‌های ۸-۳، تلفیق علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی (ص. ۷۳)، نوشتهٔ

جو آن واسکوئز، کری اسنایدر و مایکل کومر، ۲۰۱۳. نیویورک: هین‌مَن. حق چاپ محفوظ است. استفاده از نمودار با کسب مجوز انجام پذیرفته است.

تلفیق چند رشته‌ای

تلفیق «چند رشته‌ای» یا «موضوعی» به معنای تدریس مفاهیم و مهارت‌ها در درس‌های متفاوت و مرتبط ساختن محتوا با بهره‌گیری از یک مضمون مشترک است. برای نمونه، گروهی از معلمان را در نظر بگیرید که تصمیم گرفته‌اند، موضوع «ترکیب ساختی»[1] را در کلاس‌های خود بگنجانند. معلم علوم دانش‌آموزان را وا می‌دارد تا ویژگی‌های سنگ‌ها را مطالعه و مصالح ساختمانی متفاوت مانند سنگ آهک یا مرمر را با یکدیگر مقایسه کنند. در کلاس زبان انگلیسی، دانش‌آموزان پس از مصاحبه با شرکت‌های ساختمانی محل سکونت خود، گزارشی را می‌نویسند تا دریابند فرایند ساختن یک ساختمان جدید چگونه است. در کلاس‌های تاریخ و علوم اجتماعی، دانش‌آموزان اهمیت ساخت‌های تاریخی، همچون «پارتنون» یا ساختمان کنگرهٔ آمریکا را بررسی می‌کنند. آنان همچنین در کلاس ریاضی به تجزیه و تحلیل هزینه‌های ساخت برخی از این بناهای تاریخی می‌پردازند، در زمینهٔ هزینهٔ نیروی انسانی، مصالح ساختمانی و غیره هنگام ساخت بناها به پژوهش دست می‌زنند و هزینهٔ کل را با هزینهٔ ساخت بنا در حال حاضر مقایسه می‌کنند.

از تلفیق چند رشته‌ای تا میان رشته‌ای

با حرکت رو به جلو در سطح شیب دار STEM، به‌سوی رویکرد میان رشته‌ای STEM پیش می‌رویم که در آن معلمان در واقع برنامه درسی را حول محور یادگیری مشترک میان رشته‌ای سامان می‌بخشند. در اینجا مفاهیم و مهارت‌های مرتبط با رشته‌های علمی (متفاوت) با یکدیگر مرتبط و وابسته می‌شوند و مرز میان رشته‌ها کمرنگ‌تر می‌شود.

برای مثال، گروهی از دانش‌آموزان دبیرستانی تصمیم می‌گیرند پوشش گیاهی منطقه‌ای را که در یک آتش‌سوزی مهیب تخریب شده است، مجدداً احیا کنند. آنها به دبیر علوم خود پیشنهاد می‌کنند، با دبیر ریاضی ملاقات کند و برای چگونگی نقش‌آفرینی این دو رشتهٔ علمی در کسب محتوا و مهارت‌های مورد نیاز دانش‌آموزان، برنامه‌ریزی کنند. دبیران به اتفاق تصمیم می‌گیرند دانش‌آموزان در کلاس علوم برای گردآوری داده‌های مرتبط با نوع، تعداد و توزیع جغرافیایی گیاهان در منطقه، که از آتش مصون مانده است، به نمونه‌گیری[2] بپردازند. در کلاس ریاضی، آنان به تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌پردازند و مختصات نقاط را بر حسب نوع و تعداد گیاهان جدیدی که باید

---

1. structure
2. Line transect method

شیوه‌ای برای نمونه‌گیری است که به‌صورت گستره‌ای بخش بندی می‌شود و این بخش‌ها با خط کشی/نشانه گذاری‌هایی از هم جدا می‌شوند تا از هر یک نمونه گزینی شود (مترجم).

در منطقهٔ تخریب شده کاشته شوند، مشخص می‌کنند.

دانش‌آموزان با گردآوری و تجزیه و تحلیل الگوهای ریاضی مرتبط با پراکندگی گیاهان، قادر خواهند بود برنامه‌ای عملی را برای تجدید حیات زیست بوم تخریب شدهٔ خود تدوین کنند. به‌عبارت دیگر، آنها با هم‌یاری یکدیگر و به‌منظور حل مسئله‌ای علمی، یک مدل ریاضی را طراحی می‌کنند. دانش‌آموزان مهارت‌های ریاضی و علوم را به‌طور یکپارچه به کار می‌گیرند، بدون آنکه سؤال کنند که «آیا این ریاضی است یا علوم؟»

حرکت رو به بالا در سطح شیب دار STEM

هر دو تدریس چند رشته‌ای و میان رشته‌ای STEM در مقایسه با آموزش سنتی، ارزش آن را دارند که انجام گیرند. این رویکردها مناسبت و دقت فزاینده‌ای را فراهم می‌آورند، لیکن نیازی نیست در آنجا متوقف شویم. غالباً میان این دو رویکرد و یادگیری فرارشته‌ای STEM چند گام کوتاه فاصله وجود دارد.

برای مثال، پژوهش چند رشته‌ای دانش‌آموزان دبیرستانی در زمینهٔ حفاظت از منابع آب می‌تواند با تجربه‌ای فرارشته‌ای به اوج خود برسد که در آن دانش‌آموزان درمی‌یابند مدرسهٔ آنها در طول یک هفته چه میزان آب را می‌تواند صرفه‌جویی کند. آن‌ها ممکن است از مهارت‌های ریاضی خود بهره بگیرند تا حداقل میزان آب مورد استفاده در مدرسه را به ازای هر دانش‌آموز، برای فضای سبز و سلف سرویس مدرسه محاسبه کنند. همین‌طور می‌توانند از مهارت‌های علوم برای طراحی مخزن آب در محوطهٔ مدرسه و از مهارت‌های زبانی برای شرح تفصیلی یافته‌هایشان بهره بگیرند. دانش‌آموزان ممکن است در درس علوم اجتماعی برای یافتن مخاطبانی که از یافته‌های آنان استقبال می‌کنند، دست به انجام پژوهش بزنند؛ افرادی (و ارگان‌هایی) همچون ادارهٔ محلی آب، مدیران مدارس، مسئولان فضای سبز و دیگر دانش‌آموزان. این تجربهٔ فرارشته‌ای STEM، هم به دانش‌آموزان مرتبط است و هم برای جامعه مفید خواهد بود (کورتیس[1]، ۲۰۰۲).

به‌منظور تبدیل کردن تجربهٔ میان رشته‌ای کاشت مجدد فضای سبز توسط دانش‌آموزان دبیرستانی به تجربه‌ای فرارشته‌ای، دانش‌آموزان اطلاعات و داده‌های جمع‌آوری شده قبلی را برای اجرای عملی پروژه کاشت فضای سبز به کار خواهند گرفت. آنان در حین برنامه‌ریزیِ گام‌های مورد نیاز برای دستیابی به هدف، افزون بر به‌کارگیری یادگیری‌های علوم و ریاضی خویش، با گلخانه‌ها برای اعطای رایگان گیاهان مکاتبه می‌کنند، اعضای اجتماع محلی را مشارکت می‌دهند و منابع مالی مورد نیاز را گرد می‌آورند.

ایجاد و خلق تجارب STEM

طراحی فعالیت‌های معتبر STEM در هر سطح، باید با نتایجی که برای دانش‌آموزان مورد نظر است، آغاز شود. پرسش‌های زیر مهم‌ترین بخش تدریس STEM را تشکیل می‌دهند:

1. Curtis

●دانش‌آموزان باید چه چیزی را بدانند و قادر به انجام چه کاری باشند؟ شناخت پایداری که آنان به واسطهٔ تجارب STEM کسب خواهند کرد، چیست؟

●چگونه می‌فهمم که دانش‌آموزانم به نتایج مطلوب دست یافته‌اند؟ به چه شواهدی نیازمندم که دال بر درک و فهم دانش‌آموزان باشد؟

● اگر بناست دانش آموزان به نتایج مطلوبی دست پیدا کنند، دانش و مهارت‌های اولیه‌ای که نیازمندند تا عملکرد مؤثری داشته باشند، چیست؟

● مؤثرترین سطح تلفیق برای دستیابی به اهداف یادگیری کدام است؟

● توالی درس‌ها چگونه باید باشد و دانش‌آموزان برای دستیابی به اهداف یادگیری به چه منابع و مواد آموزشی نیاز خواهند داشت؟

شکل‌گیری تجارب تلفیقی STEM، فرایندی خطی نیست و مستلزم هم‌یاری و آماده‌سازی است. اگر قبلاً با بهره‌گیری از این شیوه تدریس نکرده‌اید، آموزش STEM شما را به عنوان فردی حرفه‌ای با چالش بسیار مواجه خواهد ساخت. اگر دبیر مدرسه‌ها دورهٔ اول و دوم متوسطه هستید، باید در مورد موضوع درسی خود در بستر دیگر موضوعات درسی نیز بیندیشید. و چنانچه آموزگار دورهٔ ابتدایی هستید، می باید محتوا را به چندین قسمت تقسیم کنید. برای مثال، با نشان دادن مناسبت سبک نوشتاری متقاعدکننده در درس انگلیسی، در به‌کارگیری این سبک در موضوعی از علوم که دانش‌آموزان در مورد آن پژوهش انجام داده‌اند؛ موضوعی مانند اینکه: «آیا بوفالوهای ساکن بخش انتهایی گرند کنیون[1] باید به مکانی دیگر انتقال داده شوند؟»

آموزش STEM ارزش زمانی را که برای آن صرف می‌کنیم، دارد. بسیاری از معلمان این احساس را تجربه کرده‌اند که: «می‌دانم که آن را تدریس کرده‌ام، لیکن بعداً دریافتم که دانش‌آموزان آن را فرانگرفته‌اند!» در آموزش STEM، دانش‌آموزان با به‌کارگیری و مرتبط ساختن یادگیری خود با موقعیت‌های جدید نشان می‌دهند که آیا واقعاً آن مفهوم را «فراگرفته‌اند» یا خیر. به‌کارگیری مفاهیم و مهارت‌های مرتبط با رشته‌های (متفاوت) علمی نقطهٔ قوت واقعی رویکرد تلفیقی است.

حرکت آهسته در ابتدای امر پذیرفتنی است. این احساس را نداشته باشید که باید آموزش STEM را به سرعت بسیار زیاد بپذیرید و اجرا کنید. لیکن هنگامی که به این کار دست می‌زنید، ممکن است متعجب شوید که «چرا از ابتدا با این رویکرد تدریس نکرده‌اید؟»

1.Grand Canyon

STEM در تمام مکان‌ها حضور دارد

قلمی را بردارید و نگاه دقیقی به آن بیندازید. آیا بر این باورید که این یک فناوری است؟ اگر به اکثر مردم شبیه باشید، پاسخ شما احتمالاً منفی خواهد بود. ما تمایل داریم فناوری را تنها در چیزهایی در نظر بگیریم که به برق متصل می‌شوند. با وجود این، فناوری به هر آنچه که توسط بشر ساخته شده است و برای حل یک مشکل به کار می‌رود، اطلاق می‌شود.

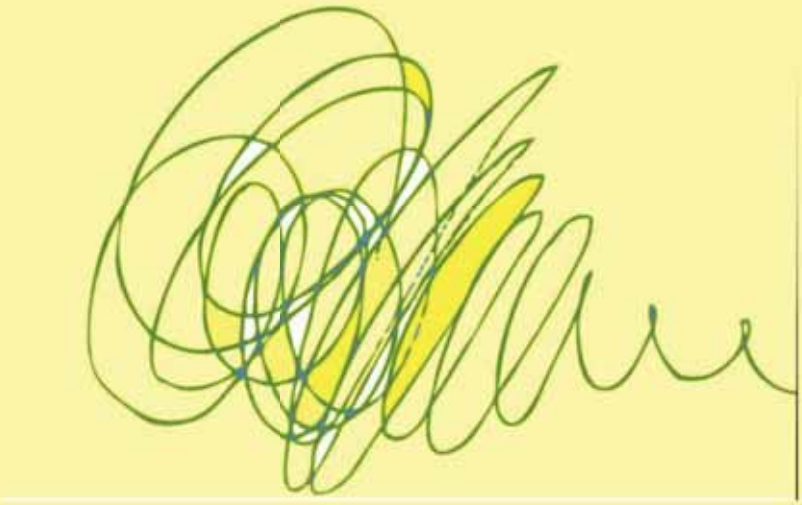
این قلم بی‌گمان مشکلات بسیاری را حل کرده و کار کردن با آن بسیار آسان است. بیاید نگاهی دقیق‌تر به آن بیندازیم. آیا اجزای متفاوتی این قلم را تشکیل می‌دهند؟ با مجزا کردن آن، چند قطعه را به دست خواهید آورد؟ اگر با زبان خود نوک قلم را لمس کنید، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ آیا فکر می‌کنید جوهر به شما صدمه خواهد زد؟ (این اتفاق نخواهد افتاد، چراکه این جوهر به‌وسیلهٔ متخصصان بیوشیمی طراحی شده و مورد آزمایش قرار گرفته است و آن‌ها یقین حاصل کرده‌اند که جوهر سمی نیست.)

ویژگی‌های فیزیکی قلم شما (سختی، دوام و وزن) و نیز چگونگی کارکردن اجزای آن با یکدیگر، حاصل محاسبات ریاضی دانان و طراحی مهندسانی است که در قالب گروه‌های میان رشته‌ای کار کرده‌اند. قلم ناقابلی که در دست شماست، نمونهٔ بسیار خوبی از فناوری مبتنی بر علوم، مهندسی و ریاضی است.

یادداشت نویسنده: مثال‌های به‌کار گرفته شده برگرفته از اجرای آزمایشی STEM در مدارس بنیاد علوم «هیلیوس»[1] آریزونا، با حمایت مالی بنیاد آموزشی هیلیوس است.

1. Helios

هم‌گام با استانداردهای جدید علوم



نویسنده: جف سی. مارشال[1]

مترجم: مریم خیریه

«استانداردهای علوم نسل آینده» می‌توانند چگونگی شکل‌گیری تدریس و یادگیری در کلاس درس را متحول سازند. در اینجا نشان داده شده است که آنها به چه شباهت دارند و شما چگونه می‌توانید کار خود را آغاز کنید.

خواه ایالت شما «استانداردهای علوم نسل آینده»[2] را پذیرفته باشد یا بر آن باشد که بزودی استانداردهای علوم خود را مورد بازبینی قرار دهد، این نکته واضح است که: تغییر آغاز شده است؛ تغییر در آنچه فرا گرفته می‌شود، تغییر در روش‌های تدریس و تغییر در چگونگی سنجش. این تغییر بیشتر به یک انقلاب شبیه است تا تکرار چیزهای قدیمی؛ تغییری چشمگیر در انتظاراتی که از همهٔ دانش‌آموزان داریم. اجازه بدهید مروری بر پنج شیوه‌ای داشته باشیم که به واسطهٔ آن‌ها، استانداردهای جدید علوم بر تدریس ؛ یادگیری تأثیر می‌گذارند و نیز نگاهی به پنج توصیه‌ای بیندازیم که هنگام آغاز کار می‌توانند متضمن موفقیت شما باشند.

1. Jeff C. Marshal
2. Next Generation Science Standards (NGSS)

آنچه از استانداردهای جدید باید انتظار داشت

۱. استانداردها فرصت‌ها را فراهم می‌کنند

معلمان معمولاً رویکردهای متفاوتی نسبت به پذیرش استانداردها دارند. برخی از آنان استانداردها را مانعی بر سر راه موفقیت خود می‌دانند و برخی دیگر آن‌ها را مبنایی برای هدایت تدریس و یادگیری قلمداد می‌کنند. پیشنهاد می‌کنم با نگرشی مثبت به استانداردهای جدید بنگریم: به منزلهٔ فرصتی برای به چالش کشیدن فراگیرندگان از طریق ایجاد بافت‌های کاربردی و معنادار برای یادگیری. می‌توانیم در زمینهٔ تعداد بیش از اندازهٔ استانداردها به بحث و گفت‌وگو بپردازیم یا با برخی از استانداردهای خاص مخالفت بورزیم، لیکن در مجموع می‌توان گفت استانداردهای جدید فرصتی را برای همهٔ دانش‌آموزان فراهم می‌آورند تا یادگیری مرتبط، چالش برانگیز و معناداری داشته باشند. ویژگی ذاتی ساختار اصلی استانداردها معنی‌داری است که از آن به عنوان «انتظارات عملکردی» یاد می‌شود.

به‌منظور موفقیت در کسب استانداردها، مدارس و مناطق باید از تمرکز بر سطوح پایین‌تر تفکر که رویهٔ غالب است، فاصله بگیرند و به سمت و سویی حرکت کنند که هنجار آن، تفکر سطوح بالاتر است. بسیاری از استانداردهای پیشین ایالتی که در ارزشیابی‌های استانداردهای علوم مؤسسهٔ «فوردِم»[1] نمرات بالایی را کسب کرده‌اند (گروس[2] و همکاران، ۲۰۰۵)، بر مهارت‌هایی مانند «فهرست برداری»، «به‌خاطر آوردن» و «تعریف کردن» تأکید بسیار داشتند. در این استانداردها، مرتبط بودن و معناداری نقشی درجهٔ دوم را در یادگیری ایفا می‌کردند و یا ممکن بود اصلاً وجود نداشته باشند.

«استانداردهای علوم نسل آینده»، دانش‌آموزان را ملزم می‌کنند با «مدل‌سازی»، «تجزیه و تحلیل» و «طراحی»، در «به‌کارگیری» علوم مشارکت داشته باشند. این فعالیت‌ها به سبب ماهیت وجودی‌شان، مرتبط بودن، خلاقیت، تفکر نقادانه و معناداری را تقویت می‌کنند (برای مقایسهٔ میان انتظارات عملکردی جدید در مدارس دورهٔ متوسطهٔ اول و استانداردهای پیشین علوم در یکی از ایالت‌ها، رجوع شود به جدول (۱). این چارچوب جدید مستلزم آن است که در مورد چگونگی تحقق یاددهی و یادگیری به‌گونه‌ای متفاوت بیندیشیم.

1. Fordham
2. Gross

جدول ۱. مقایسهٔ میان انتظارات عملکردی NGSS و استانداردهای پیشین ایالتی علوم در پایه‌های دوره متوسطه اول		
رشتهٔ علمی (دیسیپلین)	انتظارات عملکردی NGSS	استانداردهای علوم کارولینای جنوبی در سال ۲۰۰۵
علوم زیستی	MS-LS1-5: طراحی و تدوین یک تبیین علمی با استناد به چگونگی تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی بر رشد موجودات زنده.	7-2.7.: تمایز قائل شدن میان ویژگی‌های ارثی و خصوصیاتی که از عوامل محیطی کسب می‌شوند.
علوم فیزیکی	MS-PS3-5: طراحی، ارائه و استفاده از استدلال برای جانب‌داری از این ادعا که با تغییر انرژی جنبشی یک جسم، انرژی به آن جسم منتقل می‌شود یا از آن انتقال می‌یابد.	6-5.1.: توضیح این امر که چگونه انرژی می‌تواند بر اساس قانون بقای انرژی از یک شکل به شکل دیگر تبدیل شود.
علوم زمینی/ فضایی	MS-ESS2-6: طراحی و بهره-گیری از یک مدل برای توصیف این امر که چگونه گرمایش نابرابر و چرخش زمین سبب ایجاد الگوهای چرخش جوّی و اقیانوسی می‌شوند که تعیین‌کنندهٔ آب و هوای منطقه ای هستند.	6-4.8.: توضیح این امر که چگونه انرژی خورشیدی بر جوّ و سطح زمین تأثیرگذار است (زمین و آب).

هدف غایی تدریس تسلط بر انتظارات عملکردی است

استانداردهای پیشین ایالتی و ملی علوم قاعدتاً بر پایهٔ نسبت یک به یک میان استانداردها و اهداف شکل می‌گرفتند. گویی یادگیری فهرستی است برای کامل کردن. برای مثال، یکی از استانداردهای پیشین پایهٔ سوم این‌گونه آغاز می‌شد: «چرخهٔ زندگی گیاهان دانه‌دار و حیوانات گوناگون را به تصویر بکشید ...» در طول یک جلسهٔ تدریس و از طریق آموزش مستقیم، امکان دستیابی به این استاندارد وجود داشت و به دانش‌آموزان نیز زمان داده می‌شد تا تصویرهای خود را ترسیم کنند. این نحوهٔ برخورد تنها به تداوم این احساس می‌انجامید که استانداردها، تجویزی، محدودکننده و فقط چیزی برای «رفع مسئولیت» هستند.

ولی این امر در مورد انتظارات عملکردی جدید صدق نمی‌کند. آن‌ها اهدافی را فراهم می‌آورند که تسلط در آن‌ها غالباً روزها به طول می‌انجامد. دانش آموزان باید به کاوش، مطالعه و بررسی دست بزنند تا قادر باشند ادعاهایی مبتنی بر شواهد ارائه دهند یا مفاهیم و پدیده‌های پیچیدهٔ مشاهده شده در دنیای واقعی یا دنیای طراحی شده را مدل سازی کنند.

برای مثال در پایهٔ چهارم، دانش‌آموزان باید پیش از آنکه «از شواهد برای توضیح مرتبط بودن سرعت یک جسم با انرژی آن استفاده کنند» (4-PS3-1)، در زمینهٔ حرکت یک جسم در سرعت‌های گوناگون به کاوش، بررسی و جمع‌آوری داده‌ها بپردازند. آن‌ها ممکن است کار خود را با بررسی انرژی یک خودرو که در حال پایین آمدن از سطحی شیب‌دار است، آغاز کنند. وقتی شیب افزایش پیدا می‌کند، مسافت پیموده شده نیز فزونی پیدا می‌کند، زیرا انرژی بالقوه نیز افزایش یافته است.

به همین ترتیب، دانش‌آموزان دبیرستانی باید مفاهیم تقسیم کاهش سلول‌ها و جهش را مورد مطالعه و بررسی قرار دهند، پیش از آنکه بتوانند «ادعایی مبتنی بر شواهد را مطرح و از آن دفاع کنند که تنوع ژنتیکی موروثی می‌تواند ناشی از سه عامل باشد:

۱. ترکیبات جدید ژنتیکی از طریق تقسیم کاهش سلول‌ها؛

۲. خطاهای پایدار رخ داده در حین همتاسازی؛

و/یا: ۳. جهش‌های ناشی از عوامل محیطی» (HS-LS3-2).

دانش‌آموزان ممکن است از شیوهٔ بارش مغزی در مورد شیوه‌های گوناگون انتقال اطلاعات از یک نسل به نسل بعد، بهره بگیرند. (این می‌تواند شامل خاطره‌نگاری، روزنامه، فیلم، پست الکترونیک و DNA باشد). هنگامی که دانش‌آموزان شروع به درک فرایند اصلی انتقال اطلاعات ژنتیکی از یک نسل به نسل دیگر می‌کنند، ممکن است در زمینهٔ چگونگی رخ دادن تنوع‌های احتمالی به بحث و گفت‌وگو بنشینند. همان‌طور که آنها یکی از ساز و کارها را مشخص می‌کنند – برای مثال، خطای تصادفی و پایدار در انتقال کد را ـ معلم ممکن است مثال‌های تکمیلی، مانند چگونگی تکامل باکتری‌های مقاوم در برابر آنتی بیوتیک را ارائه دهد. بنابراین، آموزش بیشتر با هدف تسلط بر انتظارات عملکردی صورت می‌پذیرد تا برای تطابق با فهرستی از مواد آموزشی که باید تدریس شوند.

شیوه‌های اجرایی با مفاهیم تلفیق شده‌اند

در «استانداردهای ملی آموزش علوم»[1] ـ یعنی سند راهنمای پیشین اکثر استانداردهای ایالتی علوم ـ پرسشگری از استانداردهای محتوایی تفکیک شده بود (انجمن ملی پژوهش[2]، ۱۹۹۶). تدریس غالباً «به‌کارگیری علوم» را از محتوای علوم مجزا می‌ساخت. برای مثال، بسیاری از معلمان روش علمی را جدا از مفاهیم مورد مطالعه تدریس می‌کردند. این کار به دو دلیل مشکل ساز می‌شد: نخست، آموزش داده می‌شد که علوم همواره در یک توالی

1. The National Science Education Standards
2. National Research Council, 1996

خطی واحد به اجرا درمی‌آید که البته صحیح نیست؛ دوم، در این رویکرد تجارب یادگیری مرتبط و زمینه‌ای (مبتنی بر موقعیت) تقریباً وجود نداشت.

«استانداردهای علوم نسل آینده» از طریق انتظارات عملکردی که شیوه‌های اجرایی مشخصی را با مفاهیم کلیدی تلفیق می‌کند، به حل این مشکل کمک کرده است. برای مثال، یکی از انتظارات عملکردی دورهٔ دبیرستان، یعنی «طراحی و اجرای یک پژوهش به‌منظور گردآوری شواهدی دال بر ارائهٔ بازخورد به ساز و کارهایی که «هم‌ایستایی»[1] را حفظ می‌کنند» (HS-LS1-3)، شیوه‌ها (اجرایی و طراحی و اجرای یک بررسی) را با مفاهیم کلیدی (ساز و کارهایی که هم ایستایی را حفظ می‌کنند) تلفیق کرده است.

راهبردها با انتظارات عملکردی هم‌خوانی دارند

اگرچه استانداردهای جدید علوم شالودهٔ چگونگی شکل‌گیری تدریس و یادگیری را فراهم می‌آورند، تصمیم‌گیری در مورد برنامهٔ درسی به ایالت، منطقه، یا مدرسه محول شده است. با تغییر در انتظارات، افزایش چشمگیر در دقت و سخت‌گیری، و لزوم وجود مهارت‌های تفکر سطح بالاتر، منطقی خواهد بود تا در مورد راهبردهایی که موفقیت همهٔ دانش‌آموزان را بهبود می‌بخشند، تجدید نظر کنیم.

«آموزش پرسشگری‌محور»[2] راهبردی عینی برای دستیابی به خبرگی در اختیار می‌گذارد و شواهد حاکی از آن است که این راهبرد در مقایسه با یادگیری صِرف مفاهیم اصلی و شیوه‌های علمی، پیشرفت تحصیلی مؤثرتری را برای دانش‌آموزان تسهیل می‌کند (راث،[3] مارشال، تیلور،[4] ویلسون[5] و هِویستن،[6] ۲۰۱۴). پژوهشی که در طول پنج سال در مورد بیش از ۱۰ هزار دانش‌آموز انجام گرفته است نشان می‌دهد، دانش‌آموزانی که معلمان آن‌ها بر آموزش پرسشگری‌محور تأکید بسیار می‌ورزند، در مقایسه با دانش‌آموزانی که معلمانشان از شیوه‌های سنتی‌تر تدریس بهره می‌گیرند، به طور معناداری دارای عملکرد بهتری هستند. (مارشال و آلستون،[7] در دست چاپ). نکتهٔ جالب این است که این یافته‌ها برای تمام دانش‌آموزان پسر، دختر و سفیدپوست اهل آمریکای لاتین و سیاه‌پوست در تمام سطوح صدق می‌کند.

آموزش پرسشگری‌محور نقاط قوت دیگری نیز دارد:

نخست اینکه، امکان متفاوت کردن آموزش را با سهولت بیشتری فراهم می‌آورد. هنگامی‌که دانش‌آموزان در طراحی یک پژوهش مشارکت دارند یا از آن‌ها خواسته می‌شود با توجه به درک خود به مدل‌سازی بپردازند، خلاقیت آنها شکوفا می‌شود. از آنجا که یادگیری تجویزی نیست، تک‌تک دانش‌آموزان یا گروه‌های کوچکی از آن‌ها

1. Home stasis
2. inquiry - based instruction
3. Roth
4. Taylor
5. Wilson
6. Havisten
7. Alston

قادر خواهند بود، در پژوهش‌های خود راهبردهای کم و بیش چالش برانگیزی اتخاذ کنند.

دوم اینکه آموزش پرسشگری‌محور موجب پرورش خبرگی در مهارت‌های تفکر پیشرفته‌تر و سطح بالا می‌شود. با این تأکید، نیاز به تعامل گروهی مهم‌ترین نقش را در موفقیت دانش‌آموزان ایفا می‌کند. با پیچیده‌تر شدن یادگیری، نیاز به گردآوری دروندادها از منظرهای متفاوت نیز مطرح می‌شود. همچنین، چنانچه پرسش‌ها به اندازهٔ کافی چالش برانگیز باشند، دانش‌آموزان برای تکمیل تکلیف محوله، به هم‌فکری و یاری دیگران نیازمندند. این می‌تواند شامل انجام پژوهش، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، و تبادل یافته‌ها باشد.

و سرانجام اینکه آموزش پرسشگری‌محور به مشکل بی‌تفاوتی دانش‌آموزان (و معلمان) نیز توجه دارد. معمولاً از حدود پایهٔ سوم است که دانش آموزان خود را از قید یادگیری رها می‌کنند (فرید،[1] ۲۰۰۱). آنان غالباً پی می‌برند که در مدرسه یک بازی خبرگی در جریان است و دستیابی به خبرگی در این بازی از خود یادگیری مهم‌تر است. بنابراین، «یادگیری» از «مدرسه» متمایز می‌شود. با تلاش برای یافتن پاسخ مسائل دنیای واقعی، آموزش پرسشگری‌محور راهبردی را برای درگیر کردن مجدد افرادی که در گذشته نتوانسته اند هدف و معنایی برای مدرسه متصور شوند، فراهم می آورد.

معلمان با ارائه تدریجی تغییرات مورد نظر در چارچوب فعالیت‌هایی که برای دانش‌آموزان آشنا هستند، می‌توانند تغییرات تدریجی ایجاد کنند، در حالی‌که از اضطراب معمول ناشی از تغییر نیز نشانی وجود نخواهد داشت.

سنجش مبنای تغییر است

بدون شک آزمون‌های سطح بالا مبنای تغییرات خواهند بود. درست همانند «استانداردهای پایهٔ مشترک ایالتی»، سنجش‌های «استانداردهای علوم نسل آینده» نیز با کاربست فاصله دارند. این موضوع از آن رو سودبخش خواهد بود که به ما زمان خواهد داد تا فرصت‌های مناسبی را برای رشد حرفه ای پدید آوریم و شیوه‌های آموزشی را دگرگون سازیم؛ هرچند این محدودیت را نیز دارد که تنها می‌توانیم به اهداف نهایی سنجش نزدیک شویم.

با وجود این، استانداردهای جدید در بسیاری از انتظارات عمکردی، «مرزهای سنجش» را مشخص می‌کنند تا راهنمایی برای میزان یادگیری باشند. برای مثال، در یکی از انتظارات عملکردی علوم زیستی دبیرستان، یعنی «از یک مدل بهره بگیرید تا نقش تقسیم سلولی (میتوز) و تمایز را در تولید مثل و بقای موجودات زندهٔ پیچیده به تصویر بکشید» (HS-LS1-4)، مرز سنجش این گونه بیان شده است که: «سنجش، ساز وکارهای خاص کنترل ژن یا به خاطر سپردن طوطی‌وار مراحل میتوز را در بر نمی‌گیرد.» به همین سبب، ممکن است در سنجش از دانش‌آموزان خواسته شود با به‌کارگیری ۳۰ واژه یا کمتر، داستانی مصور شامل پنج تا هشت قسمت بسازند و به‌تدریج نشان‌دهند که چگونه یک تخم بارور، تمایز پیدا می‌کند و به موجود زندهٔ پیچیده تبدیل می‌شود.

1. Fried

پنج توصیه برای موفقیت

۱. به جای تخته سنگ، سنگ‌های کوچک را جا به جا کنید

بهترین رویکرد آن است که کار خود را با گام‌های کوچک آغاز کنید و پیش از آنکه عهده‌دار مسئولیت جدیدی شوید، شاهد آن باشید که تغییرات مورد نظرتان تحقق پیدا کرده‌اند. راهنمای «دستورالعمل الکترونیکی کیفیت پرسشگری»[1] نمونه‌ای از ابزارهایی است که معلمان می‌توانند برای ایجاد تغییرات قصد شده به‌کار گیرند (مارشال، اسمارت[2] و هورتون،[3] ۲۰۱۰). این راهنما ۱۹ نشانگر شیوه‌های مرتبط با پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان را ارائه می‌کند و معلمان می‌توانند با استفاده از آنها در حوزه‌های آموزش، برنامهٔ درسی، سنجش و گفتمان در کلاس، تغییر ایجاد کنند. نشانگرها شامل مواردی همچون نقش معلم و دانش‌آموزان، پیچیدگی پرسش‌ها، الگوهای ارتباطی، نقش سنجش، میزان تأمل دانش‌آموزان و تلفیق محتوا و بررسی‌ها هستند.

این ابزار در پی اندازه‌گیری تمام شکل‌های تدریس باکیفیت نیست و تنها به‌دنبال گونه‌های تدریس پرسشگری محور است. در اینجا چهار سطح مهارت وجود دارد: «پیش‌پرسشگری»، «پرسشگری در حال شکل‌گیری»، «پرسشگری خبره» و «پرسشگری عالی». (راهنمای «دستورالعمل الکترونیکی کیفیت پرسشگری» در لینک زیر قابل دسترسی است:

(www.clemson.edu/hehd/departments/education/iim/documents/equip-2009.pdf

> ***آنچه نیاز دارد، مناسب بودن هواست. اگر بخواهید زنبوری عسل درست کند، در مورد مسیریابی با استفاده از خورشید یا شیمی هیدرات کربن دستورالعملی صادر نمی‌کنید؛ بلکه این زنبور را در کنار دیگر زنبورهای عسل قرار می‌دهید ... و آنچه را که می‌توانید برای نظم و ترتیب دادن به محیط عمومی اطراف کندو انجام می‌دهید. اگر هوا مناسب باشد، علم در زمان مناسب تأثیر خود را خواهد گذاشت و عسل خالص به‌دست می‌آید.***
>
> لوئیس توماس، برگرفته از "زندگی یک سلول: یادداشت‌های یک نظاره‌گر زیست‌شناسی"

برای مثال، در «پرسشگری خبره» نشانگر آموزشی نشان‌دهنده آن است که معلمان باید «پیش از» ارائهٔ توضیحات رسمی و درگیر شدن با دانش‌آموزان در این توضیحات، فرصتی را فراهم می‌آورند تا دانش‌آموزان در زمینهٔ مفاهیم کلیدی (مانند نیروها و حرکت، جنبهٔ ارثی ویژگی‌ها و واکنش‌های شیمیایی) به بررسی و اکتشاف بپردازند. به‌منظور نیل به این هدف، دانش‌آموزان پایهٔ دوم ممکن است با در دست داشتن ذره‌بین، خط‌کش و دفتر

1. The Electronic Quality of Inquiry Protocol (EQUIP)
2. Smart
3. Horton

یادداشت، انواع گوناگون موجودات زنده (گیاهان، حشرات، پرندگان، و غیره) را در یک کشتزار یا مکانی در هوای آزاد و خارج از کلاس مورد بررسی قرار دهند و یافته‌های خود را در قالب طرح‌های ساده به تصویر بکشند و توصیف کنند. آنها پس از بازگشت به کلاس می‌توانند یافته‌ها را با یکدیگر به اشتراک بگذارند، در زمینهٔ وجود یا عدم نبود برخی چیزها به گمانه زنی بپردازند و این نکته را بررسی کنند که اگر شرایط متفاوتی وجود داشت، سایر زیستگاه‌ها چه شکلی می‌توانستند باشند. تنها در این حالت است که دانش‌آموزان می‌توانند مفهوم تنوع زیستی را مورد بررسی قرار دهند، بدون آنکه در ابتدای امر در مورد زیستگاه‌های گوناگون و موجودات زنده یافت شده در هر یک از آنها، با آنها سخنی به میان آید.

اگرچه این تغییر ناچیز به‌نظر می‌رسد، اما تحقق آن مستلزم تلاش و صرف زمان است. با وجود این می‌تواند برای دانش آموزان بسیار مفید باشد. همان‌طور که مالکوم گلدوِل[1] (۲۰۰۰) در کتاب «آستانه»[2] یادآور می‌شود، تغییرات کوچک ـ هنگامی که به درستی انتخاب شوندـ می‌توانند آثار شگرفی را به دنبال داشته باشند.

۲. به‌جای کلم بروکسل، ساندویچ کرم بادام زمینی و ژله را پیشنهاد کنید

از آنجا که افراد غالباً از تغییرات اجتناب می‌ورزند و تغییر می‌تواند اضطراب را به‌دنبال داشته باشد، ضروری است که تغییرات به‌تدریج آغاز شوند. دو رویکرد مفید در این مورد عبارت‌اند از: داربست بندی (تکیه گاه سازی)[3] تغییرات و بهره‌گیری از روش گام به گام.

داربست بندی تغییرات، امکان پیشرفت را فراهم می‌آورد و در عین حال دانش‌آموزان و معلمان را قادر می‌سازد در محدودهٔ آرامش خود باقی بمانند. برای مثال، تفکیک یک تکلیف یا هدف به تکالیف کوچک‌تر زمان‌بندی ـ شده، دانش‌آموزان را قادر می‌سازد بدون آنکه بار شناختی اضافه‌ای را تحمل کنند، به پیشرفت دست یابند. به‌عبارت دیگر، به‌جای آنکه به دانش‌آموزان ۵۰ دقیقه زمان بدهید تا یک سؤال علمی را برنامه‌ریزی کنند، آن را به اجرا درآورند و در مورد نتایج حاصله به تبادل نظر بنشینند، می‌توانید این تجربه را داربست سازی کنید. به دانش‌آموزان هشت دقیقه زمان بدهید تا روش کار گروه خود را طرح‌ریزی کنند و ارائه دهند. سپس سه دقیقهٔ دیگر برای بحث و گفت‌وگو در زمینهٔ چگونگی گردآوری و مرتب کردن داده‌ها در اختیار آن‌ها بگذارید و به همین منوال کار را ادامه دهید. توجه داشته باشید که به‌تدریج تأکید کمتری بر توضیح چگونگی انجام کارها برای دانش‌آموزان وجود خواهد داشت. در عوض، دانش‌آموزان از طریق مجموعه‌ای از داربست‌های راهنما، با انجام کار درگیر خواهند شد. بنابراین، دانش آموزان سردرگم نمی‌شوند و حتی اگر این اتفاق بیفتد، تنها باید یک یا دو دقیقه صبر کنند تا معلم به یاری آن‌ها بشتابد.

---

1. Malcolm Gladwell

۲. این نویسنده در کتاب خود، "Tipping Point "را "جِرم بحرانی، آستانه و نقطهٔ جوش" تعریف کرده است. در علم جامعه‌شناسی این مفهوم به زمانی اشاره دارد که گروهی از افراد با پذیرش و به‌کارگیری شیوه ای نادر، تغییرات سریع و چشمگیری را در رفتار خود ایجاد می‌کنند (مترجم).

۳. scaffolding مقصود شیوه‌ای از تدریس است که با حذف تدریجی کمک به دانش‌آموزان، آنان قادر خواهند بود مسئله‌ای را حل کنند، تکلیفی را انجام دهند یا به هدف‌های خود دست یابند (مترجم).

معلمان می‌توانند با ارائهٔ تغییرات مورد نظر در چارچوب فعالیت‌هایی که برای دانش‌آموزان مأنوس هستند، تغییرات گام به گام ایجاد کنند، در حالی که دیگر نشانی از اضطراب معمول ناشی از تغییر وجود نخواهد داشت. برای مثال، اگر دانش‌آموزان همواره تجارب آزمایشگاهی تجویزی را کامل می‌کرده‌اند که در آن‌ها همه چیز مهیا بوده است، کار را با تغییراتی کوچک آغاز کنید تا جنبهٔ تجویزی این پرسشگری کاهش یابد. اگر بناست دانش‌آموزان به گردآوری داده‌ها بپردازند، روند انجام کار را به آنها ارائه دهید، نه جدول داده‌ها را. اجازه بدهید گروه‌ها برای درک چگونگی مرتب کردن داده‌ها تقلا کنند. آن‌گاه به اتفاق همهٔ دانش‌آموزان کلاس تلاش کنید معنای آنچه را دانش‌آموزان مشاهده و جمع‌آوری کرده‌اند، درک کنند.

دانش‌آموزان معمولاً ابتدا بسیار تلاش می‌کنند و در مورد کارهایی که باید انجام دهند، سؤال می‌پرسند. این فرصت بسیار خوبی را فراهم می‌آورد تا از آنها بخواهیم در مورد نوع داده‌ای که باید جمع‌آوری کنند و نیز چگونگی نظم دادن به داده‌ها، به بحث و گفت‌وگو بپردازند. نخستین باری که دانش‌آموزان این کار انجام می‌دهند، می‌توانید به اتفاق همهٔ دانش‌آموزان در این فرایند شرکت جویید، لیکن با گذشت زمان، گروه‌ها و تک تک دانش‌آموزان باید بتوانند داده‌ها را بدون حمایت عمده از جانب معلم نظم ببخشند. بنابراین، تغییر (گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها) را در چارچوب فعالیت‌هایی که دانش‌آموزان با آنها آشنایی دارند (روش‌های کار و پرسش‌ها) ارائه کرده‌اید.

۳. وقت گذرانی کنید و سپس به نتیجه‌گیری برسید

در آموزش پرسشگری‌محور، پیش از آنکه تبیین‌های رسمی ارائه شوند، دانش‌آموزان نیاز دارند ایده‌ها را بررسی کنند. این تغییر در رویکرد به زمان زیادی نیاز دارد و باید با هم‌یاری مدرسه یا گروه علوم به آن دست یابیم. به علاوه، با پیشرفت حرفه‌ای مداوم باید از این تغییر حمایت به‌عمل آید. باید به این واقعیت اذعان کرد که بخش عمده‌ای از آماده سازی ما به‌عنوان افرادی حرفه‌ای و نیز بخش قابل توجهی از تجاربمان به عنوان دانش‌آموز با این رویکرد جدید در تضاد است. دیدگاهی که در آن مفاهیم از ابتدا برای دانش‌آموزان توضیح داده می‌شدند، در جهانی کفایت می‌کرد که عمدتاً در پی دانش مبتنی بر واقعیات بود و به آن بها می‌داد. لیکن امروزه این دانش تنها بخش کوچکی از نتایج مورد انتظار است.

برای مثال، در یک کلاس علوم زیستی که در آن دانش‌آموزان مطالعهٔ سلول را آغاز کرده‌اند، آنان می‌توانند «پیش از» آنکه نام و عملکرد اندامک‌ها را برایشان بازگو کنید، به مشاهدهٔ اسلایدهای میکروسکوپی یا تصویرهای دیجیتال بپردازند. در حالی‌که دانش‌آموزان آنچه را که می‌بینند ترسیم می‌کنند، به طرح سؤال می‌پردازند، آنچه را که در سلول‌ها اتفاق می‌افتد، مدل‌سازی می‌کنند و اطلاعاتی را خلق می‌کنند که به دانستن آنها نیازمندند. این وضعیت را با موقعیت سنتی‌تری مقایسه کنید که معلم تمام اجزا و عملکردهای اندامک‌ها را برای دانش‌آموزان بازگو می‌گردد و سپس فرصت می‌داد آنها را رها می‌کند تا اجزا را به‌خاطر بسپارند و اجزای آن‌ها را در تصویر یا اسلاید مشخص کنند.

به همین ترتیب، در فصلی که با آب و هوا مرتبط است، می‌توانید از دانش‌آموزان بخواهید پرسشی ضروری را

بررسی و مطالعه کنند. برای مثال، پرسشی مانند اینکه: «چگونه می‌توانید آب و هوای فردا را پیش‌بینی کنید؟» دانش‌آموزان را به تلاش برای یادگیری وامی‌دارد. حال آنکه اگر صرفاً به آن‌ها بگویید به چه وسایل و داده‌هایی نیاز خواهند داشت، فرصت وقت گذرانی با کتاب، منابع و ابزار را به منزلهٔ نخستین گام حل پرسش مورد نظر، از آن‌ها سلب خواهید کرد.

«استانداردهای علوم نسل آینده» دانش‌آموزان را ملزم می‌کنند با مدل‌سازی، تجزیه و تحلیل و طراحی، در «به‌کارگیری» علوم مشارکت داشته باشند.

با توجه به اینکه ایجاد این تغییر در رویکرد آموزشی مستلزم زمانی طولانی است، معلمان و مدیران اجرایی باید توسعه و پیشرفت حرفه‌ای را به دقت اولویت‌بندی کنند. ما بسیاری از مؤلفه‌های ضروری یک یادگیری حرفه‌ای مؤثر را از قبل می‌دانیم:

- باید در یک بازهٔ زمانی طولانی استمرار داشته باشد (یک تا دو سال برای تغییرات عمدهٔ آموزشی)
- باید مدل سازی شود و زمان کافی برای تمرین وجود داشته باشد.
- مدیریت باید آن را به عنوان یک اولویت ارزشمند تلقی کند. چنین کاری به معنای افزودن چیزی به چیزهای دیگر نیست، بلکه باید یادگیری "به جای" چیزهای دیگر در دسترس فراگیرنده قرار گیرد.
- در طول پیشرفت حرفه‌ای باید حمایت اجرایی وجود داشته باشد.

گاهی فردی در یک منطقهٔ آموزشی می‌تواند این فرایند را بدون کمک گرفتن از دیگران تسهیل کند؛ در موارد دیگر، هم‌یاری یک مشاور خارجی می‌تواند اعتبار بیشتری به کار ببخشد و از این طریق راهنمایی‌های لازم در موارد کلیدی حاصل می‌شود. زمان و تلاشی که معلمان در پیشرفت‌های حرفه‌ای مورد نظر می‌گذارند، باید مهم تلقی شوند، چرا که لازمهٔ دستیابی به این تغییر هستند.

۴. به جای دو سرعت به دو استقامت بپردازید

گرایش جامعهٔ ما به‌سوی راه حل‌های کاملاً سریع و سهل‌الوصول است؛ حتی در مورد مسائلی به پیچیدگی یادگیری. لیکن بازگوکردن واقعیت‌های بیشتر برای دانش‌آموزان، واداشتن آنها به اینکه حجم بیشتری از اطلاعات را به‌خاطر بسپارند، یا دادن تکالیفی از نوع مسائل پیشین، نمی‌تواند به آنها کمک کند در استانداردهای جدید علوم به خبرگی دست یابند.

در عوض، هدف باید پیشرفت مستمر در یک بازهٔ طولانی از زمان باشد. معلمان باید مجموعه‌هایی از داده‌ها را برای تفسیر در اختیار دانش‌آموزان قرار دهند و نیز تجارب چندگانه‌ای مرتبط با مفاهیم علوم ـ و نه یک تجربهٔ واحد ـ به‌دست آورند، تا دانش‌آموزان بتوانند پس از درک مفهوم ـ و نه قبل از آن ـ به تمرین بپردازند. اگرچه تمایل داریم تغییرات بسیاری را به‌طور هم‌زمان ایجاد کنیم، لیکن معلمان و دانش‌آموزان برای سازگاری با آنها به زمان نیاز دارند. بنابراین، ترجیح دارد تغییرات را داربست بندی کنیم، و در هر زمان یک تغییر را انجام دهیم و پیش از پرداختن به ایجاد تغییری جدید، توانایی لازم را ایجاد کنیم.

۵. بیایید با تعمق به درک درستی از چالش‌ها دست یابیم

تغییرات غالباً با چالش همراه هستند، لیکن می‌توانیم با اقدامات بازدارنده و برنامه‌ریزی شده با آنها مقابله کنیم.

نخستین چالش از این قرار است: آموزش پرسشگری‌محور، که به درستی با «استانداردهای علوم نسل آینده» هم‌خوانی دارد، آسان‌ترین شیوهٔ تدریس نیست. با وجود این، با توجه به موفقیت تحصیلی و پیشرفت شخصی که دانش‌آموزان هنگام یادگیری پرسشگری‌محور تجربه می‌کنند، هدف ما باید به جای سهولت و بازدهی صِرف، «اثربخشی» باشد.

چالش دوم آن است که: هنگام فعال بودن و مشارکت دانش‌آموزان، مدیریت کلاس متفاوت خواهد بود (مارشال، ۲۰۱۳). رفتار دانش‌آموزان مطیعی که به گونه‌ای غیرفعال به شکل ردیفی در کلاس نشسته‌اند، با رفتار فراگیرندگان فعال و درگیر که به بررسی و خلق کردن مشغول‌اند، متفاوت است. این می‌تواند هیجان انگیز باشد، لیکن مستلزم بازاندیشی شما در نقشتان به عنوان تسهیل‌کنندهٔ یادگیری نیز هست.

یکی از روش‌های بسیار خوب برای ایجاد تغییر از «معلم در نقش بازگوکننده» به «معلم در نقش تسهیل‌کننده»، این است که شیوهٔ پرسشگری خود را بهبود ببخشید؛ سعی کنید از سؤالات مبتنی بر واقعیت‌ها یا پرسش‌های تکمیل جمله فاصله بگیرید و بیشتر سؤالات مرتبط با «چگونگی» و «چرایی» را مطرح کنید. شیوهٔ ارائهٔ بازخورد به نظرات دانش‌آموزان را در نظر بگیرید. به‌جای رد کردن یا تأیید صِرف پاسخ‌ها، به‌سوی شیوه‌ای حرکت کنید که بیشتر جنبهٔ گفت‌وگو داشته باشد و برای دروندادهای تمام دانش‌آموزان کلاس ارزش قائل شوید.

این یک پیروزی برای تمام گروه است

استانداردهای علوم نسل آینده چارچوبی برای کمک به پیشرفت دانش‌آموزان و معلمان ارائه می‌دهند و به سبب هم‌خوانی طبیعی معلمان با تدریس پرسشگری‌محور، رویکردی عینی برای دستیابی به خبرگی فراهم می‌آورند. ولی برای کمک به گذار معلمان از رویکردهای پیشین به شکل‌های جدیدتر و مرتبط‌تر تدریس و برنامه درسی، پیشرفت حرفه‌ای کارامد ضروری خواهد بود. موفقیتی که معلمان با تمام گروه‌های دانش‌آموزی در همهٔ سطوح توانایی تجربه خواهند کرد، تلاش در راستای تغییر را به امری ارزشمند تبدیل خواهد کرد.

لحظات قابل آموزش در ریاضی

نویسندگان: لیندا گریفین و دیوید وارد[1]

مترجم: سهیلا غلام‌آزاد

یک روز صبح در جریان کارهای روزمره، خانم بَکستر[2] از دانش‌آموزان کلاس اول خود خواست، در مورد راه‌های گوناگونی که می‌توان عدد آن روز ـ۱۲ـ را بیان کرد، فکر کنند. دانش‌آموزان پرنشاط او، با به اشتراک گذاشتن ایده‌هایشان به جنب و جوش درآمدند. یک کودک ۶+۶، دیگری ۲+۱۰، را و دیگران ۲+۲+۲+۲+۲+۲ و ۲+۵+۵ را پیشنهاد می‌کنند. در آخر، یک نفر دیگر ۱+۱۱ را عنوان می‌کند. خانم بکستر همهٔ این گزاره‌ها را روی تخته می‌نویسد.

روز بعد خانم بکستر، روی تخته می‌نویسد: «ـــــ +ـــــ =۱۲» و از دانش‌آموزان می‌خواهد نظر روز قبلشان را بازآفرینی کنند. او که انتظار دست‌های به اهتزاز در آمدهٔ دانش‌آموزان را داشت، وقتی سردرگمی و گیجی دانش‌آموزانش را می‌بیند، کاملاً متعجب می‌شود. یکی از بچه‌ها می‌گوید: «شما آن را اشتباه نوشتید!» دیگری می‌گوید: «باید برعکس نوشته شود.» سپس اظهار نظرهای بیشتری مطرح می‌شوند که:

ـ ۱۲ را اون طرف بنویسید.

ـ نمی‌تونید جواب را اول بنویسید!

1. Linda Griffin and David Ward
2. Baxter

حالا این خانم بکستر بود که با شگفتی و حیرت نگاه می‌کرد، زیرا با یک تصمیم آموزشی مواجه شده بود. آیا باید آن عبارت را در قالب آشناتر (۱۲= ـــــ + ـــــ) بازنویسی کند و از سردرگم کردن آنها بپرهیزد؟ آیا باید به دانش‌آموزانش بگوید که نوشتن معادله به این روش کاملاً قابل قبول است؟ آیا باید سؤالات بیشتری بپرسد تا دریابد چرا این شکل از معادله برای آنها آزار دهنده است؟ آیا باید از آنها بپرسد که علامت تساوی یعنی چی؟ کدام یک از این پاسخ‌های آموزش داده شده با مفاهیمی هم‌سوتر است که انتظار می‌رود، دانش‌آموزان پایهٔ اول در هستهٔ مشترک استانداردهای کشوری برای ریاضی درک کنند؟

همچنان که معلمان در کلاس‌های درس سراسر ایالت متحده استانداردهای جدید ریاضی را به اجرا در می‌آورند، با موقعیت‌های بی‌شماری مانند این مورد مواجه می‌شوند. وقتی معلمان با پاسخ یا سؤالی غیرمنتظره از طرف دانش‌آموزان مواجه می‌شوند، باید در همان لحظه در مورد اهمیت سؤال و انتخاب پاسخ متناسب با آن تصمیم‌گیری کنند. موفقیت واقعیِ کاربستِ استانداردهای جدید ریاضی در اینجا اندازه‌گیری خواهد شد؛ در تصمیمات لحظه به لحظهٔ بی‌شماری که معلمان در حین تدریس می‌گیرند. اگرچه برای کمک به معلمان، به استفاده از استانداردهای جدید در طراحی درس‌ها و واحدهای آموزشی توجه زیادی شده است، اما معلمان نیز لازم است هدف و خط سِیر استانداردها را درک کنند تا در لحظات قابل آموزش از آنها بهره ببرند و درک، فهم و توانایی استدلال ریاضی را در دانش‌آموزان را ارتقا دهند.

استانداردهای جدید قرار نیست نام‌های جدیدی برای راه‌های قدیمی انجام کارها باشند. برای بسیاری از معلمان، برآورده کردن این استانداردها مستلزم تغییری عظیم در رویکردهای آنها به آموزش ریاضی خواهد بود؛ یعنی دوری از حفظ کردن طوطی‌وار و حرکت به سمت درک مفهومی و استدلال.

در تعامل با دانشجو ـ معلمان دریافته‌ایم که وقتی معلمان می‌توانند در جایگاهی بهتر قرار گیرند و تصمیمات آموزشی مناسبی بگیرند که پایه‌گذار موفقیت ریاضی در دانش‌آموزان باشند. این کار وقتی انجام می‌گیرد که دانش‌آموزان مفاهیم کلیدی را در استانداردها تشخیص می‌دهند؛ حتی وقتی‌که این مفاهیم در زمان‌های غیرمنتظره ظاهر شوند. بگذارید نگاهی بیندازیم به بعضی از اصطلاحات اساسی در استانداردهای ریاضی و نیز بعضی از تغییرات آموزشی که درک و فهم را ارتقا می‌بخشند

علامت تساوی

- درک معنای علامت تساوی و تعیین اینکه: آیا معادلات دارای جمع و تفریق درست هستند یا نادرست.

معنای «علامت تساوی» ممکن است به نظر واضح باشد.شاید به این دلیل که یکی از اولین نمادهایی است که کودکان موقع یادگیری اعمال ریاضی با آن مواجه می‌شوند. اما حضور فراگیر آن می‌تواند به درک نادرست معنای آن نیز منجر شود. همان‌طور که در ابتدای مقاله نشان داده شد، اغلب دانش‌آموزان علامت تساوی را به معنای «جواب این است» تعبیر می‌کنند.

برای مثال، وقتی از دانش‌آموزان خواسته می‌شود که به «ـــــ= ۶ + ۵» پاسخ دهند، ممکن است علامت تساوی

را به‌عنوان نشانه‌ای برای نوشتن جواب در جای خالی تعبیر کنند. در حالی‌که، معنای آن خیلی قطعی‌تر است. علامت تساوی، یعنی «همانند آن است» و یک رابطهٔ عددی را بیان می‌کند. وقتی دانش‌آموزان علامت تساوی را به‌عنوان یک علامت رابطه‌ای تشخیص می‌دهند، این "ادراک" مبنای یادگیریِ ریاضیِ آنها را در آینده مهیا می‌کند. با این درک و شناخت، گزاره‌هایی مثل «ـــ+۳=۸» و «ـــ+۵=۲+۴» و بعد از آن «X- ۱۱ = X+ ۵» بامعنا می‌شوند و در را به روی راهبردهای جدید برای حل مسائل پیچیده باز می‌کنند.

چرا این مفهوم مهم است؟ درک اینکه علامت تساوی، نشانهٔ رابطهٔ بین کمیت‌هاست و فقط برای «دادن جواب» به‌کار نمی‌رود، سودمندی ماندگاری برای دانش‌آموزانی دارد که آماده می‌شوند تا به زمینه‌های مجردتر ریاضی در جبر و غیره بپردازند (نات، استِفنز، مک نیل و علیبالی[1]، ۲۰۰۶). معلمان می‌توانند از بحث‌هایی مانند آنچه که در ابتدای مقاله توصیف شد، برای کشف بدفهمی‌ها در باب این نماد استفاده کنند و آنها را قبل از اینکه به یک مانع یادگیری در آینده تبدیل شوند، مورد توجه قرار دهند. در پایه‌های ابتدایی، وارد شدن به بحث‌های متداول در مورد این نماد و معنای آن، سرنوشت‌ساز است، زیرا ایجاد درکی جامع از نماد تساوی، فرایند پیچیده‌ای است که در طول زمان رخ می‌دهد، نه در یک جلسهٔ درس (کارپنتر، فرنک و لوی[2]، ۲۰۰۳)

چگونه می‌توانید آن را اصلاح کنید؟ معلمان پایهٔ ابتدایی می‌توانند از طریق ایجاد دو تغییر در روش‌های روزمرهٔ خود به هموار کردن راه برای یک انتقال راحت و بدون مشکل به جبر کمک کنند:

اول اینکه، وقتی علامت تساوی را معرفی می‌کنید، از زبانی استفاده کنید که درک دانش‌آموزان را از آن گسترش دهد. مساوی‌ها را با عبارات مترادفی مثل: *«مانند آن است»*، *«همان ارزش را دارد»*، *«معادلِ ...»*، *«یا همان‌قدر است»*، جایگزین کنید. پوستری تهیه کنید که علامت تساوی در مرکز آن و شبکه‌ای از مترادف‌ها به دور آن باشد و طرحی از «ترازو» یا «الاکلنگ» به‌عنوان یادآور بصری مفهوم، روی آن بکشید. این پوستر را به‌عنوان یک یادآور برای دانش‌آموزان در محلی قابل رؤیت قرار دهید تا از گسترهٔ وسیع اصطلاحات به‌کار رفته، در ساخت درکی عمیق از این نماد استفاده کنند.

دوم اینکه، اطمینان حاصل کنید که دانش‌آموزان به‌طور منظم در معرض گزاره‌های عددی که در آنها جایگاه علامت تساوی متفاوت است، قرار بگیرند. مواد آموزشی خود را مرور کنید. اگر علامت تساوی همیشه در یک جا نشان داده شده است، بعضی از گزاره‌های عددی را دوباره‌نویسی کنید تا مطمئن شوید که دانش‌آموزان درکی قاطع (جدی) و منعطف از این نماد به‌دست می‌آورند.

عدد اصلی[3]

درک رابطهٔ بین اعداد و کمیت‌ها؛ مرتبط کردن شمارش به عدد اصلی

1. Knuth, Stephens, McNeil, &Alibali
2. Carpenter, Frank & Levi
3. Cardinality

بچه‌ها می‌توانند، خیلی قبل از آنکه بفهمند شماره کردن ما اطلاعات مهمی می‌گوید ـ یعنی چند تا از چیزی داریم ـ با تقلید از شمارشی که دیگران انجام می‌دهند، اشیا را «بشمارند». این را تصور کنید:معلم به کودکی کودکستانی هفت مکعب می‌دهد و می‌گوید: «این‌ها را برای من بشمار.» کودک با لمس هر یک از مکعب‌ها عدد بعدی را در دنبالهٔ شمارش خود می‌آورد تا به عدد هفت برسد.

آیا معلم می‌تواند نتیجه بگیرد که این کودک شمارش را درک کرده است؟ در واقع، بدون پرسیدن یک سؤال نهایی از کودک این امر غیرممکن است: «چند تا مکعب وجود دارد؟» کودکی که پاسخ می‌دهد «هفت»، درک می‌کند که آخرین عدد معنای خاصی دارد: ـ این شماره عدد اصلی مجموعه را بیان می‌کند؛ یعنی چند تا در آن هست. کودکی که هنوز مفهوم عدد اصلی را درک نکرده باشد، نمی‌تواند به این سؤال پاسخ بدهد و غالباً آن را به‌عنوان فرمانی برای تکرار همان عمل شمارش فرض می‌کند که تازه تمام کرده است.

چرا این مفهوم مهم است؟ عدد اصلی توانایی معنادهی به فرایند شمارش را دارد. عدد اصلی راه را برای استفاده از اعداد برای توصیف و مقایسه هموار می‌کند و زمینه درک اعمال ترکیب کردن (جمع کردن) و جداسازی (تفریق کردن) را پایه‌ریزی می‌کند. بسیاری از راهبردهای اولیه‌ای که کودکان برای حل کردن مسایل جمع و تفریق کسب می‌کنند به درک معنادار شمارش بستگی دارد (کلمنتس و ساراما[1]،۲۰۰۹؛ کراس، وودز و شوینگرابر[2]، ۲۰۰۹).

چگونه می‌توانید آن را اصلاح کنید؟ در اینجا از دو تغییر آموزشی می‌توان نام برد:

تغییر اول، فرض نکنید که توانایی کودک در حفظ کردن ترتیب اعداد به معنای آن است که او شمارش و کمیت را درک می‌کند. برای درک این توانایی، بعد از هر تکلیف شمارشی، حتی وقتی آن تکالیف را مدل‌سازی می‌کنید، سؤال کنید: «چند تا ؟» وقتی هنگام صبح تعداد تقاضاهای ناهار را شمارش می‌کنید، دست‌های بالا گرفته شده را بشمارید و بعد از آن حتماً بپرسید: «چند نفر از بچه‌ها امروز سفارش ناهار گرم دارند؟»

تغییر دوم، روی آوردن به تکالیف اولیهٔ شمارش با جهت‌گیری به سمت درک جمع و تفریق است. فرصت‌های زیادی را برای دانش‌آموزان ایجاد کنید تا انواع اشیا را در اندازه‌های مختلف بشمارند و بپرسید مثلاً: «چند تا مکعب خواهیم داشت اگر این دو دسته مکعب را ترکیب کنیم؟» و یا: «چند تا مداد خواهیم داشت اگر من دو مداد از سبد تو بردارم؟» این‌گونه تکالیف دانش‌آموزان را به معنادهی به فرایند شمارش و استفادهٔ از آن به‌عنوان راهبردی در حل مسائل پیچیده‌تر تشویق می‌کند.

ویژگی‌ها (خصوصیات)

ویژگی‌های اعمال را به‌عنوان راهبردهای جمع و تفریق به کار ببرید.

(این مهارت در چندین مورد از استانداردهای پایه‌های اول و دوم آمده است.)

1. Clements &Sarama
2. Cross, Woods, &Schweingruber

کار کردن و فکر کردنِ راهبردی، مشخصهٔ این استانداردهای جدید در ریاضیات هستند. این نوع عملکرد حتی در مهارت‌های پایه مانند محاسبه با جمع و تفریق نیز به‌کار می‌رود. با استفاده از خاصیت‌های جابه‌جایی و شرکت‌پذیری، کودکان می‌توانند تصمیمات بخردانه‌ای بگیرند که محاسبه را ساده کند و خطا را کاهش دهد.

برای مثال، وقتی دانش‌آموزی با مسئله‌ای مثل ۶+۷+۴ مواجه می‌شود، یک حرکت محاسباتی زیرکانه می‌تواند این باشد که با به کار گیریِ خاصیت جابه‌جایی، اعداد را با ترتیب تازه بنویسد (۷+۶+۴) و از طریق به‌کارگیریِ خاصیتِ شرکت‌پذیری، آنها را دوباره گروه‌بندی کنید ((۷+۶)+۴)، تا از این طریق مسئلهٔ جدیدی را بیافرینند که حل آن به مراتب ساده‌تر است. لازم است معلمان به‌جای اصطلاحات یا واژگان بر مفاهیم تأکید داشته باشند. در واقع، هدف به هیچ وجه «تدریس» این ویژگی‌ها نیست، بلکه ایجاد فرصت‌هایی برای دانش‌آموزان است تا الگوها را مشاهده کنند، رابطه‌ها را تشخیص دهند، و تعمیم‌های خودشان را دربارهٔ این‌که اعداد چگونه می‌توانند و نمی‌توانند برای هر عمل دست‌کاری شوند، ایجاد کنند (کارپنتر و همکاران[1]، ۲۰۰۳).

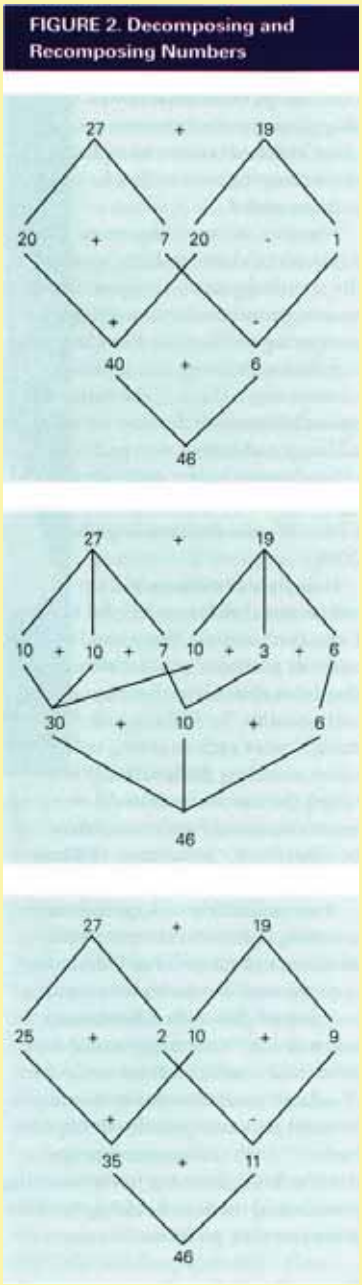
چرا این مفهوم مهم است؟ ساده کردن محاسبه‌ها تنها فایده دانستن و استفاده کردن از ویژگی‌ها نیست. در «تمرین ریاضی ۷»[2] آمده است: «دانش‌آموزانی که مهارت ریاضی دارند، به‌منظور تشخیص الگو یا ساختار، با دقت به‌دنبال آن می‌گردند.» دانش‌آموزان با ایجاد عادات ذهنی در حل مسئله که مستلزم تأمل و طراحی از قبل است، قادر خواهند بود از این مهارت در سراسر فعالیت‌های ریاضی خود استفاده کنند. دانش‌آموزان فاقد این ظرفیت، بدون اینکه اول یک قدم به عقب برگردند تا هدف و مسیرهای چندگانهٔ حل هر مسئله را شناسایی کنند، عجولانه در آن غوطه‌ور (شیرجه می‌زنند) می‌شوند. صرف‌نظر از اینکه مسئله، جمع تک رقمی یا موضوعات پیشرفته‌تر باشد، ساخت و استفادهٔ هوشمندانه از تعمیم‌ها برای ساده کردن مسائل به ظاهر پیچیده از مهارت‌های اصلی حل مسئله هستند.

چگونه می‌توانید آن را اصلاح کنید؟ در اینجا مهم‌ترین تغییر آموزشی عبارت است از ایجاد فرصت‌های منظم برای دانش‌آموزان به‌منظور ساخت و آزمایش تعمیم‌هایی دربارهٔ اعداد و عملیات. برای مثال، مجموعه‌ای از مسائل، شامل اعداد جفت جفتی، مثل ۲ +۵ = ? و ۵ +۲ = ?، را مطرح کنید و به مشاهدهٔ دانش‌آموزان در حین حل آنها بپردازید، و به دانش‌آموزی توجه کنید که بعد از حل کردن مسئلهٔ اول بلافاصله جواب مسئلهٔ دوم را می‌داند. از این دانش‌آموز بخواهید که راهبرد خود را با کلاس در میان بگذارد و ببینید چه کسی موافق و یا مخالف است. در ادامه، با سؤالاتی مثل: «آیا این همیشه درست خواهد بود، حتی برای اعداد بزرگ؟ از کجا با اطمینان این را می‌دانیم؟» یا: «آیا این برای تفریق هم درست است؟» تدریس را جلو ببرید.

با دادن این فرصت به دانش‌آموزان که اعداد جفتی ترکیب شده با ترتیب «رو به جلو» و «رو به عقب» را مشاهده کنند و مورد بحث قرار دهند، دانش‌آموزان همیشه به نوعی قاعدهٔ «چرخش» برای جمع می‌رسند ـ خاصیت

1. Carpenter et al.
2. Mathematical Practice 7

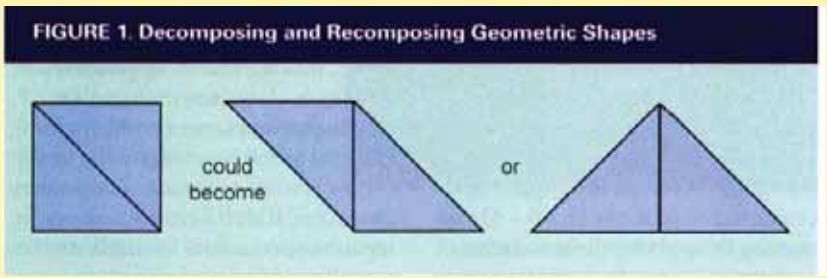
جابه‌جایی ـ و از آن در حل مسائل پیچیده‌تر استفاده می‌کنند. به یاد داشته باشید که تمرینِ مشاهده کردن و تعمیم دادن به همان اندازهٔ دانستن و استفاده کردن از ویژگی‌ها اهمیت دارد. دانش‌آموزان را به بررسیِ انواع مشاهداتشان ترغیب کنید، حتی آنهایی که ممکن است غلط بودنشان ثابت شود.



ترکیب کردن و تجزیه کردن

ترکیب کردن یعنی «خلق کردن یا ساختن» و تجزیه کردن یعنی «خرد کردن». این حقیقت که این دو فعل در شش استاندارد هستهٔ مشترک و در سراسر سه حوزهٔ ریاضی در استانداردهای ۲ـ K دیده می‌شوند، دلیل محکمی بر اهمیت آنهاست.

برای نشان دادن این مفهوم با ذکر یک مثال، نگاهی به هندسه بیندازیم. دانش‌آموزانی که می‌توانند شکل‌ها را تجزیه و ترکیب کنند، توانایی قرار دادن قطعات هندسی کنار هم، جدا کردن آنها، و از همه مهم‌تر، دوباره کنار هم قرار دادن آنها را به شکلی دیگر دارند (شکل ۱ را ببینید).



شکل ۱

در حوزهٔ اعداد نیز در چندین استاندارد، از اصطلاحات ترکیب و تجزیه برای توصیف تفکری مشابه در مورد کمیت‌ها استفاده شده است. مسئلهٔ «ـــ =۱۹+۲۷» را در نظر بگیرید. دانش‌آموزی که می‌تواند اعداد را ترکیب و تجزیه کند، می‌تواند این مسئله را با شکستن اعداد و قرار دادن دوبارهٔ آنها کنار هم به روشی هوشمندانه و راحت حل کند (شکل ۲ را ببینید).

چرا این مفهوم مهم است؟ دانش‌آموزانی که در اوایل آموزش مدرسه‌ای، تفکری منعطف در مورد اعداد در آنها شکل می‌گیرد، برای کسب تفکر ریاضی پیچیده آماده می‌شوند. در حین پیشروی خود در طول پایه‌ها، دانش‌آموزانی که می‌توانند اعداد را تجزیه و دوباره ترکیب کنند، در برخورد با مسائل محاسباتیِ چالشی می‌توانند راه‌های بسیار زیادی را در مقابل خود ببینند. دانش‌آموزان فاقد

این توانایی، طبق معمول فقط یک راه برای نزدیک شدن به آن دارند: آنها اعداد را به صورت عمودی زیر هم می‌گذارند و شیوه‌های حفظ شده را دنبال می‌کنند. توانایی ترکیب و تجزیه کردن اعداد، دانش دانش‌آموزان را دربارهٔ ارزش مکانی ارتقا می‌بخشد، و به‌طور بالقوه حتی می‌تواند توانایی استدلال کردن آنها را با اعداد منفی بهتر کند.

چگونه می‌توانید آن را اصلاح کنید؟ از هر فرصتی برای ترغیب تفکر منعطف دربارهٔ اعداد استفاده کنید. بپرسید: «راه دیگر فکر کردن دربارهٔ آن عدد چیست؟ چطور می‌توانیم آن عدد را به قطعات ساده‌تر بشکنیم؟» چیستان‌های عددی با سرنخ‌هایی مثل: «من به عددی فکر می‌کنم که از ۴ تا ۱۰ و ۷ تا یکی ساخته شده است. عدد من چیست؟» یا: «اگر عدد مرا از یک راه خرد کنیم، می‌توانیم ۲۵ و ۲۵ و ۵ را ببینیم و اگر از راه دیگری آن را خرد کنیم، می‌توانیم ۴۰ و ۱۵ را ببینیم. عدد من چیست؟» بر پیدا کردن ترکیباتی که در آنها از «اعداد خوب»، مانند اعداد ده تایی (مضارب ۱۰) و اعداد ساده‌ای مثل ۲۵ و ۷۵ استفاده شده است، تأکید کنید.

برای ارتقای جنبه‌های هندسی این مفهوم، معماهای شکلی را به‌عنوان فعالیت‌های انتخاب آزاد مطرح کنید. حتی می‌توانید دانش‌آموزان را به تولید معما و به اشتراک گذاشتن آنها وادارید. تحقیقات نشان می‌دهد که توانایی ترکیب و تجزیهٔ قطعات هندسی به انعطاف‌پذیری در ترکیبات عددی تبدیل می‌شود (کلمنتس و ساراما، ۲۰۰۹). بنابراین حتماً تجربیاتی با شکل‌ها و اعداد فراهم آورید.

مجهولات

از جمع و تفریق در محدوده ۲۰ برای حل مسائل کلامی که موقعیت‌هایی مانند جمع کردن، کم کردن، روی هم ریختن، جدا کردن و مقایسه کردن با مجهولات در همهٔ شرایط را شامل می‌شود، استفاده کنید.

به‌طور سنتی، اصطلاح *مجهول* با مفهوم متغیرها در جبر پیوند خورده است، اما در این استاندارد مقصود این نیست. نکته در اینجا اطمینان یافتن از آن است که دانش‌آموزان از حل مسائل در چارچوب‌های مسائل کلامیِ سنتیِ سر راست، که غالباً در کتاب‌های درسی یافت می‌شوند، فراتر بروند.

برای مثال، مسئله‌ای مثل این در پایهٔ اول متداول است: «دینا ۱۲ تیله داشت. او ۷ تیله به دختر خاله‌اش داد. چند تیله برای دینا باقی مانده است؟» در این مثال می‌توانیم مقدار اولیه (۱۲ تیله) و مقدار تغییر (۷ تا تیله) را تشخیص دهیم و مقدار حاصل مجهول است. با قرار دادن مجهول در جایگاه‌های متفاوت، این مسئله می‌تواند چالش زیادی ایجاد کند. روایت‌های زیر را در نظر بگیرید:

- *نتیجهٔ مجهول*: «دینا ۱۲ تیله داشت. او ۷ تیله به دختر خاله‌اش داد. چند تیله برای دینا باقی مانده است؟»
- *تغییر مجهول*: «دینا ۱۲ تیله داشت. او تعدادی تیله به دختر خاله‌اش داد. حالا دینا ۵ تیله دارد. دینا چند تیله به دختر خاله‌اش داده است؟»
- *شروع مجهول*: «دینا تعدادی تیله داشت. او ۷ تیله به دختر خاله‌اش داد. حالا ۵ تیله برای دینا در کیسه‌اش باقی مانده است. دینا در شروع چند تیله داشته است؟»

نسخه‌های دوم و سوم این مسئله، هم به لحاظ زمانی و هم به لحاظ ریاضی، پیچیده‌تر هستند. با تغییر جایگاه مجهول، دانش‌آموزان مجبور می‌شوند راهبردهای حل مسئلهٔ پیچیده‌تری را تولید و به‌کار برند.

چرا این مفهوم مهم است؟ مسائلی با چند مجهول در موقعیت‌های متفاوت، ادراکات چند وجهی از روابط بین کمیت‌ها را ارتقا می‌بخشند و به توسعهٔ مهارت‌های حل مسئله کمک می‌کنند. وقتی کودکان حل مسائل کلامی را شروع می‌کنند، معمولاً از مکعب‌ها، نقاشی‌ها یا انگشتان دست برای بازنمایی و نشان دادن موقعیت‌ها کمک می‌گیرند. مسئله‌ای «با نتیجهٔ مجهول» (مانند مسئلهٔ اصلی تیله‌ها) برای این راهبرد مناسب است.

ولی هنگامی‌که، «تغییر» یا «شروع» مجهول است، مسئله را نمی‌توان به‌سادگی با استفاده از اشیا و نقاشی‌ها بازنمایی کرد. دانش‌آموزان مجبور خواهند بود راهبردهای بدیلی را امتحان کنند که طراحی‌های پیشرفته‌ای را می‌طلبد. مسائلی که در آنها «تغییر» یا «شروع» مجهول است، دانش‌آموزان را وا می‌دارند که دانش خود را از روابط اعداد و استدلال ریاضی برای تولید راهبردهای پیشرفته‌تر ترکیب کنند.

چگونه می‌توانید آن را اصلاح کنید؟ باید در حل مسائل کلامی از رویکردی تکراری و یکنواخت که در آن بیشتر مسائل از یک فرمول یا الگو تبعیت می‌کنند، به حالتی که در آن تنوع زیادی در انواع مسائل طرح شده وجود دارد، تغییر موضع داد. وقتی دانش‌آموزان نتوانند مسئله را با استفاد از روش‌های اصیل خودشان حل کنند، راهبردهای جدیدی برای حل مسئله تولید می‌کنند (کارپنتر، فِنِما، فِرنک، لِوی و اِمپسون[1]، ۱۹۹۹).

مواد و مطالب برنامهٔ درسی خود را بررسی کنید تا مطمئن شوید که فرصت‌هایی را برای حل مسائلی شامل می‌شوند که طیف وسیعی از انواع مسائل و ساختارها را نمایندگی می‌کنند. به یاد داشته باشید، لازم نیست به مواد و مطالب آموزشی خود به‌عنوان منبعی برای مسائل کلامیِ جالب و متنوع تکیه کنید. معلمان می‌توانند مسائل کلامی خود را با تغییر اعداد و جایگاه مجهول، و عرضهٔ شخصیت‌های مورد علاقهٔ خود تولید کنند. قدرت عظیمی در مسائل شخصی شده وجود دارد؛ قدرت‌هایی که بر پایهٔ زمینه‌های آشنایی مانند مدرسه خودمان، کلاس خودمان و خانوادهٔ خودمان به‌وجود می‌آیند. اگر دانش‌آموزان نسبت به مسئله احساس پیوند داشته باشند، مشتاقانه در مسائل چالشی‌تر استقامت به خرج می‌دهند.

ابتدا، فهمیدن

در نشریهٔ ۲۰۱۲، «انجمن نظارت و توسعه برنامهٔ درسی» نخستین توصیه از میان توصیه‌هایی که برای کاربست استانداردهای جدید آمده، گفته است: «مطمئن شوید که آموزشگران، استانداردها و تغییرات آموزشی مهمی را که لازم دارند، عمیقاً فهمیده‌اند» (صفحهٔ ۳۱). داشتن درکی جامع از مجموعهٔ واژگان و مفاهیم در این استانداردها، مبنایی قوی برای انتخاب‌های آموزشی سالم تأمین می‌کند و به معلمان در پرورش تفکر نقادانه، حل مسئله، و مهارت‌های تحلیلی که دانش‌آموزان برای موفقیت‌های آینده به آنها نیاز دارند، یاری می‌رساند.

[1]. Carpenter, Fennema, Frake,Levi, &Empson

مهندسی برای همه

نویسنده: کریستین کانینگهام، ملیسا هیگنز

مترجم: مهندس مهدی اسمعیلی

«**بنیاد** ملی علوم»[1] در دهۀ ۱۹۹۰ آموزش "STEM"[2] را به‌عنوان یک راه میانبر برای اهمیت *دادن به علوم*، *فناوری*، *مهندسی* و *ریاضیات* در جهت شکوفایی آینده مطرح کرد. گرچه تاکنون معلمان در دورۀ ۱۲ سالۀ آموزش، توجه نسبتاً کمی به آموزش ***مهندسی*** در آموزش "STEM" داشته‌اند.

مهندسی به زودی نقش از دست رفته خود را باز می یابد. «استانداردهای جدید علوم برای نسل آینده»[3] (NGSS Lead State,۲۰۱۳) اولویت ملی را کمک به دانش‌آموزان ایالات متحده آمریکا برای فهم جهان ساخته شده به‌دست بشر (یا جهان مهندسی شده‌ای) که در آن زندگی می‌کنیم، قرار داده است. برخی از ایالت‌ها نیز استانداردهای خود را برای تلفیق مهندسی با علوم اصلاح کرده‌اند.

1. The National Science Foundation
2. Science, Technology, Engineering & Mathematics
3. The new Next Generation Science Standards

اما زمانی‌که معلمان، مهندسی را در کلاس‌های دوره‌های ابتدایی، راهنمایی و متوسطه آموزش می‌دهند، با این چالش روبه‌رو می‌شوند که: چگونه فعالیت‌ها و تجارب آموزشی را طراحی کنند تا مهندسی برای همهٔ دانش‌آموزان مؤثر و جالب باشد؟ افزایش مشمول آموزش مهندسی در ایالات متحده آمریکا، به‌دلیل آنکه سهم دختران و دانش‌آموزان خردسال در رشته‌های مهندسی کمتر از حد لازم است، از اهمیت خاصی برخوردار است.

برای نمونه، فعالیت‌های مهندسی در سطح مدرسه، به‌طور سنتی، بر پروژه‌های رقابت‌آمیز و بی توجه به بافت موجود تأکید دارند. این پروژه‌ها دانش‌آموزانی را که برای کار گروهی و کارهای دنیای واقعی ارزش قائل‌اند، جذب نمی‌کنند. چالش‌های مهندسی که نشان‌دهندهٔ چگونگی کمک مهندسی به مردم یا جامعه هستند، گروه بیشتری از دانش‌آموزان را جذب خواهند کرد. *بنابراین باید دید: چگونه می‌توان آموزش مهندسی را گسترش داد.*

شش اصل برای دعوت همهٔ دانش‌آموزان

برنامه‌ریزان درسی با همکاری موزهٔ علوم در بوستون آمریکا، شش اصل را شناسایی کردندکه معلمان با استفاده از آنها می‌توانند مطمئن شوند که تدریس در کلاس درس، فعالیت‌ها و مواد و مطالب آموزشی، همهٔ دانش‌آموزان، از جمله دانش‌آموزان اقلیت‌ها[1] و شاگردان با عملکرد پایین را درگیر می‌کند. ما این اصول را هنگام تدوین برنامهٔ درسی «*مهندسی ابتدایی*» نامیدیم. مهندسی ابتدایی هدایت دانش‌آموزان را در فعالیت‌های مهندسی و بر مبنای مسائل واقعی به‌عهده دارد. این اصول را می‌توان در فعالیت‌ها یا واحدهای تدریس مهندسی در هر کلاسی به‌کار گرفت.

اصل ۱: انجام فعالیت‌های مهندسی در شرایط دنیای واقعی

بسیاری از دانش‌آموزان به دانشی که آنها در مدرسه یاد می‌گیرند به‌عنوان دانشی نامناسب برای حرفه و زندگی آیندهٔ خود نگاه می‌کنند (کارلون، هان فرانک و وب، ۲۰۱۱)[2]

یک راه برای تعیین شرایط دنیای واقعی، داشتن یک داستان است؛ داستانی ساختگی، یک خبر جدید یا حتی یک مسئله.

واحدهای برنامهٔ درسی مهندسی ابتدایی برای دانش‌آموزان پایه‌های یکم تا پنجم ابتدایی با یک داستان شروع می‌شوند. ویژگی اصلی آن داستان، مواجه شدن با یک مسئله و حل آن با استفاده از مهندسی است. پس از خواندن داستان، دانش‌آموزان با چالش‌های مشابه درگیر می‌شوند. این رویکرد فعالیت‌های آموزش مهندسی را بلافاصله در شرایط و موقعیت‌های بافت بزرگ‌تری قرار می‌دهد. داستان‌ها می‌توانند در مکان‌های مختلف در جهان اتفاق بیفتند. قهرمانان اصلی داستان‌ها می‌توانند از نژادهای مختلف، از قومیت‌ها و با توانایی‌های گوناگون باشند که به دانش‌آموزان سرمشق می‌دهند. ترجیح دارد، طرح داستان‌ها با تجارب دانش‌آموزان مرتبط باشد.

---

۱. در این مقاله، منظور از اقلیت‌ها دانش‌آموزان آمریکایی ـ آفریقایی، آمریکایی ـ آسیایی و ... است (مترجم).

2. Carlone, Haun- Frank & Webb, 2011

انتخاب فعالیت‌هایی که تأکید بر آن دارد: چگونه مهندسی به مردم، حیوانات، محیط زیست و جامعه سود می‌رساند.

برای مثال، بیشتر کودکان کارهای ناخوشایند و مشکلی را تجربه کرده‌اند. کارهای ناخوشایند، نقاط عطفی در داستان ***«لراتو طرحی را سر هم می‌کند»*** هستند. این داستان در مورد یک دختر بوتساوانایی است که مسئول جمع‌آوری هیزم برای پختن غذای خانواده است. این کار طاقت فرساست، مخصوصاً به‌دلیل آنکه لراتو خواهر یا برادری کوچک‌تر از خود دارد که باید از او هم مراقبت کند. یکی از دوستان لراتو، دانشجوی دانشگاهی در رشتهٔ مهندسی سبز است و به لراتو یک اجاق خورشیدی نشان می‌دهد. ابتدا اجاق به‌خوبی کار نمی‌کند اما بر اساس برخی کارهای مهندسی دقیق، لراتو طرح آن را بهبود می‌دهد، به‌طوری‌که اجاق می‌تواند غذا هم بپزد. هم‌اکنون او برای جمع‌آوری هیزم زمان کمتری را صرف می‌کند.

پس از مطالعهٔ داستان، دانش‌آموزان عایقی برای اجاق خورشیدی خود که با جعبهٔ کفش ساخته می‌شود، طراحی می‌کنند. آنها ابتدا آزمایش‌های کنترل شده‌ای را به‌منظور بررسی خاصیت عایق حرارتی بودن گلوله‌های فویل، اسفنج صنعتی، کاغذ و پارچهٔ کتان انجام می‌دهند. آنگاه براساس نتایج آزمایش‌های خود تصمیم می‌گیرند، از کدام ماده برای عایق‌بندی درون اجاق خورشیدی استفاده کنند.

برنامهٔ درسی مهندسی ابتدایی، یک برنامهٔ درسی خارج از زمان مدرسه را نیز برای دانش‌آموزان دورهٔ راهنمایی با عنوان ***«مهندسی در همه جا»***[1] تدوین کرده است. این برنامه درسی قابل بارگیری (دانلود) از روی سایت پروژه به نشانی "www.eie.org/engineering-everywhere" است.

هر واحد درسی با یک ویدیوی مستندگونه شروع می‌شود که کوتاه و پر تحرک است و چالش‌های مهندسی در دنیای واقعی را نشان می‌دهد.[2] این رویکرد داستان‌گویی، انگیزهٔ دانش‌آموزان سال‌های بالاتر را تحریک می‌کند. برای نمونه، در چالشی از دانش‌آموزان برای مهندسی یک فضای شهری به‌منظور کنترل آب ناشی از توفان، مسئله‌ای که ایالات متحده به وفور با آن مواجه است، دعوت به‌عمل می‌آید. دانش‌آموزان در فیلمی، توسط یک مهندس محیط زیست و با گردش در داخل شهر و دریافت راهنمایی‌ها، با مسئله آشنا می‌شوند.

دانش‌آموزان در این چالش طراحی مهندسی، به‌صورت گروهی کار می‌کنند. هر گروه یک مدل از شهر را در ساحل مدل رودخانه ایجاد می‌کند. دانش‌آموزان آلوده‌کننده‌ها را ـ با استفاده از تکه‌های پلاستیک، ذرات رنگ غذا و مایع ظرف‌شویی ـ در مکان‌های متفاوت در سراسر شهر قرار می‌دهند. سپس از یک بطری آب پاش برای شبیه‌سازی بارانی سیل‌آسا استفاده می‌کنند. هنگامی که باران می‌بارد، دانش‌آموزان مشاهدهٔ نظام‌مندی در مورد اینکه چگونه آلودگی از روی سطوح سخت شسته می‌شود و در رودخانه رسوب می‌کند، خواهند داشت. آنها فناوری‌های موجود را برای جلوگیری از آب‌های روان در شهرها و آزمایش مواد جاذب آب بررسی می‌کنند و سپس آنچه را که یاد گرفته‌اند، در مدل شهر خود به‌کار می‌بندند. در مرحلهٔ بعد، معلمان دانش‌آموزان را با فرایند هشت مرحله‌ای مهندسی که شامل

---

1. Engineering everywhere

۲. روی وب سایت www.eie.org ،«مهندسی به‌صورت مقدماتی» فیلم‌ها و دیگر منابع آموزشی برای استفادهٔ معلمان، به انضمام انواع درس‌ها و فعالیت‌های مشخص شده در برنامهٔ درسی برای این کلاس درس ارائه شده‌اند.

شناسایی، *بررسی*، *تصور کردن*، *برنامه‌ریزی*، *ابداع*، *آزمایش*، *بهبود* و *اطلاع‌رسانی* است، آشنا می‌سازند.

اصل ۲: تأکید بر نحوهٔ کمک مهندسان به دیگران

بسیاری از دانش‌آموزان به حرفه‌هایی علاقه‌مند هستند که تمرکز آنها بر ***کمک*** بـه دیگـران اسـت. ایـن موضـوع مخصوصاً برای دختران و اقلیت‌ها صحت دارد. زیرا اغلب دختران خواهان درک ارزش اجتماعی چیزی هسـتند کـه مطالعه می‌کنند. بنابراین بهتر است فعالیت‌هایی انتخاب شوند که بر چگونگی کمک مهندسی بـه مـردم، حیوانـات، محیط زیست و جامعه تأکید دارند (آکادمی ملی مهندسی[1]،۲۰۰۸).

گاهی با تغییر ساختار فعالیتی که بـه آن مشـغولید و بـا تأکیـد بـر جنبـهٔ بشردوسـتانه آن، مـی‌توانیـد انگیـزهٔ دانش‌آموزان را تحریک کنید. برای مثال، یک فعالیت رایج در کلاس درس می‌تواند طراحی یک مدار برقی باشد. اما این تکلیف بدون توجه به بافت و شرایط خاص انجام می‌گیرد. در عوض، می‌توانیم کودکان را برای طراحی یک مدار الکتریکی به‌منظور راه‌اندازی زنگ یا روشن شدن لامپ، وقتی ظرف آب حیوانات خالی می‌شود، به چـالش بکشـیم! زنگ خطری که به نگهبان یا افراد هشدار می‌دهد، ظرف آب را پرکنند و از اینکه حیوانات آب برای خـوردن داشـته باشند، مطمئن شوند.

مهندسان محیط زیست برای حفاظت از محیط زیست کار می‌کننـد. دانـش‌آمـوزانی کـه بـرای طراحـی فراینـد پاک‌سازی روغن ریخته شده به چالش کشیده می‌شوند، فهمی از کار مهندس محیط زیسـت خواهنـد داشـت. آنهـا همچنین درک می‌کنند که چگونه این کار به حفاظت از حیاط وحش و اکوسیستم کمک خواهد کرد. دانش‌آموزانی که توصیه می‌کنند پل جدید در چه مکانی ساخته شود، از کمکِ مهندسی «ژئوتکنیک» نیز بهره خواهند برد، زیرا نه تنها باید پل را در جایی بسازند که ایمنی داشته باشد بلکه باید جایی باشد که روستاییان نیز دسترسی آسانی به مدرسه و درمانگاه آن‌طرف رودخانه داشته باشند.

1. National Academy of Engineering, 2008

دانش‌آموزان پلی را طراحی می‌کنند و پایداری و استقامت آن را مورد بحث قرار می‌دهند.

اصل ۳: طراحی فعالیت‌های دارای راه حل‌های متنوع

درس‌های مرسوم غالباً به این صورت‌اند که دانش‌آموزان را برای رسیدن به ***یک*** جواب صحیح موظف می‌کنند. این رویکرد درگیر نشدن دانش‌آموزان را موجب می‌شود، به‌خصوص اگر دانش‌آموزان شکست را بارها تجربه کنند. فعالیت‌های ***«بازپاسخ»***، حل کنندهٔ مسئله را قادر خواهند ساخت به راه حل‌های متنوع دست یابند، خلاقیت خود را تقویت کنند، خطرپذیری بیشتری داشته باشد و ایده‌های ناب و تازه را مورد توجه قرار دهد.

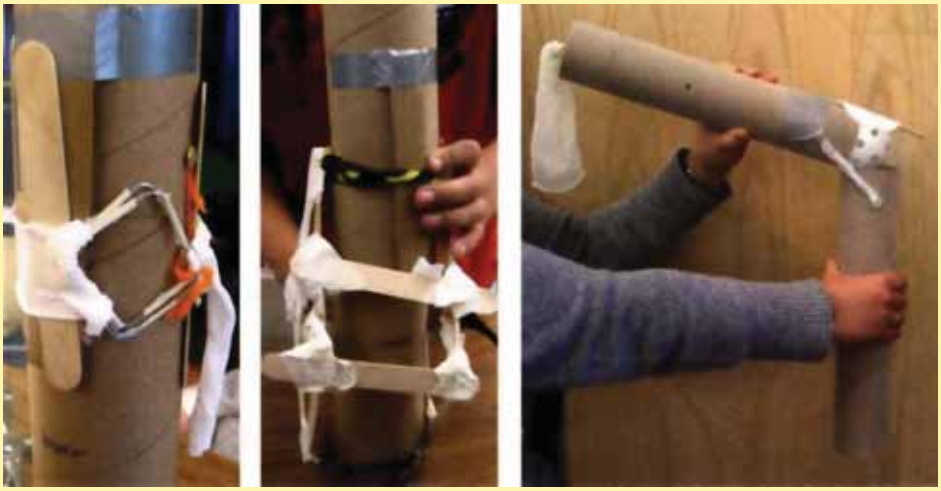
فعالیت‌های ***بازپاسخ*** باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که دانش‌آموزان نتیجهٔ به‌دست آمده از طراحی خود را براساس معیارها و محدودیت‌ها ارزیابی کنند و امکان اصلاح و بهبود طرح خود را داشته باشند. به‌طور کلی، به اشتراک گذاشتن راه حل‌های طراحی شده با کلاس درس نیز باید مورد توجه قرار گیرد. تعمق و تفکر در مورد ویژگی‌های مشترک طرح‌های موفق، ایده‌های جدیدی را سبب می‌شود.

> ***تنوع راه حل‌هایی که کودکان ارائه دادند، جذاب‌ترین بخش کار بود.***
> ***هیچ‌یک از طراحی‌ها مثل هم نبودند.***
> این کاملاً در تضاد با کار معمول در مدرسه است.

در اینجا یک چالش ***بازپاسخ*** در مهندسی زیست پزشکی در برنامهٔ مهندسی ابتدایی، یعنی طراحی زانوبند (بریس زانو) مطرح شده است. دانش‌آموزان کار را با اندازه‌گیری دامنهٔ حرکت مفصل زانوی آسیب ندیده و سالم شروع می‌کنند. سپس به دانش‌آموزان مدلی از زانوی صدمه دیده داده می‌شود که از یک توپ بیس بال ساخته شده (به‌عنوان مفصل زانو) و درون دو لوله مقوایی تو در تو که با لاستیک و کِش سفت شده‌اند، قرار دارد. دانش‌آموزان

خواهند دید که دامنهٔ حرکت مدل صدمه دیده، با زانوی سالم متفاوت است.

چالش مهندسی دانش‌آموزان این است زانوبندی طراحی کنند که علاوه بر استحکام، قابلیت انعطاف داشته باشد تا اجازه حرکت عادی را به زانوی صدمه دیده بدهد. آنها می‌توانند تنها از چوب بستنی، باندِ کشی، نـخ، فـوم، نمـد، پارچه و مقوا استفاده کنند.



زانوبندهای طراحی شده با مواد ساده توسط دانش‌آموزان که راه حل‌های ممکن را نشان می‌دهد.

در حالی‌که دانش‌آموزان به مهندسی مشغول‌اند، نیاز دارند دانش خـود را در مـورد دامنـهٔ حرکـت یـک زانـو، و خواص مواد، و نیز مهارت‌های حل مسئلهٔ خود را به‌کار گیرند. پس از طراحی و ساخت ابـزار، دانـش‌آمـوزان دامنـهٔ حرکت زانوبند و دوام‌پذیری آن را ارزیابی می‌کنند. دانش‌آموزان همواره انواع متفاوتی از زانو بند کارامد را می‌سازند و این نشان می‌دهد که برای هر مسئله بیش از یک جواب وجود دارد!

«رسیدن کودکان به تنوع و گوناگونی راه حل‌ها، جذاب‌ترین قسمت کار بود. هیچ‌یک از طراحی‌ها شبیه هم نبودند، اگرچه از مـواد یکسانی تهیه شده بودند. هیجان‌انگیزترین بخش، این بود که آنها تلاش می‌کردند و سپس با یکـدیگر در مـورد بهبـود زانـو بنـد بحـث می‌کردند. این تجربه پربها و ارزشمند بود.»

اصل ۴: ارزش‌دهی به شکست

شکست یک ویژگی ضروری مهندسی است. خواه دانش‌آموز، معلم یا مهندس باشـید، هـر زمـان کـه ایـده‌هـای نوآورانه را امتحان کنید، ممکن است برخی از طراحی‌های شما در برآوردن معیارها یا غلبه بر محدودیت‌های مسئله، با شکست روبه‌رو شوند. به‌دلیل آنکه مهندسی فرایندی تکرار شونده است، طراحـی‌هـا را همیشـه مـی‌تـوان بهبـود بخشید. شکست، تأمل و اندیشمندی را ارتقا می‌دهد (چرا جواب نداد؟ چرا کار نکرد؟) و به این ترتیب، طراحی‌هـای بعدی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. این نحوهٔ کار در تضاد کامل با کار مدرسه‌ای است؛ جایی که شکست در آن، سـبب بدنامی می‌شود!

شکست ویژگی ضروری مهندسی است.

این کاملاً در تضاد با کار معمول در مدرسه است.

فعالیت‌های مهندسی باید شکست را پذیرا باشند و آن را فرصتی برای یادگیری قلمداد کنند. باید به دانش‌آموزان تفهیم کرد که آنها شکست نمی‌خورند، بلکه آنچه که شکست می‌خورد، ***طرح*** آنهاست. به استناد تجربهٔ ما، دانش‌آموزان از فرصت‌های داده شده برای بهبود طرحشان استقبال می‌کنند. پس از تکمیل یکی از فعالیت‌های برنامهٔ درسی مهندسی ابتدایی دانش‌آموزی نوشت: «من این پروژهٔ درختکاری را دوست دارم. زیرا موفق نشدن و تلاش‌های دوباره برای من جالب بودند.» معلمان اظهار می‌کنند که دانش‌آموزان تقاضای زمان بیشتری برای اصلاح طرحشان دارند. آنها قبل و بعد از کلاس به مدرسه می‌آیند و طراحی‌های مهندسی خود را در زمان دایر نبودن کلاس‌ها و در خانه ادامه می‌دهند.

فرصت مجدد برای تلاش می‌تواند تجربه‌ای آزادانه باشد، مخصوصاً برای دانش‌آموزانی که با عملکرد سطح پایین دسته‌بندی می‌شوند. ما داستان‌های بی‌شماری از معلمان شنیده‌ایم که چگونه دانش‌آموزی که قبلاً در کارهای مدرسه درگیر نمی‌شد، در یک کار مهندسی کاملاً درگیر و فعال شد، بر مراحل چندگانهٔ طراحی پافشاری کرد و خود به‌عنوان رهبر گروه پدیدار شد.

اصل ۵: تقویت همکاری

مهندسان معمولاً به‌صورت گروهی کار می‌کنند. پرورش مهارت کار گروهی از آن‌رو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که محیط‌های رقابتی سبب می‌شوند، دختران و کودکانی که در فرهنگ‌های دارای کار تیمی پرورش یافته‌اند و برای تعامل ارزش قائل هستند، ناامید نشوند. (لی،[1] 2003).

1. Lee, 2003

زمانی‌که دانش‌آموزان به‌طور مؤثر و کارامد در گروه کار می‌کنند، غالباً راه حل‌های مهندسی قوی‌تری ارائه می‌دهند و به‌طور مؤثرتری یاد می‌گیرند. همکاری و کارگروهی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا چیزهایی را هنگام کار با دیگران دقیق‌تر ببینند. به‌علاوه، طیف بیشتری از ایده‌ها تولید می‌شوند و احتمال موفقیت یک ایده (یا ترکیبی از ایده‌ها) افزایش می‌یابد. کار در گروه‌ها به دانش‌آموزان فرصت می‌دهد بر توانمندی‌های خود تأکید کنند. همکاری بین گروه‌ها به دانش‌آموزان نشان می‌دهد که چگونه می‌توانند از شکست و موفقیت دیگران یاد بگیرند و وقتی گروه‌ها، داده‌ها و اطلاعات خود را روی هم می‌گذارند، روند کارها بیشتر آشکار می‌شود.

ما تأثیر کار گروهی را وقتی دانش‌آموزان درگیر چالش طراحی چتری با فرود آرام بودند، دیدیم. دانش‌آموزان اندازه‌های مختلف پارچه را با طول‌های متفاوت آویختگی آزمایش می‌کردند. وقتی همهٔ داده‌های مختلف گروه روی هم ریخته شوند، ترکیب این اطلاعات به آنها کمک می‌کند رابطهٔ سرعت سقوط چتر با اندازهٔ پارچه و طول آویختگی آن را دریابند. اگر دانش‌آموزان به‌صورت انفرادی کار می‌کردند، آنها برای به‌دست آوردن چنین نتیجه‌ای باید زمان بیشتر را صرف می‌کردند و آزمایش‌های بسیار بیشتری انجام می‌دادند.

البته دانش‌آموزان همانند بزرگ‌سالان نیاز دارند چگونگی کار در گروه‌ها را یاد گیرند. معلمان باید به‌طور فعال دانش‌آموزان را تشویق کنند، اندیشه‌های خود را به اشتراک بگذارند، نظرات دیگران را مورد توجه قرار دهند، براساس شواهد و داده‌ها به بحث بپردازند و برای انتخاب بهترین راه حل، مدارا و سازش کنند.

اصل ۶: استفادهٔ آسان از مواد در دسترس

استفاده از مواد ارزانی که به راحتی در مغازه‌ها، اسباب بازی فروشی‌ها، خرازی‌ها و ابزار فروشی‌ها یافت می‌شود، راه دیگری است تا گروه بیشتری از دانش‌آموزان درگیر فعالیت‌های مهندسی شوند. مواد دارای فناوری پایین، از قبیل بطری نوشابه و چوب آب نبات، که برای دانش‌آموزان آشناترند، دست یافتنی‌تر هستند. این مواد ارزان برای مدارس و کلاس‌هایی که دارای مشکلات مالی هستند، مناسب‌اند. همچنین استفاده از مواد در دسترس سبب می‌شود دانش‌آموزان هنگام مواجه با یک چالش در مدرسه، فعالیت مهندسی خود را در خانه نیز ادامه دهند. اکنون مشخص شده است که وقتی در چالش‌های مهندسی از مواد ساده استفاده شود (برای نمونه، طراحی روشی برای تهیهٔ خمیر بازی با استفاده از آب، نمک و آرد)، دانش‌آموزان خواهان ادامهٔ انجام کار مهندسی در خانه با نتایج مثبت می‌شوند.

یکی از معلمان یک مدرسهٔ دو زبانه متن زیر را به اشتراک گذاشته است:

سال گذشته با دانش‌آموزان چالشگر زیادی کار کردم. برخی از آنها ضربات روحی شدیدی را متحمل شده بودند و به بزرگ‌ترها و دیگران اعتماد نداشتند. این موضوع غالباً در کاهش انگیزه برای انجام تکالیف مدرسه و طغیان خشم و سرپیچی مشهود بود. این شرایط با شروع کلاس من که واحد درسی مهندسی ابتدایی شیمی مقدماتی بود، تغییر کرد. در این کار دانش‌آموزان باید فرایند تهیهٔ خمیر بازی را طراحی می‌کردند. دانش‌آموزان من چنان با انگیزه شده بودند که تقریباً نیمی از آنها، نمونه‌ها و مراحل کارهایی را که در کلاس انجام داده و در خانه‌ها آنها را بهبود داده بودند، با خود به کلاس آوردند. در طول کلاس، آنها در مورد کیفیت نمونه‌ها بحث

می‌کردند و برای فهم راه‌های ترکیب ایده‌ها به‌منظور دستیابی به بهترین نمونه می‌کوشیدند. ما کار خود را با آردهای گندم و ذرت که در ساخت نمونه‌ها به‌کار بردیم، به پایان رساندیم. برخی از دانش‌آموزان مکزیکی و آمریکای مرکزی، به‌دلیل برخی مسائل فرهنگی، از آرد ذرت به‌جای آرد گندم استفاده کرده بودند. تعدادی از دانش‌آموزان نیز در پایان واحد درسی خواهان این موضوع بودند که در بزرگ‌سالی مهندس شوند.

هر دانش آموز یک مهندس

هر زمان که من موضوع جدیدی از مهندسی را برای دانش‌آموزان می‌گویم، می‌کوشم آن را به روشی انجام دهم که همهٔ دانش‌آموزان را درگیر و جذب خود کند و همچنین به آنها فرصت‌های تجربهٔ مهندسی و آموزش علوم را به‌طور معنی‌داری بدهد. با به‌کارگیری این اصول جامع طراحی، که رئوس آن در این مقاله آمد، ما مطمئن می‌شویم که هر دانش‌آموز می‌تواند یک مهندس شود.

همگانی کردن علوم رایانه

نویسندگان: جین مارگولیس، جوان؛ گود، و ریو جی

مترجم: زهره عابدی کرجی‌بان

چرا باید برای اکثر دانش‌آموزان دوره‌های «علوم رایانه» دایر کرد؟

کلاس علوم رایانهٔ دبیرستان با تقسیم کردن دانش‌آموزان به چندگروه و با نوشتن دستورالعمل برای درست کردن ساندویچ روغن بادام زمینی و ژله شروع می‌شود. گروهی از «برنامه‌نویسان» ابتدا با خواندن دستورالعمل‌های «رایانه‌ای» (برای دانش‌آموزان) دربارهٔ درست کردن ساندویچ کار را شروع می‌کنند. اما «یک خطای برنامه‌نویسی» رخ می‌دهد: رایانه عمل نمی‌کند، زیرا در الگوریتم (دستورالعمل) برداشتن درپوش بادام زمینی به‌عنوان اولین گام مشخص نشده است. صدای خندهٔ دانش‌آموزان پی در پی به گوش می‌رسد. رایانه‌ها خنگ هستند!

این فرایند دوباره با تجدید نظردر دستورالعمل آغاز می‌شود. اما رایانه روغن بادام زمینی را روی میز رایانه می‌ریزد، زیرا دستورالعمل مشخص نکرده است که رایانه باید روغن بادام زمینی را روی نان بمالد! صدای تعجب و فریاد همه جا را فرا می‌گیرد: علوم رایانه سرگرم کننده‌اند و همهٔ دانش‌آموزان را درگیر ساخته‌اند!

بدین ترتیب، نخستین درس با «علوم رایانهٔ اکتشافی»[1] "ECS" شروع می‌شود. این درس مقدمات علوم رایانهٔ

1. Exploring Computer Science

دبیرستان است که به وسیلهٔ «بنیاد ملی علوم»[1] پشتیبانی می‌شود. مأموریت علوم رایانهٔ اکتشافی توضیح علوم رایانه از طریق معرفی مفاهیم بنیادی این حوزه به دانش‌آموزان است.دانش‌آموزان تعامل انسان ـ رایانه، حل مسئله، طراحی وب، برنامه‌نویسی، تحلیل و محاسبه داده‌ها و علم روباتیک را یاد می‌گیرند. در کلِ واحدهای درسی، دانش‌آموزان یاد می‌گیرند از مهارت‌های محاسبه‌ای به شیوه‌ای که برای خود و گروه‌هایشان معنادار است، استفاده کنند.

دستورالعملی برای عدالت آموزشی (فرصت برابر)

به‌طور کلی، علوم رایانه در میان قشر محدودی از جمعیت دانش‌آموزی شناخته شده است. اما امروزه همهٔ دانش‌آموزان به یادگیری آنها نیاز دارند. زیرا رایانه‌ها در حال تغییر نحوهٔ برقراری ارتباط، نوآوری، کار، ایفای نقش و تفکر ما هستند. البته در انتخاب شغل نیز نقش دارند. علوم رایانه بر نحوهٔ حل مسئله و شیوه‌های محاسباتی که برای هر فرد اهمیت دارد، تکیه دارند. این موارد شامل استفاده از چکیده‌ها، خودکاری‌ها، تهیهٔ دستورالعمل‌ها، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، به‌کارگیری، آزمون و اشکال‌زدایی از طرح ها، و پرداختن به تفکر خلاق، نقاد و نوآورانه است.

با وجود اهمیت روزافزون علوم رایانه، این درس در مدارس ما در حاشیه قرار دارد. دورهٔ مقدماتی پیش دانشگاهی، دوره به‌کارگیری پیشرفتهٔ علوم رایانه است که بر برنامه‌نویسی تأکید دارد و هنوز نتوانسته است دانش‌آموزان زیادی را به خود جذب کند. علوم رایانه به ندرت بخشی از ساختار درس محسوب می‌شود. به‌علاوه، تنها تعداد انگشت شماری از ایالت‌ها پیشنهاد برنامهٔ تربیت معلم علوم رایانه را داده‌اند که به دریافت گواهی‌نامه منجر شود.

علوم رایانه موضوعی است که برای بسیاری دانش‌آموزان(حتی بزرگ‌ترها) ترسناک است. این رشته به‌طور کلیشه‌ای با مردان فوق‌العاده باهوش، غیرعادی، سفیدپوست یا آسیایی مرتبط است و بسیاری از آنها برای ارضای علاقه‌های خود در منزل به‌عنوان منبع از آن استفاده می‌کنند. آمارهای موجود در مورد افرادی که به علم رایانه مشغول‌اند (و یا نیستید) نشان دهندهٔ عمق مسئله است. برای مثال، ۵۳ درصد دانش‌آموزان مدرسه‌های عمومی، از پیش دبستان تا متوسطه، در مدرسه‌های کالیفرنیا لاتینی تبار هستند، حال آنکه تنها ۸ درصد، یعنی حدود ۵۰۰۰ دانش‌آموز کالیفرنیایی که درس علوم رایانه را داشتند و در آزمون سال گذشته شرکت کردند، لاتینی تبار بودند. ۶ درصد دانش‌آموزان کالیفرنیا سیاه پوست هستند، اما تنها از [1] درصد این دانش‌آموزان سیاه پوست آزمون رایانه گرفته شد. همچنین ۲۲ درصد آزمون گرفته شوندگان دختر بودند (دپارتمان آموزش کالیفرنیا، ۲۰۱۲؛ هیئت رییسه کالج، ۲۰۱۳).

رشد روز افزون کار با رایانه در بسیاری از مناطق آموزشی خبر خوبی است. علوم رایانهٔ اکتشافی، نخستین بار در سال ۲۰۰۸ و با مشارکت «بخش اتحادیهٔ مدرسهٔ لُس‌آنجلس»[2] و به‌عنوان پاسخی به جزئیات تحقیقی مبسوط با

1. The National Science Foundation (www.exploring Cs. Org.)
2. Los Angeles unified School District

عنوان: «وامانده در نتایج سطحی: آموزش، نژاد و محاسبات»[1] مطرح شدند (مارگولیز و همکاران، ۲۰۰۸)[2]. پژوهش‌های انجام شده در مدرسه‌های متوسطهٔ لُس‌آنجلس نشان می‌دهند که مدرسه‌ها دارای شمار بالای دانش‌آموزان کم درامد و رنگین پوست، دارای درس‌های رایانه هستند که اندکی بیش از آموزش اپراتوری و سایر مهارت‌های جزئی این درس است. برنامهٔ درسی علوم رایانهٔ اکتشافی به‌عنوان درس مقدماتی علوم رایانه تدوین و برای درگیر ساختن کل دانش‌آموزان در موضوع درس طراحی شده است.

معتبر کردن محاسبات

علوم رایانهٔ اکتشافی از کلاس‌های سنتی علوم رایانه که روی برنامه‌نویسی تأکید دارند و در آنها دانش‌آموز به‌طور انفرادی با رایانه کار می‌کند، کاملاً متفاوت است. در مقابل، برنامهٔ درسی علوم رایانهٔ اکتشافی در راستای فعالیت‌های مشارکتی «کاوش محور» طراحی شده است و در آن، دانش‌آموزان با یکدیگر به طراحی تحقیقات، تفکر انتقادی، کوشش برای یافتن راه حل‌های آزمون، و حل مسائل واقعی می‌پردازند. کلاس‌های علوم رایانهٔ اکتشافی مکان‌هایی پر سر و صدا و پرجنب و جوش هستند که براساس تشویق دانش‌آموزان به کشف، خودگردانی، پایداری، ریسک‌پذیری و خلاقیت طراحی شده‌اند. این کلاس‌ها تأکید دارند که چندین راه حل برای حل هر مسئله وجود دارد و برای دانش‌آموزان فرصت فراهم می‌کنند تا راه حل‌ها را خودشان پیدا کنند. گاهی دانش‌آموزان در کارشان حتی به رایانه نیز نیاز ندارند، مانند زمانی‌که دانش‌آموز یاد می‌گیرد که تفکر کردن را مانند برنامه‌نویسانی انجام می‌دهد که دستوراتی برای ساخت و تولید روغن بادام زمینی و ساندویچ می‌نویسند.

برای دانش‌آموزان اقلیت‌ها که به‌طور سنتی آموزش می‌بینند، تعامل و یادگیری زمانی تعمیق می‌یابد که فعالیت‌های علوم رایانه به شیوه‌های معناداری ارائه شوند تا جهان اجتماعی دانش‌آموزان با جهان علم در آمیزد (بارتن و تان[3]، ۲۰۱۰). بررسی نتایج این فعالیت‌ها براساس دانش جغرافیایی و فرهنگی دانش‌آموزان عبارت‌اند از:

- در اولین واحد درسی علوم رایانهٔ اکتشافی در مورد تعامل انسان ـ رایانه، دانش‌آموزان یاد می‌گیرند چگونه با «وب‌گردی» سراغ داده‌هایی در مورد جمعیت، سطح درامد، ارزش‌های فرهنگی، مردم، و فرصت‌های آموزشی در جوامع خود بروند.
- در واحد درسی حل مسئله، کار دانش‌آموزان با «ابزارهای طراحی هم‌سو با فرهنگ رون اگلاش»[4] شروع می‌شود؛ نرم‌افزارهایی که به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا اصول ریاضی و محاسباتی را که پشتِ محصولات فرهنگی وجود دارند، مشاهده کنند. برای نمونه، دانش‌آموزان اطلاعاتی در مورد تاریخ بافتن گیسو و اینکه چگونه طراحی بافتن گیسوان با هندسهٔ تحول‌گرا سر وکار دارد، کسب می‌کنند.
- در واحد درسی طراحی وب، دانش‌آموزان یاد می‌گیرند تا از "HTML" و"CSS" برای ایجاد وب سایت

1. Stuck in the shallow End. Education, Race and Computing
2. Margolis, Estrella, Goode, Holme & nao, 2008
3. Bartan & Tan, 2010
4. Ron Eglash,sCulturaly Situated Design Tools (http://csdt.rpi.edu)"

دربارهٔ موضوع‌های انتخابی خودشان استفاده کنند؛ موضوع‌هایی مانند مسائل اخلاقی، شجرهٔ خانوادگی، حرفهٔ احتمالی آینده و چالش‌های اجتماع محلی یا جهانی.

- در معرفی واحد برنامه‌ریزی، دانش‌آموزان از زبان برنامه نویسی «اسکرچ»[1] برای ساختن یک بازی یا انیمیشن داستانی در مورد موضوع مورد نظر استفاده می‌کنند.
- در واحد تجزیه و تحلیل داده و محاسبه، دانش‌آموزان جمع‌آوری و ترکیب داده و تحلیل اطلاعات و تطبیق آن با منابع گستردهٔ داده‌ها را یاد می‌گیرند.
- در واحد علم روباتیک، دانش‌آموزان حرکت از طریق مارپیچ‌ها یا رقص با آهنگ‌های مورد علاقهٔ خود را برنامه‌ریزی می‌کنند.

هر واحد درسی به پروژه‌ای مرتبط می‌شود که دنیای دانش‌آموز را به مفاهیم علوم رایانه متصل می‌کند. برای مثال، در واحد درسی حل مسئله، توانایی دانش‌آموزان برای استفاده از دانش حل مسئله، و جمع‌آوری داده‌ها در مورد کوتاه‌ترین و هزینه‌ترین مسیر برای نشان دادن مکان مورد علاقهٔ گردشگران در همسایگی آنها مشخص می‌شود.

تربیت معلمان

علاوه بر برنامهٔ درسی، برنامهٔ علوم رایانهٔ اکتشافی شامل برنامهٔ توسعهٔ حرفه‌ای معلمان نیز می‌شود. برای معلمان، انتقال از روش‌های ارائهٔ محتوا به آموزش اکتشافی آسان نیست. تدارک یک برنامهٔ توسعهٔ حرفه‌ای و حمایت آن از برنامهٔ تربیت معلم فعلی، نقشی کلیدی می‌تواند داشته باشد. در دو سال اخیر، برنامهٔ توسعهٔ حرفه‌ای معلمان از طریق برنامهٔ علوم رایانهٔ اکتشافی گسترش یافته و این برنامه با دو گارگاه آموزشی سه ماهه در تابستان و همچنین مربیگری کلاس درس، برگزاری جلسات رسمی معلم، بازدید از کلاس درس، کنفرانس و غیره همراه بوده است.

هدف از برگزاری کلاس‌های توسعهٔ حرفه‌ای معلمان، نشان دادن چگونگی یادگیری دانش‌آموزان در کلاس درس علوم رایانهٔ اکتشافی است. معلمان در تمام تابستان در مؤسسه مشغول یادگیری اکتشافی هستند و این یادگیری کاوشگرانه را، از طریق شرکت در گروه‌های کوچک برای برنامه‌ریزی، تدریس مشترک و بازتاب فکورانه به درس‌های مقدماتی همکارانشان، که به‌عنوان «دانشجو» حضور دارند، نشان می‌دهند. بعد از هر درس، کل گروه در زمینهٔ اجرای درس‌ها و چگونگی انتقال آنها به دانش‌آموزان گوناگون با هم گفت‌وگو می‌کنند:

- چه زمانی درگیری دانش‌آموزان با درس بیشتر بود؟
- چه زمانی درگیری آنها با درس کمتر بود؟
- چه کسی هرگز تعامل نکرد و چرا؟
- چه راهبردهایی به این درگیری کمک می‌کنند؟

در سراسر سال تحصیلی یادگیری ادامه پیدا می‌کند و با یادگیری حرفه‌ای ماهانهٔ معلمان همراه می‌شود. در این

1. Scratch

گردهمایی‌ها، معلمان در زمینهٔ تجربیات تدریسشان در برنامهٔ علوم رایانهٔ اکتشافی به بحث می‌پردازند. همچنین، این برنامه شامل مربیگری در کلاس درس نیز هست که در آن، معلمان دارای تجربهٔ تدریس و مربیان علوم رایانه و کلاس های علوم رایانهٔ اکتشافی به معلمان دیگر در چگونگی اجرای آن در کلاس درس کمک می کنند.

معلمان، از طریق تدریس علوم رایانهٔ اکتشافی، درک فزاینده‌ای از توانایی دانش‌آموزان در درگیر شدن با علوم رایانه کسب می‌کنند (گود و همکاران[1]، ۲۰۱۴). معلمی اظهار کرده است: «من به درک کامل هر موضوع برای تدریس نیاز ندارم. این امر به برخی از دانش‌آموزان من اجازه می‌دهد تا مهارت کافی پیدا کنند و بتوانند به دانش‌آموزان دیگر تدریس کنند.» معلمان به این درک تازه می‌رسند که چگونه تسهیل کنندهٔ یادگیری اکتشافی و یادگیری فعال دانش‌آموزان باشند، به آنان کمک کنند مالک یادگیری خود باشند و توانایی و خلاقیت آنان را ارتقا دهند.

در فضایی سرشار از تعصبات قوی و عقاید کلیشه‌ای، معلمان توانستند درک تازه‌ای از علاقهٔ دانش‌آموزان و توانایی آنان در کار با رایانه کسب کنند. رایانه‌ها تغییر فرهنگی ایجاد نمی‌کنند، بلکه معلمان این کار را می‌کنند و برای اینکه این رویداد اتفاق بیفتد، معلمان نیازمند فضایی برای تفکر وسیع دربارهٔ هنر خود هستند. این به معنای آن نیست که تنها معلم باید تغییر کند، بلکه شامل کل فرهنگ مدرسه می‌شود.

گسترده‌تر کردن مشارکت

یکی از مأموریت‌های علوم رایانهٔ اکتشافی توسعهٔ علاقه و ارتقای توانایی آنها برای کار با این علوم دانش‌آموزان به علوم رایانه است.

آمار ثبت نام دانش‌آموزان در منطقهٔ لُس‌آنجلس در برنامهٔ علوم رایانهٔ اکتشافی، نشان‌دهندهٔ روند بالای مشارکت‌کنندگان است. در سال ۲۰۱۴ـ۲۰۱۳ بیشتر از ۲.۵۰۰ دانش‌آموز این منطقه در برنامهٔ علوم رایانهٔ اکتشافی ثبت نام کردند. ۷۳ درصد از این عده لاتینی، ۱۱ درصد سیاه‌پوست، ۷ درصد آسیایی، ۸ درصد سفید پوست و ۴۶ درصد دختر بودند. این امر نشان دهندهٔ حضور کمرنگ دانش‌آموزان غیر سفید پوست و دختر در آموزش‌های علم رایانه است (آمار علوم رایانه ، هیئت رئیسهٔ کالج، ۲۰۱۳). برنامهٔ ملی علوم رایانهٔ اکتشافی تاکنون ۱۳ برنامهٔ منطقه‌ای داشته و در سه منطقهٔ آمریکا: (لُس آنجلس، شیکاگو، و نیویورک) به‌طور گسترده اجرا شده است.

جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه با دانش‌آموزان لُس‌آنجلس نشان دهندهٔ افزایش امیدوارکنندهٔ تعداد دانش‌آموزانی است که با اعتماد به نفس برای یادگیری علوم رایانه تلاش می‌کنند و در این کار دوام و ماندگاری نشان می‌دهند. همچنین، آمار نشان‌دهندهٔ افزایش سودمندی دانش خودادراکی دانش‌آموزان در انواع درس‌های علوم رایانهٔ اکتشافی و مشارکت گستردهٔ آنان در برنامه‌های روباتیک و برنامه‌نویسی است.

وقتی معلم فرایندی را که در ساختن یک بازی زبان برنامه نویسی «اسکراچ» نقش دارد، «اعصاب خرد کن» نامید، دانش‌آموزی پاسخ داد: «در حال حاضر، ایده‌ای کلی دربارهٔ نحوهٔ کار این برنامه دارم و این واقعاً حیرت‌انگیز است. زیرا

1. Goode, Margolis & Chapman

بعد از آن همه ناامیدی، احساس خشنودی می‌کنید و دوست دارید بگویید: بله، من این کار را انجام دادم.»

وقتی بعد از کلاس علوم رایانهٔ اکتشافی از دانش‌آموزان سؤال می‌شود که دانشمندان رایانه چگونه می‌اندیشند، دانش‌آموزان دختر و پسر کمتر از کلماتی استفاده می‌کنند که بر هوش تأکید دارند (همان‌طور که در پرسش‌نامهٔ قبل از کلاس درس نیز چنین کردند)، و به میزان قابل توجهی، بیشتر از کلمات مربوط به فعالیت‌های محاسباتی، از قبیل تجزیه و تحلیل، برنامه و حل مسئله بهره می‌گیرند.

پژوهش‌ها نشان‌دهندهٔ افزایش رشد ذهنی دانش‌آموزان دختر است (دویک[1]، ۲۰۰۷). آنها نیز توانایی یادگیری علم رایانه را بیشتر به تجربه و دشواری کار نسبت می‌دهند تا استعداد ذاتی. این تغییر در باور در جذب بیشتر دانش‌آموزان به یادگیری علوم رایانه ضروری است.

گسترده کردن تلاش

ورود این نوع از آموزش علوم رایانه به مدرسه ها تغییر و اصلاحی آرمانی محسوب می‌شود و باید به‌صورت هم‌زمان در تمامی عرصه‌ها به اجرا درآید. در این زمینه، دوره‌ها و درس‌هایی باید در مدارس دایر شوند و معلمان باید شناسایی شوند، آموزش ببینند و مورد حمایت قرار گیرند. لازم است نظامی اطمینان‌بخش در مورد اینکه چگونه رایانه به‌صورت پیوسته مورد بازبینی قرار گیرد، به‌وجود آید و سیاست‌های دولتی و مناطق آموزشی باید پشتیبان بخش علوم رایانه به‌عنوان بخشی از علوم اصلی باشند.

در لُس آنجلس، یک عامل اصلی در ورود علوم رایانهٔ اکتشافی به مدرسه‌ها، درخواست رئیس جمهور از بخش اداری دانشگاه کالیفرنیا برای گنجاندن این علوم در پذیرش دانشجویان به کالج بود. در سطح منطقه، تاد یولا،[2] مدیرکل پیشین بخش اتحادیهٔ مدرسهٔ لس‌آنجلس به ما در طراحی فرایند اجرا در مدرسه کمک کرد.

از مدیران خواسته شد تا از معلمان شرکت کننده در آموزش‌های توسعهٔ حرفه‌ای هزینه‌ای دریافت نکنند و با این کار مدیران متعهد به اجرای واحد درسی علوم رایانهٔ اکتشافی درجدول زمانی مدارس خود شدند. همچنین از مدیران خواسته شد طیف وسیعی از معلمان را شناسایی کنند؛ به‌ویژه آنانی را که بیشتر تمرین اکتشافی انجام می‌دهند و با یادگیری علوم رایانه آشنا هستند و یا به این یادگیری ابراز علاقه می‌کنند. ما مدارس محروم، شمار بسیاری از خانواده های دانش‌آموزان سیاه‌پوست کم درامد، دانش‌آموزان لاتینی در کلاس درس را اولویت‌بندی کردیم و مشاوران در ایجاد برابری جنسیتی کمک کردند. مدیران مناطق، سرپرستان ناحیه، و مدیران سازمان ها در حال به روز نمودن وضعیت این دوره‌ها هستند.

یک دورهٔ مقدماتی در سطح متوسطه برای درگیر کردن بخش وسیعی از جمعیت دانش‌آموزی با علوم رایانه کافی نیست. تاکنون «بنیاد ملی علوم»،[3] پشتیبان و همراه دورهٔ متوسطه در زمینهٔ علوم رایانهٔ اکتشافی و طراحی

1. Dweck, 2007
2. Todd Ullah
3. National Science Foundation

درس جدید و پیشرفتهٔ «اصول علوم رایانه»[1] بوده است (www.csprinciples.org). طراحی درس جدید اصول علوم رایانه، همانند علوم رایانهٔ اکتشافی، از طریق مشارکت بین بنیاد ملی علوم و هیئت رئیسه کالج انجام گرفته و بر ایده‌های وسیع علوم رایانه و فعالیت‌های محاسبات متمرکز است. همچنین، بنیاد ملی علوم موجبات ورود بیش از ۱۰۰۰۰ معلم را به کلاس‌های درس رایانه فراهم آورده است. (http://cs10kcommunity.org). «انجمن معلمان علوم رایانه» (http:///csta.acm.org) و نیز «انجمن ماشین‌آلات رایانه» (www.acm.org) در فعالیت‌ها و کوشش‌های دیگر مربوطه به این اقدام درگیر بوده‌اند.

با ایجاد این شالوده، سازمان غیرانتفاعی «کد»[2] اخیراً کدگذاری دورهٔ ابتدایی و برنامهٔ درسی دورهٔ اول متوسطه را با تلفیق در درس ریاضی و کلاس های علوم و نیز با پشتیبانی از علوم رایانهٔ اکتشافی و اصول علوم رایانه در سطح دورهٔ متوسطه، طراحی کرده است. این سازمان در اجرای آموزش علوم رایانه در سراسر آمریکا تأثیرگذار بوده و فعالیت‌های رسانهٔ اجتماعی ملی را دربارهٔ اهمیت علوم رایانه برای همهٔ دانش‌آموزان راه‌اندازی کرده است. این فعالیت‌ها بر قوانین ایالتی و کمک‌های مردمی به مدرسه‌ها تأثیر داشته است (برای اطلاع بیشتر رجوع شود به: www.code.org).

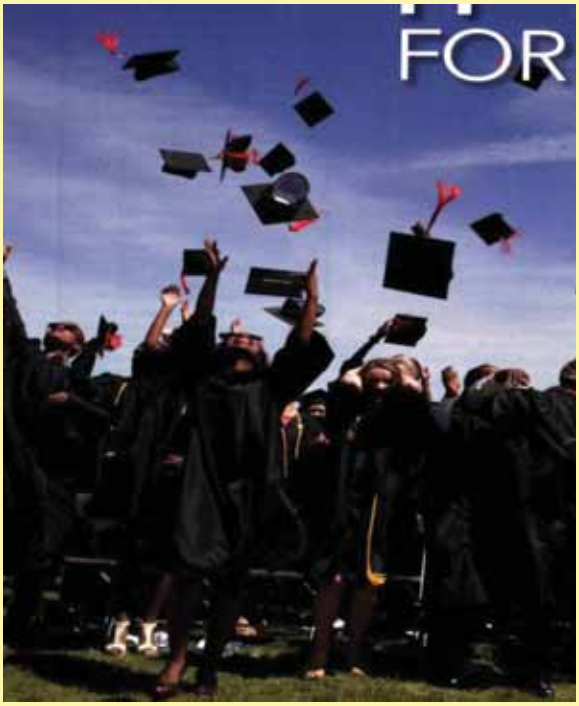
سیاست‌های ایالتی، ناحیه‌ای و منطقه‌ای چنان تدوین شده‌اند که علوم رایانه را به یک کلاس پایه تبدیل کنند تا برای فارغ‌التحصیلان پشتوانه‌ای علمی محسوب شود. سیاستمداران، از جمله نمایندگان دولت، رئیس جمهور آمریکا و معاون رئیس جمهور دربارهٔ این موضوع صحبت کرده‌اند. پیام ویدیویی رئیس جمهور اوباما در آغاز آموزش علوم رایانه(۲۰۱۳) ، تشویق همهٔ دانش‌آموزان به مطالعهٔ علوم رایانه (www.whiehouse.gov/blog/2013/12/09/don-tjust-play-your-phone-program-it). همچنین، بایدن، معاون رئیس جمهور(۲۰۱۴)، گفتمان دوستانه‌ای در زمینه نیاز به آموزش علوم رایانه در جلسهٔ «انجمن ملی دولتی» داشت.

دستورالعملی برای عدالت آموزشی(فرصت برابر)

دانش علوم رایانه نمی‌تواند به دانش‌آموزان نخبه که تجربیات پیشین دارند و وابسته به منابع والدین هستند، منحصر باشد. امکان آموزش علوم رایانه باید برای همهٔ دانش‌آموزان فراهم شود. برنامه‌های علوم رایانه باید در همهٔ مدرسه‌ها باید گسترش یابد. مأموریت ما، ایجاد زمینه بین همهٔ دانش‌آموزان است، نه شناسایی استعدادها در گروهی معدود. همچنین، وقتی آموزش علوم رایانه مورد توجه قرار گرفت و شتاب پیدا کرد، بسیار مهم است که تعهد ما به علوم رایانه برای همه، در صف مقدم این تلاش‌ها قرار گیرد.

1. Computer Science Principles
2. code

آموزش «علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات» برای همه



نویسندگان: شارون جی . لینچ ایرین پیتر ـ برتون و میکائیل فورد[1]

مترجم: محمدجعفر جوادی

در سال ۲۰۱۰، رئیس جمهور آمریکا از سازمان آموزش و پرورش کشور خواست ایجاد بیش از هزار مدرسهٔ جدید متکی بر "STEM"[2]، از جمله ۲۰۰ دبیرستان، را در دستور کار خود قرار دهد. به استناد گزارشی از «شورای مشاوران رئیس جمهور در علوم و فناوری (۲۰۱۰)»[3]، لازم بود. گروه بیش‌تری از مردم این کشور با استفاده از علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات، برای مواجهه با چالش‌های قرن حاضر در زمینهٔ انرژی، بهداشت، محیط زیست و امنیت ملی آماده شوند.

یک پاسخ نوآورانه به این درخواست، ایجاد دبیرستان‌های جامع STEM بود. این مدارس، ویژگی‌هایی به نسبت تازهی در نظام آموزشی این کشور دارند و می‌توانند معانی تلویحی تازه‌ای در سیاست‌گذاری‌های اصلاحی مدارس

1. Sharon, J. lynch Erin Peter J Burton & Michael Ford
2. Science, Technology, Engineering & Mathematics
3.the President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST)

داشته باشند. به‌علاوه، ابتکارها را موجب شوند و فرصت‌های یادگیری را بهبود بخشند. آنها احتمالاً می‌توانند آیندهٔ دبیرستان های این کشور را نیز رقم بزنند.

دبیرستان‌های جامع STEM مدارسی پابرجا و ثابت‌قدم هستند؛ مدارسی در درون مدارس یا در برنامه‌های آنها که دانش‌آموزان را بر مبنای علاقه‌شان به STEM انتخاب می‌کنند، نه براساس استعداد یا پیشرفت‌های درسی قبلی. دبیرستان های جامع (فراگیر) STEM دانش‌آموزان را با تجارب علوم و ریاضی مورد نیاز آنها برای موفقیت در یک رشته از STEM در کالج آماده می‌کنند؛ رشته‌ای که عمق و گستردگی بیشتری دارد تا دانشی که معمولاً برای فارغ‌التحصیلی از دبیرستان مورد نیاز است. (لنیچ، مینز[1]، برند[2] و پتیر ـ برتون، ۲۰۱۱)

انواع دبیرستان‌های فراگیر STEM

دبیرستان‌های فراگیر STEM دانش‌آموزانی را ثبت نام می‌کنند که در حرفه‌های گوناگون STEM به‌عنوان اقلیت مطرح هستند. فرایند تقاضای تحصیلی در آنها مستلزم داشتن نمره های بالا قبل از ورود به دبیرستان نیست (مینز، کونفری[3]، هاس[4] و بهانات[5]، ۲۰۰۸). این مدارس طوری طراحی شده‌اند که در دانش‌آموزان خبرگی و مهارت ایجاد کنند، نه اینکه به انتخاب دانش‌آموزانی بپردازند که از قبل باهوش و با استعداد شناخته شده‌اند یا در درس‌های STEM نمرات بالایی گرفته‌اند. در سال ۲۰۰۸، حدود ۱۰۰ دبیرستان فراگیر از نوع STEM در آمریکا وجود داشته است (مینز و دیگران، ۲۰۰۸). در حال حاضر این مدارس سه تا چهار برابر افزایش یافته‌اند.

دبیرستان‌های فراگیر از نوع STEM در انواع محیط‌ها قابل شناسایی هستند. این مدارس ممکن است از طریق ابتکارات مدارس سراسری ایالتی، که هیئت‌های امنای آموزشی ایجاد می‌کنند، حمایت شوند. تلاش‌های مشابهی برای ایجاد چنین دبیرستان‌هایی در ۱۶ ایالت دیگر آمریکا و توسط شبکهٔ STEMهای فرایالتی در جریان است (www.stem) .

مدارس STEM می‌توانند مدارس دولتی «چارتر» با یکی از موضوعات STEM، یا عضوی از شبکهٔ مدارس «چارتر» از نوع STEM باشند؛ مانند «شبکهٔ جدید فناوری»[6] (www.netechnetwork.org). بعضی از مدارس فنی و حرفه‌ای هم موضوعاتی مرتبط با STEM دارند (برای مثال علوم بهداشت، مهندسی یا کشاورزی). در شرایطی می‌توان این مدارس را جزو مدارس فراگیر STEM طبقه‌بندی کرد، زیرا طوری طراحی شده‌اند که هم فراگیرندگان را برای کالج آماده کنند و هم بر دروس STEM متمرکز باشند.

بعضی از مدارس جذاب نیز درس‌های مرتبط با STEM را انتخاب می‌کنند. برای مثال، ایالت کنتاکی[7] چند

1. Means
2. Behrend
3. Confrey
4. House
5. Bhanot
6. The New Tech Network
7. Connecticut

مدرسه از این نوع دارد که می‌توان آنها را در زمرهٔ مدارس فراگیر از نوع STEM طبقه‌بندی کرد. این ایالت در پاسخ به دستور دادگاه در مورد لغو تبعیض نژادی، این مدارس را دایر کرده است (توماس[1]، ۲۰۱۳) تا پاسخ‌گوی بهبود فرصت‌ها برای دانش‌آموزان و تقویت اقتصاد محلی باشد.

بعضی از مدارسی که از پذیرش STEM خودداری کرده بودند، اکنون این طرح را پذیرفته و بر بهبود پیشرفت درسی دانش‌آموزان تمرکز کرده‌اند. به‌نظر می‌رسد، بسیاری از این مدارسِ تغییرِ شکل یافته در همان حوالی هستند و دانش‌آموزان تنها با انتخاب و اختیار در آنها حضور پیدا می‌کنند.

دبیرستان‌های فراگیر STEM، مستلزم برنامه‌ریزی و توسعهٔ دقیق و منظمی هستند و غالباً نیز به منابع جدیدی نیاز دارند. بعضی از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که صِرف نام‌گذاری یک مدرسه به STEM نه به نفع مدرسه است و نه به نفع دانش‌آموزان (آلن بی میس، وایلی وایزنهارت[2]، ۲۰۱۷؛ ویز، سی پولون و استیچ[3]، ۲۰۱۴).

چه چیزی یک مدرسهٔ STEM را نمونه می‌کند؟

در پژوهش (لینچ و همکارانش، ۲۰۱۱)، به‌دنبال درک بهتر این نکته بودند که دبیرستان‌های از نوع STEM چگونه عمل می‌کنند. ما هشت دبیرستان نمونه را از سراسر آمریکا انتخاب کردیم که هم شهرت خوبی داشتند و هم شواهد روشنی از اندازه‌گیری موفقیت دانش‌آموزان نشان می‌دادند. این مدارس در خدمت انواع گوناگون دانش‌آموزان بودند و از لحاظ جنسیتی نیز در حال تعادل به‌سر می‌بردند.

ما پژوهش خود را با نگاهی به شواهد، با توجه به ۱۰ مؤلفه، آغاز کردیم (نگاه کنید به: «چه عواملی موجب موفقیت آنهاست: ده مؤلفهٔ حیاتی»، صفحهٔ ۵۹). ما همچنین این فرصت را داشتیم که سایر عوامل حیاتی این موفقیت را نیز بررسی کنیم. در اینجا تصویر کلی سه مدرسه از مدارس مطالعه شده آمده است.

دبیرستان قبل از کالج مترو[4]

مترو مدرسه‌ای نیست که فقط بر STEM متمرکز باشد، بلکه مدرسه‌ای مقدماتی برای ورود به کالج و پاسخ‌گوی حدود ۴۰۰ دانش‌آموز است. این دبیرستان با کمک مالی «بنیاد گیت»[5]، «مؤسسهٔ بتل مموریال»[6]، «دانشگاه ایالتی اوهایو» و «اتحاد برای مدارس واقعی»[7] دایر شده است (هان، لینچ، واس[8] و هاوس، ۲۰۱۴). دبیرستان مترو در گوشهٔ محوطهٔ دانشگاه ایالتی اوهایو قرار دارد؛ مکانی مناسب به‌دلیل آنکه دانش‌آموزان مترو بابت

1. Thomas
2. Allen Bemis, Wiley & Eisenhart, 2017 ;
3. Weis, Cipollone & Stich, 2014
4. Metro Early College High School
5. Gate Foundation
6. Battelle Memorial Institute
7. Coalition for Essential Schools.
8. Han, Lynch & Ross, 2014

درس‌هایی که در سال‌های آخر در آن کالج می‌گیرند، پولی نمی‌پردازند.

بسیاری از این دانش‌آموزان وقتی از مترو فارغ‌التحصیل می‌شوند، دو سال واحد درسی را در کالج دانشگاه ایالتی اوهایو گذرانده‌اند و آمادهٔ ورود به این کالج برای سال‌های آخر هستند.

مترو ساختار اجرایی غیرمتعارفی دارد. در سال ۲۰۱۳، دبیرستان مترو به‌صورت یک مدرسهٔ مستقل منطقه‌ای از نوع STEM در آمد و به‌وسیلهٔ مدیری اداره می‌شد که در عین حال، رئیس اصلی آموزش دبیرستان و مسئول نظارت بر دبیرستان نیز بود. در حال حاضر این مدرسه زیرنظر نمایندگان دانشگاه ایالتی اوهایو، «مؤسسهٔ بتل» و مناطق محلی مدرسه نیز بود. این مدرسه از استقلال زیادی برخوردار است تا بتواند در پاسخ‌گویی به فرصت‌های ارائه شده به‌وسیلهٔ اجتماع محلی و کسب و کار محلی انعطاف داشته باشد.

دانش‌آموزان پایه‌های نهم و دهم کلاس‌هایی را که به درس‌های اصلی STEM مربوطاند و جزو برنامهٔ آنها هستند، به دقت انتخاب می‌کنند تا بتوانند تمامی درس‌های علوم و ریاضی مورد نیاز برای ورود به کالج را پشت سر بگذارند. آنها گرفتن بعضی از درس‌های مهندسی در خلال دو سال اول را نیز مدنظر قرار می‌دهند. دبیرستان مترو همچنین پروژه‌های یکپارچه‌ای از STEM را در طول نیم‌سال فراهم می‌آورد که کل مدرسه و از جمله برنامه علوم انسانی را نیز شامل می‌شود.

برای مثال، یک پروژهٔ متمرکز STEM در مورد «تداوم‌پذیری»[1]، دانش‌آموزان را به همکاری در هنر درگیر می‌کند. نگاهی دقیق‌تر به معرّق‌کاری‌ها و مجسمه‌هایی که در راهروها به نمایش گذاشته شده‌اند، آشکار می‌کند که این تولیدات از مواد بازیافت شده‌ای مانند در بطری‌های پلاستیکی، کاغذ کادو و شمع اتومبیل به‌وجود آمده‌اند. دانش‌آموزان در چالشی دیگر موظف شدند آکواریومی طراحی کنند که وسایل پیشرفتهٔ آن به‌وسیلهٔ یک تاجر محلی هدیه شده بود. دانش‌آموزان نه تنها باید مفاهیم STEM را با یکدیگر یکپارچه کنند تا یک سیستم بهداشتی آکواریوم به‌وجود آورند، بلکه همچنین باید دربارهٔ این پیشرفت‌ها برای کلاس انگلیسی خود نیز گزارش بنویسند.

این مدرسه یک نظام یادگیری در حد تسلط دارد که دانش‌آموزان را ملزم می‌کند هر درسی را با حداقل ۹۰ درصد میانگین قبول شوند. اگر دانش‌آموزی به این میانگین نرسد، باید آن درس را مجدداً بگیرد. دانش‌آموزان دبیرستان مترو این نکته را درک کرده‌اند که محتوای درسی آنها به احتمال زیاد نقش بسیار مهمی در موفقیت آنها بعد از دبیرستان دارد و نمرات قبولی ضعیف، که در بعضی از مدارس امکان‌پذیر است، آنها را قادر نخواهد کرد در جهت درس‌های سطح بالاتر STEM حرکت کنند.

برنامهٔ درس‌های اصلی مترو که در دو سال اول چالش برانگیز است، دانش‌آموزان کلاس‌های سال‌های پایین را آماده می‌کند به سراغ آن دسته از برنامه‌های «مراکز یادگیری»[2] بروند که نوآورانه‌اند، در طول سال تحصیلی ادامه دارند و بر موضوعاتی متمرکز می‌شوند که دامنهٔ آنها از مهندسی زیست پزشکی تا انرژی و محیط زیست در نوسان است. تجارب مراکز یادگیری شامل کلاس‌های مشترک گروهی با دانش‌آموزان و معلمان دبیرستان محلی دیگر و نیز

1. Sustainability
2. Learning Center

درس‌هایی است که با «دانشگاه ایالتی اوهایو»[1] مرتبط است. دانش‌آموزان در خلال کسب و تجارت در مرکز یادگیری، شغل مورد نظر خود را پیگیری می‌کنند تا بتوانند کاربردهای مطالعات خود را در دنیای واقعی شاهد باشند.

برای مثال، در «مرکز یادگیری بادیز»[2] برنامه‌ای وجود دارد که فناوری‌های زیست پزشکی و درس‌های کالج را یکپارچه می‌کند و دانش‌آموزان با «رزیدنت‌های»[3] پزشکی که در بیمارستان محلی کار می‌کنند، به همکاری می‌پردازند. آنها از مراکز مرتبط با شغل خود، مانند آزمایشگاه دندان‌پزشکی، مرکز تولید و ساخت دست و پای مصنوعی و درمانگاه‌های دامپزشکی دیدن می‌کنند. در درس هنر نیز، از خاک رس برای ساختن مدل‌های آناتومی بدن و اندام‌ها استفاده می‌کنند.

دانش‌آموزان در سال آخر دبیرستان درس‌های مرتبط با کالج را ادامه می‌دهند و در دوره‌های «کارورزی»[4] و پروژه‌های پژوهشی مرتبط با ساختارهای نهایی شرکت می‌کنند. یکی از دانش‌آموزان از پایگاه نیروی هوایی «رایت پاترسون»[5] بازدید می‌کند تا دربارهٔ مهندسی هوانوردی به یادگیری بپردازد. او سپس به مرکز پژوهشی «ناساگلن»[6] می‌رود تا با مهندسان دربارهٔ کار روزمرهٔ آنها صحبت کند.

«ایمی کندی»[7]، مدیر مدرسه، توضیح می‌دهد که موضوعات درسی مطرح شده در «مرکز یادگیری» چگونه طراحی می‌شوند: «ما یک حوزهٔ شغلی را در بافت محلی پیدا می‌کنیم که احتمال رشد داشته باشد. سپس مشخص می‌کنیم دانشجویانی که در این شغل مشغول به تحصیل هستند، چه درس‌هایی را بگذرانند. آنگاه یک کلاس دبیرستانی پیدا می‌کنیم که پلی است به‌سوی تجربه در دنیای واقعی. در پایان سال، افرادی نیمه حرفه‌ای تربیت شده‌اند که می‌توانند زیر نظر افراد حرفه‌ای آن حوزهٔ شغلی به انجام پروژه‌های تحقیقاتی بپردازند.»

معلمان مدرسهٔ مترو، افراد متفاوتی هستند که تنوع آنها از معلمان تازه کار (یک ساله) تا تربیت معلمان موفق، معلمان با تجربهٔ مرتبط با STEM و افرادی که در حرفه‌ها تحول ایجاد می‌کنند و تجربهٔ کاری آنها در حوزه‌های گوناگون STEM تجربهٔ کاری دارند، گسترده است. بعضی از این معلمان دارای دانش و مهارت فنی هستند و ارتباط‌هایی با اجتماع محلی دارند تا بتوانند برنامه‌های پیچیده و یکپارچهٔ STEM را هدایت کنند. به‌علاوه، مدرسهٔ مترو معلمانی خصوصی در حوزهٔ STEM، و کمک معلمان و راهنماهای درون‌سازمانی (داخلی) از دانشگاه ایالتی اوهایو دارد تا تجارب اولیهٔ دانشگاهی دانش‌آموزان را هدایت کنند.

در گزارش مدرسهٔ اوهایو[8] در سال تحصیلی ۲۰۱۳ ـ ۲۰۱۲، مدرسه مترو در پیشرفت درسی و کاهش شکاف

1. Ohio State university
2. Bodies Learning General
3. residents
4. internship
5. Wright - Patterson
6. NASA Glenn
7. Aimee Kennedy
8. The Ohio School Report Card

دانش‌آموزان نمرهٔ الف گرفته است. این مدرسه درصد بالایی دانش‌آموز «در سطوح پیشرفته»، «دارای شتاب در پیشرفت» و «کارآمد» دارد. همین‌طور، وقتی این دانش‌آموزان به گروه‌هایی فرعی با توجه به درآمد، نژاد، قومیت و داشتن ناتوانی تقسیم شدند، تمام این گروه‌های فرعی توانستند نمرهٔ ۸۰ درصد را که لازمهٔ قبولی بود، به‌دست آوردند. (هَن[1] و دیگران، ۲۰۱۴)

مدرسهٔ علوم و فناوری «دِنور»[2]

این مدرسهٔ مهندسی که بر STEM مبتنی است، از جمله دبیرستان‌های چارتر دولتی در این شهر است. بودجهٔ این مدارس را منطقهٔ آموزشی مدارس عمومی دنور و منابع خارجی مانند «بنیاد بیل و ملیندا گیت»[3] تأمین می‌کنند. (اسپیلنس[4] و دیگران، ۲۰۱۳)

در این مدرسه که به‌عنوان یک مدرسهٔ STEM طراحی شده است، کلاس‌های سنتی بسیار بزرگی وجود دارند. همین‌طور، ساختمان‌های بزرگی که دانش‌آموزان می‌توانند در اطراف آنها پراکنده شوند و پروژه‌های STEM را اجرا کنند. یک «نظارت‌گر»[5] بسیار بزرگ در راهرو، فهرست‌هایی از دانش‌آموزان را اعلام می‌کند که برای تدریس خصوصی بعد از مدرسه برنامه‌ریزی کرده‌اند. علامت‌ها و شعارهای بسیار بزرگی از سقف آویزان‌اند تا ارزش‌های اصلی مدرسه، شامل احترام، مسئولیت‌پذیری و تلاش تا سرحد ممکن را نشان دهند. در کنار هر یک از این ارزش‌ها، تصویری از یک دانش‌آموز آمده است که نشان‌دهندهٔ نمونه‌ای از آن ارزش است.

مأموریت مدرسه تهیهٔ یک برنامهٔ درسی منسجم و دقیق است تا شاگردان را برای کالج آماده کند و قبولی آن حدود صد در صد است. بیش از ۵۰ درصد دانش‌آموزان این مدرسه از گروه‌هایی آمده‌اند که در رشته‌های STEM و مشاغل مرتبط با آن در اقلیت هستند. ۳۵ درصد آنها اسپانیولی بودند، ۲۶ درصد سیاه‌پوست و ۴۵ درصد دانش‌آموزان متعلق به خانواده‌های کم درآمد هستند. این مدرسه از سال ۲۰۰۸ تا به حال، دبیرستانی با بالاترین عملکرد در این منطقه بوده است. به مدت هفت سال پیاپی، صددرصد دانش‌آموزان سال آخر آن به‌عنوان دانشجوی چهارسالهٔ کالج یا دانشگاه پذیرفته شده‌اند (DSST مدارس دولتی، ۲۰۱۴).

معلمان معمولاً سابقه‌ای قوی در محتوای STEM و تجربهٔ کافی در دنیای واقعی دارند. این معلمان تشویق می‌شوند دانش تجربی خود را در برنامهٔ درسی بگنجانند و این کار با همکاری دپارتمان مهندسی در دانشگاه نزدیک مدرسه انجام می‌گیرد. این دانشگاه در طراحی درس‌های مقدماتی مهندسی و ارائهٔ آنها به مدرسه کمک می‌کند و بعضی از استادان و فارغ‌التحصیلان آن در درس‌های انتخابی مهندسی در سال‌های اول مدرسه به تدریس می‌پردازند.

1. Han, et. al.
2. Den ever
3. Bill and Melinda Gates foundation
4. Spillance , et. al.
5. monitors

همه ساله، از کلاس پایهٔ نهم برای یک گردش در کالج و یک پروژهٔ عملی مهندسی دعوت به‌عمل می‌آید. در این پروژه، دانش‌آموزان می‌توانند با اعضای هیئت علمی رشتهٔ مهندسی دانشگاه رابطه برقرار کنند. در پایهٔ یازدهم، دانش‌آموزان علاقه‌مند به ادامهٔ مهندسی، دوباره به پردیس دانشگاه دعوت می‌شوند تا یک روز کامل را به بحث دربارهٔ پذیرفته شدن در دانشگاه و برنامه‌های رشتهٔ مهندسی آن بگذرانند.

هیچ مسیری برای جبران و اصلاح درس‌ها وجود ندارد. برنامهٔ درسی با درس‌های سنتی‌تر شروع می‌شود و به تجاربی می‌رسد که مستلزم کاربرد بیشتر مفاهیم از طریق فرصت‌هایی چون کارورزی‌های کوچک است. برای مثال، یکی از دانش‌آموزان کارورزی خود را در یکی از آزمایشگاه های سم‌شناسی در پردیس پزشکی دانشگاه کلرادو گذراند. دانش‌آموز دیگر، از طریق پشتکار و جدیت شخصی، یک کارورزی را در ایستگاه تلویزیونی محلی برای خود دست و پا کرد.

در سال‌های بالاتر دبیرستان، دانش‌آموزان کلاس‌های کاربردی STEM را در زیست شیمی، زیست فناوری یا مهندسی ـ فیزیک می‌گذرانند و فارغ‌التحصیلی خود را با گذراندن یک پروژهٔ ارشد یکساله کامل می‌کنند. پروژه‌های ارشد شامل یک پایان‌نامه در مورد رابطهٔ بین «وبا» و «فیبروزکیستی»[1]، انجام آزمایش درمورد چگونگی ریخته‌گری و بررسی اکوسیستم‌های آبزی محلی است. این پروژه‌ها در یک جلسهٔ دفاع ۳۰ دقیقه‌ای در حضور چهار تا شش استاد برای دریافت نمرهٔ نهایی به اوج خود می‌رسند.

مأموریت مدرسه بر این امر متکی است که آموزش STEM برای همه است، نه برای دانش‌آموزان باهوش و مستعد، و نیز اینکه «همیشه می‌توانیم بهتر از این هم عمل کنیم.» معلمان وقت دارند بر پیشرفت دانش‌آموزان نظارت کنند. آنها پس از تحلیل پیشرفت‌ها، جلسات تدریس خصوصی و سایر حمایت های لازم را توصیه می‌کنند. نظام یادگیری در حد تسلط ایجاب می‌کند که دانش‌آموزان درس‌ها را با حداقل نمرهٔ "C" یا بهتر پشت سر بگذارند. این قانون یک شیوهٔ تنبیهی تلقی نمی‌شود، بلکه فرصتی است تا دانش‌آموزان وقت بیشتری را به یادگیری مطالب درسی اختصاص دهند. درواقع، بعضی از موفق‌ترین دانش‌آموزان، جلسات تدریس خصوصی را انتخاب و در آنها حضور پیدا می‌کنند.

دبیرستان شیکاگو برای علوم کشاورزی

این دبیرستان دولتی، واقع در منطقهٔ مدارس دولتی شیکاگو، حدود ۶۰۰ دانش‌آموز دارد. بیش از دو دهه از تأسیس آن می‌گذرد و با این وصف، هنوز هم به‌نظر می‌رسد که با دوراندیشی و ژرف‌نگری راه اندازی شده است. چرا که از همان آغاز، هدفی شبیه دبیرستان‌های جدیدتر از نوع STEM فراگیر را انتخاب کرده بود؛ یعنی آماده کردن دانش‌آموزان برای ورود به کالج از طریق برنامه‌ای که بر STEM متمرکز باشد. محوطهٔ این دبیرستان با حدود ۳۱ هکتار، به‌عنوان آزمایشگاهی از نوع زمین، شامل ساختمان‌های مربوط به کلاس درس، مزارع کار و یک طویلهٔ بزرگ

1. Cystic fibrosis

برای حیوانات است.

در خلال دو سال اول تمام دانش‌آموزان از یک برنامهٔ درسی تجویز شده پیروی می‌کنند که شامل درس‌های اصلی علوم و ریاضیات از نوع درس‌های آمادگی است. دانش‌آموزان پایهٔ نهم به مطالعهٔ علوم و حرفه‌های کشاورزی از نوع درس‌های پایه می‌پردازند؛ درس‌هایی که برای دانش‌آموزان شهری و ناآشنا با کشاورزی طراحی شده‌اند. در درس‌های پایهٔ دهم، دانش‌آموزان با پنج نوع شغل و گذرگاه‌هایی[1] برای آموزش فنی، مانند علوم حیوانات، علوم مواد غذایی، مکانیک کشاورزی، باغبانی و طراحی باغ و امور مالی کشاورزی آشنا می‌شوند که آنها را قادر می‌کند انتخاب‌های آگاهانه‌ای در مورد حوزهٔ تخصصی خود در دو سال آخر دبیرستان داشته باشند.

در حالی‌که دانش‌آموزان به یادگیری کشاورزی از نوع زندگی واقعی مشغول‌اند، درس‌های سنتی STEM را نیز ادامه می‌دهند. برای مثال، آنها نوعی از شیمی را یاد می‌گیرند که در باغبانی به‌کار می‌آید. و نیز اصول ریاضیات و روان‌شناسی را به قیمت‌گذاری کالاها مرتبط می‌کنند و این کار را از طریق نوشتن یک طرح داد و ستد برای داد و ستد گل به‌صورت خرده فروشی انجام می‌دهند. این دبیرستان رابطهٔ محکمی با «دانشگاه ایلینویز»[2] و یک سیستم قاطع داد و ستد و مشارکت از نوع کارورزی دارد. مدرسه به کمک شرکت‌هایی چون «مک دانالد»[3] و «الی چیز کیک»[4] برنامه‌های شاگردی کردن را به دانش‌آموزان ارائه می‌دهد که مستلزم کارورزی‌های پژوهشی تابستانی برای یادگیری مباحث علوم مواد غذایی است.

دانش‌آموزان همه‌روزه ۳۰ دقیقه را به کارهای بدنی، شامل بخشی از کارهای کشاورزی می‌گذرانند که مستلزم نگهداری از گیاهان و حیوانات است. دانش‌آموزانی که علوم مواد غذایی را مطالعه می‌کنند، باید به بررسی کیفیت آب بپردازند و از سلامت آن با توجه به کشاورزی شیمیایی مزرعه اطمینان حاصل کنند. حال آنکه دانش‌آموزان رشتهٔ علوم حیوانات باید آخورها را تمیز کنند، تخم‌مرغ‌ها را جمع‌آوری کنند، یا به نیازهای حیوانات توجه داشته باشند. وقتی با یک دوربین «وب» به سراغ این دبیرستان رفتیم، دوربین را روی به دنیا آمدن یک کره اسب متمرکز کردیم و همه توانستند لحظات زایمان را از نزدیک مشاهده کنند. دانش‌آموزان نیز توانستند در لحظهٔ تولد آنجا باشند. نتایج تکالیفی از این نوع، فراتر از نمره است و در آنها علاقه به چیزهای زنده را برمی‌انگیزد. این مدرسه نماد یک مزرعهٔ خانوادگی است و در حالی‌که دانش‌آموزان از یکدیگر مراقبت و همدیگر را حمایت می‌کنند، به آنها احساس تعلق به این مرکز دست می‌دهد.

معلمان مدرسه که بسیاری از آنها افرادی حرفه‌ای در کشاورزی هستند، قبل از اینکه به تدریس روی بیاورند، از نزدیک با همکاران قبلی خود در بخش کشاورزی کار می‌کرده‌اند و نیز با همکاران فعلی خود در تدریس هم‌سو هستند تا برنامهٔ درسی را با رویه‌های اجرایی این صنعت هماهنگ سازند و یک برنامهٔ درسی اصیل و یکپارچه از STEM به‌وجود آورند.

---

1. Pathways
2. University of Illinois
3. MC Donald
4. Eli's Cheesecake

چه چیزی به این مدارس اعتبار بخشیده است؟

در هر یک از هشت دبیرستانی که ما بررسی کردیم، شواهدی در مورد ۱۰ مؤلفه پیدا کردیم که موجب می‌شود این مدارس (STEM) موفق عمل کنند. به هر حال، چهار مورد از این مؤلفه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند و عبارتن‌اند از:

۱. داشتن یک برنامهٔ درسی متمرکز بر STEM

هر یک از این مدارس، دارای یک برنامهٔ درسی قوی STEM از نوعی است که دانش‌آموزان را برای رفتن به کالج آماده می‌کند و معمولاً از آنان می‌خواهد درس‌های بیشتری را نسبت به آنچه مقررات ایالتی تعیین کرده است، از میان درس‌ها STEM انتخاب کنند. دانش‌آموزان موظف هستند درس‌های STEM را در سطح عملکرد بالاتری از آنچه مرسوم است بگذرانند؛ خواه سنجش این درس‌ها از طریق یک نظام یادگیری در حد تسلط انجام گیرد یا از طریق سنجش‌های عملکردی. برنامهٔ درسی این دبیرستان‌ها به تجارب زندگی دنیای واقعی مرتبط شده است و از دانش‌آموزان می‌خواهد، به‌عنوان افرادی مسئول و از طریق همکاری در گروه و در دنیای واقعی به فعالیت بپردازند. این مدارس از مرزهای فیزیکی و زمانیِ خود فراتر رفته‌اند تا بتوانند با صنایع و کالج‌ها به همکاری بپردازند (هاوس، پیترز و برتون، ۲۰۱۴). این همکاری‌ها از دانش‌آموزان می‌خواهد که بیشتر تلاش کنند، بیشتر یاد بگیرند و به‌عنوان بزرگ‌سالانی عمل کنند که در حال بسط و گسترش مهارت‌های قرن بیست و یکم در خود هستند.

۲. داشتن یک ساختار اجرایی پذیرا و حساس

اگرچه هریک از این مدارس به‌طور متفاوتی سازمان‌دهی شده‌اند، همهٔ آنها دربارهٔ مأموریت‌هایی که در همکاری با اجتماع محلی باید توسعه و گسترش دهند کاملاً روشن هستند. همهٔ آنها مدارس انتخاب شده‌ای هستند که هدفشان پاسخ‌گویی به گروه‌هایی از دانش‌آموزان است که مورد توجه قرار نداشته‌اند. این پاسخ‌گویی از طریق برنامهٔ دقیق و جدی STEM انجام می‌گیرد. رهبری این مدارس از نوعی است که بر مأموریت تعیین شده متمرکز هستند.

مدارس مزبور مدیریت اجرایی انعطاف‌پذیری دارند که می‌تواند حمایت اجتماع محلی را به خود جلب کند و به سرعت از فرصت‌هایی که اجتماع محلی برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند، بهره ببرد (فورد و بهرند، ۲۰۱۴). رهبران این مدارس ضرورتاً سابقه‌ای در STEM ندارند، ولی رهبران قدرتمندی هستند که فرصت‌هایی را برای مدیریت معلمان خود، خلاقیت و استقلال آنها فراهم می‌کنند. آنها رابطهٔ محکمی را با اجتماع محلی و با صنایع ایجاد کرده‌اند و هر دانش‌آموز و خانوادهٔ وی را به‌خوبی می‌شناسند و به موفقیت‌های دانش‌آموزان خود افتخار می‌کنند.

۳. داشتن معلمانی که برای تدریس STEM به‌طور کامل تربیت شده‌اند

این معلمان سوابق قابل اعتمادی در STEM دارند و این سوابق مناسب را یا از طریق برنامه‌های آمادگی مبتنی بر رشته‌ای خاص فراگرفته‌اند یا از طریق داده های غیرسنتی تدریس در حوزه‌های مختلف STEM. آنها در یکپارچه

کردن فعالیت‌های STEM و نوآوری در برنامهٔ درسی، چه درون مدرسه و چه در بیرون از آن، همکاری می‌کنند و غالباً معلمان علوم انسانی نیز در این همکاری‌ها مشارکت دارند.

این معلمان که به‌عنوان افراد حرفه‌ای فعال، در جست‌وجوی چالش‌ها و رشد و توسعه هستند، در مورد تدریس بسیار علاقه‌مند و مشتاق هستند و غالباً به‌صورت گروهی به تدریس می‌پردازند یا در بیش از یک رشته از STEM تدریس می‌کنند. اگرچه شیوه‌های آموزش معلمان با یکدیگر متفاوت هستند، تعاملات بین فردی کاملاً خصوصی و گرم‌اند تلقی معلمان از دانش‌آموز، فردی است که می‌تواند یاد بگیرد و به بسط و گسترش خود بپردازد؛ به شرط آنکه فرصت‌های مناسبی به او داده شود. (اسپیلن[1]، ۲۰۱۴)

۴. حمایت از دانش‌آموزان محروم (اقلیت)

این دبیرستان‌ها تلاش خود را بر دانش‌آموزان دختر، اقلیت‌ها و افرادی متمرکز کرده‌اند که اولین عضو خانوادهٔ خود برای حضور در کالج هستند (لینچ و راس، ۲۰۱۴). حمایت‌های مزبور از طریق سیستم‌های جذب و پذیرشی صورت می‌گیرد که در آنها دانش‌آموزان و خانواده‌ها از خواسته های دبیرستان STEM و تلاش‌های دیگری که لازم است انجام دهند تا دانش‌آموزان در کالج پذیرفته شوند و در رشته‌های گوناگون STEM به موفقیت برسند، تصویری واقع‌بینانه دارند. فعالیت‌های آشناسازی با موقعیت[2] و علاقه‌مند کردن دانش‌آموزان جدید، آنها را برای راه‌های جدید یادگیری آماده می‌کند. آنها بر ارزش‌هایی چون مسئولیت‌پذیری، رهبری، همکاری و شجاعت تأکید دارند و پیام‌ها غالباً از طریق شاگردان نمونهٔ قبلی، که با جوان‌ترها کار می‌کردند، ارائه می‌شوند.

این دبیرستان‌ها نظام‌های تدریس خصوصی کاملاً پیشرفته‌ای دارند و برپیشرفت دانش‌آموزان نظارت می‌کنند. به علاوه، براساس حمایت‌های مشاوران به مقایسهٔ دانش‌آموزان می‌پردازند. گروه‌بندی به شکل حداقل وجود دارد، اما گاهی تشکیل کلاس‌هایی خاص و دو برابر کردن زمان یک کلاس برای بعضی از دانش‌آموزان ضروری است. هدف همیشگی این است که دانش‌آموزان را تا حد ممکن در کلاس‌های معمولی ادغام کنند.

سیستم‌های ارائهٔ مشاوره در کالج‌ها، شامل مشاوران راهنمایی و معلمانی است که با خانواده‌ها کاملاً آشنا هستند و می‌توانند دانش‌آموزان را با فرصت‌های کالج مورد نظر وفق دهند. این فرصت‌ها شامل ارائهٔ بورس و دادن وام به دانش‌آموزان است.

راه جدیدی در ادارهٔ دبیرستان‌ها

مدارس فراگیر STEM در سراسر آمریکا در حال رشد هستند. این دبیرستان‌ها آیندهٔ درخشانی دارند و عضو جدید و ارزشمندی در نظام مدرسه‌ای محسوب می‌شوند که قصد دارند تعداد دانش‌آموزان مستعد STEM را در اجتماع محلی خود افزایش دهند و ثابت کنند، موفقیت در STEM در دسترس همهٔ دانش‌آموزان است.

1. Spillane
2. orientation

این مدارس همچنین با نیازهای دانش‌آموزانی بهتر هم‌خوانی دارند که نمی‌توانند مناسبت و رابطهٔ کلاس‌های سنتی را درک کنند و به چالش‌های واقع‌بینانه‌تری در مدرسه نیاز دارند. دبیرستان‌های فراگیر STEM فرصت‌هایی را ارائه می‌کنند که می‌توانند جریان زندگی دانش‌آموزان را عوض کنند.

آموزش «اهمیت علوم»

نویسندگان: لی شامو و جنیفر اشمیت[1]

مترجم: هاجر احمد حسینی

دانش‌آموزان وقتی با اشتیاق بیشتر به علوم می‌پردازند که مناسبت و ارتباط آن را با خودشان درک کنند. در اینجا، چهار رویکرد ارزشمند در تدریس محتوای علوم معرفی می‌شود.

سکوت بر کلاس مثلثات حاکم شد. همهٔ سرها از هر طرف چرخیدند و هم‌کلاسی‌هایم به من خیره شدند که حیرت‌زده ساکت مانده بودم. برخی از هم‌کلاسی‌هایم بعداً به من گفتند که باورش برایشان سخت بود که جرئت کنم از معلم با عصبانیت بخواهم، هدف آنچه را که تدریس می‌کند، توضیح دهد. من فقط نمی‌توانستم تصور کنم که منظور از انجام این کار خسته‌کننده و غیرعملی که از ما انتظار می‌رفت چیست و هیچ علاقه‌ای به انجام کارهایی که دلیل انجام آن‌ها را نمی‌دانستم، نداشتم. خوش‌بختانه معلم باتجربه‌ای داشتم که با ارائه چندین مثال عینی برایم توضیح داد که چگونه این عملکردها می‌توانند در دنیای واقعی مفید باشند. این اطمینان مجدد در مورد مفید بودن تمرینات در زندگی واقعی مرا قانع کرد و به همین دلیل مسائل را بدون هیچ اعتراضی حل می‌کردم. بعد از گذشت سال‌ها، هنوز هم برای آن معلم مثلثات و درس مثلثات ارزش قائلم و برایم مورد احترام‌اند.

واقعیت این است که بسیاری از نوجوانان، اهمیت و ارزش آنچه را که در مدرسه باید یاد بگیرند یا اصلاً

1. Lee Shumow & Jennifer A. Schmidt

نمی‌دانند و یا شناخت کمی از آن دارند. به همین دلیل در آخر، آموزش برایشان خسته‌کننده می‌شود و با آن قطع رابطه می‌کنند. مربیان دریافته‌اند، دانش‌آموزانی که شناخت کافی از اهمیت مطالبی که یاد می‌گیرند دارند، با انگیزه‌تر درس می‌خوانند و درگیری بیشتری با آن مطالب پیدا می‌کنند. با این وصف، براساس مشاهداتی که به‌عنوان پژوهشگر از معلمان داشتیم و گفت‌وگوهایی که در خلال جلسات رشد حرفه‌ای آن‌ها به‌عمل آوردیم، اغلب معلمان نمی‌دانستند که چگونه این عنصر انگیزشی اصلی را بین دانش‌آموزان ترویج کنند. درواقع، بسیاری از معلمان، انگیزه را یک ویژگی پایدار و ثابت در دانش‌آموزان، مثل ویژگی رنگ چشم به حساب می‌آورند.

خوش‌بختانه، انگیزه صفت نیست، بلکه حالت است و حالت را خیلی راحت‌تر از صفت می‌توان تغییر داد. هدف اصلی ما قدرتمند کردن مربیان است تا انگیزهٔ دانش‌آموزان خود را برای یادگیری افزایش دهند و پروراندن اهمیت و ارزش هر موضوع، یکی از بهترین روش‌هایی است که معلمان می‌توانند از طریق آن به نتیجه برسند.

رکود علمی

درگیری دانش‌آموزان با درس‌ها با عبور آنها از مرحلهٔ راهنمایی و دبیرستان کاهش پیدا می‌کند و این رکود و افت در علوم چشمگیرتر است. ما با بررسی شواهد و نمونه‌هایی که در تحقیقاتمان در کلاس‌های علوم مدارس راهنمایی و متوسطه انجام دادیم، به این نتیجه رسیدیم (هال من و هاراکی ویز[1]، ۲۰۰۹؛ اشمیت، شامو و دوریک[2]، ۲۰۱۱؛ شامو و اشمیت، ۲۰۱۴).

به هر حال، مفاهیم و راهبردهایی که ما در مورد آن‌ها بحث می‌کنیم بیشتر به محتوا و پایه‌های متفاوت تحصیلی مرتبط هستند و ممکن است مورد استفاده مربیان قرار گیرند.

این واقعیت که تعداد کمی از دانش‌آموزان نوجوان در ایالات متحده به علوم بها می‌دهند، نتایج طولانی مدتی را موجب شده است. امروزه مشاغل نیازمند دانش علمی و مهارت بیشتری هستند و پیش‌بینی می‌شود که این روند ادامه‌دار باشد. دانش‌آموزان با سواد علمی بالا، فرصت‌های حرفه‌ای بیشتری نسبت به بقیه دارند.

ولی آمادگی حرفه‌ای تنها دلیل درک ارزش علم نیست. بسیاری از تصمیم‌گیری‌های روزمره ناشی از سواد علمی و توانایی تفکر و تحلیل موقعیت‌ها با استناد به شواهد است. دل نگرانی دربارهٔ محیط زیست، تأمین غذا، بهداشت و انرژی بیشترین و مهم‌ترین مسائلی هستند که عموم مردم و جامعه با آن‌ها روبه‌رو هستند. بدین ترتیب، سواد علمی نقش مهمی را در آماده‌سازی شهروندان، که هدف اصلی آموزش دورهٔ متوسطه هستند، بازی می‌کند.

از مطالعات انجام گرفته توسط ما و پژوهشگران دیگر، آموختیم که چرا و تحت چه شرایطی دانش‌آموزان به ارزش یادگیری علوم پی خواهند برد. با استفاده از سرمایه‌گذاری «بنیاد ملی علوم»[3]، حدود ۴۰۰ کلاس علوم را در مدارس گوناگون مورد مشاهده قرار دادیم، و گزارش‌هایی زنده از دانش‌آموزان جمع‌آوری کردیم که از احساس و

1. Holloman & Harackie wicz
2. Schmidt, Shumov & Durik
3. The National Science Foundation

تفکر آن‌ها در خلال جلسات مشاهده خبر می‌داد. در نتیجه، توانستیم بین آنچه در کلاس در حال اتفاق افتادن بود و حالات انگیزشی و درگیری دانش‌آموزان رابطه پیدا کنیم.

اهمیت این موضوع در چیست؟

تعدادی از معلمانی که ما مشاهده کردیم، به‌طور شگفت‌آوری در زمینه ترویج دائمی ارزش علم ماهر بودند و این کار را هم از طریق اظهاراتی روشن در مورد اهمیت محتوای درس آن روز در زندگی، و هم به‌صورت اظهارنظرهایی بدون مقدمه که به هیچ وجه به محتوای مشخصی مربوط نبود، انجام می‌دادند.

برای مثال، «دونا»[1]، معلم کلاس هفتم از یکی از دانش‌آموزان خواست در مورد «معنای سرعت» توضیحی ارائه دهد. دانش‌آموز گفت: «سرعت یعنی مسافت تقسیم بر زمان» (d/t) و ادامه داد که علاقه‌ای به موضوع سرعت ندارد. این نحوهٔ برخورد، یعنی آموزش طوطی‌وار علم. چنین تعریفی، اهمیت فکر کردن به سرعت در زندگی را نشان نمی‌دهد. پاسخ دونا به این تعریف از این قرار بود: «شما در حال نواختن یک آلت موسیقی هستید. آیا مهم است که با چه سرعتی آهنگ را می‌نوازید؟ آیا می‌توانید مطابق با میلتان با سرعت بالا یا با سرعت پایین بنوازید و این کار در دلنشین بودن نوای موسیقی تأثیری نخواهد داشت؟ و یا در مورد بی‌موقع سر کلاس حاضر شدن چه نظری دارید؟ آیا لازم است نگران سرعت باشید؟ این دو مثال فقط در مورد علم نیستند. سرعت همه جا هست و شما همیشه در حال کاربرد و استفاده از آن هستید.»

در طول برگزاری همین کلاس، دونا متوجه شد که یکی از دانش‌آموزان به دلیل قرار دندان‌پزشکی و انجام «ارتودنسی» غایب است. او به شوخی پرسید: «آیا دندان‌پزشکان نمی‌دانند که دانش‌آموزان را از کلاس علومشان بازمی‌دارند و اینکه درس علوم از اهمیت برخوردار است؟ و مهم‌تر اینکه، دانش‌آموزان باید به خوبی علوم را بیاموزند تا یک دندان‌پزشک شوند!» اظهار نظر دونا معمولی بود، اما بر این نکته تأکید داشت که چگونه تمامی جنبه‌های زندگی دانش‌آموزان با علوم مرتبط است. در گزارشات ثبت شده از دانش‌آموزان دونا، آنها دارای بالاترین سطح انگیزه در آموزش علوم نسبت به دیگر دانش‌آموزان بودند و این موضوع به هیچ وجه اتفاقی نبود.

در مجموع باید گفت که معلمانی مثل دونا در مطالعات ما به ندرت یافت شدند. ما غالباً مشاهده می‌کردیم که معلمان فرصت‌هایشان را در زمینهٔ ترویج ارزش علوم از دست می‌دهند. در برخی از موارد معلمان خود را موظف می‌دیدند حجم زیادی از محتوا را آموزش دهند و بر این باور بودند که زمان کافی برای برقراری این ارتباط‌ها را ندارند. یکی از نتایج اجتناب‌ناپذیر این طرز برخورد این بود که بسیاری از دانش‌آموزان با علوم درگیری پیدا نمی‌کردند.

چهارنوع ارزش‌گذاری

تحقیق و «عقل متعارف»[2] به ما می‌گوید که وقتی به ارزش یک فعالیت پی می‌بریم که به درگیرشدن در آن

1. Donna
2. Common sense

علاقه‌مند شویم. خبر خوب برای مربیان این است که ارزش می‌تواند شکل‌های مختلفی به خود بگیرد. دانش‌آموزان اجباری ندارند که نوع یکسانی از درک ارزش را داشته باشند تا در فعالیتی که انجام می‌دهند درگیر شوند.

برای مثال، یکی از افراد گروه ما دونده است. دویدن او در درجهٔ اول، به دلیل لذتی است که از آن می‌برد و احساس آرامشی است که به‌دست می‌آورد. در مقابل، یکی از دوستانش کوچک‌ترین تمایلی به دویدن ندارد و دوندگی را ناخوشایند می‌داند، ولی باور دارد که تناسب اندام در گرو دونده بودن است. این دو زن، به دو ارزش متفاوت از دوندگی باور دارند، اما هر دو نوع ارزش به آنها انگیزه می‌دهد، هر روز کفش‌های دویدن خود را بپوشند ودر نهایت به دوندگان بهتری تبدیل شوند.

همین اصل در علوم هم صادق است. دانش‌آموزان مجبور نیستند ارزش یکسانی را در زمینهٔ آموزش علوم تجربه کنند. در اینجا چهار روش متفاوت از درک ارزش علوم برای دانش‌آموزان به شما معرفی می‌شود و نیز چهار رویکرد متفاوتی که شما می‌توانید برای درگیر کردن دانش‌آموزان با علوم از آنها استفاده کنید.

جالب بودن خود موضوع: ارزش ذاتی

جای تعجب ندارد، دانش‌آموزانی که به درسی علاقه پیدا می‌کنند، بیشتر درگیر مطالعه و آموختن آن درس می‌شوند. برخی از دانش‌آموزان به نوع خاصی از موسیقی علاقه دارند، در حالی که برخی دیگر به ورزش و یا بازی خاصی تمایل پیدا می‌کنند. علاقه‌های افراد، غالباً، از دوران کودکی شروع می‌شوند و در طول زندگی آنها پایدار می‌ماند. برای مثال، ای. او. ویلسون[1]، پدر زیست‌شناسی اجتماعی و یک زیست‌شناس مشهور، در دوران کودکی به شدت به مورچه‌ها علاقه داشت و در نهایت به یک جانورشناس متخصص در مورد مورچه‌ها تبدیل شد.

معلمانی که از علاقه‌های دانش‌آموزان خود شناخت کافی داشته باشند، می‌توانند آن علاقه‌ها را به هنگام آموزش مفاهیم درنظر بگیرند؛ خواه مربوط به درس تنفس باشد یا درس تکامل. معلمان می‌توانند در آغاز سال تحصیلی از علاقه‌های دانش‌آموزان خود مطلع شوند و این کار را از طریق تهیه فهرست بازبینی، سؤالات بازپاسخ و یا از طریق برقراری رابطه با والدین انجام دهند. توسعهٔ علاقه‌ها غالباً با «علاقهٔ موقعیتی»[2] شروع می‌شود و در آن، کنجکاوی یا شگفتی برانگیخته می‌شود. خیلی از دانشمندان و دانشجویان رشته‌های علوم به این موضوع اشاره دارند که معلم دوران دبیرستان آن‌ها، با ایجاد علاقه موقعیتی در آن‌ها، تمایل اولیه به علوم را در آنها برانگیخت.

معلمان علوم می‌توانند از طریق ارائهٔ «افکار تازه و تجربه‌های نو»[3] این کار را انجام دهند. تصورات ذهنی و نمایش‌های تجربی بسیاری وجوددارند که می‌توان از طریق آنها، علاقهٔ شاگردان به پدیده‌ای را موجب شد. نشان دادن ویدیوهای برجسته از رویدادهای خاص آب و هوایی، بیشتر از خواندن تعاریف آمده در کتاب‌ها می‌تواند در دانش‌آموزان علاقه ایجاد کند. با این وصف، در درس‌های بسیاری مشاهده شد که در بخش مربوط به آب و هوا در

1 .Wilson,E.O.
2. situation interest
3. novelty

دورهٔ متوسطه، هیچ ویدیویی از پدیده‌های آب و هوایی برای درک بیشتر دانش‌آموزان ارائه نشد.

خصوصی کردن و عینیت بخشیدن به اهمیت مفاهیم از طریق «داستان‌گویی» نیز به تقویت علاقهٔ موقعیتی شاگردان کمک می‌کند، زیرا عواطف دانش‌آموزان را مورد توجه قرار می‌دهد. یکی از معلمان برجسته‌ای که می‌شناسیم، تجربیات و خاطرات شخصی‌اش را برای دانش‌آموزان تعریف می‌کند و برای مثال، از غش کردنش در کلاس درس سخن به میان می‌آورد.

شاید تأثیرگذارترین روش برای معلمان که از آن به‌ندرت استفاده می‌کنند، «ابراز اشتیاق خودشان» به موضوع باشد. در پژوهش ما به‌ندرت مشاهده شد که معلمی نسبت به موضوع ارائه شده احساسی داشته باشد، بلکه سطح اشتیاق معلمان به موضوع غالباً در حد «برخورد عادی با یک واقعیت» ارزیابی می‌شد. این برآورد ما، با یافته‌های نظرسنجی مؤسسهٔ گالوپ[1] (۲۰۱۴)، که گزارش شده بود اکثر معلمان دل‌بستگی خاصی نسبت به شغلشان ندارند، هم‌خوانی دارد.

البته سرگرم‌کننده بودن فعالیت‌های علمی لزوماً به این معنی نیست که جالب توجه نیز هست یا دانش‌آموزان را درگیر موضوع می‌کند. برای مثال، تعدادی از معلمان شیمی که در پژوهش ما مورد بررسی قرار گرفتند، آزمایشگاهی دایر کردند که در آن، هر یک از دانشجویان به سبک خودش بستنی درست می‌کرد. متأسفانه معلمان نتوانستند بین ساختن بستنی و مفاهیم شیمیایی، واژگان به کار رفته یا دلایل توجیه‌کننده این یادگیری ارتباط برقرار کنند. دانش‌آموزان به‌جای یادگیری راه‌حل‌ها، حالات ماده، انتقال در هر مرحله، خواص ترکیبی، نقطه انجماد و متبلور شدن بستنی، به نظر می‌رسید که بیشتر از خوردن بستنی ساخت خودشان لذت می‌بردند و برآورد آنها از این فعالیت، بیشتر لذت‌بخش بودن آن بود تا ارزش آن.

مفید بون آموزش: ارزش سودمندی

اگر دانش‌آموزان به این درک برسند که کار علمی آنها در دراز مدت یا کوتاه مدت، مفید و کاربردی خواهد بود، قطعاً به ارزش آن پی خواهند برد. دانش‌آموز فیزیک ممکن است به این نتیجه برسد که به کمک قوانین فیزیک ضربهٔ تأثیرگذارتری در بازی بیس بال خواهد داشت. همین‌طور، آنها باید به این درک برسند که علوم در حل بسیاری از مشکلات جدی مفید خواهد بود؛ از کاهش در هزینه‌های انرژی گرفته تا پیشگیری از تصادفات، بهبود بهداشت و بهبود کیفیت خاک، هوا و آب.

دانش‌آموزان ممکن است از آن رو به علوم اهمیت بدهند که برای آن‌ها معنا و هدفی فراتر از علاقه‌های شخصی‌شان داشته باشد. اخیراً نوجوانان توجه خود را به دنیایی فراتر از دنیای قبلی خود معطوف کرده‌اند و به دنبال پیدا کردن جایگاهی در آن هستند. آنها غالباً دل‌نگران عدالت اجتماعی، آرمان‌های اخلاقی و سعادت دیگران هستند. اگر آنها بپذیرند که آنچه می‌آموزند ممکن است در پیشگیری و حل مشکلات محیطی و اجتماعی کارساز

1. Gallup Poll

باشد، احتمالاً پشتکار بیشتری در یادگیری از خود نشان می‌دهند.

برای مثال، ما معلمی را مشاهده کردیم که دانش‌آموزانش علم فیزیک را از طریق بررسی خاک چمنزار مدرسه، پرورش کِرم‌های مزارع در کلاس، رشد محصولات با کود به دست آمده از کِرم‌ها و استفاده از انرژی خورشید به‌دست آمده از صفحات نصب شده روی پشت بام مدرسه، یاد می‌گرفتند. این دانش‌آموزان به کمک «اینترنت»، دانش و خبرگی خود را درمورد تولید فشردهٔ[1] مواد غذایی، با دانش‌آموزان دبیرستانی در خاورمیانه به اشتراک می‌گذاشتند. درک دانش‌آموزان از اینکه می‌توانند آنچه را که یاد گرفته‌اند، در راستای کمک به تغذیهٔ مردم گرسنه در کشور خودشان و در خارج به‌کار بگیرند، تأثیر عمیقی بر حس خودمختاری و خودگردانی آنها داشت و این بینش را در آنها ایجاد می‌کرد که علومی که یاد گرفته‌اند، ارزش آن را دارد. در پایان این پروژه، انگیزهٔ دانش‌آموزان برای یادگیری افزایش پیدا کرد.

برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کمک به دانش‌آموزان در قدردانی از ارزش کاربردی محتوای علوم، به‌خصوص، وقتی می‌تواند تأثیرگذار باشد که میزان درگیری دانش‌آموزان فاقد اعتماد به توانایی خود در علوم را افزایش دهد (هالی من[2]، گودز[3]، هندریکز[4] و هاراکیویز[5]، ۲۰۱۰؛ هالی من و هاراکیویز، ۲۰۰۹). وقتی دانش‌آموزان احساس کنند در حال دست و پنجه نرم کردن ومبازه با چیزی هستند، علاقهٔ خود را به آن از دست می‌دهند و به خود خواهند گفت: «من در ریاضی ضعیف هستم، بنابراین علاقه‌ای هم به آن ندارم.» اما اگر فرصت‌هایی برای دانش‌آموز فراهم شود که در آن دانش‌آموز به این نتیجه برسد که این محتوای چالش برانگیز ارزش آموختن دارد، در این صورت تعهد آن‌ها برای آموختن پایدار خواهد ماند.

بخش زیادی از محتوای علوم را مفاهیم انتزاعی تشکیل می‌دهد و دانش‌آموزان احتمالاً نمی‌توانند آن مفاهیم را به‌طور خودکار به تجارب، اهداف و دنیای خارج ربط بدهند؛ مگر اینکه رهنمودهایی را از بزرگسالان دریافت کنند. شواهدی که ما از کلاس‌های درس جمع‌آوری کردیم، نشان داد که هر چه معلم در مورد کاربردی کردن محتوای علوم در دنیای واقعی بیشتر صحبت کند، دانش‌آموزان نیز بهتر می‌توانند این نوع از ارتباط‌های ارزشی را در خود ایجاد کنند و در نتیجه علاقهٔ بیشتری به آموختن علوم نشان خواهند داد.

برقراری ارتباط با احساس افراد از خود: دستیابی به ارزش

قبل از اینکه از پا درآیید و به‌طور خستگی‌ناپذیری به تعریف و تمجید از کاربرد علوم بپردازید، در اینجا ذکر یک سوء تفاهم ضروری است. تأکید بر کاربرد علوم به‌منظور دستیابی به اهداف مورد نظر بی‌فایده است، اگر با باورهای هویتی قدرتمند دانش‌آموزان سازگار نباشد. برای مثال، اگر دانش‌آموز دختری بر این باور باشد که کار کردن در

1. high intensity
2. Hulleman
3. Godes
4. Hendricks
5. Harackiewicz

زمینهٔ علوم با نقش جنسیتی او در تضاد است، و معلم او فقط بر ارزش و اهمیت محتوای علوم برای کسانی که می‌خواهند وارد این رشته شوند، تأکید کند، ممکن است بی‌علاقگی این دانش‌آموز به علوم افزایش نیز پیدا کند. معلم باید یا بر ارزشی تأکید کند که با باورهای هویتی دانش‌آموز هم‌سو باشد، یا سعی کند تصورات دانش‌آموز را درمورد فرصت‌های شغلی در علوم گسترده‌تر کند.

از سوی دیگر، دانش‌آموز مشتاق پیراپزشکی که از نظر خانوادگی دارای سابقهٔ طولانی در ارتش به‌عنوان پزشک بوده‌اند، احتمالاً خود را مسئولیت‌پذیر می‌داند، در شرایط فشار خودنسردی‌اش را حفظ می‌کند و به ارائهٔ خدمات علاقه دارد. این دانش‌آموز به احتمال بیشتر، در دورهٔ دبیرستان موفقیت در زیست‌شناسی را با تحقق هویت خود بیشتر هم‌سو می‌بیند تا دانش‌آموزی که آرزو دارد در آینده نویسنده، موسیقی‌دان و یا بانک‌دار شود.

افکاری که دانش‌آموزان در مورد گروه‌های اجتماعی ـ جمعیتی دارند، می‌تواند روند دستیابی به ارزش را تسهیل یا تضعیف کند. اخیراً یک معلم دبیرستان در یکی از کارگاه‌های «رشد حرفه‌ای» موضوعی را با ما درمیان گذاشت. او گفت، یکی از دانش‌آموزان سیاه پوستش گفته است: «کلاس علوم برای من بی‌ارزش است، زیرا من سیاه‌پوست هستم و سیاه‌پوست‌ها در علوم به‌کار نمی‌پردازند.» این موضوع برای ما زنگ هشداری است که بدانیم، قراردادن دانش‌آموزان در معرض نمونه و سرمشقی که فرد خود را با آن همانند می‌کند، مهم است و این کار را باید از طریق داستان‌ها، پوسترها، فیلم‌ها یا سخنرانان مهمان انجام داد. به‌علاوه، لازم است گام‌هایی را برای مبارزه با تأثیرات سوء این عقاید قالبی برداشت.

معلمان می‌توانند به روش‌های متفاوتی به اکتساب این ارزش کمک کنند. اول اینکه آگاهی از ادراک دانش‌آموز از خود، معلم را قادر می‌سازد، به دانش‌آموز در مورد محتوایی که تدریس می‌کند، کمک کند. پرسیدن سؤال از دانش‌آموزان در مورد سرگرمی‌ها و علاقه‌های شغلی‌شان به معلمان کمک می‌کند، خود ادراکی دانش‌آموزانشان را مشخص کنند. دوم اینکه چون هویت‌های دانش‌آموزان در دورهٔ نوجوانی در حال شکل‌گیری است، معلم می‌تواند فرصت‌هایی را برای کشف جنبه‌های گوناگون علوم در آزمایشگاه‌های مبتنی بر کاوشگری، پروژه‌های خدماتی مرتبط با علوم و تکالیف اکتشافی در اختیار آن‌ها قرار دهد.

در پایان، ما شاهد معلمان انگشت‌شماری بودیم که کلاس‌هایی از نوع هویتی و احساس تعلق خلق می‌کردند و دانش‌آموزان از نزدیک با کار در کلاس رابطه برقرار می‌کردند. این دانش‌آموزان، از واژه‌هایی مثل «ما» و «کلاس ما» استفاده می‌کردند. برای مثال، معلم با اشاره به پروژهٔ آیندهٔ مربوط به تدریس دانش‌آموزان، اعلام کرد که، «ما با کلاس پنجمی‌ها در مورد انواع موجودات مهاجم صحبت خواهیم کرد و هر کدام از شما نقش مهمی در موفقیت این کار خواهید داشت. کلاس پنجمی‌ها درواقع به دانش، آمادگی و الگوی خوب بودن شما متکی خواهند بود.»

کشف ارزش نسبی: هزینه ارزش

مانند یک خریدار فهیم، دانش‌آموزان غالباً هزینه‌های انتخاب‌هایشان را سبک و سنگین می‌کنند. آن‌ها قبل از اینکه خود را درگیر آموزش و مشارکت کنند، به این موضوع فکر می‌کنند که در این مورد چه بهایی را خواهند

پرداخت و در عـوض چه چیزی را به‌دست خواهند آورد. بازی‌های ویدیویی، شغل‌های پاره وقت، کلاس‌های دیگر و برقراری روابط اجتماعی، با دقت و تلاش دانش‌آموز برای مطالعه در رقابت قرار می‌گیرند.

اگر دانش‌آموزان به این درک برسند که محتوای علوم آن‌ها دارای ارزش کمی است، نتیجه می‌گیرنـد کـه بـرای درگیر شدن باید بهای بیش از حدی بپردازند. به هر حال، اگر معلم مصرانه ارزش واقعی علـوم را از نظـر علاقـه‌هـا، هدف‌ها، ادراک خود و زندگی روزمرهٔ دانش‌آموزان به آنها گوشزد کند، همین غالباً کافی است تا این هزینه بـه نفـع علوم تحت تأثیر قرار گیرد.

سرمایه‌گذاری با ارزش

وقتی دانش‌آموزان بر این باور باشند که تحصیلات مورد نظر ارزش چندانی ندارد ـ حتی اگر این باور ناقص باشد ـ تعجبی ندارد که خود را از قید مدرسه رها کنند. خوش‌بختانه، معلم‌هـا قـدرت عظیمـی در تأثیرگـذاری بـر ایـن باورهای نادرست دارند. اجرای راهکارهایی که ما در اینجا پیشنهاد کردیم، این هزینه‌ها را به خوبی جبران می‌کنـد. به دانش‌آموزان کمک کنیم تا برای فعالیت‌های آموزشی خود ارزش قائل شوند. این قبیل راهکارها باعث مـی‌شـوند انگیزهٔ آنها برای درگیر شدن با علوم افزایش پیدا کند و علاقـه و عملکـرد آنهـا، هـم در مدرسـه و هـم در خـارج از مدرسه، فزونی یابد.

مطالعه درباره دانشمندان واقعی

نویسنده: ساندی کامینز[1]

مترجم: طیبه الدوسی

دانش‌آموزان باید متون مفیدی را مطالعه کنند که نشان دهنده حل مسئله توسط دانشمندان و مهندسان در جهان باشد و سپس دربارهٔ آنها به بحث و گفت گو بپردازند.

بدون تردید، دانش‌آموزان برای تسلط یافتن بر مهارت‌ها در علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات که لازمهٔ این قرن هستند، به «تجربیات عملی»[2] نیاز خواهند داشت. از آنجایی که ما دربارهٔ برنامهٔ درسی و بودجهٔ مدارس تصمیم می‌گیریم، باید مشارکت عملی در فعالیت‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات را در اولویت قرار دهیم. البته باید دانش آموزان را نیز به درک مفاهیم کلیدی از طریق خواندن، نوشتن و صحبت کردن دربارهٔ آثار دانشمندان و مهندسان ترغیب کنیم.

درگیر کردن دانش‌آموزان با متون جالب دربارهٔ این استادان، به آنها در درک غنای تلاش‌های علمی و مهندسی در شرایط دنیای واقعی (به‌عنوان یکی ازهدف‌های اصلی شاخص‌های علمی نسل بعد)، کمک خواهد کرد. متون

1.Sunday Cummins
2.hands-on experiences

فراوانی با کیفیت عالی در دسترس هستند وبه جوانان کمک می‌کنند بـه علـوم و مهندسـی بـه‌عنـوان مجموعـه‌ای دربرگیرندۀ اجزایی چشمگیر و کنجکاوی برانگیز، جلب شوند. ارائـۀ نظریـه‌هـای رشـد، مبتنـی بـر ابـداع مـدل‌هـا، نتیجه‌گیری‌و پیش‌بینی، صحبت کردن و نوشتن به شیوه‌ای خاص و آزمایش فرضیه‌ها از طریق مشاهده است.

نجات قورباغه‌های طلایی

برای مثال، درکتاب «**ناپدید شدن قورباغه‌های طلایی: یک معمـای علمـی**»[1] (میـل بـروک[2]، ۲۰۱۱)، نویسـنده آن ساندرا مارکل[3] توضیح می‌دهد که چگونه کارن لیپس[4] زیست شناس هنگام بررسی کاهش جدی تعداد قورباغه‌هـای طلایی پانامایی در «جنگل حفاظت شدۀ فورتونا»،[5] نه تنها این معما را حل می‌کند، بلکه در حفظگونه‌ای از جانوران نیز مؤثر واقع می‌شود.

لیپس با بهره‌گیری از سابقۀ علمی‌اش، دربارۀ اینکه به چه دلیل قورباغه‌ها می‌میرند، پرسش‌هایی فرضـی مطـرح کرد. او این موضوع را در منابع دیگری که همکارانش در این زمینه انجام داده بودند، جست‌وجو کرد. زمانی پـرده از این معما برداشته شد که لیپس چند قورباغۀ مرده را برای پزشک آسیب شناسی فرستاد که از فنـاوری تیـغ بـرش استفاده می کرد. او متوجه کیسه‌های عجیبی روی پوست قورباغه‌ها شد. وقتی مجلۀ نیویورک تایمز مقاله‌ای دربـارۀ این کشف چاپ کرد، دانشمندان از سراسر دنیا با لیپس تماس گرفتند. زیرا آنهـا نیـز مشـاهداتی شـبیه وی دربـارۀ قورباغه‌ها در محل کار یا زندگی‌شان داشتند.

این موضوع به برگزاری کنفرانسی در پاناما در خصوص چگونگی نجات قورباغه‌های طلایی منجـر شـد. سـرانجام پناهگاهی برای این گونۀ مورد تهدید از طریق یک شرکت بین‌المللی به‌وجود آمد. این داستان آشکار مـی‌سـازد کـه چگونه لیپس و سایر دانشمندان با به‌کارگیری دانش موجود و رویکردهای علمی، به توسعۀ دانش جدید دست زدند و در نتیجه، یک مشکل بوم شناختی را حل کردند.

اینکه دانش‌آموزان فقط چنین موضوعاتی را بخوانند و لذت ببرند، کـافی نیسـت. آنهـا ممکـن اسـت «داسـتان» ایـن تلاش‌ها را کنار بگذارند و آنچه را که نویسنده دربارۀ کار متخصصانی مانند کارن لیپس می‌گوید، درک نکنند. بـه‌عبـارت دیگر، اینکه دانش‌آموزان بتوانند بگویند که: «دکتـر لیـپس بیمـاری قورباغـه‌هـا را کشـف کـرد و گروهـی از دانشـمندان فهمیدند که روی پوست قورباغه‌ها قارچی در حال رشد وجود دارد و سپس آنها پناهگاهی برای نجات قورباغه‌هـا درسـت کردند»، کافی نیست. ما می خواهیم دانش‌آموزان درک کنند که علاوه بر استفاده از دانش موجـود، ایـن دانشـمندان بـه آزمایش‌هایی تخصصی مشغول شدند تا در کارشان موفق شوند. این برداشت درک دانش‌آموزان رادر این مورد بالا می‌بـرد که چگونه مهارت‌های خلاصه شده در شاخص‌های جدید علمی در دنیای واقعی نیز ادامه می‌یابند.

---

3. The Case of the Vanishing Goldden Frogs: A Scientific Mystery
4. Millbrook
5. Markle Sandra
6. Karen Lips
5 . Fortuna Forest Reserve

اگر دانش‌آموزانی داشته باشیم که با هدفی روشن مطالعه کنند، با هم‌سالانشان دربارهٔ آنچه کـه مـی‌خواننـد بـه گفت‌گو بپردازند، به متونی از این نوع پاسخ کتبی دهند و دربارهٔ آنها به بحث‌های کلاسی بپردازند، آن‌گاه می‌توانیم فرصت‌هایی را برای آنها فراهم آوریم تا کتاب‌های مربوط به حرفهٔ مهندسی، علوم، فناوری و ریاضی را مطالعه کننـد و درک کامل‌تری از آنها به‌دست آورند. وقتی معلمان چنین فعالیت‌هایی را با متون جالـب همـراه مـی‌کننـد، درک دانش‌آموزان نسبت به علوم و رشته‌های مهندسی عمق پیدا می‌کند و لغات و مفاهیم کلیدی (مهم) مرتبط بـا ایـن رشته‌ها را بهتر درک می‌کنند. اجازه بدهید نگاهی به مجموعه درس‌هایی که با این رویکرد اجرا کردم، داشته باشیم.

تحقیقی درباره رتیل و دلفین

در بهار گذشته، برای تدریس مجموعه‌ای از درس‌های کلاس پایهٔ پنجم در مدرسهٔ ویژه‌ای کـه ایـن چهـار علـم به‌کار گرفته می‌شدند از کتاب‌هایی استفاده کردم که با رشته‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی مرتبط بودند در کلاس ۵۰ دقیقه‌ای زبان، معلم و من از الگوی کارگاهی خواندن استفاده کردیم کـه شـامل خلاصـهٔ درس و ایجـاد فرصتی برای دانش‌آموزان به‌منظور خواندن، صحبت کردن با هم‌سالان، و نوشتن پاسخ‌های متن خواندنشان می شد. ما مجموعه‌ای از کتاب‌های دانشمندان را هوتون میفلین[1] در این رشته به دانـش‌آمـوزان معرفـی کـردیم. هریـک از دانش‌آموزان یکی از عنوان‌ها را انتخـاب کـرد. مـن هـم کتـاب «دانشـمند و رتیـل»، نوشـتهٔ اس وای مـونتگمری[2] (HMH,2004) را به‌عنوان متن پشتیبان انتخاب کردم.

قبل از اینکه درس را شروع کنیم، از دانش‌آموزان خواستم برایم در پاسخ به این سؤال که: «دانشمندان متخصص چه کاری انجام می دهند؟» نامه‌ای بنویسند. اکثر پاسخ‌ها کلمـهٔ «مطالعـه» (بررسـی) را شـامل مـی‌شـدند (ماننـد دانشمندان همه چیز را بررسی می‌کنند یا دربارهٔ حیوانات مطالعه می‌کنند). پاسخ آنها نشان داد که اگرچـه بـه‌نظـر می‌رسد این دانش‌آموزان کار اصلی دانشمندان را درک کرده‌اند ولی نحوهٔ بیان آنها در توصیف و تشریح تجربه‌هـای ویژهٔ حرفهٔ دانشمندان دقیق نیست.

با توجه به این سنجش تکوینی، ما مجموعه‌ای از درس‌ها را پیش بردیم و آموزش دادیم که در آن دانش‌آمـوزان موظف می‌شوند، واژهٔ «تحقیق» را در حین یادگیری محتوای متون درسی خود مورد مداقه قرار دهند. قبل از شروع درس، یک نمودار پشتیبان را که با حروف بزرگ نوشته شده و قابل درک بود، به شرح زیر معرفی کردم:

«تحقیق کردن یعنی وارسی، مطالعه یا بررسی نظام‌مند به‌منظور یـادگیری حقـایقی دربـارهٔ چیزهـایی پنهـانی، منحصر به فرد یا پیچیده.»

در خلال درس‌ها، نمودار کلمات و عباراتی ارائه شد تا نشان دهد که چگونه دانشمندان خاص در این کتاب‌ها به پژوهش می‌پردازند. برای مثال، دانش‌آموزان در درک واژهٔ «نظام‌مند» به کمک نیاز داشتند. مـا مشـغول بـه پایـان رساندن متنی خواندنی از کتاب دانشمند و رتیل بودیم که توضیح می‌داد، چگونه این دانشمند تصمیم داشت تعداد

1 . Mifflin
2 . Sy Montgomery

رتیل‌های موجود در منطقهٔ خاصی از جنگل «گوینا»[1] در فرانسه را تعیین کند. این موضوع شامل مشخص کردن چهارگوشهٔ یک فضا با نوار رنگی روشن و سپس شمارش رتیل‌ها در آن گوشه می‌شد.در حالی‌که دربارهٔ عنکبوت شناسان بحث می‌کردیم، کلمات اضافی دیگری را در حواشی نمودار پشتیبان نوشتیم که در حین صحبتمان به‌کار می‌بردیم و به کلمهٔ نظام‌مند نزدیک بودند؛ مانند «نظم»، «روش»، «طرح» و «سازمان یافته».

همان‌طور که درس جلو می‌رفت، دانش‌آموزان در خواندن متنی که دربارهٔ کار دانشمندان متخصص بود، بیان کلمات را به‌طور واضح‌تر (چه شفاهی و چه نوشتاری) شروع کردند. شکل ۱ پاسخ‌های یک دانش‌آموزرا دربارهٔ کتاب «دلفین‌ها»، نوشتهٔ شارک بی، نشان می‌دهد. توجه کنید که پاسخ اول او بر کشف اطلاعات جدید دانشمند متمرکز شده است (جست‌وجو و کشف حیوانات و گیاهان ناشناخته).در پاسخ‌های بعدی، او از زبان خاصی برای بیان کار دانشمند استفاده می‌کند (به‌طور دقیق طراحی کردن، به خانواده یکسان دلفین‌ها برگشتن و مطالعهٔ آنچه آنها در حال انجامش هستند). همچنین پاسخ بعدی او هدف از این تحقیق را که نجات دلفین‌هاست، نشان می‌دهد و نیز آمادگی و تمایل این دانشمند را (یعنی مصمم بودن به آنچه انجام می‌دهد و اینکه چیزی نمی‌تواند مانع او بشود).

گام‌هایی برای یکسان‌سازی و در هم آمیختن متون

در ادامهٔ گام‌های مهم استفاده از متون مربوط به دانشمندان و مهندسان در کلاس‌های پایه‌های میانی و متوسط، به عنوان بخشی از آموزش علوم یا بخش سوادآموزی آمده است. در پایه‌های میانی، معلمان زبان انگلیسی می‌توانند معلمان علوم را در استفاده از متون درکار عملی دانش‌آموزان در آزمایشگاه علوم همراهی کنند.

۱. انتخاب یک کانون توجه

درس‌هایی که در بالا توضیح دادیم، کانون توجهی راتوصیف می‌کنند که مورد نظر دانشمندان و مهندسان از مفهوم «جست‌وجو» است. من این کانون را به این خاطر انتخاب می‌کنم که هم سنجش تکوینی ما آن را آشکار ساخت و هم نتیجهٔ تحقیق شاخص‌های علوم نسل بعد و «چارچوب شورای تحقیق ملی برای این شاخص‌ها» آن را تأیید کرد. این چارچوب کار دانشمندان و مهندسان را به منزلهٔ رویدادهای سه حوزهٔ فعالیت: بررسی، ارزیابی و دستیابی به توضیحات و راه حل‌ها تبیین می‌کند.

بررسی سند چارچوب به معلمان ایده‌های مناسب دیگری برای این تمرکز می‌دهد. درس‌های ما می‌تواند به‌جای تمرکز بر آنچه که برای دانشمندان معنا دارد، روی ارزشیابی یک مورد یا بسط توضیحات تمرکز کند.

۲. توسعهٔ مجموعه‌ای از متون

متونیرا انتخاب کنید که با کانون توجه شما کاملاً مرتبط باشند. مجموعه‌های متون، علاوه بر متون چاپی در

1 . Guiana

اندازه‌های متفاوت، می‌توانند فیلم‌های ویدیویی مرتبط را هم شامل شوند (رجوع کنید به «منابع ایجاد مجموعه‌های متون»، ص ۷۲، مجموعه کتاب‌ها و نوارهای ویدیویی). برای هر دانش‌آموز باید حداقل یک عنوان وجود داشته باشد. بعضی از عنوان‌ها ممکن است دونسخه‌ای باشند، ولی برای داشتن تنوع هر دانش‌آموز باید بیش از یک متن را مطالعه کند. ارزش این مجموعه از متون برای هر کلاس به این است که دانش‌آموزان را با بیش از یک متن و چند روش درگیر کند. دانش‌آموزان ممکن است دو نفره متنی را بخوانند، یا چند متن را به‌طور انفرادی برای خواندن انتخاب کنند، یا با چند دانش‌آموزمشارکت کنند و هریک بخشی از یک متن خاص را بخوانند و روی قطعه‌هایانتخاب شده به‌طور گروهی بحث کنند.

در خلال یک درس، هر یک از پایه پنجمی‌ها با هم‌کلاسی دیگر دربارهٔ اینکه چطور متن انتخاب شده، کار دانشمند و یا مهندس را توضیح داد، مصاحبه کردند. سپس همهٔ دانش‌آموزان جوابیه‌ای نوشتند تا بگویند که چگونه هم‌کلاسی آنها در بررسی‌های خود به‌طور حرفه‌ای عمل کردند و چه چیزی یاد گرفتند.

ممکن است در شروع آموزش نیاز داشته باشید مجموعهٔ متون خود را تغییر دهید یا اصلاح کنید. در جریان کنفرانس‌های انفرادی خواندن که با دانش‌آموزان داشتم و ارزیابی از پاسخ‌های مکتوب آنها متوجه شدم متونی که در مجموعهٔ حوزهٔ کاری دانشمندان هستند، برای بعضی از دانش‌آموزان خیلی دشوارند. بنابراین، متون آسان‌تری را که محتوای غنی‌تری هم داشتند، مانند «مجموعه پرونده‌های منسوخ شده»[1]، اضافه کردم. برای یکی از دانش‌آموزان که به چالش بیشتری نیاز داشت، سه متن پیشرفته با عنوان «بازگشت گرگ‌ها به پارک یلستون» پیدا کردم و از این دانش‌آموز خواستم مشغول خواندن این متون شود و محتوای آنها را با هم مقایسه کند.

۳. استفاده از متن پشتیبان با هدفی خاص

متن پشتیبان به‌عنوان نقطهٔ آغازین به‌کار می‌رود. بلند خوانی از روی یک متن خوب پشتیبان، علاقه و انگیزهٔ دانش‌آموزان را برای خواندن متن مشابه و پاسخ به آن برمی‌انگیزد. وقتی از کتاب دانشمند و رتیل با صدای بلند می‌خواندم کتاب را جلوی دوربین مستندسازی قرار دادم تا دانش‌آموزان بتوانند عکس رتیل‌ها را از نزدیک ببینند.

وقتی آنها دربارهٔ سام مارشال[2] جانورشناس شنیدند که چطور به‌گونه‌ای روشمند به‌دنبال سوراخ زیرزمینی **«پرندهٔ گلیات»**، شکارچی رتیل، در جنگل گوآنا در فرانسه می‌گردد، شیفته و مسحور شده بودند. من قطعه‌هایی را برای بلندخوانی با اهدافی خاص انتخاب می‌کردم. امیدوار بودم که اولین قطعهٔ انتخاب شده، دانش‌آموزان را با حقایقی دربارهٔ بزرگ‌ترین گونهٔ عنکبوت در دنیا شیفتهٔ خود کند. در مرحلهٔ بعد، از آنها خواستم به روش‌های متعدد مارشال در بررسی این مخلوقات، هم در جنگل و هم در آزمایشگاهش در «هیرام اوهایو»[3] گوش بدهند.

دانش‌آموزان همچنین به دقت قطعه‌های کوتاهی از کتاب «دانشمند و رتیل» را به‌منظور خاصی مورد مطالعه

1.Case or the Vanishing series
2 . Marshall, S.
3 . Hiram, Ohio

دقیق قرار دادند. برای مثال، قطعه‌ای را تعیین کردم که به درک دانش‌آموزان کمک می‌کرد تا روش‌های ریاضی مارشال را که هم برای تعیین تعداد این رتیل‌ها در منطقه و هم در جمع‌آوری اطلاعات دربارهٔ شکل ظاهری رتیل‌ها به‌کار برده بود، بیان کنند. علاوه بر این، دانش‌آموزان صفحه یا بخشی از کتاب‌های منتخب خودشان را برای خواندن دقیق انتخاب کردند تا دربارهٔ آن صحبت کنند و چیزی بنویسند.

۴. ارجاع دائم به نمودار پشتیبان

تعاریف یا توضیحات دانش‌آموز پسند شما دربارهٔ چگونگی تمرکز بر یک نمودار پشتیبان، به دانش‌آموزان کمک زیادی می‌کند. ترغیب دانش‌آموزان به اضافه کردن کلمات و عباراتی که واژگان تعریف شده را تجزیه و تحلیل کنند، حس میانجیگری وهویت آنها به‌عنوان عضوی از جامعه‌ای که معناسازی می‌کند، پرورش می‌یابد.

طی یک درس کوتاه، پاسخ نوشته شده توسط سه نفر از دانش‌آموزان را به متون مورد مطالعه، با دوربین مستندساز برای کلاس به نمایش گذاشتم تا آنها را به‌عنوان متون نمونه ببینند و به آنها توجه کنند. از دانش‌آموزان خواستم که جزئیات، واژگان یا عبارات پاسخ‌هایی را که باید به متن پشتیبان اضافه کنیم، پیدا کنند. برای مثال، یکی از دانش‌آموزان گفت که عبارت «سوال‌های متعدد یا زنجیره‌ای بپرسید» را به متن اضافه کنیم. این تمرین، هویت دانش‌آموزان (هم دانش‌آموزی که پاسخ نمونه را می‌نویسد و هم دانش‌آموزی که اضافه کردن عبارت را پیشنهاد می‌دهد) را به‌عنوان متفکران نقاد تأیید می‌کرد.

۵. تدوین دروس کوتاه

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، وقتی پاسخ‌های نوشته شدهٔ پیش از درس پایهٔ پنجمی‌ها دربارهٔ آنچه دانشمندان انجام می‌دهند، از زبان مبهمی دربارهٔ اینکه دانشمندان و مهندسان چگونه تحقیق می‌کنند، استفاده کرده بودند (مانند «آنها پیدا می‌کنند»، «آنها کشف می‌کنند»)، برای آنها درس‌های کوتاهی تهیه کردم تا به آنها کمک کنم شکاف‌هایی را که در درکشان از موضوع به‌وجود آمده بود، کاهش دهند.

برای مثال، پاسخ خود را به متن انتخاب شده از کتاب دانشمند و رتیل، طوری نوشتم که شامل طرح خطوط کلی و نام‌گذاری روش‌های بررسی به‌کار رفته توسط سام مارشال می‌شد.

من، خط کشی را کنار تکه‌ای از پای رتیل قرار دادم تا روشی را که مارشال با آن رشد رتیل را اندازه می‌گرفت، نشان دهم. طی این درس کوتاه، این قطعه را با صدای بلند خواندم و پاسخ خودم را به آن با دانش‌آموزان به مشارکت گذاشتم. سپس آنها با تعیین خطوط کلی و نام‌گذاری آنها، روش‌های خاصی را که دربارهٔ آن دانشمند یا مهندس خوانده بودند، به‌کار گرفتند تا آن پدیده را تبیین کنند.

امکانات بی‌پایان (نامحدود)

از آنجا که سنجش نخستین (پیش آزمون) آشکار ساخت که این دانش‌آموزان نیاز دارند آنچه را که دانشمندان و مهندسان به‌عنوان بررسی یک پدیده به‌کار می‌بندند، درک کنند، درس‌ها و متن‌هایی را انتخاب کردم که بر این مفهوم متمرکز بودند. من توانستم خیلی از جنبه‌های دیگر این متون را و بسیاری از کارهای عملی دانشمندان و مهندسانی را که درگیر آن بودند برجسته کنم. به‌علاوه، برای کمک به یادگیری دانش‌آموزان در زمینهٔ مهارت‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (STEM)، از طریق پروژه‌های در دست اجرا، راه‌های نامحدودی وجود دارند و ما می‌توانیم درک آنها را از این مفاهیم چهارگانه به‌وسیلهٔ خواندن، گفت‌وگو، و نوشتن تقویت کنیم.

جدول ۱. گزیده‌هایی از پاسخ‌های دانش‌آموزان به یک متن

اولین پاسخ	(قبل از درس اول نوشته شده است): آموختم که دانشمندان می‌توانند اسطوره‌ها را کشف کنند یا واقعیاتی را ثابت کنند. دانشمندان می‌کوشند گونه‌ای کمیاب را بیابند و چیزهایی دربارهٔ آنچه که او انجام می‌دهد، می‌خورد و غیره دریابد. آنها به‌دنبال حیوانات و گیاهان ناشناخته هستند.
دومین پاسخ	(بعد از درس اول نوشته شده است): حالا من چیزهای بیشتری آموخته‌ام. دانشمندان باید روش یا طرحی داشته باشند تا بتوانند اسرار را کشف کنند یا چیزهایی را که واقعی نیستند یا پیچیده و پنهان هستند، پیدا کنند.
سومین پاسخ	چیزهایی دربارهٔ اینکه چگونه دانشمند تحقیق می‌کند، آموختم: ـ او دربارهٔ این مخلوقات شگفت‌انگیز از افراد متعددی پرسش می‌کند. ـ او تلاش می‌کند هر چیزی را که با موضوع مرتبط است، را پیدا کند و بعد به روشی سازمان‌یافته حرکت کند. ـ او محاسبهٔ دقیق انجام می‌دهد.
چهارمین پاسخ	او هر روز به همان خانوادهٔ دلفین‌ها مراجعه می‌کند و آنچه را که آنها انجام می‌دهند، مطالعه می‌کند و حتی لحظه‌ای را از دست نمی‌دهند. متوجه شدم که دانشمند من دربارهٔ دلفین‌ها به روشی امن مطالعه می‌کند. او به این موجودات صدمه نمی‌زند و خواهان آن است که قوانینی برای نجات این موجودات کمیاب و شگفت‌انگیز به تصویب برسد.
پنجمین پاسخ	وقتی دانشمند من تحقیق می‌کند، بر کارش متمرکز می‌شود و چیزی را جست‌وجو می‌کند. او به جست‌وجوی همان یک چیز ادامه می‌دهد. اگر چیزی عجیب یا غیرطبیعی ببیند، ضروری است که توضیحی برایش پیدا کند. او حوصله به خرج می‌دهد تا با محیط یا زیستگاه سازگار شود.
ششمین پاسخ	دلفین‌ها در این داستان به‌سرعت می‌میرند و دانشمند مورد نظر سعی می‌کند کشف کند که چرا و چطور، و آیا راهی هست که این مشکل را حل کند. وقتی او فکر می‌کند که پاسخی پیدا کرده است، همیشه یک دگرگونی وجود دارد... اما بعد از یک آزمایش و خطا، دلفین‌ها در بندر «شارک» زنده می‌مانند.

یکپارچه کردن علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات

نویسنده: گری هوک لندر[1]

مترجم: مهدیه صفرنیا

نیاز به یکپارچه کردن چهار عنصر «علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات»[2] (STEM)، با پیدایش «استانداردهای هسته مشترک ایالتی»[3] و «استانداردهای علوم نسل آینده»[4] به‌عنوان یک ضرورت مطرح شد. در حالی‌که «استانداردهای هستهٔ مشترک» توجه به مراتب بیشتری را بر ابعاد فنی خواندن و نوشتن و پیشبرد آن متمرکز کرده است و بر الگوگیری از ریاضی اصرار می‌ورزد، استانداردهای علوم به‌روشنی از تأکید بیشتر بر مهندسی و طراحی و یکپارچه کردن بهتر مهندسی با ریاضی، علوم و فناوری سخن می‌گوید.

برای ملتی که به‌شدت نگران دوام آوردن در رقابتی جهانی است و خواهان ارتقای سواد علمی، فناورانه و کمّی مردم کشور خود است، این پیشقدمی و قوهٔ ابتکار به‌راستی خبر خوبی است. در عین حال، تجسم بخشیدن به وعده‌ها و انتظارات در استاندارد ذکر شده در بالا آسان نخواهد بود. علی‌رغم اینکه بیش از یک دهه از حمایت گستردهٔ سیاست‌گذاران، کارفرمایان و افراد دست‌اندرکار می‌گذرد، آموزش STEM در مدارس آمریکا فاصلهٔ زیادی با

1. Gary Hoach lander
2. Science, Technology, Engineering & Mathematic
3. The common Core State Standards
4. The Next Generation Science Standards

شرایط مطلوب دارد.

در اکثر قریب به اتفاق مدرسه‌ها، علوم و ریاضی هنوز به‌صورت جدا و بدون ارتباط با یکدیگر تدریس می‌شوند و جای مهندسی نیز در آن خالی است. البته، در تعداد فزاینده‌ای از مدرسه‌های دورهٔ دوم متوسطه و حتی دورهٔ اول آن، یک برنامهٔ درسی از نوع پیش مهندسی در حال رواج است، ولی در اغلب موارد، این درس به‌عنوان درسی اختیاری عرضه می‌شود و ارتباط پابرجایی با درس‌های اصلی مانند فیزیک، جبر و هندسه ندارد.

حتی در جاهایی که ارائهٔ STEM به سبکی مسنجم‌تر و یکپارچه‌تر انجام می‌گیرد، این درس‌ها یا این پروژه‌های میان رشته‌ای، به‌ندرت با بقیهٔ «برنامهٔ درسی مشترک»[1] مرتبط هستند. آموزش STEM در مدرسه‌ها، با زبان انگلیسی، مطالعات اجتماعی، زبان‌های بین‌المللی یا هنرهای دیداری یا نمایشی رابطه‌ای ندارد. مدرسه‌ها به‌منظور دستیابی به نگاه میان رشته‌ای براساس «استانداردهای هستهٔ مشترک» و یادگیری عمیق‌تر از طریق «استانداردهای علوم نسل آینده»، به راهبرد مناسب‌تری نیاز دارند؛ راهبردی که در دانش‌آموز و معلم این بینش را پرورش دهد که چگونه دانش به‌دست آمده از STEM به سایر حوزه‌های دانشی ارتباط پیدا می‌کند. راهبردی از این نوع، پیشرفت در آموزش STEM با کیفیت بالا را به‌عنوان بخش اصلی آموزش در هر کشور سرعت می‌بخشد.

این رویکرد امیدوارکننده نیز به‌سرعت در کالیفرنیا و در شهرهایی مانند ترویت، میشیگان، هوستون تکزاس و راچستر نیویورک به سرعت در حال رشد است که: «یادگیری تلفیق شده»[2] مسیری است به‌سوی شغل و دانشگاه. رویکرد مزبور یادگیری دانش‌آموزان از STEM را، با یکپارچه کردن درس‌های کاملاً نظری با یادگیری مبتنی بر شغل و تجارب محیط کار، کاملاً دگرگون کرده است. این رویکرد که نسل جوان را برای هر دو محیط دانشگاه و دنیای شغل آماده می‌کند، تا برای یکی از این دو. همین‌طور، این رویکرد، اشتیاق دانش‌آموزان را با ارائهٔ تجارب معنی‌دار یادگیری و سازمان‌دهی آن در جهت مشاغل در حوزه‌هایی چون مهندسی، مراقبت بهداشتی، رسانه‌های دیجیتالی، کشاورزی، هنر و حقوق شعله‌ور می‌سازد.

یادگیری تلفیق شده چیست؟

در برنامه‌های یادگیری تلفیق شده، دانش‌آموزان در مسیری مبتنی بر یک شغل ثبت نام می‌کنند و برنامه‌ای چهار ساله (یا بیشتر) را پشت سر می‌گذارند که بر محتوا و مهارت‌هایی که با یک شغل مرتبط‌اند، متمرکز می‌شود. مسیری که به طرز درستی طراحی شده باشد، چیزی فراتر از زنجیره ای متناسب و مرتبط از یک شغل و چند درس فنی است. این گذرگاه همچنین شامل درس‌های نظری اصلی به‌صورت کامل، فرصت‌های یادگیری مبتنی بر کار و نیز ارائهٔ خدمات حمایتی است.

یادگیری تلفیق شده ایده‌ای قدیمی است که شکل اجرایی جدیدی پیدا کرده است. یک قرن قبل جان دیویی[3] از

1. Core Curriculum
2. Linked Learning
3. John Dewey

یادگیری از طریق مشاغل حمایت کرد. دبیرستان‌های متکی بر موضوعات خاص، مدارس مرتبط با یک شغل و اجتماعات کوچک یادگیری، که بر صنایع مبتنی بودند، برای مدتی بخشی از چشم‌انداز آموزش در آمریکا را رقم زدند. ولی در اغلب موارد، این فرصت‌ها، از نظام آموزشی ناشی نشده بودند. این نوع از آموزش‌ها محصول نوآوری تعداد معدودی از معلمان یا یک مدیر دوراندیش بود. در نتیجه وقتی بنیان‌گذار آنها مدرسه را ترک می‌کرد، نوآوری‌های آنها نیز ناپدید می‌شدند. به‌علاوه، کیفیت طراحی و اجرای برنامه‌هایی که به‌دنبال رویکردهای مبتنی بر شغل بودند، نیز در بهترین شرایط نامنظم و نامرتب بود. در بسیاری از موارد نیز، «درس‌های نظری» یا «گذرگاه‌های مبتنی بر مشاغل»، کم و بیش نام‌هایی بودند که بر برنامهٔ درسی سنتی و روش‌های تدریس تحمیل می‌شدند.

یادگیری تلفیق شده را می‌توان با دو عنصر اصلی از رویکردهای ظاهراً مشابه تمیز داد:

الف) اول اینکه چگونگی طراحی و اجرای یک گذرگاه یادگیری با کیفیت بالا، دقیق و روشن است. فرایند رسمی مسیر یادگیری تلفیقی، کیفیت این برنامه‌ها و بهبود مداوم آنها را مورد تأیید قرار می‌دهد. اگرچه راه‌های مختلفی برای ارائهٔ یادگیری تلفیق شده وجود دارد، هریک از این راه‌ها باید یک برنامهٔ جامع و چندساله از تحصیل را که شامل چهار مؤلفه باشد، ارائه کند:

۱. وجود درس‌هایی، مانند زبان، مطالعات اجتماعی، علوم، ریاضیات، زبان بین‌المللی و هنر در قالب درس‌های اصلی و با تأکید بر کاربرد واقعی آنها در صنعت و نیز داشتن گذرگاه‌های یادگیری موضوعی.ژ

۲. خوشه‌ای از سه یا چند درس فنی که دانش و مهارت‌های فنی چالش برانگیزی را به دانش‌آموزان ارائه دهد (و اگر مناسب باشد، آنها را قادر سازد که گواهی‌نامهٔ رسمی صنعت را نیز کسب کنند).

۳. یادگیری مبتنی بر کار که به دانش‌آموزان فرصت می‌دهد به تعامل و تأثیرگذاری متقابل با مشکلات جهان واقعی بزرگ‌سالانی بپردازند که کارگرند و به اتفاق آن‌ها مسائل را حل می‌کنند.

۴. حمایت از تک تک دانش‌آموزان که شامل ارائهٔ مشاورهٔ درسی و شغلی و آموزش‌های تکمیلی در خواندن، نوشتن و ریاضیات است.

در حمایت از این چارچوب اصلی، مجموعه ای از ملاک‌های کیفی برای این نوع از یادگیری وجود دارد که معلمان و مدیران مدارس به‌کار می‌گیرند تا گذرگاه‌های خود را تقویت کنند و برای دریافت گواهی‌نامهٔ رسمی آماده شوند. وقتی اعضای یک گذرگاه باور پیدا کنند که آن گذرگاه برای مرور گواهی‌نامه آماده است، گروهی از افراد آموزش‌دیده از دستورالعمل‌هایی استفاده می‌کنند تا از آن گذرگاه ارزشیابی به‌عمل آورند.

ب) اعتباربخشی به کیفیت یک گذرگاه یادگیری ضروری است، ولی کسب اطمینان از اینکه این نوع از فرصت‌ها برای تعداد هر چه بیشتری از دانش‌آموزان در دسترس است، کافی نیست و برنامه های یادگیری تلفیق شده نباید به‌صورت جزایر درجهٔ یکی در آیند که در خدمت تعداد کمی از شاگردان باشند. بنابراین، دومین ویژگی یادگیری تلفیق شده، تعهد به اجرای سازمان یافتهٔ این رویکرد در همهٔ مدرسه‌های منطقه و اجتماع محلی اطراف مدرسه‌ای است که این یادگیری را انتخاب کرده است. مناطق باید تمامی افراد ذی‌نفع را درگیر کنند و فهرستی با کیفیت بالا

از گذرگاه‌های یادگیری تلفیق شده تدارک ببینند و در دسترس هر دانش‌آموزی قرار دهند که می‌خواهد از این فرصت آموزشی استفاده کند.

لازم است تأکید شود که انتخاب سیستمی از این گذرگاه‌های یادگیری در سطح یک منطقه، ضرورتاً به معنی آن نیست که هر مدرسه باید گذرگاه‌هایی را ارائه کند. همین‌طور به معنی آن نیست که این گذرگاه‌های یادگیری سایر رویکردهای آموزشی را حذف می‌کنند. ولی به معنی آن است که منطقه متعهد می‌شود گذرگاه‌ها را در دسترس هر دانش‌آموزی قرار دهد که طالب این تجربه است و نیز اینکه، یادگیری تلفیق شده، رویکردی جدایی ناپذیر ـ و پایدار ـ در هر منطقه است.

مدرسه‌هایی که آمادهٔ ایجاد گذرگاه‌های یادگیری مرتبط رسمی نیستند، می‌توانند از مزایای انتخاب بعضی از ویژگی‌های این رویکرد، به‌خصوص پروژه‌های چند رشته‌ای دارای استاندارد که بر کاربرد در دنیای واقعی تأکید دارند و به دانش‌آموزان اجازه می‌دهند که با بزرگ‌سالان حول محور مسائل واقعی کار کنند، بهره بگیرند. همین‌طور، فراهم کردن فرصت‌هایی به‌منظور مشارکت در «کارورزی»[1] با کارفرمایانی که درگیر STEM هستند، کمک می‌کند این دانش‌آموزان برانگیخته شوند و درک خود را از اهمیت STEM و نحوهٔ استفاده از آن در خارج از کلاس درس عمیق‌تر کنند.

به هر حال، مدارسی که این رویکرد کمتر جامع را اتخاذ می‌کنند، باید محتاط باشند. آنها باید از افتادن در دام ایجاد پروژه‌ها به صِرف اینکه دانش‌آموزان را بیشتر درگیر می‌کنند (و معلمان را نیز!)، بدون توجه به استانداردها و سایر اهداف یادگیری که آن پروژه‌ها باید از قبل برای آنها طراحی شده باشند، برحذر باشند. همین‌طور، تجارب مبتنی بر کار وقتی بیشترین تأثیر را دارند که در طراحی آنها، دانش و مهارت هایی تقویت شوند که بخشی از تجارب مدرسه‌ای دانش‌آموزان محسوب می‌شوند. این تقویت‌ها باید از روی قصد و با فوریت انجام گیرند. کارورزی کردن در انزوا، نه تنها ارزشی ندارد، بلکه قدرت یکپارچه کردن یادگیری تلفیق شده با کیفیت بالا را نیز نخواهد داشت.

چگونه این رویکرد، پیشبرد آموزش STEM را موجب می‌شود؟

اگرچه یادگیری تلفیق شده به‌طور انحصاری سبب پیشبرد یادگیری STEM نمی‌شود، اما گذرگاه‌هایی را در بسیاری از حوزه‌های مرتبط با STEM، از جمله در معماری، صنایع ساختمانی، مهندسی، کشاورزی و منابع طبیعی، زیست پزشکی، تولید صنعتی پیشرفته، علوم بهداشتی، هنرهای رسانه‌ای دیجیتالی، حرفه‌های مربوط به سلامت و فناوری اطلاعات شامل می‌شود. از آنجا که هر گذرگاه یادگیری تلفیق شده باید با تمام موضوعات درسی اصلی ادغام شود و آنها را به کاربردهای دنیای واقع مرتبط کند، حتی گذرگاه‌های واقع در حوزه‌هایی که STEM در آنها در موقعیت برتر چندانی قرار ندارد، مانند حقوق یا مهمان‌پذیری، فرصت‌هایی را برای افزایش و بهبود یادگیری دانش‌آموزان در STEM فراهم می‌آورند.

1. internship

برای مثال، گذرگاه‌های یادگیری تلفیق شده که در دبیرستان‌ها ارائه می‌شوند و در حوزه‌های فناوری اطلاعات، حقوق و تشکیلات قضایی هستند و به درس‌های حقوق و عدالت مربوط می‌شوند، باید بر پیچیدگی‌های روزافزون مرتبط با محافظت از دارایی‌های ذهنی در حوزه‌های فناوری، مانند الگوهای طراحی نرم‌افزارها یا «زنجیره‌های رمزگذاری‌ها»[1]، تأکید کنند؛ موضوعاتی که در پیشبرد آموزش STEM در همهٔ کشورها حیاتی هستند.

چنین ترکیبی از STEM در طول برنامهٔ درسی در مدرسه‌های مهندسی و علوم در «ساکرامنتو»[2] کالیفرنیا و در مدرسه‌ای به نام «مدرسهٔ یکپارچهٔ منطقه»[3] اتفاق می‌افتد. در این مدرسه، یک مسیر یادگیری تلفیق شده در مورد مهندسی و طراحی به دانش‌آموزان پایه‌های هفتم تا دوازدهم ارائه می شود. شعار این مدرسه عبارت است از: «ایجاد، نوآوری و طراحی» که از پایهٔ هفتم شروع می‌شود. دانش‌آموزان باید درس‌هایی را در مهندسی و طراحی در هر سال داشته باشند و این درس‌ها را همراه با درس‌های نظری اصلی و درس‌های ضروری ریاضیات و علوم، از طریق یادگیری مبتنی بر پروژه‌های چند رشته‌ای بگذرانند. ادامهٔ این درس‌ها برای این دانش‌آموزان دبیرستانی، در مرحلهٔ بعد، شامل فرصت‌های اولیه برای حضور در کالج شهر ساکرامنتو و سپس در دانشگاه ایالتی ساکرامنتو خواهد بود.

این مدرسه، همچنین از طریق «داربست زدن»[4]، مجموعهٔ روزافزونی از فرصت‌های یادگیری مبتنی بر کار را که با حوزه‌های STEM مرتبط‌اند، فراهم می‌آورد. این تجارب با ارائهٔ راهنمایی و همراهی دائم با شغل مورد نظر شروع می‌شود و در جهت کارورزی کردن و فراهم کردن فرصت‌هایی مبتنی بر پروژه انجام می‌گیرد، که در آن، کارفرمایان محلی، کار دانش‌آموزان را هدایت و ارزشیابی می‌کنند.

«مدرسهٔ مهندسی و علوم»، یکی از چند گذرگاه یادگیری تلفیق شده است که در سراسر ایالت ذکر شده در بالا در دسترس دانش‌آموزان قرار دارد. دانش‌آموزانی که توجه چندانی به مهندسی ندارند، می‌توانند به مدرسه دیگری بروند که مخصوص تربیت حرفه‌های بهداشتی است. در این مدرسه، تدریس و یادگیری حول محور مراقبت از سلامت و مشاغل مرتبط با آن دور می‌زند. درس‌های این مدرسه نیز همانند مدرسهٔ مهندسی و علوم، دارای جهت‌گیری STEM است، ولی بیشتر بر بهداشت و بیماری‌ها، تأکید دارند. یک بار در هفته، هم دانش‌آموزان و هم معلمان با پوشیدن لباس‌های مخصوص کادر بیمارستانی، تعهد خود را به سازمان‌دهی یاددهی ـ یادگیری حول محور حرفهٔ بهداشت و سلامت نشان می‌دهند.

بسیاری از مناطق دیگر ایالت کالیفرنیا نیز از یادگیری تلفیق شده استفاده می‌کنند تا به دانش‌آموزان خود فهرستی با ارزش از مسیرهای مرتبط با STEM ارائه کنند. برای مثال، یکی از این مدرسه‌ها، قطعنامه‌ای را پذیرفت که در آن آمده است که تا سال ۲۰۱۶، نود درصد از دانش‌آموزان این دبیرستان در مسیرهای یادگیری تلفیق شدهٔ منتهی به گواهی‌نامه ثبت نام خواهند کرد و حوزه‌های آن شامل معماری، ساختمان و مهندسی، رسانه‌ها و

1. Coding sequences
2. Sacramento, California
3. Unified School District
4. Scaffold

ارتباطات، «احترام به زمین، محیط زیست و طبیعت»[1] (Green) و سؤال کردن، درک کردن و درگیر شدن در موفقیت به کمک فناوری[2] (Quest) است. در مدرسه‌ای در منطقه‌ای دیگر، دانش‌آموزان دو دبیرستان جامع، گذرگاه‌های یادگیری خود را از طریق مهندسی و طراحی محیط سبز و مطالعات محیط زیست، رهبری و خدمات عمومی، فناوری رسانه‌ای، حقوق و عدالت، یا زیست فناوری پی‌گیری می‌کنند و یا می‌توانند موضوعاتی مرتبط با دبیرستان پزشکی را اختیار کنند و در آن کلاس‌ها حاضر شوند.

در میشیگان، شهر «دترویت»[3] دارای هشت دبیرستان با یادگیری مرتبط دارد و گذرگاه‌هایی را در مهندسی، در حرفهٔ سلامت، و در فناوری اطلاعات عرضه می‌کند. در تکزاس، در شهر «هوستون»، یکی از مناطق یادگیری مرتبط را به تمام دبیرستان‌های منطقهٔ خود ارائه می‌دهد.

یادگیری تلفیق شده و استانداردها

«یادگیری تلفیق شده» و «استانداردهای هستهٔ مشترک ایالتی» و «استانداردهای علوم نسل آینده» ابتکاراتی رقیب یکدیگر نیستند. بلکه برعکس، اگر هستهٔ مشترک و استانداردهای علوم نشان دهندهٔ مطالبی هستند که دانش‌آموزان باید بدانند و آنها را انجام دهند، یادگیری تلفیق شده، راهبردی را برای تدریس این دانش و مهارت‌های اصلی فراهم می‌کند.

یادگیری تلفیق شده، نه تنها آموزش STEM را در درس‌های سنتی علوم و ریاضیات تقویت می‌کند، بلکه چارچوبی برای تدوین برنامه‌های جامع‌تر مطالعه نیز فراهم می‌آورد. این برنامه‌ها نه تنها دربرگیرنده درس‌های پیشرفتهٔ مبتنی بر STEM (مانند فناوری‌های اطلاعات یا زیست پزشکی و بهداشت) هستند، بلکه از ادغام محتوای STEM با درس‌های نظری اصلی نیز حمایت می‌کنند. مدرسه‌ها به چنین درس‌هایی نیاز دارند تا آموزش STEM را تقویت و یکپارچه کنند و دانش‌آموزان را یاری دهند که بر استانداردهای مورد نظر این آموزش‌ها تسلط پیدا کنند.

مثالی از یکی از مدرسه‌ها در «لس آنجلس» بدین شرح است: سه سال پیش، همهٔ دانش‌آموزان سال‌های آخر دبیرستان موظف بودند تا به ایجاد تولید یک ویدیوی کوتاه به‌عنوان پیش پردهٔ یک مستند طولانی تولید کنند و به مدیران استودیو ارائه دهند. آنها این پروژه را به‌صورت گروهی و در سال آخر دبیرستان پیش می‌بردند.

یک گروه از دانش‌آموزان، پیش پرده‌ای را برای یک مستند تاریخی در مورد تبعیض نژادی در مدارس دولتی این شهر تولید کرد. برای کسب آگاهی از چگونگی این تبعیض‌ها، آنها به مطالعه آثار جیمز بالدوین[4] در درس انگلیسی خود پرداختند و کتاب «براون در مقابل هیئت امنای مدرسه»[5] و مواردی از دادگاه‌های مرتبط با این موضوع را در درس مطالعات اجتماعی مرور کردند. در عین حال به دانش به‌دست آمده از STEM برای بهبود محصول خود نیز

1. Green (Generating Respect for Earth, the Environment, and the Nature
2. QUEST (Questioning, Understanding, and Engaging Success through Technology).
3. Detroit
4. Jzmes Baldwin
5. Brown V.Board Education

مراجعه و از آن استفاده کردند. در درس فیزیک، آنها به بررسی خصوصیات نور و سایر نکات مربوط به آن پرداختند و نیز اینکه چگونه این نکات بر عرضهٔ مطالب، عمق این حوزه، تعادل مناسب و سایر جنبه‌های تولید تصویر به‌صورت ثابت و با دوربین ویدیو تأثیر خواهند گذاشت. آنها در کلاس «تصویری کردن ویدیویی»، دربارهٔ طراحی، نورپردازی، صدا و استفاده از فناوری‌های دیجیتالی برای ویرایش، اطلاعات لازم را کسب کردند. شاید از همه مهم‌تر این بود که، آنها یاد گرفتند، تکرار و بازبینی نمونهٔ تولید شده به تولید محصولی کاملاً اصلاح شده و بهتر منجر می‌شود.

سرانجام، این گروه پیش پردهٔ سه دقیقه‌ای خود را به مسئولان استودیو ارائه کرد. وقتی از آنها پرسیدم مهم‌ترین نکته‌ای که هیئت اجرایی استودیو به آنها دربارهٔ این کار گفتند، چه بود؟ آنها پاسخ دادند: «هجی کردن[1] خیلی مهم است!» معلم آنها خاطرنشان کرد که مرتب این نکته را به آنها گفته بود، ولی به آن توجه نکرده بودند، تا آن را از زبان افراد متخصص در این صنعت شنیدند.

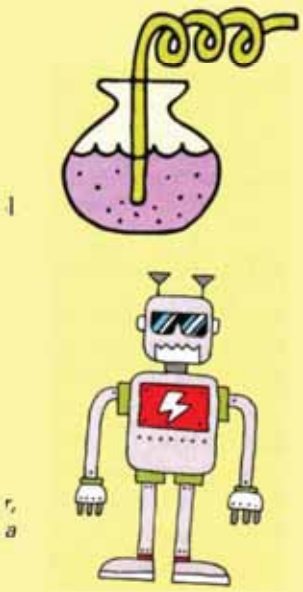
این مثال بر رویکردهای دیگری مانند یادگیری مرتبط تأکید دارد، چرا که دانش‌آموزان را به احتمال زیاد موظف می‌کند بر مهارت‌های STEM تسلط پیدا کنند. این رویکرد، با مرتبط کردن محتوای درس‌های مرتبط با STEM با تجاربی که از طریق دنیای کار به‌دست می‌آید، سؤالی را که معلمان غالباً با آن روبه‌رو هستند و سؤال منصفانه‌ای نیز هست، پاسخ می‌دهد و آن سؤال از این قرار است: «چرا باید این موضوع را بدانیم؟»

بخشی از سیستم

اگر آموزش محتوای STEM جدا از بقیهٔ مطالب هستهٔ اصلی و برنامهٔ درسی فنی در مدارس تدریس شود و نتوانیم آن محتوا را به‌کاری که در مشاغل مرتبط با STEM انجام می‌گیرد، ربط دهیم، به حاشیه‌نشین کردن STEM ادامه داده‌ایم. STEM، هم از لحاظ مفهومی و هم از لحاظ عملی، بخشی از سیستم یک برنامهٔ درسی غنی، تدریس آن برنامه و نیز جزو زندگی روزمره است. ما به رویکردی در نظام مدرسه‌ای خود نیاز داریم که بتواند این واقعیت‌ها را به دانش‌آموزان انتقال دهد و آنها را گرامی بدارد.

1. spelling

معلمان مورد نیاز در آموزش STEM



نویسنده: کارول آن تاملینسون

ترجمه: محمدرضا امینی

چند سال پیش در یک کلاس پیش دبستانی، پسران دوقلوی سه ساله‌ای را دیدم که مشاهدهٔ قرقره‌ای کـه روی آن یک سطل پلاستیکی قرار گرفته بود،آنها را به فکر فرو برده بود. آنها در مدت ۱۰ دقیقه‌ای که نگاهشان می‌کردم، مجذوب این وسیلهٔ عجیب و غریب شده بودند. یکی از پسرها طناب قرقره را می‌کشید و سطل بالا می‌رفت. هر دوی آنها چند ثانیه‌ای به بالا نگاه می‌کردند و پسر دیگر طناب سمت خودش را می‌کشید و سطل پایین می‌آمـد. پـس از یک مکث کوتاه، این بار از بالا به پایین نگاه می‌کردند. آنها طناب را به‌منظور کشیدن به طرف خود تکان نمی‌دادند، بلکه آنها پرسشگرانی بودند که در آن لحظه به درک موضوعی کاملاً مهم نزدیک شده بودند.

بعد از مدتی، معلم درکنار آنها روی زمین زانو زد و در حالی‌که کاملاً به چهرهٔ آنها توجه داشت، پرسید «به چـه چیزی فکر می‌کنید؟» یکی از پسرها جواب داد: «سطل بالا و پایین می‌رود.» دومین پسرم گفت: «هر دفعه همـین

1. STEM (science, technology, engineering and mathematics)

اتفاق می‌افتد.» برای چند دقیقه‌ای، معلم سؤال‌هایی را می‌پرسید و آنها را با سؤالات دیگری تکمیل می‌کرد. سپس حدس و گمان‌های خود را به آنها اضافه کرد. پسرها به اتفاق، ظرفیت قرقره را که اشیای درون سطل را بالا می‌برد، آزمایش کردند. یکی از آنها با تعجب گفت: «این قرقره مرا قوی و قد بلند می‌کند!» مایل بودم لحظاتی بیشتر از آنچه برنامه‌ام اجازه می‌داد در کلاس بمانم.

به تازگی یک معلم ریاضی را مشاهده می‌کردم که دانش‌آموزانش را در بررسی اعداد اول هدایت می‌کرد. پرسش‌های او به‌دقت برای راهنمایی و برانگیختن آنها به استدلال کردن تنظیم شده بود. سرانجام هریک از دانش‌آموزان به‌جای پاسخ به سؤال معلم، شروع به پرسیدن سؤال از خودشان کردند. دریک مرحله، دانش‌آموز دختری که از توضیح هم‌کلاسی‌اش سر در گم شده بود، به او گفت: «ممکن است بگویی در فکرت چی می‌گذرد؟ اگر استدلال تو را به‌کار ببرم، همهٔ اعداد اول می‌شوند!»

دانش‌آموز پسر با اطمینان افکار خود را با نوشتن روی تخته توضیح داد. طولی نکشید که در توضیحاتش وقفه‌هایی ایجاد شد، دوباره شروع کرد و این بار بریده بریده حرف می‌زد. سپس در مقابل دختری که در جست‌وجوی افکار او بود ایستاد و با وقار گفت: «فکر می کنم لازم است با خودم در این نکته مخالفت کنم.»

معلم زبان انگلیسی و دانش‌آموزان دورهٔ راهنمایی وی در حال دیدن عکس‌هایی بودند که روز قبل در حیاط مدرسه گرفته شده بود. آنها در جست‌وجوی عکس‌هایی بودند که بتوانند به طریقی درباره‌شان صحبت کنند. معلم در یک مرحله پرسید:«چگونه ترکیب و بافت یک شیء روی شما تأثیر می‌گذارد؟» در مرحله‌ای دیگر گفت: «فکر می‌کنم احساسات متفاوتی را در توضیح شما شاهد هستم. شما هم این‌طور احساس کردید؟» بعداً دانش‌آموزی اظهار داشت: «من تضاد را در تصویرم دوست دارم، یا شاید آنها فقط متفاوت‌اند. من از این ایدهٔ نگاه کردن به یک چیز و دستیابی به احساسات متضاد لذت می‌برم.»

همهٔ این معلمانی که در کتاب من هم آمده‌اند، معلم "STEM"[1] هستند، اگرچه فقط یکی از آنها در کلاس STEM تدریس کرده بود.

معلمانی که مطمئن هستم موفق می‌شوند.

مشتاق هستم که همهٔ دانش‌آموزان از آموزش STEM بهره‌مند شوند. من نیاز هر جامعه را به داشتن گروه پایداری از دانشمندان، ریاضی‌دانان، مهندسان و کارشناسان فناوری، که به سوی تازه‌ترین چشم‌اندازهای بین‌المللی و ملی خود حرکت کنند، درک می‌کنم. با وجود این شک دارم که گذراندن دوره‌های درسی در حوزه‌های STEM، به تنهایی،آنچه را که ما به‌عنوان متفکران و نوآوران فردا نیاز داریم، پاسخ‌گو باشد.

در عوض، مطمئن هستم که طیف وسیعی از همکاران معلم خودشان را کاملاً متعهدانه در موضوعی که تدریس می‌کنند، وقف درگیر کردن کامل مغزهای جوان می‌کنند. معلمانی را می‌پسندم که سرسختانه باعث به فکر فرو

رفتن دانش‌آموزان می‌شوند؛ دانش‌آموزانی که می‌پرسند: چرا و چطور این اتفاق افتاد؟ و چه می‌شود اگر...؟ انگار که این سؤالات نیروی حیاتی یادگیری هستند.

معلمانی را در اختیار من قرار دهید که اصرار دارند دانش‌آموزان مشاهده کنند و این کار را کاملاً نظام‌مند عمل کنند؛ معلمانی که می‌گویند: «شما باید دربارهٔ هرآنچه که می‌بینید و می‌شنوید سؤال کنید»؛ معلمانی که دانش‌آموزان را ملزم می‌کنند برای هر چیزی الگویی پیدا کنند و آنچه را که آن الگوها را آشکار می‌سازند، تبیین کنند.

معلمانی را در اختیارم قرار دهیدکه به دانش‌آموزان خود می‌گویند: «فقط واقعیات را فراهم نکنید، بلکه از آنها یک مورد بسازید. ادعاهای خود را از طریق مواجهه با شواهد محکم ارزشیابی کنید. مدارک بیشتری را جست‌وجو کنید. فرض‌های دیگران و حتی فرض‌های خودتان را زیر سؤال ببرید.»

معلمانی را در اختیار من بگذارید که دانش‌آموزانشان را مجبور می‌کنند عمیق‌تر کاوش کنند؛ آن طرف دیگر چیزها را نیز ببینند؛ یاد بگیرند که ابهامات و درهم برهمی ذهنی خود را تحمل کنند و برای حقیقت، بیش از پاسخ صحیح ارزش قائل شوند. همین‌طور، معلمانی را به من بدهید که کلاس و زندگی خود را با تفکر منطقی، تفکر واگرا و تفکر انتقادی بهم آمیخته‌اند؛ آموزگارانی که به دانش‌آموزان آموزش می‌دهند، از افکار خودشان آگاه شوند و این افکار را به مقدار کم یا زیاد در خدمت خود بگیرند.

وقتی کلاس‌ها، ساختمان‌ها، سطوح گوناگون تحصیلی، و ادارات آموزشی یک کشور مملو از چنین معلمانی بشود، آموزش STEM در آنجا برای تمام دانش‌آموزان برقرار شده است. در این‌صورت، ما تولید کنندگان، مصرف کنندگان و خبرگانی با ایده‌های اساسی، مطالعه‌کنندگان و بینندگان تلویزیونی متفکری، و نیز شهروندانی قابل اعتماد خواهیم داشت. چقدر عالی می‌شود!

همیشه گفتهٔ جان موير[1] را دوست داشته‌ام که گفته است: «وقتی سعی می‌کنیم چیزی را از خودش جدا کنیم، می‌فهمیم که به چیز دیگری در جهان بسته شده است.» ما گروهی از فارغ‌التحصیلان STEM را به‌دست خواهیم آورد. لازم نیست که تعدادشان هم زیاد باشد. از معلمانمان پشتیبانی کنیم که به دانش‌آموزانشان کمک کنند، رفتارها و عادت‌های ذهنی‌شان را دربارهٔ آنچه که در اطراف ما در دنیا وجود دارد، با محوریت دیدن، جست‌وجو کردن و فهمیدن پرورش دهند. من اطمینان می‌دهم که همان عادت‌ها، این دانش‌آموزان را به‌عنوان ناظران خردمند جهان، هدایت خواهند کرد.

1 . John Muir