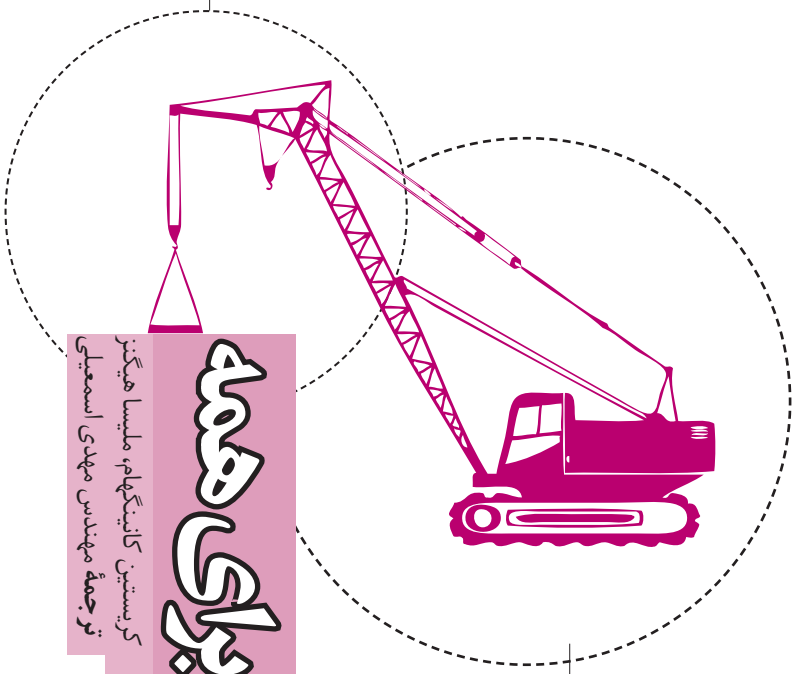

مهندسی برای همه

کریستین کانینگهام، ملیسا هیگنز
ترجمهٔ مهندس مهدی اسمعیلی

تجربه‌های آموزشی را طراحی کنند تا مهندسی برای همهٔ دانش‌آموزان مؤثر و جالب باشد؟ توجه به آموزش مهندسی در ایالات متحده آمریکا، به دلیل 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 بی‌توجه به بافت موجود تأکید دارند. ایـــن پروژه‌ها دانش‌آموزانی را که برای کار گروهی و کارهای دنیای واقعی ارزش قائل‌اند، جذب نمی‌کنند. چالش‌های مهندسی که نشان‌دهندهٔ چگونگی کمک‌مهندسی به مردم یا جامعه هستند، گروه بیشتری از دانش‌آموزان را جذب خواهند کرد. بنابراین باید دید: چگونه می‌توان آموزش مهندسی را گسترش داد.

کلیدواژه‌هـــا: بنیاد ملـــی علـــوم، آمـــوزش «STEM»، استانداردهای جدید علوم برای نسل آینده

مقدمه

«بنیاد ملی علـــوم»[1] در دههٔ ۱۹۹۰ آموزش «STEM»[2] را به‌عنوان یک راه میانبر برای اهمیت دادن به علوم، فناوری، مهندســـی و ریاضیات در جهت شـــکوفایی آینده مطرح کرد. گرچه تاکنـــون معلمان در دورهٔ ۱۲ سالهٔ آموزش، توجه نسبتاً کمی به آموزش مهندسی در آموزش «STEM» داشته‌اند.

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

اما وقتی معلمان، مهندسی را در کلاس‌های دوره‌های ابتدایی، راهنمایی و متوســـطه آمـــوزش می‌دهند، با این چالش روبه‌رو می‌شـــوند که: چگونه فعالیت‌ها و

شش اصل برای دعوت همهٔ دانش‌آموزان

برنامه‌ریزان درسی با همکاری موزهٔ علوم در بوستون آمریکا، شـــش اصل را شناســـایی کردند که 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[4] و شـــاگردان با عملکرد پاییـــن را درگیر می‌کند. ما این اصول را هنگام تدوین برنامهٔ درســـی «مهندسی ابتدایی» نامیدیم. مهندسی ابتدایی هدایت دانش‌آموزان را در فعالیت‌های مهندســـی و بر مبنای مســـائل واقعی به عهده دارد. این اصول را می‌توان در فعالیت‌ها یا واحدهای تدریس مهندســـی در هر کلاسی به‌کار گرفت.

اصل ۱. انجام فعالیت‌های مهندسی در شرایط دنیای واقعی

بسیاری از دانش‌آموزان به دانشی که در مدرسه یاد می‌گیرند به‌عنوان چیزی نامناســـب برای حرفه و زندگی آیندهٔ خود نگاه می‌کنند (کارلون، هان فرانک و وب، ۲۰۱۱).

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

واحدهای برنامهٔ درســـی مهندسی ابتدایی برای دانش‌آموزان پایه‌های یکم تا پنجم ابتدایی با یک داســـتان 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 مشـــابه درگیر می‌شوند. این رویکرد فعالیت‌های آموزش مهندســـی را بلافاصله در شرایط و موقعیت‌های بافت بزرگ‌تری قرار می‌دهد. داستان‌ها می‌توانند در مکان‌های مختلف در جهان اتفاق بیفتند. قهرمانان اصلی داســـتان‌ها می‌توانند از

نژادهای مختلف، از قومیت‌ها و با توانایی‌های گوناگون باشند که به دانش‌آموزان سرمشق می‌دهند. بهتر است که طرح داستان‌ها با تجربه‌های دانش‌آموزان مرتبط باشد.

انتخاب فعالیت‌هایی که تأکید می‌کند چگونه مهندسی به مردم، حیوانات، محیط‌زیست 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 مربوط به یک دختر بوتسوانایی است که مسئول جمع‌آوری هیزم برای پختن غذای خانواده است. این کار طاقت‌فرساست، به‌ویژه 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 به خوبی کار نمی‌کند اما براساس برخی کارهای مهندسی دقیق، لراتو طرح آن را بهبود می‌دهد، به طوری که 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 به منظور بررسی ویژگی عایق گرمایی بودن گلوله‌های فویل، اسفنج صنعتی، کاغذ و پارچهٔ کتان انجام می‌دهند. آن‌گاه براساس نتایج آزمایش‌های خود تصمیم می‌گیرند، از کدام ماده برای عایق‌بندی 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»[۶] تدوین کرده است. این برنامه درسی را می‌توان از وبگاه پروژه به نشانی «www.eie.org/engineering-everywhere» دانلود کرد.

هر واحد درسی با یک ویدیوی مستندگونه شروع می‌شود که کوتاه و پرتحرک است و چالش‌های مهندسی در دنیای واقعی را نشان می‌دهد.[۷] این رویکرد داستان‌گویی، در دانش‌آموزان سال‌های بالاتر انگیزه به وجود می‌آورد. برای نمونه، در چالشی از دانش‌آموزان برای مهندسی یک فضای شهری به منظور کنترل آب ناشی از طوفان، مسئله‌ای که ایالات متحده به وفور با آن مواجه است، دعوت به عمل می‌آید. دانش‌آموزان در فیلمی، توسط یک مهندس محیط‌زیست 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 آلاینده‌ها 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 آب‌پاش 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 آن 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 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** به دیگران است. این موضوع به‌ویژه برای دختران و اقلیت‌ها صدق می‌کند. زیرا اغلب دختران خواهان درک ارزش اجتماعی چیزی هستند که مطالعه می‌کنند. بنابراین بهتر است فعالیت‌هایی انتخاب شوند که بر چگونگی کمک‌مهندسی به مردم، حیوانات، محیط‌زیست و جامعه تأکید دارند (آکادمی ملی مهندسی، ۲۰۰۸)[۷].

گاهی با تغییر ساختار فعالیتی که به آن مشغول هستید و با تأکید بر جنبهٔ بشردوستانهٔ آن، می‌توانید انگیزهٔ دانش‌آموزان را زیاد 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 به منظور راه‌اندازی زنگ یا روشن شدن لامپ، وقتی ظرف آب حیوانات خالی می‌شود، به چالش بکشیم! زنگ خطری که به نگهبان یا افراد هشدار می‌دهد، ظرف آب را پر کنند و از اینکه حیوانات آب برای خوردن داشته باشند، مطمئن شوند.

مهندسان محیط‌زیست برای حفاظت از محیط‌زیست کار می‌کنند. دانش‌آموزانی که برای طراحی فرایند پاک‌سازی روغن ریخته شده به چالش کشیده می‌شوند، فهمی از کار مهندس محیط‌زیست خواهند داشت. آن‌ها همچنین درک می‌کنند که چگونه این کار به حفاظت از حیاط وحش و زیست‌بوم کمک خواهد کرد. دانش‌آموزانی که توصیه می‌کنند پل جدید در چه مکانی ساخته شود، از کمک‌مهندسی «ژئوتکنیک» نیز بهره خواهند برد، زیرا نه‌تنها باید پل را در جایی بسازند که ایمنی داشته باشد بلکه باید جایی باشد که روستاییان نیز دسترسی آسانی به مدرسه و درمانگاه آن طرف رودخانه داشته باشند.

دانش‌آمـــوزان پلی را طراحی می‌کنند و پایداری و اســـتقامت آن را مورد بحث قرار می‌دهند.

اصل ۳: طراحی فعالیت‌های دارای راه‌حل‌های متنوع

درس‌های مرســـوم اغلب به این صورت‌اند که دانش‌آموزان را برای رسیدن به **یک** پاسخ صحیح موظف می‌کنند. این رویکرد باعث درگیر نشدن دانش‌آموزان می‌شود، به‌ویژه اگر دانش‌آموزان شکست را بارها تجربه کنند. فعالیت‌های «بازپاسخ»، حل‌کنندهٔ مسئله را قادر خواهند ساخت به راه‌حل‌های متنوع دست یابد، خلاقیت خود را تقویت کند، خطرپذیری بیشتری داشته باشد و ایده‌های ناب و تازه را مورد توجه قرار دهد.

فعالیت‌های **بازپاســـخ** باید به گونه‌ای طراحی شـــوند که دانش‌آموزان نتیجهٔ به دســـت 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 راه‌حل‌های 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 راه‌حل‌هایی که کودکان ارائه دادند، جذاب‌ترین بخش کار بود. هیچ‌یک از طراحی‌ها مثل هم نبودند.

در اینجا یک چالش **بازپاســـخ** در مهندسی زیست‌پزشکی در برنامهٔ مهندسی ابتدایی، یعنی طراحی زانوبند (بریس[۸] زانو) مطرح شده است. دانش‌آموزان کار را با اندازه‌گیری دامنهٔ حرکت مفصل زانوی آسیب ندیده و ســـالم شروع می‌کنند. سپس به دانش‌آموزان مدلی از زانوی صدمه دیده داده می‌شود که از یک توپ بیس‌بال ساخته شده (به‌عنوان مفصل زانو) و درون دو لوله مقوایی تودرتو که با لاســـتیک 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، باند کِشی، نخ، اسفنج، نمد، پارچه و مقوا استفاده کنند.

زانوبندهـــای طراحی شـــده با مواد ســـاده توســـط دانش‌آموزان که راه‌حل‌های ممکن را نشان می‌دهد.

وقتی دانش‌آموزان به مهندسی مشغول‌اند، باید دانش خود را در مـــورد دامنهٔ حرکت یک زانو، خواص مواد و نیز مهارت‌های حل مســـئله بـــه‌کار گیرند. پـــس از طراحی و ســـاخت ابزار، دانش‌آموزان دامنهٔ حرکت زانوبنـــد و دوام‌پذیری آن را ارزیابی می‌کنند. دانش‌آموزان همواره انواع متفاوتی از زانوبند کارامد را می‌ســـازند و این نشان می‌دهد که برای هر مسئله بیش از یک پاسخ وجود دارد!

«رســـیدن کودکان به تنوع و گوناگونی راه‌حل‌ها، جذاب‌ترین قسمت کار بود. هیچ‌یک از طراحی‌ها شبیه هم نبودند، اگرچه از مواد یکســـانی تهیه شده بودند. هیجان‌انگیزترین بخش، این بود که آن‌ها تلاش می‌کردند و سپس با یکدیگر در مورد بهبود زانوبند بحث می‌کردند. این تجربه پربها و ارزشمند بود».

اصل ٤: ارزش‌دهی به شکست

شکست یک ویژگی ضروری مهندسی است. خواه دانش‌آموز، معلم یا مهندس باشید، هر زمان که ایده‌های نوآورانه را امتحان کنید، ممکن است برخی از طراحی‌های شما در برآوردن معیارها یا غلبه بر محدودیت‌های مســـئله، با شکست روبه‌رو شوند. به دلیل آنکه مهندســـی فرایندی تکرارشونده است، طراحی‌ها را همیشه می‌توان بهبود بخشید. شکست، تأمل و اندیشمندی را ارتقا می‌دهد (چرا پاسخ نداد؟ چرا کار نکرد؟) و به این ترتیب، طراحی‌های بعـــدی تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند. این نحوهٔ کار در تضاد کامل با کار مدرســـه‌ای اســـت؛ جایی که شکست در آن، سبب بدنامی می‌شود!

شکست ویژگی ضروری مهندسی است. این کاملاً در تضاد با کار معمول در مدرسه است.

فعالیت‌های مهندســـی باید شکســـت را پذیرا باشند و آن را فرصتی برای یادگیری قلمداد کنند. باید به دانش‌آموزان تفهیم کـــرد که آن‌ها شکســـت نمی‌خورند، بلکه آنچه که شکســـت می‌خورد، **طرح** آن‌هاســـت. 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 نشـــدن 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 مهندســـی خود را در زمان دایر نبودن کلاس‌ها و در خانه ادامه می‌دهند.

فرصت مجـــدد برای تلاش می‌تواند تجربه‌ای آزادانه باشـــد، به‌ویژه برای دانش‌آموزانی که با عملکرد سطح پایین دسته‌بندی می‌شوند. ما داستان‌های بی‌شـــماری 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 کارگروهی از آن‌رو اهمیت ویژه‌ای دارد 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، ۲۰۰۳).

وقتی دانش‌آموزان به‌طور مؤثر و کارامد در گروه کار می‌کنند، اغلب راه‌حل‌های مهندسی قوی‌تری ارائه می‌دهند و به‌طور مؤثرتری یاد می‌گیرند. همکاری و کار گروهی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا هنگام کار با دیگران چیزهایی را دقیق‌تر ببینند. به علاوه، طیف بیشتری از ایده‌ها به وجود می‌آیند 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، برای به دست 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، نظرهای دیگران را مورد توجه قرار دهند، براساس شواهد و داده‌ها به بحث بپردازند و برای انتخاب بهترین راه‌حل، مدارا و سازش کنند.

اصل ٦: استفادهٔ آسان از مواد در دسترس

استفاده از مواد ارزانی که به راحتی در مغازه‌ها، اسباب‌بازی‌فروشی‌ها، خرازی‌ها و ابزارفروشی‌ها یافت می‌شود، راه دیگری است تا گروه بیشتری از دانش‌آموزان درگیر فعالیت‌های مهندسی شوند. مواد دارای فناوری پایین، از قبیل بطری نوشابه و چوب آب‌نبات، که برای دانش‌آموزان آشناترند، دست‌یافتنی‌تر 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 خمیربازی با استفاده از آب، نمک و آرد)، دانش‌آموزان خواهان ادامهٔ انجام کار مهندسی در خانه با نتایج مثبت می‌شوند.

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

سال گذشته با دانش‌آموزان چالشگر زیادی کار کردم. برخی از آن‌ها ضربه‌های روحی شدیدی را متحمل شده بودند و به بزرگ‌ترها و دیگران اعتماد نداشتند. این موضوع اغلب 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 خمیربازی 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 خانه بهبود بخشیده بودند، با خود به کلاس آوردند. در طول کلاس، آن‌ها در مورد کیفیت نمونه‌ها بحث می‌کردند و برای شناخت راه‌های ترکیب ایده‌ها به منظور 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، به دلیل برخی مسائل فرهنگی، از آرد ذرت به جای آرد گندم استفاده کرده بودند. تعدادی از دانش‌آموزان نیز در پایان واحد درسی خواهان این موضوع بودند که در بزرگسالی مهندس شوند.

هر دانش‌آموز یک مهندس

هر وقت موضوع جدیدی از مهندسی را برای دانش‌آموزان می‌گویم، می‌کوشم این کار را به روشی انجام دهم که همهٔ دانش‌آموزان را درگیر و جذب خود کند، 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، مطمئن می‌شویم که هر دانش‌آموز می‌تواند یک مهندس شود.

پی‌نوشت‌ها

1. The National Science Foundation
2. Science, Technology, Engineering & Mathematics
3. The new Next Generation Science Standards
۴. در این مقاله، منظور از اقلیت‌ها دانش‌آموزان آمریکایی ـ آفریقایی، آمریکایی ـ آسیایی و .. است ( ).
5. Carlone, Haun-Frank & Webb, 2011
6. Engineering everywhere
۷. روی وبگاه 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.
8. National Academy of Engineering, 2008.
9. Brace

منابع

1. Carlone H.B., Haun-Frank,J., & Webb, A. (2011). Assessing equity beyond Knowledeg- and skills-based outcomes: A comparative ethnography of two' fourthgrade reform-based science classrooms. Journal *of Research in* Science *Teaching*, 48 (5), 459-485.
2. Lee, O. (2003). Equity for linguistically and culturally diverse students in science education: A research agenda. *Teachers College Record*, 10/5 (3), 465-489.
3. National Academy of Engineering (2008). *Changing the* conversation: Messages1 for *imoroving public understanding of engineering.* Washington, DC: National Academies Press.
4. NGSS Lead Slates. (2013). Next; Generation; *Science Standards: For states, by states.* Washington, DC: National Academies Press.