# چه چیزی مهندسی است؟

**نویسندگان: بروک ویت ورت، لیندسی ویلر[1]**
**مترجم: محمدامین اسپروز**

با گسترش روزافزون استانداردهای نوین آموزش علوم، معلمان علوم بیش از پیش سعی می‌کنند مهندسی را با آموزش علوم ادغام کنند، اما بسیاری، روش این کار را نمی‌دانند.

مرحلهٔ اول، ارائهٔ تعریفی برای مهندسی و شناسایی فعالیت‌هایی است که با مهندسی مرتبط‌اند. در این مقاله، توضیح ساده‌ای دربارهٔ مهندسی می‌آید و برای معلمان چارچوبی ارائه می‌شود که به کمک آن می‌توانند متوجه شوند که آیا یک فعالیت بر پایهٔ مهندسی است یا خیر. همچنین، نمونه‌هایی از ادغام مهندسی با علوم زمین‌شناسی، شیمی، زیست‌شناسی و فیزیک ارائه خواهد شد.

## مهندسی چیست؟

مهندسی و علوم تجربی، دو رشتهٔ متفاوت با اهدافی متفاوت‌اند: تمرکز مهندسی بر تغییر جهان برای رسیدن به خواسته‌ها و نیازهای انسان است ولی علم بر مطالعهٔ جهان طبیعی به‌منظور درک کارکرد پدیده‌ها تمرکز دارد. با این حال، علم و مهندسی روش‌هایی مشابه برای رسیدن به اهداف خود دارند. همان‌طور که دانشمندان سؤالات را پیدا می‌کنند و فرضیه ارائه می‌دهند، مهندسان مسائل و مشکلات را بیان و حل می‌کنند. مهندسان راه‌حل‌ها را طراحی می‌کنند. طراحی آن‌ها براساس دانش علمی است و پیشرفت‌های علمی به واسطهٔ فناوری‌هایی که مهندسان می‌سازند، ممکن می‌شود.

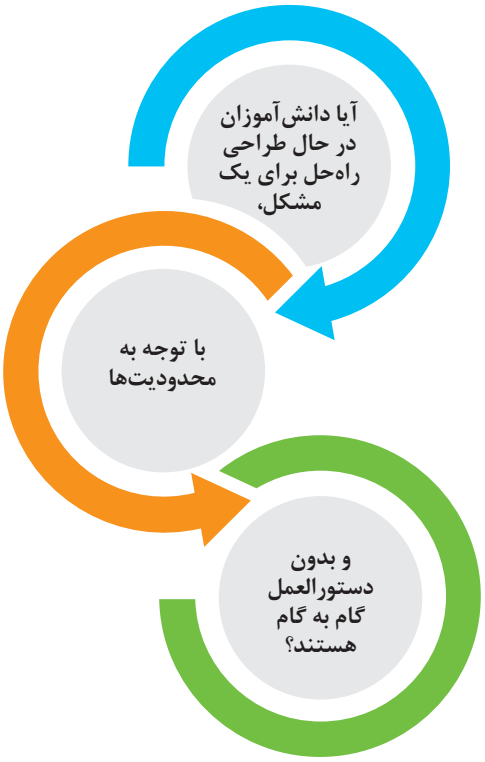
طبق استاندارد NGSS (استانداردهای علمی نسل آتی)[2]، برای رشد درک دانش‌آموزان از فرایند طراحی مهندسی، هشت اقدام باید در آموزش علوم ادغام شود:

- تعریف و بیان مسئله
- توسعه و استفاده از الگوها
- برنامه‌ریزی و اجرای تحقیقات
- بررسی و تحلیل داده‌ها
- استفاده از تفکر ریاضی و محاسباتی
- طراحی راه‌حل‌ها
- بحث براساس شواهد
- به‌دست آوردن اطلاعات و ارزیابی و انتقال آن.

براساس استاندارد ،فرایند طراحی فرایندی تعاملی و چرخه‌ای است که دانش‌آموزان به دفعات در آن شرکت می‌کنند.

## چه چیزی مهندسی است؟

وقتی می‌خواهید بفهمید که یک فعالیت مهندسی ـ محور است یا نه، اول از خود بپرسید: «آیا دانش‌آموزان در حال طراحی راه‌حلی برای یک مشکل با درنظر گرفتن محدودیت‌ها و بدون دستورالعمل گام‌به‌گام هستند؟» بسیاری از فعالیت‌های ارزشمندی که در کلاس علوم انجام می‌گیرد، حل مشکل به حساب نمی‌آید یا به فرایند طراحی نیازی ندارد. برای مثال، ساختن مدل‌های فیزیکی یا مفهومی سلول‌ها، اتم‌ها مدل‌های




منظومهٔ شمسی و یا ساختن مدارها، هواپیماها و ابزارهای هواشناسی، همگی فعالیت‌هایی ارزشمند برای کلاس‌اند اما با توجه به اینکه مشکلی را حل نمی‌کنند، فعالیت‌های مهندسی نیستند.

فعالیت‌های مهندسی‌محور باید با مسئله‌ای شروع شوند که دانش‌آموزان بتوانند آن را حل کنند. همچنین، این فعالیت‌ها باید شامل طراحی راه‌حل با توجه به محدودیت‌ها برای حل آن مسئله باشد؛ بنابراین، ارائهٔ دستورالعمل گام‌به‌گام برای تولید و ساخت یک محصول یا تحقیق دربارهٔ تفکرات و نقشه‌های دیگران، مهندسی محسوب نمی‌شود.

به‌طور معمول برای یک فعالیت معتبر مهندسی، دانش‌آموزان باید یک نمونهٔ اولیه طراحی کنند و بسازند و سپس آن را امتحان و بازطراحی کنند. البته تمام فعالیت‌های مهندسی‌محور، به ساخت نمونهٔ اولیه نیاز ندارند. تا وقتی که مشخصات و محدودیت‌ها برای طراحی و برنامه‌ریزی مشکل، مشخص باشد، دانش‌آموزان می‌توانند برنامهٔ‌خود را برای راه‌حل بنویسند یا طراحی کنند. محدودیت‌ها ممکن است شامل زمان، هزینه، منابع موجود، مقررات محیط زیست، قوانین طبیعت، قابلیت تولید و نگهداری و مواردی از این قبیل باشند.

**جدول ۱. خودآزمایی: کدام‌یک از فعالیت‌های زیر مهندسی است؟**

| | | |
|---|---|---|
| ۱. الف. دانش‌آموزان انرژی پتانسیل و جنبشی را بدین وسیله بررسی می‌کنند:<br>é ساخت یک مدل ترن‌هوایی براساس توضیحات جزوه<br>é اندازه‌گیری حرکت واگن ترن‌هوایی<br>é شناسایی محدوده‌هایی که کمترین و بیشترین انرژی پتانسیل و جنبشی را دارند. | ۱.ب. به دانش‌آموزان گفته شده است که یک شهربازی در نزدیکی محل زندگی‌شان به یک ترن‌هوایی جدید نیاز دارد. معلم مواد مختلفی را در اختیار دانش‌آموزان قرار می‌دهد تا هر یک ترن‌هوایی خود را بسازند. قیمت این مواد، متفاوت است و دانش‌آموزان علاوه بر محدودیت‌های فضا و ایمنی، محدودیت بودجه نیز دارند.<br>دانش‌آموزان ترن‌هوایی خود را طراحی می‌کنند، می‌سازند، امتحان می‌کنند، تغییر داده، سپس به مدیر شهربازی نشان می‌دهند. | ۱.پ. معلم با بیان مسئله شروع می‌کند: «چطور می‌توانیم یک ترن‌هوایی ایمن طراحی کنیم که واگن‌های آن از ریل خارج نشود؟»<br>پس از یک جلسه بارش فکری دربارهٔ مسئله، معلم به وسیلهٔ یک شبیه‌ساز رایانه‌ای، چند نوع ترن‌هوایی را نشان می‌دهد. سپس، همان‌طور که دانش‌آموزان مشغول طراحی ترن‌هوایی ایمن با توجه به محدودیت‌های ذکر شده‌اند، معلم به پیشبرد بحث کمک می‌کند. |
| ۲. الف. دانش‌آموزان براساس متون و تصاویری که در اینترنت پیدا کرده‌اند، روش ساخت یک مدار را بررسی می‌کنند و توضیح می‌دهند. | ۲. ب. دانش‌آموزان دربارهٔ مدارهای الکترونیکی شرکت، بررسی‌های متعددی می‌کنند. سپس ،از آن‌ها خواسته می‌شود که یک تابلوی اعلانات بسازند. دانش‌آموزان پیش از اینکه تابلوهای خود را در کلاس ارائه دهند، آن‌هارا می‌سازند و امتحان می‌کنند. | ۲. پ. به دانش‌آموزان گفته می‌شود که یک شرکت الکترونیکی قصد دارد در تمام پیتزافروشی‌های کشور دستگاه پین‌بال نصب کند. به دانش‌آموزان انواع مواد در دسترس، اندازه و محدودیت‌های صوتی توضیح داده می‌شود. سپس، دانش‌آموزان با استفاده از دانشی که در زمینهٔ مدارهای الکتریکی دارند، دستگاه پین‌بال خود را طراحی می‌کنند. آنگاه برای دریافت بازخورد و اعمال تغییرات پیش از طرح نهایی، طرح خود را با سایرین در میان می‌گذارند. |

## دانش خود را بیازمایید

معلمان می‌توانند دانش خود دربارهٔ فعالیت‌های مهندسی‌محور را با اســـتفاده از جدول ۱ بیازمایند، مثال‌های ۱.الف، ۲.الف و ۲.ب بر پایهٔ مهندسی نیستند:

é مثال ۱.الف حل مشکل را شامل نمی‌شود.

é در مثال ۲. الف ممکن اســـت مسئله وجود داشته باشد اما محدودیت‌ها برای دانش‌آموزان مشـــخص نشـــده است و آن‌ها خود به تنهایی راه‌حل را طراحی نمی‌کنند.

é در مثال ۲. ب دانش‌آموزان مشـــکلی را حل نمی‌کنند و نیز محدودیتی مشخص نشده است.

با این حال، با تغییراتی جزئی مانند ایجاد یک مسئله، حذف دستورالعمل گام‌به‌گام و مشخص کردن محدودیت‌ها می توان آن‌ها را به فعالیت‌های مهندســـی‌محور تبدیل کرد. مثال‌های ۱.ب، ۱.پ و ۲.پ فعالیت‌هایی مهندسی‌محورند؛ زیرا مشکلی را برای حل کردن مطرح می‌کنند و از دانش‌آموزان می‌خواهند راه‌حلی طراحی کنند. البته مشکل مطرح شده باید با توجه به محدویت‌ها حل شود.

é در مثال ۱. ب دانش‌آمـــوزان با طراحی یک ترن هوایی، با محدودیت‌هایی واقعی، یک مشکل حقیقی را حل می‌کنند.

é در مثال ۱. پ، معلم با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای، روند طراحی را تسهیل می‌کند اما دانش‌آموزان، خود مسئول طراحی ترن‌هوایی با توجه به محدودیت‌ها هستند.

**جدول ۲. مثال‌هایی از مهندسی در زیست‌شناسی، شیمی، زمین‌شناسی و فیزیک**

| رشته | مسئله | محدودیت‌های احتمالی |
|---|---|---|
| زیست‌شناسی | دریچه‌های مصنوعی قلب، برای افرادی که مشکل قلبی دارند، بسیار حیاتی اســـت. برای اینکه این دریچه‌ها به درســـتی کار کنند، باید توانایی تحمل سطوح مختلف فشار خون را داشته باشند. شما چگونه یک دریچهٔ قلب طراحی می‌کنید؟ | é دریچه باید با موادی که با بدن سازگاری دارند، ساخته شود.<br>é دریچه باید در فشار خون پایین و بالا کار کند.<br>é دریچه نباید باعث برگشت خون شود. |
| شیمی | کیسهٔ هوا برای رانندگی ایمن لازم است. به تازگی، ۳۴ میلیون خودرو با کیســـه هوای خراب شناسایی شده‌اند. شـــما چگونه می‌توانید واکنشی شیمیایی طراحی کنید که بتواند کیســـهٔ هوای خودرو را به اندازه‌ای پر کند که برای سرنشینان ایمن باشد؟ | é کیسهٔ هوا باید به میزان مشخصی پر شود.<br>é مواد شیمیایی باید تا حد امکان غیرسمی باشد.<br>é واکنش بایددر کمترین زمان ممکن صورت گیرد.<br>é هزینهٔ ساخت آن باید به‌صرفه باشد. |
| زمین‌شناسی | بســـیاری از جوامع در سراسر جهان، با مشکل افزایشی آلودگـــی آب مواجه‌اند. آب ســـالم بـــرای حمام کردن، نوشیدن و آشپزی ضروری است. شما چگونه یک سیستم تصفیهٔ خانگی برای رفع این نیاز طراحی می‌کنید؟ | é برای ســـاخت این فیلتر، از مواد مشـــخصی می‌توان استفاده کرد.<br>é حجم آب تصفیه شـــده باید در محدودهٔ مشخصی از میلی‌لیتر بر دقیقه باشد.<br>é آب تصفیه‌شـــده باید به میزان مشخصی تصفیه شده باشد. |
| فیزیک | ترموستات وسیله‌ای ضروری برای جلوگیری از داغ کردن ماشین است و برای درست کار کردن به الکتریسیته نیاز دارد. شـــما چگونه از مداری که در ترموستات خودرو به کار می‌رود، یک مدل مقیاس می‌سازید؟ | é مدل مقیاس باید اندازهٔ مشخصی داشته باشد.<br>é ترموســـتات باید دربازهٔ حرارتی مشخصی خاموش و روشن شود.<br>é طرح باید شامل مدارهای موازی و سری باشد. |

در مثال ۲. پ، با اینکه دانش‌آموزان نمونهٔ اولیه نمی‌سازند، مشکل را بدون دستورالعمل گام‌به‌گام حل می‌کنند.

## پیاده‌سازی مهندسی در کلاس

با ادغام یک فعالیت مهندسی در تدریس علوم، این فعالیت باید باعث شود دانش‌آموزان درک عمیق‌تری از مفاهیم مورد مطالعه پیدا کنند. به‌طور ایده‌آل، این فعالیت باید بتواند توجه دانش‌آموزان را جلب کند و آن‌ها را با یک مسئلهٔ واقعی روبه‌رو سازد. این مسائل را می‌توان از راه خواندن، مشاهدهٔ ویدئوها و گزارش‌های خبری به دانش‌آموزان معرفی کرد. رویکرد دیگر، ارائهٔ چالش‌های طراحی یا ادغام یک فعالیت مهندسی در یک مبحث درسی پروژه‌محور و یا مسئله‌محور است. برای مثال، طراحی یک هواکش که با سلول‌های ولتایی کار می‌کند، می‌تواند طرحی برای یک مبحث مسئله‌محور در حوزهٔ الکتروشیمی باشد.

برخلاف آنچه معلمان فکر می‌کنند، مهندسی فقط مختص کلاس فیزیک نیست و از آن می‌توان در هر مبحثی استفاده کرد. جدول ۲، مسائل و محدودیت‌های مهندسی را در مباحث مختلفی مانند زیست‌شناسی، شیمی، زمین‌شناسی و فیزیک نشان می‌دهد. مسائل مهندسی ذکر شده در جدول ۲ برای شیمی و زمین‌شناسی، از اخبار روز به‌دست آمده و این راه خوبی برای مشتاق کردن دانش‌آموزان به یافتن راه‌حل برای مشکلات واقعی است.

## ساماندهی مهندسی برای رسیدن به موفقیت

وقتی دانش‌آموزان شروع به فعالیت‌های مهندسی می‌کنند، معلمان باید از آن‌ها حمایت کنند. دانش‌آموزان معمولاً فعالیت‌های مهندسی را دوست دارند و ترجیح می‌دهند مراحل تحقیق، بارش فکری و برنامه‌ریزی را حذف کنند و به‌طور مستقیم به مرحلهٔ طراحی و ساخت بروند، اما در فرایند طراحی مهندسی، این مراحل اولیه بسیار حائز اهمیت‌اند.

روش دیگر ساماندهی، بررسی مفاهیم موردنیاز برای چالش طراحی مهندسی است. این روش، ارتباط میان طراحی مهندسی و مفاهیم علمی را مشخص‌تر می‌کند. در نهایت، فعالیت‌های مهندسی را باید برای دانش‌آموزان شفاف کرد. اغلب، دانش‌آموزان نمی‌دانند که مشغول یک فعالیت مهندسی هستند یا فرق مهندسی و علم را نمی‌دانند. در پایان کلاس یا طرح، از دانش‌آموزان بخواهید نظراتشان را در مورد کاری که انجام داده‌اند اعلام کنند یا آن را به‌صورت نوشتاری دربارهٔ محصولی که طراحی کرده‌اند، گزارش دهند.

**دانش‌آموزان معمولاً فعالیت‌های مهندسی را دوست دارند و ترجیح می‌دهند مراحل تحقیق، بارش فکری و برنامه‌ریزی را حذف کنند و به‌طور مستقیم به مرحلهٔ طراحی و ساخت بروند، اما در فرایند طراحی مهندسی، این مراحل اولیه بسیار حائز اهمیت‌اند**

## نتیجه‌گیری

ادغام مهندسی در کلاس علوم می‌تواند علاقهٔ دانش‌آموزان را به مشاغل مرتبط با علم، فناوری، مهندسی و ریاضی افزایش دهد و بر آگاهی آنان در این زمینه‌ها بیفزاید. همچنین، به دانش‌آموزان کمک می‌کند درک بهتری از علوم و ریاضیات پیدا کنند. به علاوه، این ادغام باعث می‌شود دانش‌آموزان مهارت‌های یادگیری قرن بیست‌ویکم، شامل تفکر نقادانه، ارتباطات، همکاری و خلاقیت، را کسب کنند. مهندسی در کلاس باعث می‌شود دانش‌آموزان بفهمند که شکست می‌تواند فرصتی برای یادگیری باشد و این درس مهمی در زندگی است.

معلمان برای انجام دادن فعالیت‌های مهندسی در کلاس، باید توجه داشته باشند که این فعالیت‌ها برای دانش‌آموزان ارزشمند و معنادار باشند. امیدواریم این مقاله بتواند به معلمان در آموزشی مهندسی در کلاس‌هایشان کمک کند.

*** پی‌نوشت‌ها**

1. Brooke A. Whitworth And Lindsay B. Wheeler
2. Next Generation Science Standards (NGSS)