

روش کار با

ایده‌های بزرگ

در آموزش علوم تجربی

ویراستار: وین هارلن

با همکاری: درک بل، رزا دوس، هوبرت دیاسی،
گیلرمو فرناندز دلا گارسیا، پیر لئا،
رابین میلر، مایکل ریس، پاتریشیا راول و وی یو

مترجم: طاهره رستگار

iap

the global network of science academies

شبكة جهانی آموزش علوم تجربی

Published by the Science Education Programme (SEP) of IAP

www.Interacademies.net/activities/projects/12250.aspx

IAP – c/o ICTP campus - Strada Costiera, 11 - 34151 - Trieste – Italy

www.Interacademies.net

iap@twas.org

ISBN: 9788894078466

© Wynne Harlen 2015

Copies and translations may be made without fee or prior permission with due acknowledgement



INNOVEC

Innovación en la Enseñanza de la Ciencia A.C..

ایده‌های بزرگ

در آموزش علوم تجربی

مقدمه

۱	خلاصه کارهای اجرایی خلاصه کارهای اجرایی
۳	۱ مقدمه و منطق کار
۳	مقدمه
۳	منطق
۵	چالش‌ها
۶	مزایای فردی و اجتماعی
۷	۲ اصل‌ها
۱۱	۳ بازنگری ایده‌های بزرگ:
۱۱	حوزه، اندازه و ویژگی‌ها
۱۱	حوزه
۱۳	اندازه
۱۴	تعیین ایده‌های بزرگ
۱۷	۴ روند پرورش ایده‌های بزرگ
۱۷	مفاهیم توسعه
۱۸	شرح پیشرفت به سوی ایده‌های بزرگ
۳۳	۵ توجه به ایده‌های بزرگ در عمل
۳۳	فرصت‌هایی برای همه دانش‌آموزان
۳۴	محتوای برنامه درسی
۳۶	فرایند یاددهی یادگیری (پداگوژی)
۳۹	سنجش
۴۱	خلاصه مفاهیم
۴۳	۶ اجرای ایده‌های بزرگ
۴۳	ایده‌های بزرگ در اسناد برنامه درسی
۴۵	شناخت معلمان از ایده‌های بزرگ
۴۷	ارزیابی مستمر از آموزش ایده‌های بزرگ
۴۹	پیشنهادات نهایی
۵۱	معرفی شرکت‌کنندگان در سمینار
۵۷	فهرست منابع

مقدمه

در سال ۲۰۰۹ یک گروه از کارشناسان آموزش علوم در سمیناری به دور هم گرد آمدند تا ایده‌های کلیدی در آموزش علوم تجربی که از طریق آنها دانش‌آموزان می‌توانند جهان اطراف را بشناسند، لذت برند و شگفت زده شوند را تعیین کنند. آنان به صراحت وجود یک برنامه درسی علوم سنگین و قطعه قطعه شده را یکی از چندین عواملی شمردند که باعث می‌شود دانش‌آموزان درس علوم تجربی را به مجموعه ای از حقایق از هم گسسته تلقی کنند که برای آنان بی معناست. آنان به این نتیجه رسیدند که بخشی از راه حل این مساله این است که درک دانش‌آموزان از علوم تجربی که "مجموعه از هم گسیخته از دانش حقایق و تئوری است" را به سمت پرورش شناخت ایده‌های کلیدی، "ایده‌های بزرگ"، تغییر دهند به طوری که دانش‌آموز احساس کند علوم تجربی با زندگی روزمره آنان ارتباط دارد. حاصل این سمینار و کارهایی که به دنبال آن انجام شد، به عنوان "اصول و ایده‌های بزرگ آموزش" علوم تجربی انتشار یافت و به صورت آزاد توزیع و به چندین زبان ترجمه شد که مورد اقبال مخاطبان علاقمند به آموزش علوم در نقاط مختلف جهان قرار گرفت. پنج سال بعد علاوه بر دلایل اولیه ای که بر پرورش ایده‌های بزرگ در آموزش علوم تاکید داشت، چندین دلیل دیگر هم که بر لزوم این کار تاکید می‌کرد مطرح شد. به این دلیل همان گروه قبلی کارشناسان آموزش علوم در دومین سمینار بین‌المللی، که توسط کارشناسان تغییر برنامه درسی برگزار گردید، شرکت کردند تا کار قبلی را بررسی و تکمیل کنند. این سمینار در سال ۲۰۱۴ با پشتیبانی مالی و سخاوتمندانه وزارت آموزش و پرورش مکزیک برای همکاری در فعالیتهای بین‌المللی و با همکاری موسسات وابسته به بعضی از شرکت کنندگان و بعضی از افراد خصوصی تشکیل شد. در طی این سمینار دو روز و نیمه و نیز در ادامه آن تمام شرکت کنندگان به بررسی و اصلاح آنچه قبلاً منتشر شده بود پرداختند. آنان تمام جزئیات گفت‌وگوها و گزارش‌های سمینار را جمع‌آوری کردند. خوشبختانه وجود فرهنگ‌های متفاوت و تجارب متعدد شرکت کنندگان باعث شد کار به گونه ای تدوین شود که کارشناسان علوم در نقاط مختلف جهان بتوانند از آن استفاده کنند.

به این وسیله سپاس عمیقم را از همکاری و کمک‌های کارشناسانه افراد گروه: درک بل، رزا دوس، هوبرت دیاسی، گیلرمو فرناندز دلا گارسیا، لوئیس هیوارد، پیر لئا، رابین میلار، مایکل ریس، پاتریشیا راول، وی یو و ژولیت میلر ابراز می‌دارم.

خلاصه کارهای اجرایی

هدف این مجموعه این است که شناخت و تلقی دانش‌آموزان از آن چه تحت عنوان علوم تجربی در طی دوران آموزش عمومی می‌آموزند را به روز کنیم.

پنج سال از اولین نوشته‌های من در مورد "ایده‌های بزرگ در آموزش علوم"^۱ می‌گذرد. دلیل من برای آن نوشته‌ها توجه به این مشکل بود که بسیاری از دانش‌آموزان نسبت به آموزش علوم تجربی بی‌علاقه‌اند و بین این درس و زندگی روزمره‌شان ارتباطی نمی‌بینند. بخشی از این مشکل وجود یک برنامه درسی شلوغ و از هم گسیخته‌ای برای علوم تجربی بود که باعث می‌شد دانش‌آموزان این درس را به مجموعه‌ای قطعه‌قطعه و از هم گسیخته از یک سری حقایق تلقی کنند که معنای چندان گسترده‌ای هم ندارند. بنابراین بخشی از راه حل این مشکل این بود که تصور دانش‌آموزان از علوم تجربی به عنوان مجموعه‌ای از هم گسیخته از دانش، حقایق و تئوری‌ها به سمت پرورش درک ایده‌های کلیدی که با زندگی تحصیلی و روزمره آنان ارتباط دارد، تغییر کند. این ایده‌های کلیدی که به عنوان "ایده‌های بزرگ"، شناخته می‌شوند باید برای همه دانش‌آموزان قابل درک باشد و البته برای گروهی خاص از دانش‌آموزان که در علوم تجربی ادامه تحصیل می‌دهند و یا در زمینه‌های مربوطه شاغل خواهند شد نیست، بلکه گروه مخاطب ما همه دانش‌آموزان هستند که می‌خواهیم بدون در نظر گرفتن جنسیت، سابقه فرهنگی و یا ناتوانایی‌های جسمی این ایده‌ها را درک کرده و بشناسند.

در سمینار بین‌المللی دانشمندان و کارشناسان علوم در سال ۲۰۰۹، اصول و ایده‌های بزرگ آموزش علوم و بعضی از اصول راهنما تعیین شد: "ده ایده بزرگ برای علوم تجربی و چهار ایده بزرگ درباره علوم تجربی و کاربرد آن"

در مورد کار با ایده‌های بزرگ در آموزش علوم، سمینارهای دیگری با همان کارشناسان قبلی برگزار شد و حاصل همه آنها این بود که گروه در توسعه کار به سمت ایده‌های بزرگ و کاربرد آنها در محتوای برنامه درسی، در فرایند یاددهی یادگیری (پداگوژی) و سنجش دانش‌آموزان و نیز آموزش معلمان به جزئیات کار و منطق آن بیشتر توجه کند.

علاوه بر این که اهمیت روزافزون توجه به شناخت معلمان و دانش‌آموزان از علوم تجربی، باعث بهبود کار اولیه شد، چندین عامل دیگر نیز تعیین شد تا دانش‌آموزان به عنوان افراد دوران نوآوری‌ها، بتوانند از مزایای بالقوه آن در استفاده از مزایای اجتماعی بهره‌مند شوند و به افرادی تبدیل شوند که قادرند ویژگی‌های اساسی اتفاقات و پدیده‌های دنیای اطراف خود را درک کنند، در مورد آنچه در سلامتی و خوشبختی خود آنان و دیگران تأثیرگذار است تصمیم‌های آگاهانه بگیرند. در این صورت اجتماع نیز از وجود شهروندانی که قادرند در مواردی مثل مصرف انرژی و حفاظت از محیط زیست آگاهانه‌تر تصمیم بگیرند، بهره‌مند می‌شود.

در جهان امروز موارد مختلفی وجود دارد که آموزش علوم باید به آنها توجه خاص کند. برای مثال این که محیط‌های کاری تغییر کرده‌اند می‌طلبد تا علوم تجربی به درستی بتواند با مهندسی و فناوری و ریاضی است، (STEM)^۲، ارتباط برقرار کند و نیز علوم تجربی باید به موضوعات اساسی که جهان شمول است، مثل تأثیر تغییرات نامناسب آب و هوایی، تأثیر مثبت و منفی سنجش دانش‌آموزان و همکاری فزاینده علم اعصاب (نوروساینس) در درک یادگیری توجه خاص کند. تمام این موارد به دلایلی که قبلاً جمع‌آوری شده و باعث بهبود ایده‌های بزرگ در تولید چارچوبی برای تصمیم‌گیری در مورد آموزش علوم شده بود اضافه شد.

۱ اصول و ایده‌های بزرگ آموزش علوم: ویراستار وین هارلن با همکاری درک بل، رزا دوس، هوبرت دیاسی، گیلومر فرناندز گارسیا، لوتیس هیوارد، پیر لئا، رابین میلار، مایکل ریس، پاتریشیا راول، وی یو که توسط سازمان آموزش علوم تجربی که توسط سازمان آموزش علوم انتشار یافت.

۲ خلاصه شده مهندسی، علوم تجربی، ریاضی و فناوری (Science, Technology, Engineering, Mathematic) که ما آن را به "معرف" خلاصه کرده‌ایم.

در حالی که اهداف چند گانه آموزش علوم را اصول اساسی دانسته اند، در این جا ما بر درک مفهومی همراه با پرورش تواناییهای علمی و نگرش‌هایی که در تعلیم و تربیت مناسب گنجانیده شود و نه بر فهرستی از اهداف جدا از هم تاکید داریم. ایده‌های بزرگ در ارتباط با علوم تجربی و در باره علوم تجربی به صورت توصیف نوشتاری حرکتی است که به شناخت ایده‌های کلیدی دانش‌آموزان می انجامد و از سال اول ابتدایی آغاز می‌شود و تا پایان دوره دبیرستان ادامه می یابد.

اجرای عملی این اصول و ایده‌های بزرگ در انتخاب محتوا، پداگوژی، سنجش دانش‌آموزان و آموزش معلمان در نظر گرفته می‌شود. در ارتباط با پداگوژی چنین گفته می‌شود که نه تنها پژوهش نقش اساسی در پرورش شناخت دارد، بلکه تعیین ایده‌های بزرگ در علوم تجربی یک مکمل مورد نیاز برای ترویج آموزش پژوهش محور است. وسخن آخر این که به مواردی باید توجه خاص شود تا در عمل شاهد تغییر باشیم. از این موارد می‌توان، شیوه طرح ایده‌ها در برنامه درسی، بهبود درک معلمان از ایده‌های کلیدی و ارزیابی آموزش برای ایده‌های بزرگ را نام برد.

۱ مقدمه و منطق کار

مقدمه

در طی پنج سال که از چاپ "اصول و ایده‌های بزرگ آموزش علوم" می‌گذرد، شاهد تغییرات عمده در آموزش به طور عام و آموزش علوم تجربی به طور خاص هستیم. استفاده دانش‌آموزان از فناوری دیجیتال در کلاس و خارج از کلاس، اجرای چارچوب‌های جدید برای برنامه درسی، استفاده از رایانه برای گسترش محدوده سنجش دانش‌آموزان و علاوه بر این‌ها پیشرفت در درک فرایند یادگیری و شیوه‌ای که به تحقق آن بیانجامد، نشانگرهایی از این تغییراتند.

تغییرات مهم‌تر، که کاربرد وسیعی در آموزش دارند، حتی در دنیای کار، که در آن فناوری باعث شده است بعضی از مشاغل حذف شوند، اتفاق می‌افتد، به طوری که نیاز به نیروی کار در سطوح میانی از بین رفته است و این مشاغل سطوح پایین و مشاغل سطوح بسیار بالا هستند که نیازمند توانایی‌های فردی انسانی هستند. برای بسیاری افراد، توانایی تولید محصولات جدید، حل مسایل و پذیرش انجام کارهای پیچیده، حداقل در زمان حال، تنها راه حل مشکل بیکاری با قبول تمام عواقب آن است. جهان شمولی گرچه فرصتهایی ایجاد می‌کند ولی با خود چالش‌هایی را هم به همراه دارد. این چالش‌ها برای مناطقی از جهان که نسبت به کشورهای توسعه یافته توانایی تغییر کمتری دارند بیشتر است.

در چنین دوران مدرنی که جهان سرشار از نوآوری‌هاست، کسب موفقیت نیازمند قابلیت‌هایی زیادی از جمله، فهم اصولی مسایل متنوع، شناسایی الگوهای معنادار، کسب دانش و به کار بردن آنها است. آموزش علوم می‌تواند در پرورش توانایی‌ها و ادراک مورد نیاز از طریق تمرکز بر پرورش ایده‌های شاخص و توانمند علوم تجربی و ایده‌هایی در مورد ماهیت فعالیت‌های علمی و کاربرد آنها کمک کند. پذیرش این ویژگی علوم تجربی باعث شد تا مجدداً هم بر ایده‌های بزرگی که در سال ۲۰۰۹ تعیین شده بود و هم بر روش اجرای آن‌ها در عمل که لازمه تحقق اهداف است بازنگری شود.

بالاخره بشریت امروز با مسایل متعددی روبرو است، تغییرات آب و هوایی، مسایل بهداشت و سلامت و نیز رشد جمعیت، جوانان را با این واقعیت روبرو می‌کند که برای آمادگی لازم است از ایده‌های مرتبط با علوم تجربی، موضوعات فناوری، اخلاقی و نیز قدرت استدلال، شناختی اصولی کسب کنند.

حال به دلیل منطقی اهمیت شناسایی ایده‌های بزرگ و بعضی از مزایا و چالش‌های آن می‌پردازیم.

منطق

پنج سال قبل دلایلی برای لزوم شفاف سازی ایده‌های مرکزی آموزش علوم به شرح زیر طرح کردیم:

- تغییر شناخت دانش‌آموزان از علوم تجربی از، مجموعه‌ای از حقایق و تئوری‌های قطعه قطعه و از هم گسیخته بدون ارتباط با زندگی روزمره، به مجموعه ایده‌های بنیانی که تصویری معنا دار و منطقی از کارکرد جهان می‌دهد.
- تهیه مبنایی برای فعالیت‌های کلاسی دانش‌آموزان تا بتوانند به راحتی هر آنچه را مهم می‌یابند شرح دهند.
- تولید مبنایی برای انتخاب محتوای مناسب از بین محتواهای بی شماری که برای برنامه درسی طرح می‌شود
- افزایش آگاهی در مورد تولید یک چارچوب برنامه درسی که بر پرورش ایده‌های بزرگ بنیان گذاشته شود.
- علاوه بر این دلایلی که در بالا ذکر کردیم و هم چنان به قوت خود باقی اند، دلایل دیگری نیز طرح می‌شود که در این جا به طور اختصار و در بخش‌های بعد به تفصیل به آن‌ها می‌پردازیم. این دلایل سه جنبه دارند:
- پذیرش گسترده رویکرد پژوهش محورد در آموزش علوم تجربی

- درک ارتباط علوم تجربی با سایر موضوعات فناوری، مهندسی و ریاضی^۱ در زندگی روزمره
- توجه و درک روزافزون علم اعصاب از شرایطی که بر یادگیری تأثیر می‌گذارد.

آموزش پژوهش محور علوم تجربی

اصول یاددهی یادگیری (پداگوژی) پژوهش محور در جهان پذیرفته شده است. در دهه اخیر پژوهش‌های متعددی تأثیر این رویکرد را تأیید کرده‌اند. آموزش علوم تجربی پژوهش محور به معنای پرورش شناخت از طریق فعالیت‌های فیزیکی و ذهنی یادگیرنده است که بر مبنای ایده‌های فعلی شروع می‌شود و از طریق جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل، تفسیر شواهد و پرورش ایده‌های علمی و مستحکم تر، اتفاقات و پدیده‌های جدید را شرح می‌دهند. اساس این شیوه کار، یادگیری با رویکرد ساختارگرایی اجتماعی است که دانش‌آموزان را در فعالیت‌هایی مشابه فعالیت‌های دانشمندان درگیر می‌کند و به دلیل این ویژگی برای ماهیت فعالیت‌های علوم تجربی ارزش زیادی قایل است. اگر چه نمی‌توان و نیازی هم نیست که تمام یادگیری علوم تجربی از طریق پژوهش محور انجام شود، اما نباید فراموش کرد که این شیوه آموزش در پرورش شناخت دانش‌آموزان نقش کلیدی دارد. واضح است که آموزش پژوهش محور موثر و زمان بر است و بنابراین باید برای این شیوه آموزش موضوعات و فعالیت‌هایی را انتخاب کرد که بهترین استفاده را از وقت محدود و گرانبهای یادگیری می‌کنند. به این دلیل در یادگیری علوم تجربی و در شناخت دنیای اطراف در دوران آموزش عمومی، انتخاب ایده‌های کلیدی و با ارزش بعد مهمی در جدی گرفتن رویکرد پژوهش محور دارد.

ارتباط با زندگی روزمره

آن مواردی از علوم تجربی که در زندگی روزمره دانش‌آموز استفاده می‌شود و علاقمندی دانش‌آموزان را برمی‌انگیزد، معمولاً شامل ترکیب کردن علوم تجربی با دیگر موضوعات به خصوص مهندسی، فناوری و ریاضی است. نیاز روزافزون به گروه‌های چند رشته‌ای / دو رشته‌ای در فضاهای کاری و در فعالیت‌های پژوهشی، باعث شده است تا افراد گستره وسیعی از علوم و مسایلی که احتمالاً کاربردهای اجتماعی دارند را دنبال کنند. در زمینه‌ها و مسایل واقعی جهان، مثل طراحی سیستم‌هایی برای انرژی پایدار، مهندسی پزشکی زیستی، حفاظت از تنوع زیستی در مناطقی که بین نیازهای بومی و جهانی تنازع وجود دارد، به دانش، مفاهیم و مهارت‌های چندرشته‌ای نیاز داریم. اگر سیاست خواستار حل مسایلی است که چنین شرایطی را ایجاد کرده‌اند، لازم است همه شهروندان این مسایل و جنبه‌های اخلاقی و انسانی مرتبط با آن‌ها را به درستی بشناسند. این ملاحظات به طرح این پرسش می‌انجامد که چگونه می‌توان مطمئن بود که دانش‌آموزان، صرف نظر از این که در آینده در چنین موسساتی شاغل می‌شوند و یا نمی‌شوند، در دوره آموزش عمومی خود، آموزش مرتبط با این مسایل را کسب می‌کنند.

تمام مواردی که در بالا گفته شد ما را به این اعتقاد می‌رساند که بین ایده‌های مختلف علوم تجربی، مثل درک ایده‌های بزرگ و شیوه‌ای که این ایده‌ها شکل گرفتند، بخش مهمی از فرایندی است که آنان را برای کار و زندگی اجتماعی آماده می‌سازد. این شیوه آموزش علوم تجربی باعث می‌شود دانش‌آموزان بین ایده‌ها در موضوعات مختلف ارتباط برقرار کنند و هم خلاقیت و نوآوری آنان را تحریک می‌کند. به این ترتیب دانش‌آموزان باعلاقه و نه اجبار برای مواجهه با تغییرات سریعی که مهندسان و متخصصان علوم در مشاغل و ارتباطات پدید آورده‌اند آماده می‌شوند.

۱ علوم تجربی: ایده‌هایی درباره جهان طبیعی، که با شواهد تجربی همراه است و در طی زمان‌های طولانی گردآوری شده و فرایندهایی که این ایده‌ها را تولید کرده‌اند.

فناوری: سیستم‌ها، فرایندها و مصنوعات که بشر برای رفع نیازها و تحقق آرزوهای خود ساخته است.
مهندسی: فرایندهای نظام مند و تکرار پذیری که هدف آن رفع نیازها و حل مسایل نوع بشر با بهره‌گیری از دانش علمی طراحی ابزارها و سیستم‌هاست.

ریاضی: بررسی نظام مند الگوها و ارتباطات بین کمیت‌ها، اعداد و فضا که به صورت نمادین از اعداد و فرم‌ها استفاده می‌کند و استدلال منطقی صحت آن را ضمانت می‌کند.

علم اعصاب و پژوهش در مقوله شناخت

پیشرفت های پژوهشی علم اعصاب در مورد مغز عواملی را معرفی می کند که نقش موثری در تسهیل یادگیری دارند. یکی از یافته ها نشان می دهد که افراد زمانی که با شرایط جدیدی روبرو می شوند بیشتر از ایده هایی استفاده می کنند که با یک دیگر ارتباط دارند. این یافته ما را وادار می دارد که به جای یک سری دانش بی ارتباط به یک دیگر، بر آن دسته از ایده های بزرگ متمرکز شویم که ما را در شناخت جهان اطرافمان کمک می کنند و باعث می شوند تا از تجاربمان به درستی استفاده کنیم. زمانی که الگوها را بشناسیم و بتوانیم بین آنها ارتباط برقرار کنیم می توانیم برای درک موقعیت های جدید ویژگی شاخص را شناسایی کنیم. تصاویری از مغز نشان می دهد که واکنش احساسی مغز در هنگامی که فرد ایده جدیدی کسب می کند حاکی از لذت بردن از یادگیری است. فعالیت های نورون های ایینه ای نیز از روشی که در آن یادگیری به شیوه کار گروهی و مشاهده افراد کاربرد تر انجام می شود، حمایت می کنند. علیرغم عقاید بی اعتبار و غلو آمیزی که در مورد عدم ارتباط علم اعصاب و آموزش بیان می شود، شواهد حاکی از این است که گذشت زمان نشان داده است مداخله و همکاری علم اعصاب در آموزش، نه تنها در حوزه علوم تجربی بلکه در سایر موضوعات درسی افزایش می یابد.

چالش ها

هم زمان با تمرکز بر ایده های بزرگ با چالش هایی هم روبرو هستیم. یافته های پژوهشی بیان می کنند که بر سر راه پرورش شناخت در دانش آموزان چالش ها یا بهتر بگوییم موانع متعددی وجود دارد. در این میان دو چالش عمده وجود دارد: یکی سنجش دانش آموزان و دیگری آموزش معلمان.

سنجش دانش آموزان

در بسیاری از کشورها میزان سنجش و امتحان گرفتن از دانش آموزان و استفاده از نتایج آن ها در ارزیابی مدارس و معلمان افزایش یافته است. آنان به اشتباه تصور می کنند که این شیوه کار باعث بهبود فرایند آموزش می شود.

تست سازان در تجارت تست سازی خود یک سری ازمسایل و پرسش های نامرتب طر می کنند که معلمان را وادار می دارد دانش را به شکلی ناپیوسته و قطعه قطعه آموزش دهند. اگر علاقمندیم که تلاش در تمرکز بر آموزش " ایده های بزرگ " موفق شود، باید در شیوه سنجش آن چه دانش آموزان قادر به انجامش هستند، آنچه تولید و جمع آوری و یا استفاده می کنند، تغییرات بنیادی داده شود. بدون این تغییر، شیوه های رایج سنجش، بر آن چه دانش آموز می آموزد و نیز بر شیوه آموزش تأثیر نامطلوب می گذارد به طوری که حتی اگر با تمام قوا به دانش آموزان کمک کنیم تا شناخت و توانایی های کلیدی خود را پرورش دهند باز هم، شانس موفقیت بسیار کم است.

آموزش معلمان

در هنگام طراحی تدریس، معلم باید به این پرسش پاسخ دهد که چگونه می تواند اهداف درس را در چارچوبی از ایده های مستحکم بگنجانند به طوری که دانش آموزان بتوانند محدوده وسیعی از پدیده ها و اتفاقات مرتبط را درک کنند. هنگامی که این تفکر به صورت یک روال جاری در طراحی تدریس معلم در آید، وی چارچوب کار، یعنی آن چه را قرار باشد در فعالیت ها، پرسش ها و گفت و گو های دانش آموزان ببیند تعیین میکند و نیز شیوه بازخورد به دانش آموزان را روشن می کند و می تواند برنامه درسی خود را بر اساس یافته های سنجش مستمر (تکوینی) طراحی کند و روند یادگیری را به درستی هدایت کند. این چالش در مورد معلمان دبستان که تمام موضوعات درسی را آموزش می دهند و نیز دبیرانی که در یک یا دو حوزه درسی تخصص دارند ولی مجبورند تمام موضوعات درسی را تدریس کنند مشهود تر است. مشکل این است که بسیاری از معلمان در دوره تحصیل خودشان در فعالیت های علوم تجربی درگیر نشده اند و فرصت پرورش ایده های بزرگ را هم نداشته اند. اگر قرار است معلمان دانش آموزان را در جهت درک ایده های بزرگ پرورش دهند، آموزش ضمن خدمت باید فرصت کسب این تجارب را برای آنان فراهم سازد.

مزایای فردی و اجتماعی

مواجهه درست با چالش‌هایی که ذکر کردیم مزایای بسیار با ارزشی هم برای دانش‌آموزان و هم برای جامعه دارد. دانش‌آموزان از برنامه‌های درسی که خوب طراحی شده است بهره می‌برند. این بهره‌برداری در علوم تجربی به صورت کسب توانایی در شناخت جهان اطراف ظاهر می‌شود، به طوری که آنان می‌توانند ماهیت فعالیت‌های علمی که بر زندگیشان تأثیر می‌گذارد را درک کنند. مزایای دیگر، آنان با مجهز شدن به ایده‌های بنیادی و قدرتمندی که در محدوده وسیعی از تجارب کاربرد دارند توانایی بیشتری برای شناخت ویژگی‌های اساسی اتفاقات و پدیده‌ها را کسب می‌کنند، به طوری که حتی اگر آنان دانش کافی در مورد تک تک جزئیات هم نداشته باشند با درک ویژگی‌های جهان اطراف می‌توانند در تصمیم‌گیری‌های شخصی که بر سلامت و خوشبختی آنان و یا در انتخاب شغل و حرفه تأثیر می‌گذارد آگاهانه تر عمل کنند.

تمرین پرسشگری، جستجو به دنبال شواهد، یافتن پاسخ‌ها و به مشارکت گذاشتن ایده‌ها، اعتماد به نفس فرد را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود وی هم به خود و هم به دیگران احترام بگذارد. هم زمان با توانمند شدن فرد در تشخیص الگوها در موقعیت‌های مختلف و برقراری ارتباط، احساس رضایتی هم به او دست می‌دهد که در ایجاد انگیزه برای یادگیری، چه در دوران آموزش رسمی و چه بعد از آن، نقش مهمی بازی می‌کند.

از مزایای اجتماعی می‌توان به این واقعیت اشاره کرد که پرورش شناخت دانش‌آموزان از جهان اطراف، باعث می‌شود که انتخاب‌های آنان چه در زندگی تحصیلی و چه در زندگی روزمره، برای مثال در رعایت تغذیه سالم، ورزش کردن، حفاظت از محیط زیست و استفاده از انرژی، آگاهانه باشد. زمانی که در فعالیت‌های روزانه این موارد به صورت عادت معمول، افراد نمود پیدا می‌کند، در زندگی آینده خود آنان و جامعه تأثیر وسیعی می‌گذارد. آشنایی و درک وجوه متعددی از علوم تجربی که در زندگی روزمره استفاده می‌کنیم ما را می‌دارد که اطمینان پیدا کنیم همواره در زندگی روزمره، دانش علوم تجربی خود را به درستی به کار می‌گیریم. دانش‌آموزان باید از تأثیرات مثبت و منفی استفاده از دانش مهندسی و فناوری بر جامعه، چه در گذشته و چه در زمان حال آگاه باشند. آموزش علوم تجربی نقش منحصر به فردی در ایجاد شناخت و تمایل برای مواجهه شدن و مقابله کردن با تبعیض‌های موجود در ثروت، سلامت، اشتغال و آموزش در سرتاسر جهان دارد.

۲ اصل‌ها

در منطق تاکید بر ایده‌های بزرگ، اصول معینی در ارتباط با آموزش علوم وجود دارد. این اصول، بیانگر ارزش‌ها و استانداردهایی است که ما را به سمت ایده‌های بزرگ و شیوه اجرای آنها سوق داده‌اند. به دنبال بازنگری اصولی که در "اصول و ایده‌های بزرگ آموزش علوم" مشخص شد، توافق شد که نیازی به تغییر اساسی در اصولی که طرح شده نیست. با این حال، به این نتیجه رسیدیم که بهتر است این بار هم آنها را با جزئیات بیشتری بیان کنیم و هم وجوه خاصی از کاربرد آنها را در آموزش علوم تجربی ذکر کنیم.

اصولی که در اهداف آموزش علوم کاربرد دارند:

در طی دوران آموزش عمومی (اجباری)، مدارس باید اهدافی نظام‌مند طراحی کنند تا از طریق برنامه‌های آموزش علوم تجربی بتوانند در دانش‌آموزان، کنجکاوی در مورد پدیده‌های جهان اطراف، احساس رضایت از انجام فعالیت‌های علمی و درک شیوه توصیف پدیده‌های طبیعی را، پرورش دهند.

آموزش علوم تجربی باید برای تمام دانش‌آموزان فرصت‌های برابر فراهم کند تا در تصمیم‌گیری‌های آگاهانه مشارکت داشته باشند و فعالیت‌های مناسبی انجام دهند که بر سلامتی خود آنها، دیگران و محیط زیست تأثیر می‌گذارد. این آموزش باید باعث پرورش:

- شناخت مجموعه‌ای از ایده‌های بزرگ در علوم تجربی که شامل ایده‌هایی در مورد علوم تجربی و کاربردهای آنهاست بشود.
- توانمندی‌های علمی در جمع‌آوری و استفاده از شواهد شود.
- تمایلات و نگرش‌های علمی‌شود.

آموزش علوم با استفاده از تمایلات طبیعی دانش‌آموزان باید بتواند، توانایی درک و معنا کردن جهان اطراف، کنجکاوی، حیرت و پرسش‌گری فراگیران را تقویت کند به طوری که آنان پژوهش علمی را فعالیت‌هایی ببینند که هرکس از جمله خود آنان قادرند انجام دهند و به راحتی بتوانند تجارب قدیم و جدید را با یک دیگر ارتباط دهند. این امر نه تنها از ایجاد رضایتمندی، بلکه از جهت کسب اطمینان از توان خود در درگیر شدن در پژوهش و توسعه دانش فردی مهم است. هم‌فرایند فعالیت علمی و هم‌فراورده آن باعث می‌شود تا فرد با دریافت پاسخ انگیزه و رغبت بیشتری برای یادگیری پیدا کند.

آموزش علوم باید به هر دانش‌آموز کمک کند تا شناخت، قدرت استدلال و نگرش‌های خود را به گونه‌ای پرورش دهد که بتواند زندگی قیظیکی و روحی خود را به درستی هدایت کند. علاوه بر این دانش‌آموزان را توانمند سازد تا بتوانند در اجتناب از مواردی مثل: اتلاف انرژی و منابع دیگر، آلودگی و تغذیه ناسالم، عدم ورزش و استفاده نادرست از داروها چه فردی و چه گروهی به درستی تصمیم بگیرند.

آموزش علوم تجربی باید شناخت دانش‌آموزان از ایده‌های بزرگ در مورد اجسام، پدیده‌ها، مواد و ارتباطات در جهان طبیعی را پرورش دهد و نیز در آنان، ایده‌های بزرگ در مورد پژوهش‌های علمی، استدلال و انجام کارها در ارتباط بین علوم تجربی، فناوری، اجتماع و محیط زیست را توسعه دهد.

اگرچه ایده‌های بزرگ علوم تجربی (حاصل فعالیت‌های علمی) و ایده‌های بزرگ در مورد علم (شناخت و استفاده ما از علوم تجربی) نقطه تمرکز اصلی این مجموعه هستند، اهداف آموزش علوم، باید بتواند توانمندی‌ها و نگرش‌های علمی را نیز بهبود بخشد.

اصولی که در انتخاب فعالیت‌های علمی کاربرد دارند

با شناخت این که یادگیری چگونه اتفاق می افتد، بررسی دقیق برنامه‌ها و مطالعاتی باید بیانگر این باشد که حرکت به سمت اهداف آموزش علوم به وضوح پیشرفت دارد. توالی تلاش برای تحقق ایده‌های بزرگ باید حاصل مطالعه موضوعات مورد علاقه و مرتبط با زندگی دانش‌آموزان بدون توجه به سوابق آنان باشد. از وجود تنوع بین دانش‌آموزان می‌توان به نفع تقویت یادگیری همگان استفاده شود. فعالیت‌های یادگیری باید دانش‌آموزان را در کسب تجربه در زمینه پژوهش‌های علمی و علوم تجربی توانمند کند. این پژوهش‌ها هم زمان با پرورش اهداف ممکن دیگری مثل نگرش‌ها و توانمندی‌ها باید بتواند ایده‌های علمی را عمق ببخشد.

دانش‌آموزان در هنگام ورود به مدرسه با خود ایده‌هایی می‌آورند که حاصل فعالیت‌ها، مشاهدات و تفکر آنان در زندگی روزمره شان است. این ایده‌ها باید نقطه شروع توسعه شناخت، کسب توانمندی‌ها و نگرش‌هایی باشد که هدف‌های آموزش علوم تجربی است. تجربه‌ها و فعالیت‌های یادگیری دانش‌آموزان باید متناسب با زمینه‌ها و علائق و سوابق متنوع و متفاوت آنان بوده و نیز با تجاربشان ارتباط داشته باشد.

هر تلاشی که برای تحقق اهداف می‌شود باید آگاهانه و با اشراف بر ماهیت پیشرفت و به خصوص انتظاراتی که از دانش‌آموزان از باب دانستن، درک کردن و انجام دادن و آن چه در دوره آموزشی مدرسه قرار داده شده باشد.

بدیهی است دانش‌آموزان نمی‌توانند با انجام تکالیفی که برای آنان معنایی ندارد شناختی از پدیده‌ها کسب کنند. یادگیری زمانی موثر واقع می‌شود که آنان بتوانند تجارب جدید را با دانسته‌های قبلیشان ارتباط دهند و کنجکاوی انگیزه‌ای شود تا به پرسش‌ها پاسخ دهند. بنابراین فعالیت‌ها باید دانش‌آموزان را برای درگیر شدن با اجسام و مسایل واقعی توانمند کند. برنامه‌های یاددهی یادگیری به اندازه کافی انعطاف پذیر باشد تا علیرغم تأثیری که تفاوت در تجارب و در مکان زندگی بر روی یادگیری دانش‌آموزان دارد، بتوان از علائق و پرسش‌های آنان به عنوان نقطه شروع کار در جهت اهداف مشترک استفاده کرد. هدف دانش‌آموزان در یادگیری علوم تجربی باید ادراک (شناخت) باشد و نه کسب مجموعه‌ای از تئوری‌ها و حقایقی که دیگران درستی آن‌ها را اثبات کرده‌اند.

دانش علمی باید بتواند پدیده‌های طبیعی را برای دیگران طوری شرح دهد که در پذیرش آن به عنوان بهترین توصیف از شواهد موجود توافق جمعی باشد. این دانش باید حاصل تلاش نوع بشر شامل خلاقیت، تخیلات و نیز گردآوری و تفسیر بسیار دقیق داده‌ها باشد.

اصولی که در سنجش دانش‌آموزان کاربرد دارند

سنجش نقش مهمی در آموزش علوم تجربی دارد و در هر صورت باید در نظر داشت که سنجش باید باعث بهبود یادگیری شود.

سنجش مستمر (تکوینی) از آموخته‌های دانش‌آموزان و نیز سنجش مجموعی از میزان پیشرفت آنان باید در مورد تمام اهداف اعمال شود.

سنجش تکوینی باید به عنوان بخشی مستمر از فرایند یاد دهی- یادگیری به دانش‌آموزان کمک کند تا آنان از اهداف هر فعالیت آگاه شوند، بتوانند در مورد میزان موفقیتشان قضاوت کنند و تلاش‌های خود را به طور موثر مدیریت کنند. سنجش مجموعی هم گرچه بیشتر به هدف گزارش دادن میزان آموخته‌ها انجام می‌شود، اما باید پشتیبان یادگیری باشد. در هر صورت باید از تأثیرات منفی که معمولاً به این سنجش و امتحانات نهایی نسبت داده می‌شود جلوگیری شود.

معمولاً معلم با انتخاب شیوه سنجش دانش‌آموزان تعیین می‌کند که آموزش چه چیزهایی مهم است. با این حال باید به این نکته مهم توجه داشت که آموزش به آن چه می‌توان سنجید و اندازه‌گرفت محدود نمی‌شود و لازم است روش‌های مختلفی برای جمع‌آوری و تفسیر شواهد حاکی از میزان آموخته‌های دانش‌آموزان طراحی شود تا آنان بتوانند نشان دهند که در ارتباط با اهداف آموزش علوم چه موفقیت‌هایی کسب کرده‌اند. علاوه بر این باید به این نکته هم توجه کرد که به دلایل متعدد غیر قابل اجتناب (مثل امکان گرد اوری تعداد معدودی نمونه‌هایی از کارهای تکمیل شده دانش‌آموزان و یا کافی نبودن و یا نپایان بودن ابزارهای سنجش) سنجش پیامدهای یادگیری معمولاً تقریبی هستند.

اصولی که برای معلمان و مدارس کاربرد دارند

برنامه‌های تحصیلی دانش‌آموزان، آموزش‌های اولیه و ارتقای حرفه‌ای معلمان، باید با روش‌های یاد دهی یادگیری علوم تجربی که هم زمان شامل هدف‌های چند گانه‌ای را در آموزش است سازگار باشد.

در تلاش در جهت تحقق این اهداف، برنامه‌های علوم تجربی مدارس باید بتواند همکاری بین معلمان و نیز در گیر کردن افراد جامعه از دانشمندان را در این برنامه توسعه دهد.

در آموزش‌های قبل از خدمت و نیز ضمن خدمت معلمان باید در نظر گرفت که معلمان هم، خود یادگیرنده‌اند و لذا باید در عمل درگیری در مباحثات و فعالیت‌های علوم تجربی را در سطح خودشان تجربه کنند. این آموزش‌ها باید فرصت‌هایی برای معلمان فراهم کنند که آنان بتوانند انواع مختلفی از فعالیت‌های علمی پژوهشی را انجام دهند. این رویکرد به آموزش‌های حرفه‌ای معلمان، آنان را در فرایند آموزش علوم تجربی و نیز در باره علوم تجربی حمایت می‌کند.

از طرف دیگر معلمان باید فرصت پیدا کنند تا با یک دیگر و نیز با انجمن‌های محلی و به خصوص با انجمن‌های دانشمندان علوم تجربی همکاری کنند. چالش برای توسعه علوم تجربی نیازمند همکاری مدرسان علوم تجربی و دانشمندان است. معلمان باید فرصت یابند تا شناخت خود را از علوم تجربی ارتقا دهند. برای مثال شرکت در کنفرانس‌ها و دوره‌هایی که در آن دانشمندان تجارب خود را با یک دیگر در میان می‌گذارند می‌تواند به بهبود حرفه‌ای معلمان کمک کند. افرادی که در صنایع محلی یا در انجمن‌هایی که در فعالیت‌های علوم تجربی درگیرند، می‌توانند اطلاعات مفیدی در باره کاربرد علوم تجربی ارائه

دهند. این چنین فرصت‌هایی می‌تواند با استفاده از کمک‌های مجازی دانشجویانی که در آموزش عالی در شاخه‌های مرتبط با علوم تجربی مشغول تحصیلند و یا از طریق بازدید دانشمندان از مدارس که مستقیماً در کار با دانش‌آموزان آموخته‌های آنان را تکمیل کنند و یا به معلمان در مورد موضوعات درسی کمک کنند فراهم آید. به این ترتیب انجمن‌های علمی هم در توسعه آموزش علوم مشارکت می‌کنند و هم از فرایند یاد‌دهی یادگیری که در تمام سطوح آموزش علوم تجربی موثر است هم آگاه می‌شوند.

۳ بازنگری ایده‌های بزرگ:

حوزه، اندازه و ویژگی‌ها

علوم تجربی خیلی پیچیده است. چگونه میتوان انتظار داشت که دانش‌آموزان حتی راغب باشند که مجموعه وسیعی از ایده‌ها، تئوری‌ها و اصول‌هایی را بفهمند که برای درک هر یک باید با پیچیدگی‌های زیادی دست و پنجه نرم کنند. یک راه برای فهم غلبه بر این مشکل این است که به گفته‌های یک کارشناس متخصص که برای یک فرد عامی شرح می‌دهد که چگونه یک پدیده در جهان اتفاق می‌افتد گوش دهیم. این کارشناسان در توضیحات خود معمولاً جزییات گیج‌کننده را حذف می‌کنند و فقط ایده‌های کلیدی، (فقط چند تایی)، که پدیده‌ها را شرح می‌دهند، بیان می‌کنند. برای مثال یک فیزیک‌دان ممکن است فقط با استفاده از دو ایده کلیدی (قانون دوم نیوتون و قانون جاذبه عمومی) نشان دهد که چگونه ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی در مدار زمین می‌چرخند و این که چگونه با کمک این دو قانون می‌توان سرعت لازم برای نگه داشتن این اجسام در مدار و یا پایین آوردن آن‌ها را محاسبه کرد. منظور ما این نیست که ایده‌های کلیدی را نمی‌توان مستقیماً آموزش داد و این را نیز انکار نمی‌کنیم که ایده‌های مرتبط، به گونه‌ای از به هم پیوستن بسیاری ایده‌های کوچکتر که حاصل تجارب قبلی است کسب می‌شوند، اما باور داریم که اطمینان از این که این تجارب یادگیری به ایده‌های کلیدی ارتباط دارند، می‌تواند به ما بفهماند که دانش‌آموزان باید آن چه را در جهان مشاهده می‌کنند درک کنند. علاوه بر این همان طوری که قبلاً هم گفته ایم، این شناخت آنان را قادر می‌سازد که دریابند چه چیزهایی را در تصمیم‌گیری‌هایی که بر محور علوم تجربی گرفته می‌شود و در زندگی سالم آنها و دیگران تأثیر دارند دخالت دهند.

بدیهی است درک این مزایای بالقوه به انتخاب ایده‌هایی که می‌خواهیم در نظر بگیریم بستگی دارد. در این جادو تصمیم‌گیری را مطرح می‌کنیم:

حوزه- ایا می‌خواهیم نگرش‌ها و تمایلات علمی در جهت علوم تجربی و آن چه را به عنوان مهارت‌ها، ممارست‌ها، شایستگی‌ها و یا توانمندی‌ها و هم چنین ایده‌های اصلی علوم تجربی می‌شناسیم هم وارد کنیم.

اندازه-وسعت دایره توصیف یک پدیده یا ایده چقدر باشد، با علم به این که هر چه ایده بزرگتر می‌شود از توصیف صرفاً یک پدیده خاص بیشتر فاصله می‌گیرد و به عبارتی مجرد تر می‌شود.

حوزه

همان طوری که در اصول مربوط به اهداف بیان شد، آموزش علوم چیزهای بیش از درک مفاهیم است. آموزش علوم تجربی علاوه بر ایده‌هایی که شرح می‌دهد در دنیا چه اتفاقاتی می‌افتد، اهداف دیگری هم دارد این اهداف موارد زیر را در نظر دارند:

- پرورش درک ماهیت علوم تجربی
- پرورش توانمندی‌هایی که برای درگیر شدن در فعالیت‌های علمی لازم است
- پرورش نگرش‌های علمی^۱ و نگرش‌های آگاهانه در مورد علوم تجربی^۲
- پرورش درک ارتباط بین علوم تجربی و موضوعات دیگر، به خصوص فناوری، ریاضی و مهندسی

1 of science

2 about science

ضمن تأیید این که آموزش علوم تجربی باید این پیامدهای متعدد را در نظر بگیرد، تصمیم ما بر تأکید بر ایده‌های بزرگ علوم تجربی و درباره‌ی علوم تجربی از این باور نشات می‌گیرد که ایده‌ها نقش مهمی در تمام وجوه علوم تجربی دارند. پرورش درک و فهم یک عامل مهم در تمام فعالیت‌های علوم تجربی است. توانایی پژوهش کردن، یا انجام دادن و نیز پرورش نگرش‌ها و تمایلات علمی از طریق درگیر شدن در فعالیت‌هایی پرورش پیدا می‌کنند که محتوای آنها بر درک علوم تجربی تأکید دارد، در غیر این صورت به ندرت می‌توان این فعالیت را یک فعالیت علمی شمرد. اگرچه ممکن است ما در مواردی بر رفتارهایی مثل نگرش محتاطانه در تفسیر داده‌ها و یا در انتخاب آن چه در طراحی یک پژوهش علمی لازم است تمرکز کنیم و یا آنها را تقویت کنیم، در آن موارد هم فعالیت مربوط به یک یا چند ایده علمی است؛ زیرا این ویژگی‌ها در محتوای غیر علمی پرورش پیدا نمی‌کنند. این مباحثه ارزش تهیه فهرستی از نگرش‌ها و توانمندی‌ها و کار در جهت پرورش آنها هم زمان با پرورش درک مفهومی را نمی‌کند، اما این اصل را بیان می‌کند که تمام فعالیت‌های علوم تجربی باید به درک عمیق ایده‌های علمی کمک کنند، گرچه ممکن است هم زمان اهداف دیگری هم داشته باشند.

درک ماهیت علوم تجربی

ما می‌خواهیم فراگیران فرایند فعالیت‌های علمی و نیز ایده‌هایی که آن فرایند را پیش می‌برند درک کنند. به عبارت دیگر بفهمند که این ایده‌ها از کجا آمده‌اند و نه فقط که این ایده‌ها چه هستند.

به واقع نمی‌توان دانش در مورد فعالیت‌های علمی را از دانش در مورد ایده‌های علمی جدا کرد. بدون دانستن این که این ایده‌ها چگونه شکل گرفته‌اند یادگیری علوم به واقع پذیرش کورکورانه ایده‌های متعدد در باره جهان طبیعی می‌شود که شیوه‌ای خلاف عقل سلیم است. در دنیایی که میزان وابستگی به علوم تجربی روز به روز بیشتر می‌شود، اگر افراد درک درستی از شیوه ارزیابی اطلاعاتی که این توصیفات ارائه می‌دهند نداشته باشند، احتمالاً احساس ناتوانی می‌کنند. در علوم تجربی این ارزیابی مربوط به روش‌هایی است که در جمع‌آوری اطلاعات، تحلیل و تفسیر داده‌ها برای آزمودن تئوری‌ها استفاده می‌شود. پرسش در مورد مبنای ایده‌ها ما را قادر می‌سازد تا ادعاهایی که مبناهای نادرست دارند را رد کنیم و مواردی را که به عنوان شواهد برای حمایت از یک عمل خاص انتخاب می‌شود، به درستی تشخیص دهیم. آن چه گفته شد در استفاده از دانش علمی به هدف ارزیابی شواهد در تصمیم‌گیری‌هایی مثل استفاده از منابع طبیعی نقش کلیدی دارد.

ظرفیت درگیری در فعالیت‌های پژوهشی

انجام فعالیت‌های پژوهشی علمی، به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا ایده‌هایی هم در مورد علوم تجربی و هم در مورد چگونگی شکل گرفتن این ایده‌ها کسب کنند. ویژگی کلیدی این فعالیت‌ها تلاش برای پاسخ به پرسشی است که دانش‌آموزان طرح می‌کنند و یا توصیف چیزی است که نمی‌فهمند. اگرچه این پرسش‌ها را ممکن است دانش‌آموزان طرح کنند اما، واقعیت این است که نباید تصور کنیم همواره این دانش‌آموزان هستند که پرسش‌ها را طرح می‌کنند. در بسیاری مواقع پرسش را معلم طرح می‌کند. در چنین مواقعی معلم با هنرمندی خود می‌تواند به گونه‌ای رفتار کند که دانش‌آموز پرسش طرح شده را پرسش خود بداند. پاسخ بعضی از پرسش‌ها را با پژوهش‌های دست اول می‌توان پیدا کرد و در موارد دیگر برای یافتن پاسخ‌ها باید از منابع دست دوم استفاده کرد. آن چه در هر دو مورد مهم است استفاده از شواهد برای آزمودن ایده‌هاست. در این موارد اعتبار شناختی که بر مبنای نتایج کسب می‌شود، به شواهدی که جمع‌آوری می‌شود و شیوه تفسیر آن شواهد بستگی دارد. بنابراین ظرفیت هدایت پژوهش علمی نقش کلیدی در پرورش ایده‌ها دارد و شیوه آموزش ایده‌های بزرگ باید بتواند شایستگی و اطمینان در پژوهش را رشد دهد. ما به این موضوع در بخش ۵ باز می‌گردیم.

زمینه مهندسی-علوم تجربی-ریاضی-فناوری (معرف)^۱

علت تلفیق این چهار موضوع (مهندسی-علوم تجربی-ریاضی-فناوری) به دلیل این است که درک موقعیت‌هایی در زندگی روزمره معمولاً از طریق تلفیق این چهار موضوع امکان پذیر می‌شود. به عبارت دیگر بسیاری از مواردی را که به علم تجربی نسبت می‌دهیم، در قالب مهندسی و فناوری بهتر بیان می‌شوند. علاوه بر این با تلفیق این چهار موضوع در برنامه درسی می‌توان فرصت‌هایی فراهم کرد که در آنها بین آنچه معلم و دانش‌آموز در فرایند آموزش در مدرسه انجام می‌دهند و آنچه در فعالیت‌ها در فضاهای واقعی کار و پژوهش می‌گذرد هماهنگی و سازگاری ایجاد شود. علاوه بر آن میزان علاقه دانش‌آموزان با افزایش درگیری آنان در فعالیت‌ها زیاد می‌شود. یک دلیل دیگر برای اصرار ما در تلفیق این موضوعات واقعیتی است که پژوهش‌های شناختی ارایه می‌دهند. این پژوهش‌ها بر این تاکید دارند که دانش‌آموزان در زندگی روزمره خود از تلفیق این موضوعات بیش تر از دانش مجزایی که هر کدام قطعه قطعه ارایه می‌دهند استفاده می‌کنند. پژوهش‌های اندکی نیز به این موضوع اشاره می‌کنند که تلفیق مهندسی با سایر علوم تجربی نتایج سوئی هم دارد و بهتر است در دوران آموزش عمومی هر کدام از این موضوعات در فضاهای امن خودشان آموزش داده شوند. به جای این که سعی شود این موضوعات، "معرف"، را به گونه ای تلفیقی آموزش دهیم، بهتر است، برنامه درسی آگاهانه تم‌های مرتبط این موضوعات با یک دیگر هماهنگ کند، تا بتوان به درستی از مزایای تلفیق آنها بهره مند شد.

اندازه

اگر بخواهیم به این پرسش که "یک ایده تا چقدر می‌تواند بزرگ باشد"، پاسخ دهیم موضوع ارتباط دادن بین زمینه‌های مختلف درسی هم طرح می‌شود. از نظر ما "ایده بزرگ" در علوم تجربی ایده ای است که می‌توان از آن در توصیف و پیش بینی محدوده ای از پدیده‌ها ی مرتبط در دنیای واقعی استفاده کرد. ایده‌های توصیفی "اندازه‌های" متفاوتی دارند. به دنبال هر ایده ای که برای یک پدیده یا پدیده‌های محدود بیان می‌شود، ایده بزرگتری وجود دارد که محدوده وسیع تری از پدیده‌ها را در بر می‌گیرد. این ایده‌های بزرگتر نیز می‌توانند با یک دیگر جمع شوند و یک ایده بازم بزرگ تر و جامع تری را بسازند. برای مثال، یک کودک در مورد پدیده حل شدن یک ماده در ماده دیگر، مثل حل شدن شکر در آب، آن را به صورت ناپدید شدن شکر در آب "شرح می‌دهد". این ایده خام بعداً به این صورت بزرگتر می‌شود که شکر گرچه دیده نمی‌شود ولی هنوز در آب وجود دارد و این ایده هم با شرح این که چرا بعضی چیزها در آب حل نمی‌شوند و یا این که بعضی مواد را فقط به این دلیل می‌توانید بگویید در آب وجود دارند، که رنگ آب را تغییر داده اند، باز هم "بزرگتر" می‌شود. حال این توصیفات را می‌توان با چگونگی توصیف پدیده‌های دیگر برحسب فعل و انفعالات در سطح مولکولی به یک دیگر پیوند داد.

در تئوری، فرایند مرتبط کردن ایده‌ها به یک دیگر را که می‌توانند ایده بزرگتری را شکل دهند تا جایی می‌توان ادامه داد که به یک تعداد محدودی مفاهیم و یا حتی فقط یک مفهوم رسید که همه چیز را شرح می‌دهد. این نوع ایده‌ها لزوماً خیلی مجرد هستند، با تجارب واقعی فاصله دارند و بنابراین نسبت به ایده‌هایی که به طور وضوح با این تجارب و یا پدیده‌ها ارتباط نزدیک تری دارند فایده کم تری دارند. این ایده‌ها مثل ایده‌های بین رشته ای از مرزهای موضوعات و رشته‌ها نمی‌گذرند، بلکه به صورت چند رشته ای عمل می‌کنند و شامل ایده‌هایی مثل سیستم، تقارن، عمل، علت و معلول، فورم و الگو هستند.

دلیل این که چرا ایده‌های بزرگ را در سطح بین رشته ای، پایین تر از سطح چند رشته ای قرار دادیم توجه به نیازهای معلم و دانش‌آموز است. گفت‌وگو در مورد ایده‌های چند رشته ای را برای حدود ۱۸ سالگی، دوران کارشناسی در دانشگاه و یا بالاتر مناسب می‌دانیم. برای دانش‌آموزان مدرسه که ممکن است در آینده در مشاغل مرتبط یا غیر مرتبط با علوم تجربی مشغول شوند، ایده‌هایی مناسب‌تر است که با زندگی روزمره آنان ارتباط بیشتری دارد و از جامعیت کمتری برخوردار است. در این سطح از ایده‌ای بزرگ، آموزش علوم تجربی باید به پرورش همه دانش‌آموزان کمک کند و هم زمان آموزش‌دهندگان متوجه این نکته باشند که بین بیان اهداف و شیوه تحقق اهداف تفاوت وجود دارد. خرد کردن این ایده‌ها به ایده‌های کوچک‌تر امکان‌پذیر

^۱ "معرف": خلاصه شده مهندسی، علوم تجربی، ریاضی و فناوری

است، ولی ممکن است باعث شود دانش‌آموزان نتوانند ایده‌های کوچک را به یک دیگر ارتباط دهند و در نتیجه امکان ادغام این ایده‌ها به ایده‌های بزرگتر از بین می‌رود.

تعیین ایده‌های بزرگ

در رویکرد آموزش علوم تجربی توجه به ایده‌های بزرگ نه تنها پذیرفته شده بلکه به واقع با اقبال هم روبرو شده است. در تصمیم‌گیری در مورد این که آیا لازم است تغییری در "اصول و ایده‌های بزرگ" که قبلاً چاپ شده داده شود، معیارهایی را انتخاب و بررسی کردیم و به این نتیجه رسیدیم که به استفاده از همان معیارها ادامه دهیم. به این ترتیب ایده‌های بزرگ باید:

- دارای توان توصیف مجموعه وسیعی از اجسام، اتفاقات، و پدیده‌هایی باشند که دانش‌آموزان در زندگی روزمره خود در دوران تحصیل و بعد از آن با آنها مواجه‌اند.
- مبنایی برای درک موضوعاتی، مثل استفاده از انرژی، مشارکت در تصمیم‌گیری‌ها یا بر صحت و سلامت فراگیران و دیگران و نیز بر محیط زیست تأثیر دارد، فراهم کند.
- به افراد به دلیل توانایی در پاسخ به پرسش‌هایی که در مورد خود آنان و یا محیط اطرافشان می‌شود، احساس رضایت دهد.
- از نظر فرهنگی حایز اهمیت باشد - برای مثال در بررسی تاریخ علم، به شرح موفقیت‌های بشر در مواردی که شرایط زندگی را بهبود بخشیده پردازد، در ارتباط با مطالعه طبیعت الهام بخش و در فعالیت‌های بشر بر محیط زیست تأثیر گذار باشد.

در بازخوانی که به نتایج این شیوه در انتخاب ایده‌های بزرگ داده شده است، تغییر مهمی لازم دیده نشد و هر نوع تغییری منوط به نظر افراد ذیصلاح گردید. در همان زمان روشن شد که قبل از این که این رویکرد به صورت یک بخشنامه برای تدریس در کلاس یا در آموزش معلم در آید. چگونگی انجام کار با ایده‌های بزرگ و کاربرد محتوای برنامه درسی، پداگوژی و سنجش دانش‌آموزان نیازمند توجه بیشتری است. در نتیجه، حتی اگر قبول کنیم که ایده‌های دیگری را هم می‌توانستیم پیشنهاد کنیم، مسلم بود که در این مرحله که استفاده از این ایده‌ها تازه شروع شده است اعمال هر نوع تغییری مفید نخواهد بود. اگر چه تفاوت در شیوه‌ارایه ایده‌ها در چارچوب جدیدی که منتشر شده است با شیوه قدیم تفاوت‌هایی وجود دارد اما، با اهدافی که در برنامه درسی بسیاری از کشورها گنجانیده شده شباهت‌های زیادی دارد. با توجه به این دلایل، در بازنگری معیارهایی که در انتخاب ایده‌ها استفاده شد و نیز بررسی جایگزین‌ها، قرار شد فقط تغییرات جزئی در نوشتن ایده‌ها داده شود و همان صورت قبل یعنی انتخاب ده ایده اصلی از علوم تجربی و چهار ایده در مورد علوم تجربی تایید شد.

در ادامه فهرست این ایده‌ها آمده است. آن چه مهم است توجه به این نکته است که در دوره آموزش عمومی باید همه دانش‌آموزان فرصت پیدا کنند تا این ایده‌ها را فرا بگیرند. در فصل ۴ شرح این ایده‌ها و روند پیشرفت آنها در دوران تحصیل در مدارس به تفصیل خواهد آمد.

ایده‌هایی در مورد علوم تجربی

۱. تمام مواد موجود در جهان از ذرات بسیار ریزی ساخته شده‌اند

اتم‌ها واحد سازنده تمام موجودات زنده و غیر زنده‌اند. ویژگی‌های مواد مختلف تابع رفتار و آرایش اتم‌های آنهاست. در واکنش‌های شیمیایی، نظم و ترتیب اتم‌ها تغییر می‌کند تا ماده جدیدی ساخته شود. هر اتم دارای یک هسته شامل نوترون و پروتون است که به وسیله الکترون‌ها احاطه شده‌اند. بارهای مثبت پروتون‌ها و منفی الکترون‌ها یک دیگر را جذب می‌کنند و باعث یک پارچه ماندن اتم‌ها و نیز تشکیل بعضی ترکیب‌ها می‌شوند.

۲. اجسام در هر فاصله ای بر یک دیگر اثر می‌کنند.

تمام مواد حتی بدون اینکه با یک دیگر تماس هم داشته باشند بر یک دیگر تأثیر می‌گذارند. در بعضی مواقع این تأثیر به صورت تابش (برای مثال نور مرئی) از منبع تا گیرنده طی می‌شود و در موارد دیگر این تأثیر در یک فاصله به صورت یک میدان، مثل میدان مغناطیسی، الکتریکی و یا گرانشی عمل می‌کند. گرانش به صورت یک نیروی جاذبه بین اجسام در هر اندازه، در تمام جهان عمل می‌کند. این نیرو باعث می‌شود سیاره‌ها در مدار خود به دور خورشید در چرخش بمانند و در محدوده کره خاکی اجسام به سمت مرکز سقوط کنند.

۳. برای تغییر حرکت یک جسم لازم است یک نیروی خالص بر آن وارد شود.

اگر چه نیرویی که بر جسمی اثر می‌کند دیده نمی‌شود ولی می‌توان وجود آن را از طریق تأثیری که بر حرکت و یا شکل جسم دارد، تشخیص داد. اگر جسم ساکن باشد، نیروهایی که بر آن اثر می‌کنند از نظر اندازه مساوی ولی از نظر جهت مخالف یک دیگرند و اثر یک دیگر را خنثی می‌کنند و جسم را در تعادل نگه می‌دارند. با توجه به این که نیروی گرانش همواره بر همه اجسام اثر می‌کند، اگر جسمی ساکن است به این معناست که نیرویی در جهت مخالف نیروی گرانش و لی در اندازه مساوی با آن بر جسم وارد می‌شود. زمانی که نیروها مساوی نباشند جسم در جهت نیروی خالص حرکت می‌کند. این حالت در زمانی که نیروهایی که بر جسم وارد می‌شوند در یک راستا نباشند باعث چرخش و یا پیچش جسم می‌شوند. از این تأثیر در بعضی از ماشین‌های ساده استفاده می‌شود.

۴. کل انرژی موجود در جهان همواره ثابت است، ولی انرژی می‌تواند از یک شکل به شکل دیگر تبدیل شوند.

در بسیاری از فرایندها یا پدیده‌ها تغییر اتفاق می‌افتد. این تغییرات نیاز به انرژی دارند که باید از منبعی تامین شود. انرژی می‌تواند به روش‌های مختلف از یک جسم یا گروهی از اجسام به جسم یا اجسام دیگر منتقل شود. در این فرایندها بعضی از شکلهای انرژی چندان قابل استفاده نیستند. انرژی در جهان نه تولید می‌شود و نه از بین می‌رود. بعضی از اشکال انرژی‌هایی که از سوزاندن سوخت‌های فسیلی آزاد می‌شوند، هدر می‌روند و قابل استفاده نیستند.

۵. شکل سطح زمین و آب و هوای آن حاصل ترکیبات موجود در زمین و در جو آن و نیز فرایندهایی است که در آن اتفاق می‌افتد.

تابش نور خورشید سطح زمین را گرم می‌کند و باعث ایجاد جریان‌های هم‌رفتی در سطح زمین و اقیانوس‌ها و تعیین شرایط آب و هوایی موجود می‌شود. در بخش داخلی، در لایه‌های زیر سطح زمین هم گرما باعث حرکت سنگ‌های مذاب می‌شود. این امر باعث حرکت صفحاتی می‌شود که پوسته زمین را می‌سازند و سبب بروز پدیده‌های آتش‌فشانی یا زلزله‌ها می‌شوند. سطح جامد زمین هم به دلیل هوازدگی و یا تشکیل سنگ‌ها دایم در حال تغییر است.

۶. منظومه خورشیدی ما بخش بسیار کوچکی از میلیاردها کهکشان در جهان است.

خورشید ما و هشت سیاره و اجرام کوچکتری که در مدار آن قرار دارند منظومه خورشیدی (شمسی) را تشکیل می‌دهند. پیدایش شب و روز و تغییر فصل‌ها به دلیل جهت‌گیری و چرخش زمین در هنگام حرکت به دور خورشید است. منظومه شمسی بخشی از یک کهکشان از ستارگان، گازها و غبارات و یکی از میلیاردها کهکشان در جهان است که از یک دیگر بسیار دورند. به نظر می‌رسد ستارگان زیادی مانند خورشید وجود دارند که سیاراتی به دور آنها در گردشند.

۷. سلول واحد ساختمانی تمام موجودات زنده است. همه این موجودات عمر محدودی دارند.

تمام موجودات زنده از یک یا چند سلول ساخته شده‌اند. سلول‌های موجودات چند سلولی وظایف متفاوتی دارند. تمام فعالیت‌های اصلی حیات حاصل اتفاقاتی است که در درون سلول‌های سازنده موجودات زنده می‌افتد. فرایند رشد موجودات زنده، حاصل تقسیمات سلولی است.

۸. موجودات زنده برای ادامه حیات و تنازع بقا، به انرژی و مواد غذایی مناسب نیاز دارند. غذا، مواد و انرژی مورد نیاز موجودات زنده را تامین می‌کند تا آنها بتوانند اعمال حیاتی خود را انجام داده و رشد کنند. گیاهان سبز و بعضی از باکتریها می‌توانند با استفاده از انرژی خورشید مولکول‌های پیچیده مواد غذایی را بسازند. جانوران با تجزیه مولکول‌های پیچیده موجود درغذای خود انرژی کسب می‌کنند و به این دلیل ادامه حیات آنان به گیاهان سبز به عنوان منبع تامین انرژی مورد نیازشان وابسته است. موجودات در هر بوم سازگانی، برای ادامه حیات و تولید مثل بین گونه‌های مختلف در تامین منبع انرژی و مواد مورد نیازشان با یک دیگر در رقابتند.
۹. اطلاعات ژنتیکی از یک نسل به نسل بعد منتقل می‌شود. اطلاعات ژنتیکی درون سلول در "دی ان ا" (DNA) موجود است. ژنها رشد و ساختار یک موجود زنده را تعیین می‌کنند. در تولید مثل غیر جنسی تمام ژنها از یک والد منتقل می‌شود و در تولید مثل جنسی سهم والدین در انتقال ژنها مساوی است، یعنی هر کدام سهم پنجاه درصدی دارند.
۱۰. تنوع موجودات، زنده و یا منقرض شده، حاصل فرایند تکامل است. جد تمام موجودات زنده امروز یک موجود تک سلولی بوده است. در طی تغییرات بی شماری که به دلیل تنوع زیستی در یک گونه اتفاق افتاده است، آن گونه‌ها که برای ادامه حیات سازگاری بهتری با شرایط محیطی نشان داده اند زنده مانده و بقیه که قادر به سازگاری با محیط نبودند منقرض شده اند.
۱۱. علوم تجربی به دنبال یافتن علت یا علل پدیده‌ها در جهان طبیعی است. علوم تجربی فرایند کاوشگری برای توضیح و درک پدیده‌ها در جهان طبیعی است. این فرایند روش منحصر به فردی ندارد زیرا پدیده‌ها بسیار متنوعند و بنابراین روش‌ها و ابزارهای هم که برای خلق و آزمون توضیحات علمی در باره آنها استفاده می‌شوند متنوع اند. مشاهدات و شواهد چنین نشان داده اند که در بسیاری مواقع برای توصیف یک پدیده لازم است عواملی وجود داشته باشند تا آن پدیده اتفاق افتد. در مواقع دیگر الگوهایی که طی مشاهدات نظام مند ترسیم شده اند، ارتباطاتی را آشکار می‌کنند که می‌توانند شواهدی بر توصیف پدیده‌ها باشند.
۱۲. در هر زمان تئوری‌ها، مدل‌ها و توصیفات علمی، آن‌هایی هستند که با شواهد موجود بهترین تطابق را دارند. در هر زمان هر تئوری یا مدلی که بیان گر رابطه بین متغیرها در یک پدیده طبیعی است، باید با مشاهداتی که در همان زمان انجام می‌شود مطابقت داشته و بتواند پیش بینی‌های قابل آزمونی ارائه دهد. هر مدل و یا تئوری همواره می‌تواند بر اساس اطلاعات جدید تغییر کند. حتی اگر توانسته باشد بر اساس داده‌ها پیش بینی‌های درستی هم کرده باشد.
۱۳. از دانشی که علوم تجربی تولید می‌کند، در مهندسی و فناوری برای تولید محصولات استفاده می‌شود. فناوری با استفاده از ایده‌های علمی توانسته است دروجه مختلفی از فعالیت‌های بشر، تغییرات عمده‌ای ایجاد کند. پیشرفت فناوری، فعالیت‌های علمی بشر را گسترده تر کرده و باعث بهبود شناخت جهان طبیعی شده است. در بعضی زمینه‌ها هم فعالیت‌های فناورانه از ایده‌های علمی پیشی گرفته اند و در مواردی ایده‌ها هم چنان پیش تازند.
۱۴. کاربرد علوم تجربی معمولاً توصیه‌های اخلاقی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی دارد. استفاده از دانش علمی در فناوری سبب اختراعات زیادی شده است. با این حال نمی‌توان فقط بر اساس دانش علمی در مورد مناسب یا غیر مناسب بودن کاربرد خاصی از علوم تجربی قضاوت کرد. در مواردی مثل عدالت، یا تساوی، امنیت بشری و تأثیر بر مردمان و طبیعت به قضاوت‌های اخلاقی و معنوی نیاز است.

۴ روند پرورش ایده‌های بزرگ

فرایند توسعه شناخت ایده‌های بزرگ در علوم تجربی فرایندی تدریجی است که در طی دوران تحصیل رسمی و در ادامه آن توسعه می‌یابد. این فرایند که شامل هم تفکر قیاسی و هم تفکر استقرایی است از ایده‌های خرد، محلی و ایده‌های وابسته به زمینه‌های معین که در طی مطالعه پدیده‌های خاص شکل می‌گیرند، آغاز می‌شود. فرد احتمالاً با توجه به الگوها پرسش‌هایی در مورد علت وقوع پدیده‌ها طرح می‌کند، اما پاسخ این پرسش‌ها بر اساس فرضیه‌های حاصل از تجارب قبلی داده می‌شود که اکثراً با یک جهش خلاقانه مشاهدات قبلی و فعلی را به یک دیگر وصل می‌کنند. به واقع زمانی ایده کسب شده مفید واقع می‌شود که فرد در یک رویداد ایده‌ای کسب کرده و سپس از آن ایده برای توصیف پدیده مرتبطی با آن استفاده می‌کند. به عبارت دیگر ایده‌ها در شرح پدیده‌هایی که در چند زمینه کاربرد دارند با ارزش‌تر می‌شوند. هرچه ایده‌ها مستقل‌تر از زمینه‌ها شوند، لزوماً مجردتر می‌شوند.

برای هر فراگیر روند رو به رشدی وجود دارد که از ایده‌های اولیه و خاص که حاصل از تجارب ابتدایی است آغاز می‌شود و به سمت ایده‌های نیرومندی که محدوده وسیع‌تری از پدیده‌های مرتبط را در بر می‌گیرد ادامه پیدا می‌کند. پژوهش‌های متعدد در مورد ایده‌های شخصی دانش‌آموزان حاکی از این واقعیت است که در شروع تحصیلات رسمی دانش‌آموزان خالی‌الذهن نیستند و ایده‌هایی در مورد جهان اطرافشان دارند که بسیاری از آن ایده‌ها غیر علمی هستند. تغییر ایده‌های دانش‌آموزان به ایده‌های علمی، به دلیل متفاوت بودن تجارب و نیز نوع کمکی که نیاز دارند، مسیر یکسانی را طی نمی‌کند. توصیف این روند - شرح این که ایده‌ها با مرور زمان چگونه تغییر می‌کنند - در برنامه‌ریزی آگاهانه و نیز استفاده از سنجش، هم در کمک به فراگیران و هم در ثبت آن‌ها، مهم است. علاوه بر این آن‌چه مهم است این است که معلم باید بین تجارب یادگیری در موقعیت‌های مختلف در مدرسه و هدف‌های کلی مرتبط با درک ایده‌های بزرگ ارتباط برقرار کند.

مفاهیم توسعه

چگونه می‌توان روند بهبود ایده‌های دانش‌آموزان را از آن‌چه در بدو ورود به مدرسه با خود می‌آورند تا کسب ایده‌های بزرگی که ما می‌خواهیم در زمان خروج از مدرسه داشته باشند شرح داد. در روش‌های مختلفی که در آن‌ها اهداف یادگیری در چهارچوب برنامه درسی تنظیم شده‌اند، سه مدل از توسعه ایده‌ها تشخیص داده‌ایم.

مدل اول، که معمولاً استفاده می‌شود، تلویحاً رشد را به بالا رفتن از نردبان تشبیه می‌کند که در آن هر پله را باید کاملاً طی کنیم و سپس پا را در پله بعدی بگذاریم. در این مدل هدف‌های یادگیری آن چیزی است که برای طی کردن هر پله مورد نیاز است. اندازه پله‌ها در مدل‌های مختلف یا یک دیگر فرق دارد که طی آن‌ها ممکن است یک سال یا چند سال طول بکشد و یا چند مرحله‌ای باشد. از این رویکرد می‌توان چنین برداشت کرد که رشد، یک مسیر خطی از یک سلسله مراحل جداگانه‌ای است که هر کدام نقطه پایان خود را دارد و لزوماً به شناخت کلی از ایده‌های بزرگ هم ارتباطی ندارد. اگر رشد به این صورت اتفاق افتد، دانش‌آموزان بین اهداف و تجربه‌های علوم تجربی ارتباطی برقرار نمی‌کنند و بنابراین از این شیوه آموزش بهره‌ای نمی‌برند.

مدل دوم فقط بر بیان نقطه انتهایی که به روش‌های مختلف می‌توان به آن رسید تأکید دارد. آموزش در این روش بیشتر به صورت قطعه‌های جداگانه یک چورچین (پازل) است که می‌تواند به هر صورتی چیده شود این رویکرد نمی‌تواند معلم و یا برنامه‌ریزان را در تصمیم‌گیری در مورد تجارب یادگیری راهنمایی کند و از این بابت ضعف دارد.

مدل سوم تمام هدف‌ها را به چندین لایه می‌شکند. ایده‌های هر لایه به تدریج در طی زمان و معمولاً از طریق یک برنامه فنر وار رشد می‌کنند. در این مدل این خطر وجود دارد که به ارتباط بین ایده‌ها در لایه‌های مختلف و اتصال آنها به یک دیگر در قالب یک ایده بزرگ‌تر توجه نشود.

هر مدل فواید و زیان‌هایی دارد، به نظر می‌رسد بهتر است از هر کدام بخشی گرفته شود زیرا ماهیت و وسعت تجاربی که برای پرورش هر ایده لازم است با یک دیگر فرق دارد. برای مثال در بعضی موارد ایده‌های شخصی دانش‌آموزان، آنان را به ایده‌های متفاوتی برای توصیف یک پدیده در زمینه‌های مختلف هدایت می‌کند، (برای مثال در همان زمانی که شرح می‌دهد که وقتی لباس‌های خیس در معرض آفتاب و جریان هوا قرار می‌گیرند، خشک می‌شوند، ناپدید شدن آب در گودال‌ها و جاده‌ها را به دلیل نفوذ آب به داخل زمین می‌داند). این همان زمانی است که دانش‌آموزان به کمک نیاز دارند تا درک کنند که چگونه یک ایده بزرگ‌تر این مشاهدات را به هم متصل می‌کند (چورچین). در مورد دیگر زمانی که یک ایده دانش‌آموزان بر مبنای تجارب محدود و ناکافی شکل گرفته باشد، (برای مثال، تمام چوب‌ها در آب شناورند)، باید این ایده را بسط داد تا ایده‌ای با کاربرد وسیع‌تر کسب کنند (فنر وار). هم‌چنین، استدلال دانش‌آموزان ممکن است کافی نباشد و آنان فقط به شواهدی که ایده‌هایشان را تایید می‌کند توجه کنند و علیرغم وجود شواهد، به دلیل عدم آشنایی با یک جایگزین معنا دار، هم‌چنان بر ایده‌های خود بمانند (نردبان).

شرح پیشرفت به سوی ایده‌های بزرگ

رویکرد ما تلاش برای تولید یک توصیف-یک روایت- از چگونگی تغییر ایده‌های کوچک به ایده‌های بزرگی است که در بخش ۳ به آن پرداختیم. در این روایت بعضی از ایده‌هایی را آورده ایم که به تدریج از شکل کوچک اولیه به شکل گسترده و مجرد تری در آمده‌اند که شناخت اجسام، پدیده‌ها و روابط را در دنیای اطراف (ایده‌های ۱۰-۱) ممکن می‌سازند. به همین ترتیب شیوه‌ای که این شناخت تحقق پیدا کرده است، یعنی ایده‌هایی در باره علوم تجربی (ایده‌های ۱۴-۱۱) را نیز شرح داده ایم.

زیر هر عنوان، هر جا که کاربرد داشته باشد، از ایده‌های کوچک و زمینه محوری شروع کرده ایم که دانش‌آموزان خردسال ابتدایی از طریق فعالیت‌های مناسب و حمایت معلم قادر به درک آن‌ها هستند. این ایده‌ها در دانش‌آموزان دوره دبیرستان ۱، با رشد قابلیت‌های آنان در درک تفکر مجرد و نیز در برقراری ارتباط بین پدیده‌ها و اتفاقات پرورش می‌یابد. این دانش‌آموزان با توسعه آن‌چه در مورد جهان اطراف کشف می‌کنند، قادر خواهند بود با تداوم خلق الگوها و ارتباطات و مدل‌ها و استفاده از آنها گستره وسیعی از تجارب جدید و قدیم را بشناسند.

ما از حاشیه متن استفاده کرده‌ایم تا مشخص کنیم به طور معمول هر ایده در کدام مرحله در مدرسه استفاده می‌شود. به دلیل وجود تنوع زیاد در تعیین مقاطع در مدارس کشورهای مختلف، ما سن دانش‌آموز را اساس مرحله بندی قرار دادیم. البته به طور عمد محدوده‌هایی که هم پوشانی دارند را هم مشخص کرده ایم، زیرا قصد نداریم مرزها را دقیقاً و بدون چون و چرا تعیین کنیم. دلیل این امر اهمیت توجه به تنوع مسیر رشد شناختی دانش‌آموزان بوده است. آن‌چه مهم است جهت کلی پیشرفت به سمت چهارچوب‌های توصیفی مفیدی است که براساس شناخت معتبر در هر مرحله ساخته می‌شود. بهبود ایده‌ها در تمام مرحله باید بخشی از این توسعه مداوم باشد. به عبارت دیگر هدف این است که در هر مرحله به ترتیب، کمی بیشتر از مسیر حرکت به سمت ایده‌های بزرگ طی شود. این که در هر مرحله دانش‌آموزان چه مقدار از مسیر را می‌توانند طی کنند به بعضی از متغیرهای زمینه‌ای، یا حداقل به صورتی که در بخش ۵ گفته شد، به روش آموزشی که تجربه می‌کنند بستگی دارد.

۱ تمام مواد موجود در جهان از ذرات بسیار ریزی ساخته شده‌اند

اتم‌ها واحد سازنده تمام موجودات، زنده و غیر زنده اند. ویژگی‌های مواد مختلف تابع رفتار و آرایش اتم‌های آنهاست. در واکنش‌های شیمیایی، نظم و ترتیب اتم‌ها تغییر می‌کند تا ماده جدیدی ساخته شود. هر اتم دارای یک هسته شامل نوترون و پروتون است که به وسیله الکترون‌ها احاطه شده‌اند. بارهای مثبت پروتون‌ها و منفی الکترون‌ها یک دیگر را جذب می‌کنند و باعث یک پارچه ماندن اتم‌ها و نیز تشکیل بعضی ترکیب‌ها می‌شوند.

تمام "چیزها" که در زندگی روزمره با آن مواجه می‌شویم، مثل هوا، آب و انواع مختلف مواد جامد را ماده می‌نامند. مواد جرم دارند و بنا بر این بر روی زمین وزن دارند و فضا اشغال می‌کنند. مواد مختلف را از ویژگی‌های آنها می‌توان شناخت. از بعضی از این ویژگی‌ها، مثل جامد، مایع یا گاز بودن برای طبقه بندی آنان استفاده می‌شود.

از ترکیب بعضی مواد، ماده (یا مواد جدیدی) به دست می‌آید که خواصی متفاوت از مواد اولیه دارند. بعضی مواد با یک دیگر مخلوط می‌شوند و لی خواص خود را حفظ می‌کنند. این مواد را معمولاً می‌توان از یک دیگر جدا کرد. در دمای معمولی بعضی از این مواد در حالت جامد، بعضی در حالت مایع و بعضی دیگر گازی شکل هستند. حالت بسیاری مواد را می‌توان با گرم یا سرد کردن تغییر داد. وقتی ماده جامدی ذوب و یا ماده مایعی بخار می‌شود جرم آن تغییر نمی‌کند.

اگر بتوانیم مواد را تا حد امکان ریز کنیم، متوجه می‌شویم که آن مواد هم از ذرات بسیار ریزتری ساخته شده‌اند که با چشم و یا حتی با میکروسکوپ دیده نمی‌شوند. این ذرات داخل جسم نیستند، بلکه این ذرات خود جسم هستند. تمام ذرات سازنده یک جسم مثل هم هستند ولی با ذرات سازنده جسم دیگر فرق دارند. این ذرات ساکن نیستند بلکه در جهت‌های مختلف و نامنظم در حرکتند. سرعت حرکت این ذرات به دمای ماده بستگی دارد. در حالات مختلف یک ماده، سرعت و محدوده حرکت ذرات و نیز میزان جذب و دفع ذرات مجاور با یک دیگر تفاوت دارد. هر چه نیروی جاذبه بین ذرات مجاور بیشتر باشد، انرژی بیشتری برای جدا کردن آن ذرات از یک دیگر لازم است. مثالی از این مورد تغییر حالت از جامد به مایع یا از حالت مایع به گاز است. به این دلیل نقطه ذوب و جوش مواد با یک دیگر تفاوت دارد چون نیروی جاذبه بین ذرات مواد مختلف با یک دیگر تفاوت دارد.

تمام مواد، زنده یا غیر زنده، در هر نقطه از جهان از تعداد زیادی واحد سازنده به نام اتم ساخته شده‌اند. حدود 10^{23} نوع اتم مختلف در جهان وجود دارد. موادی که فقط از یک نوع اتم ساخته شده‌اند عنصر نامیده می‌شوند. اتم عناصر مختلف می‌توانند با یک دیگر ترکیب شوند و تعداد بیشماری ترکیب بسازند. در یک واکنش شیمیایی نظم (چینش) اتم‌ها یی که در واکنش شرکت می‌کنند تغییر می‌کند تا مواد جدیدی تولید کنند، اما، جرم کل مواد ثابت می‌ماند. خواص مواد مختلف به رفتار اتم و گروه اتم‌ها ی سازنده آن مواد بستگی دارد.

اتم‌ها خودشان نیز دارای یک ساختار داخلی هستند. هر اتم یک هسته سنگین دارد که از پروتون‌ها و نوترون‌ها ساخته شده و توسط الکترون‌ها احاطه شده است. الکترون‌ها و پروتون‌ها دارای بار الکتریکی هستند. بار الکتریکی الکترون منفی و پروتون مثبت است. به دلیل تعادل بین بارهای منفی و مثبت، اتم خنثی است. الکترون‌ها در مواد با سرعت زیاد در حرکتند و جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی تولید می‌کنند. نتیجه این نیروها، نیروی جاذبه ای است که جسم را، اتم‌ها و مولکول‌ها را، در یک ترکیب به هم نگه می‌دارد. اتم‌ها با از دست دادن و یا گرفتن الکترون دارای بار مثبت و یا منفی می‌شوند که در این صورت به آنها یون می‌گویند.

در بعضی از اتم‌ها هسته ناپایدار است و ممکن است ذراتی به نام رادیو اکتیو ساطع کند. این فرایند شامل آزاد سازی تابش و انرژی، بسیار بیشتر از انرژی موجود بین اتم‌ها می‌شود. رفتار مواد در مقیاس هسته، اتم و مولکول با آن چه در مقیاس موادی که به طور معمول مشاهده می‌کنیم تفاوت دارد.

۳-۱

۳-۱

۱۱-۱۴

۱۴-۱۷

۲ اجسام در هر فاصله‌ای بر یک دیگر اثر می‌کنند

تمام مواد بدون اینکه با یک دیگر هم تماس داشته باشند بر یک دیگر اثر می‌گذارند. در بعضی مواقع این تأثیر به صورت تابش (برای مثال نور مرئی) از منبع تا گیرنده طی می‌شود. در موارد دیگر این تأثیر در یک فاصله به صورت یک میدان، مثل میدان مغناطیسی، الکتریکی و یا گرانشی عمل می‌کند. گرانش به صورت یک نیروی جاذبه بین اجسام در هر اندازه، در تمام جهان عمل می‌کند. این نیرو باعث می‌شود سیاره‌ها در مدار خود بدور خورشید در چرخش بمانند و در محدوده کره خاکی اجسام به سمت مرکز زمین سقوط کنند.

اجسام حتی اگر با هم تماس هم نداشته باشند می‌توانند بر یک دیگر اثر کنند. برای مثال نور، هم از منبع نزدیک مثل نور لامپ یا شعله و هم از منبع دور مثل خورشید و ستارگان بسیار دور دست دیده می‌شود، زیرا بر اجسام مسیر خود، که چشم ما هم یکی از آنهاست، اثر می‌کند. نوری که منابع از خود ساطع می‌کنند در جهات مختلف منتشر می‌شود و ما آن را وقتی تشخیص می‌دهیم که به چشم ما رسیده و وارد چشم می‌شود. ما هم چنین صدا را هم که در اثر ارتعاش اجسام تولید می‌شود، در فاصله از منبع تولید آن هم می‌شنویم، زیرا هوا و یا اجسام واقع در مسیر این ارتعاش، مرتعش می‌شوند و وقتی این ارتعاش از هوا به گوش ما داخل می‌شود ما آن صدا را می‌شنویم. نوع دیگر تأثیر غیر تماسی اجسام بر یک دیگر است مثل، تأثیر بین بارهای مغناطیسی و الکتریکی و تأثیر گرانش که باعث سقوط اجسام می‌شود.

گرانش نیروی جاذبه ایست که در جهان بین تمام اجسام در هر اندازه‌ای وجود دارد. وجود این نیرو زمانی محسوس است که یکی از اجسام خیلی بزرگ باشد. این نیروی جاذبه، سیاره‌ها را در مدار خود به دور خورشید، ماه (قمر زمین) به دور زمین و قمرهای های دیگر سیاره‌ها را به دور آنها نگه می‌دارد. در زمین تأثیر این نیرو به صورت کشیدن همه اجسام به سمت پایین و به طرف مرکز زمین است. در زمین این نیروی گرانش را که به اجسام وارد می‌شود به عنوان وزن اجسام می‌شناسیم. اجسام نیز با نیرویی مشابه، زمین را به سمت خود می‌کشند، اما به دلیل این که جرم زمین خیلی بیشتر است برآیند این نیروها باعث می‌شود جسم به طرف زمین کشیده شود. تأثیر گرانش بر اجسام در سطح ماه خیلی کم تر از تأثیر آن در سطح زمین است، زیرا جرم ماه خیلی کم تر از زمین است، به این دلیل وزن یک فرد در کره ماه کم تر از وزن وی در کره زمین است، گرچه جرم وی در هر دو سیاره مساوی است. به دلیل تأثیر دلیل قرار گرفتن ماه در مدار خود به دور همین نیروی کشش زمین است و تأثیر کشش ماه بر زمین باعث ایجاد مد در اقیانوس‌ها می‌شود.

نور مرئی مثالی از تابش است که درست به مثابه گسترده شدن موج‌ها در آب، پخش می‌شود. تابش‌های دیگر در حوزه دید انسان قرار نمی‌گیرند، یعنی برای چشم انسان نامرئی هستند. از این جمله می‌توان امواج رادیویی، میکرو وایو، مادون قرمز، ماورا بنفش، پرتوهای ایکس و تابش‌های گاما را نام برد که همه طول موج‌های متفاوتی هستند. تمام این امواج می‌توانند در فضای خالی (خلا) حرکت کنند. مشابه سازی تابش با امواج به توصیف رفتار آنها کمک می‌کند. گرچه صدا هم مثل امواج در محیط منتشر می‌شود، اما نمی‌تواند در فضای خالی (خلا) منتشر شود و لازم است بین منبع تولید صدا و گیرنده آن یک محیط مادی پیوسته، مثل یک ماده مایع یا جامد وجود داشته باشد تا ارتعاش منتشر شود.

تابش در برخورد به جسم دیگر، ممکن است توسط این جسم بازتاب کند، جذب شود، یا پخش شود، یا از آن عبور کند و یا ترکیبی از این موارد اتفاق افتد. زمانی که تابش از یک آینه بازتاب می‌شود و یا از یک جسم شفاف عبور می‌کند به همان صورت باقی می‌ماند ولی زمانی که جسمی آن را جذب می‌کند، تغییر می‌کند و باعث افزایش دمای آن جسم می‌شود. بعضی از عملکردهایی که در فاصله انجام می‌شود بر حسب تابش از یک منبع به یک گیرنده توصیف نمی‌شوند. برای مثال یک آهن ربا می‌تواند آهن ربا دیگر را جذب کند و هر دو در این عمل سهم یکسانی داشته باشند. به همین ترتیب عمل جذب و دفع در بارهای الکتریکی عکس یک دیگر اند. ایده میدان در مورد این موقعیت‌ها ایده مناسبی است. یک میدان محدوده‌ای از تأثیر اجسام در اطراف آن است که هر چه فاصله میدان از جسم بیشتر شود، تأثیر آن کم تر می‌شود. هر جسمی که وارد این میدان شود جذب و یا دفع می‌شود. تأثیر گرانش، مغناطیس و الکتریسیته را می‌توان بر حسب میدان‌ها بیان کرد.

۳ برای تغییر حرکت یک جسم لازم است یک نیروی خالص بر آن وارد شود.

اگر چه نیرویی که بر جسمی اثر می‌کند دیده نمی‌شود ولی می‌توان وجود آن را از طریق تأثیری که بر حرکت و یا شکل جسم دارد، تشخیص داد. اگر جسم ساکن باشد، نیروهایی که بر آن اثر می‌کنند، از نظر اندازه مساوی ولی از نظر جهت مخالف یک دیگرند، اثر یک دیگر را خنثی می‌کنند و جسم را در تعادل نگه می‌دارند. با توجه به این که نیروی گرانش همواره بر همه اجسام اثر می‌کند، اگر جسمی ساکن است و سقوط نمی‌کند به این معناست که نیرویی در جهت مخالف نیروی گرانش ولی هم اندازه با آن بر جسم وارد می‌شود. زمانی که نیروها مساوی نباشند جسم در جهت نیروی خالص حرکت می‌کند. این حالت در زمانی که نیروها وارد بر جسم در یک راستا نباشند باعث چرخش و یا پیچش آن جسم می‌شوند. از این تأثیر در بعضی از ماشین‌های ساده استفاده می‌شود.

نیرو می‌تواند با هل دادن، کشیدن و یا چرخانیدن اجسام آنها را به حرکت در آورد و یا تغییر شکل دهد. نیروها دارای جهت هستند. نیروهای هم راستایی که در جهات مخالف یک دیگر عمل می‌کنند اثر یک دیگر را خنثی می‌کنند در این صورت جسم در حال تعادل می‌ماند. اگر نیروها در تعادل نباشند حرکت جسم را تغییر می‌دهند.

سرعت یک جسم معیاری برای تعیین مسافتی است که این جسم در یک مدت معین طی می‌کند. تندی تغییر حرکت یک جسم بستگی به نیرویی دارد که بر جرم آن جسم اثر می‌کند. هر چه جرم جسم بیشتر باشد مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا سرعت جسم زیادتر و یا کم تر شود، این ویژگی جرم را اینرسی نامیده اند.

تمام اجسام در زمین تحت تأثیر نیروی گرانش قرار دارند. بر تمام اجسامی که در سطح زمین ساکن هستند، یک یا چند نیروی مخالف گرانش اثر می‌کند تا آن را در تعادل نگه دارد. کتابی که روی میزی قرار دارد به زمین نمی‌افتد زیرا اتم‌های میز نیرویی مساوی با نیروی گرانش ولی در جهت مخالف بر کتاب وارد می‌کنند. جسمی که در آب یا در هوا شناور است حرکت نمی‌کند زیرا نیرویی مخالف ولی هم اندازه نیروی گرانش بر آن وارد می‌کند. نیروی رو به بالا با وزن سیال جا به جا شده مساوی است و به این دلیل اجسام سنگین ولی تو خالی می‌توانند با جا به جا کردن مقدار زیادی آب شناور بمانند.

اگر نیروهایی که بر یک جسم اثر می‌کنند مساوی و در جهت مخالف نباشند باعث تغییر حرکت جسم و یا باعث افزایش سرعت جسم می‌شوند (به جسم شتاب می‌دهند) و یا باعث کاهش سرعت آن می‌شوند (از شتاب جسم می‌کاهند). معمولاً از نیرویی که اثر می‌کند به عنوان نیرو نام نمی‌برند، برای مثال تصور می‌شود سرعت یک جسم متحرک، مثل یک توپ غلطان خود به خود کم می‌شود. در حالی که کاهش نیروی این توپ به دلیل تأثیر تدریجی نیروی اصطکاک سطح بر آن است. هر تغییر حرکتی در اجسام به دلیل تأثیر نیروی خالص بر آن‌ها است. زمانی که نیروی خالصی وجود نداشته باشد جسم ساکن، ساکن می‌ماند و جسم متحرک با همان سرعت در مسیر مستقیم به حرکتش ادامه می‌دهد. هر تغییر در سرعت در جهت نیروی خالص خواهد بود. این نیرو بر حرکت در زاویه عمود بر جهت حرکت اثر نمی‌کند. ماهواره‌ها در مدار خود به دور زمین می‌مانند، چون آنان را با نیرویی پرتاب می‌کنند که در ارتفاع معینی قرار گیرند. در آن ارتفاع و در مدار منحنی شکل نیروی گرانش، دایم جهت حرکت ماهواره را تغییر می‌دهد و چون مقاومت هوا نیز وجود ندارد، سرعت حرکت ماهواره ثابت می‌ماند.

اگر نیروهای مخالفی که بر جسم جامدی اثر می‌کند هم راستا نباشند، باعث چرخش و یا پیچش جسم می‌شوند. تأثیر چرخش بر جسم بستگی به فاصله آن جسم از محور چرخش دارد. هر چه این فاصله بیشتر باشد نیروی لازم برای چرخش آن کم تر ولی میزان چرخش بیشتر است. این ویژگی در بسیاری از ابزار و ماشین‌ها کار برد دارد، به این معنا که نیروی کمی در فاصله زیاد اعمال می‌شود تا نیروی زیاد در فاصله کم ایجاد کند.

فشار معیاری است از نیرویی که بر سطح معینی اعمال می‌شود. با یک نیروی معین، هر چه سطحی که نیرو بر آن عمل می‌کند بیشتر باشد فشار کم تری بر آن سطح وارد می‌شود. از این ویژگی در بسیاری از موارد مثل نوک قلم تا کفش اسکی استفاده می‌شود. فشار در یک نقطه معین از سیالات (گازها و یا مایعات) به وزن سیال بالای آن نقطه بستگی دارد، به این دلیل است که در سطح زمین با افزایش ارتفاع، فشار هوا کم می‌شود و فشار در یک مایع با افزایش عمق مایع زیاد می‌شود.

۴ کل انرژی موجود در جهان همواره ثابت است، ولی انرژی می‌تواند از یک شکل به شکل دیگر تبدیل شوند.

در بسیاری از فرایندها یا پدیده‌ها تغییر اتفاق می‌افتد. این تغییرات نیاز به انرژی دارند که باید از منبعی تامین شود. انرژی می‌تواند به روش‌های مختلف از یک جسم یا گروهی از اجسام به جسم یا اجسام دیگر منتقل شود. در این فرآیندها بعضی از شکلهای انرژی چندان قابل استفاده نیستند. انرژی در جهان نه تولید می‌شود و نه از بین می‌رود. زمانی که با سوزاندن سوخت فسیلی با اکسیژن انرژی آزاد می‌شود، بعضی از شکل‌های این انرژیهای آزاد شده هدر می‌روند و قابل استفاده نیستند.

به روش‌های مختلف می‌توان باعث یک تغییر در اجسام یا در مواد یا وقوع یک اتفاق شد. با کشیدن و یا هل دادن اجسام می‌توان حرکت آنها را تغییر داد. گرما می‌تواند عامل تغییر شود، برای مثال در پختن، در ذوب و یا تبخیر آب. جریان الکتریسیته باعث روشن شدن لامپ می‌شود. باد می‌تواند تیغه‌های یک توربین را بچرخاند.

در تمام این تغییرات انرژی از یک جسم، که یک منبع انرژی (source) یا وسیله انتقال انرژی (Resource) است به دیگری منتقل می‌شود. سوخت‌ها مثل نفت، گاز، ذغال سنگ و چوب منبع انرژی هستند. بعضی از این منابع انرژی تجدیدپذیرند مثل انرژی امواج، باد، خورشید و مد دریاها و بقیه تجدیدناپذیرند مثل انرژی‌های حاصل سوزاندن سوخت‌های فسیلی با اکسیژن.

مواد ممکن است انرژی ذخیره شده داشته باشند (یعنی توانایی تغییر مواد را داشته باشند). این ویژگی می‌تواند به دلیل ترکیب شیمیایی جسم (مثل انرژی موجود در باتری‌ها و یا در سوخت‌ها)، حرکت جسم است. دمای جسم، موقعیت جسم در میدان گرانشی و یا سایر میدان‌ها، یا به خاطر فشردگی آنها، اعوجاج جسم انعطاف پذیر (جسم الاستیک) باشد. می‌توان با بلند کردن یک جسم در ارتفاعی بالاتر از سطح زمین در آن انرژی ذخیره کرد. وقتی این جسم به زمین می‌افتد انرژی ذخیره شده را به صورت انرژی حرکتی آزاد می‌کند. انرژی یک جسم با افزایش دما بیشتر می‌شود. یک جسم گرم محیط سرد اطراف خود و یا اجسام سردتری را که با آنها در تماس است گرم می‌کند تا همه هم دما شوند. این که این انتقال گرما با چه سرعتی انجام می‌شود بستگی به جنس مواد ی که گرم می‌شوند و به مواد واسطه (این که رسانا یا نارسانای گرما هستند) دارد. مواد شیمیایی موجود در یک باتری انرژی ذخیره شده دارند. زمانی که این باتری در مدار قرار می‌گیرد این انرژی آزاد می‌شود و جریان الکتریکی برقرار می‌شود، به این ترتیب انرژی باتری به بخش‌های دیگر مدار و یا به محیط منتقل می‌شود. انرژی می‌تواند از طریق تابش، مثل انتشار صوت در هوا یا نور در هوا یا در خلا منتقل شود.

بسیاری از فرآیندها و پدیده‌ها در طبیعت، مثل رشد گیاهان و یا تغییرات هوا بر حسب تغییرات انرژی بیان می‌شوند. تقریباً همیشه اگر انتقال انرژی باعث وقوع اتفاقاتی شود، انرژی در سطح گسترده تری تقسیم می‌شود، اتم‌ها و مولکول‌های بیشتری گرم می‌شوند که از طریق هدایت و یا تابش از هم دورتر می‌شوند. این فرایند نمی‌تواند به عکس اتفاق افتد و نمی‌توان از انرژی حرکات تصادفی ذرات به اسانی استفاده کرد. به این دلیل بخشی از انرژی هدر می‌رود.

انرژی نه از بین می‌رود و نه خلق می‌شود. وقتی انرژی از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود، کل انرژی موجود در جهان بدون تغییر می‌ماند. به همان میزان که انرژی یک جسم کم می‌شود انرژی جسم یا اجسام دیگری زیاد می‌شود. خورشید هم با گرم کردن زمین یا سیاره‌های دیگر مقداری از انرژی خود را به صورت تابشی از دست می‌دهد. جرم اتم‌ها به شکل انرژی ذخیره شده‌ای به نام انرژی هسته‌ای است. اتم‌های رادیو اکتیو این انرژی را آزاد می‌کنند که ممکن است از آن به صورت گرما استفاده شود.

با افزایش جمعیت جهان، تقاضا برای انرژی افزایش پیدا می‌کند، علاوه بر این شیوه زندگی مدرن به میزان بیشتری انرژی، به خصوص به شکل سهل الوصول آن یعنی انرژی الکتریکی، نیاز دارد. سوخت‌های فسیلی که معمولاً در نیروگاه‌ها و ژنراتورها استفاده می‌شوند محدودند و احتراق آن‌ها سهم عمده‌ای در پدیده گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی دارد. بنابراین هم‌زمان با کاستن از تقاضا و افزایش بازده فرایندهایی که در آن از انرژی الکتریسیته استفاده می‌شود، باید به فکر تولید انرژی الکتریکی به روش‌های دیگر هم بود.

۵ شکل سطح زمین و آب و هوای آن حاصل ترکیبات موجود در زمین و در جو آن و نیز فرایندهایی است که در آن اتفاق می‌افتد.

تابش نور خورشید سطح زمین را گرم می‌کند و باعث ایجاد جریان‌های هم‌رفتی در سطح زمین و اقیانوس‌ها و تعیین شرایط آب و هوایی موجود می‌شود. در بخش داخلی، در لایه‌های زیر سطح زمین هم گرما باعث حرکت سنگ‌های مذاب می‌شود. این امر باعث حرکت صفحاتی می‌شود که پوسته زمین را می‌سازند که سبب بروز پدیده‌های آتش‌فشانی یا زلزله‌ها می‌شوند. سطح جامد زمین هم به دلیل هوازگی و یا تشکیل سنگ‌ها دایم در حال تغییر است.

در همه جا در اطراف زمین هوا وجود دارد، اما هر چه از سطح زمین دورتر شویم و بالا و بالاتر رویم غلظت هوا کم و کم تر می‌شود. شرایط آب و هوایی تابع وضعیت و جریان‌های هوا است.

دما، فشار، جهت، سرعت حرکت و میزان بخار آب موجود در هوا همه در تعیین وضعیت آب و هوا نقش دارند. با اندازه‌گیری این ویژگی‌ها می‌توان الگوهای آب و هوایی را ترسیم کرد و به این ترتیب پیش‌بینی شرایط آب و هوایی برای چند روز آینده امکان‌پذیر می‌شود. آب و هوای مناطق مختلف را می‌توان بر اساس الگوهای بلند مدت پیش‌بینی کرد.

بخش عمده‌ای از سطح جامد زمین به خاک تبدیل می‌شود که مخلوطی از سنگ‌ریزه‌ها در اندازه‌های مختلف و نیز بقایای موجودات زنده است. خاک حاصل‌خیز شامل هوا، آب، بعضی مواد شیمیایی حاصل از تجزیه موجودات زنده به خصوص گیاهان و موجودات زنده دیگر مثل حشرات، کرم‌ها و باکتری‌هاست. سطح زیرین خاک صخره‌سنگی است. سنگ‌ها در انواع مختلف وجود دارند که ترکیبات و ویژگی‌های آنان با یک‌دیگر تفاوت دارد. باد و آب از عوامل موثر در خرد شدن تدریجی سنگ‌ها و تبدیل آنها به اندازه‌های کوچکتر هستند. شن از ذرات سنگ‌ریزه و گل و لایه‌هایی در اندازه‌های کوچکتر ساخته شده‌اند. حدود دو سوم سطح زمین با آب مایع پوشانیده شده که عامل اصلی ادامه حیات است. آب در چرخه‌ای دایم از شکلی به شکل دیگر در می‌آید. آب اقیانوسها و سطوح دیگر مثل خاک و گیاه بخار می‌شوند، بخار در ابرها مایع می‌شود و به صورت باران، برف و تگرگ به زمین بر می‌گردد.

لایه‌های هوایی که اطراف زمین را پوشانیده، (جو زمین)، برای بسیاری از تابش‌هایی که از خورشید می‌رسد شفاف است، یعنی این تابش‌ها از این لایه عبور می‌کنند. منبع خارجی انرژی زمین همین تابش‌هایی است که دریافت می‌کند و منبع داخلی آن تجزیه مواد رادیو اکتیو داخل زمین است. تابش نور خورشید انرژی لازم برای گیاهان کلروفیل دار را فراهم می‌کند تا از طریق فرایند فتوسنتز گلوکز بسازند. تابش خورشید که توسط زمین جذب می‌شود سطح زمین را گرم می‌کند و تابش‌هایی با طول موج‌های بلند تر (ما دون قرمز) ساطع می‌کند که از جو عبور نمی‌کند و جذب آن می‌شود و زمین را گرم نگه می‌دارد. این پدیده به دلیل شباهتی که با گرم شدن گل‌خانه‌ها توسط خورشید دارد به پدیده گل‌خانه‌ای معروف است.

اکسیژنی که توسط فرایند فتوسنتز گیاهان تولید می‌شود، به طور غیر مستقیم زمین را از پرتوهای با طول موج‌های کوتاه (ماورا بنفش) که بخشی از پرتوهای خورشید است و برای بسیاری از موجودات زنده خطرناک است حفظ می‌کند. واکنش نورماورا بنفش با اکسیژن تولید از ن می‌کند که پرتوهای زیان‌آور را جذب می‌کند. دمای سطح زمین حاصل تعادل بسیار ظریفی است که می‌تواند با اضافه شدن گازها به جو به هم بخورد. متان و کربن دی‌اکسیدی که فعالیت‌های بشر تولید می‌کنند، اثر گلخانه‌ای را افزایش می‌دهد و باعث گرم شدن جهان و تغییرات آب و هوا می‌شود.

در زیر پوسته جامد سطح زمین لایه‌های داغی به نام گوشته قرار دارد. این لایه که ماگما نامیده می‌شود، تحت فشار جامد است ولی با کاهش فشار ذوب می‌شود در بعضی قسمت‌ها ترک خوردگی‌هایی (یا لایه‌نازکتر) وجود دارد که اجازه می‌دهد این مواد مذاب به خارج از پوسته راه پیدا کنند، برای مثال در آتش‌فشانها. پوسته زمین تعدادی صفحات جامد دارد که در اثر حرکت گوشته نسبت به هم جا به جا می‌شوند. در محل برخورد این صفحات کوه‌ها ظاهر می‌شوند و در مرز صفحات یک خط گسل پدید می‌آید که در این خط احتمال وقوع زلزله و یا فعالیت‌های آتش‌فشانی می‌رود. تغییرات سطح زمین بسیار کند و تدریجی است که در طی آن کوه‌ها به دلیل هوا زدگی ساییده می‌شوند و به دلیل فشار پوسته کوه‌های جدیدی ظاهر می‌شوند.

۶ منظومه خورشیدی (شمسی) ما بخش بسیار کوچکی از میلیاردها کهکشان در جهان است.

خورشید ما و هشت سیاره و اجرام کوچکتری که در مدار آن قرار دارند منظومه خورشیدی (شمسی) را تشکیل می‌دهند. پیدایش شب و روز و تغییر فصل‌ها به دلیل جهت‌گیری و چرخش زمین در هنگام حرکت به دور خورشید است. منظومه شمسی بخشی از یک کهکشان از ستارگان، گازها و غبارها و یکی از میلیاردها کهکشان در جهان است که از یک دیگر بسیار دورند. به نظر می‌رسد ستارگان زیادی مانند خورشید وجود دارند که سیارتهای دور آنها در گردشند.

موقعیت قرار گرفتن خورشید در اوقات مختلف روز و شکل ماه در شب‌های مختلف از الگوی معینی پیروی می‌کند.

زمین هر یک سال یک بار در مدار خود به دور خورشید می‌چرخد. ماه هر چهار هفته یک بار در مدار خود به دور زمین گردش می‌کند. خورشید که در مرکز منظومه شمسی قرار دارد تنها منبع نورمئی این منظومه است. ماه نور خورشید را بازتاب می‌کند و در گردش به دور زمین تنها آن بخش‌هایی از ماه دیده می‌شود که رو به خورشید قرار دارد. زمین به دور محوری فرضی که تقریباً از شمال به جنوب آن کشیده شده است می‌چرخد. در این چرخش به نظر می‌رسد که خورشید و ماه و ستارگان به دور زمین در چرخشند. در چرخش زمین به دور خود شب و روز پدید می‌آید. در جهتی از زمین که رو به خورشید است روز و در جهت دیگر شب ظاهر می‌شود. هر گردش زمین به دور خورشید یک سال طول می‌کشد. محور فرضی زمین نسبت به صفحه‌ای که مدار آن به دور خورشید قرار دارد کمی مایل است و به این دلیل با توجه به موقعیت زمین، طول روزها در ایام مختلف سال تغییر می‌کند و این باعث پیدایش فصول می‌شود.

زمین یکی از هشت سیاره (تا جایی که فعلاً شناخته شده) منظومه شمسی است. همراه با این سیاره‌ها اجرام بسیار کوچک تر هم در مدارهای تقریباً دایره شکل به دور خورشید در گردشند. این مدارها متفاوتند و زمان یک گردش آنها به دور خورشید هم با یک دیگر فرق دارد. سیاره‌های منظومه شمسی فاصله زیادی از یک دیگر دارند. برای مثال فاصله سیاره نپتون ۵.۴ میلیارد کیلومتر است یعنی حدود ۳۰ برابر فاصله زمین از خورشید. آن طور که از زمین دیده می‌شود سیاره‌ها نسبت به موقعیت ستارگان در حرکتند اما به نظر می‌رسد ستارگان نسبت به یک دیگر ثابت هستند. کسب اطلاعات در مورد منظومه شمسی با پیام‌های رباتیک و یا توسط انسان‌هایی که در فواصل کوتاه‌تری از زمین قرار دارند امکان پذیر است.

گاهی یک تکه بزرگ از سنگی که به دور خورشید در گردش است به آن حدی به زمین نزدیک می‌شود که توسط میدان جاذبه زمین کشیده می‌شود و با شتابی که در جو زمین می‌گیرد و اصطکاک که با هوا پیدا می‌کند، بسیار گرم و درخشان می‌شود، به طوری که مانند یک شهاب سنگ به نظر می‌رسد. یک شهاب تکه سنگی است که در ورود به جو می‌سوزد. بخشی از این سنگ که به زمین می‌رسد را شهاب سنگ می‌خوانند. وجود اجسام متحرک به دور خورشید امر معمول و قابل پیش‌بینی است. همان قانون‌های علمی که در مورد رفتار اجسام در زمین به کار می‌رود در مورد رفتارها و پدیده‌ها در تمام جهان لایتنهای استفاده می‌شود. کشفیات فضایی شواهدی ارائه می‌کند که نشان می‌دهند از آغاز پدید آمدن سیاره‌ها تاکنون تغییراتی در سطح آنها رخ داده است. تا این زمان هیچ آثاری از حیات خارج از جهان هستی ما کشف نشده است.

خورشید ما یکی از بی‌شمار ستارگان موجود در جهان است که عمدتاً از هیدروژن ساخته شده است. منبع انرژی خورشید و تمام ستارگان ناشی از تشعشعات واکنش‌های هسته‌ای در هسته مرکزی آنان است. خورشید یکی از میلیون‌ها ستارگانی است که کهکشان راه شیری را می‌سازند. نزدیک‌ترین ستاره بعدی در فاصله بسیار دورتری نسبت به دورترین سیاره در این منظومه یعنی نپتون قرار دارد. فاصله‌ها در کهکشان‌ها و بین کهکشان‌ها آن قدر زیاد است که واحد آن را "سال نوری"، یعنی مسافتی که نور در یک سال طی می‌کند، گرفته‌اند. در جهان میلیاردها کهکشان وجود دارد که فاصله آنها از یک دیگر قابل تصور نیست و به نظر می‌آید که به سرعت از یک دیگر هم دور می‌شوند. این حرکات ظاهری کهکشان‌ها را نشانه وسیع‌تر شدن جهان از زمانی که "بیگ بنگ" یا انفجار بزرگ در ۱۳.۷ میلیارد سال قبل اتفاق افتاده است، دانسته‌اند.

۵-۷

۷-۱۱

۱۱-۱۴

۱۴-۱۷

۷ سلول واحد ساختمانی تمام موجودات زنده است که همه عمر محدودی دارند.

تمام موجودات زنده از یک یا چند سلول ساخته شده‌اند. سلول‌های موجودات چند سلولی وظایف متفاوتی دارند. تمام فعالیت‌های اصلی حیات حاصل اتفاقاتی است که در درون سلول‌های سازنده موجودات زنده می‌افتد. فرایند رشد موجودات زنده، حاصل تقسیمات سلولی است.

موجودات زنده، گیاهان و جانوران بسیار متنوعند. تفاوت موجودات زنده از موجودات غیر زنده در توانایی آنان برای حرکت کردن، تولید مثل و واکنش نشان دادن به محرک‌های خاص است.

موجودات زنده برای ادامه حیات نیاز به آب، هوا، غذا، و روشی برای خلاصی از مواد زاید دارند. این موجودات در محدوده معینی از دما می‌توانند به حیات ادامه دهند. گرچه بعضی از این موجودات به نظر غیر فعالند، اما همه آنها در مراحل معینی از حیات خود فرایندهای تنفس، تولید مثل، تغذیه، دفع و پرورش و رشد را طی می‌کنند و در نهایت هم می‌میرند.

تمام موجودات زنده از یک یا چند سلول ساخته شده‌اند که این سلول‌ها را فقط با میکروسکوپ می‌توان دید. تمام فرایندهای حیات حاصل اتفاقاتی است که درون سلول‌ها می‌افتد. سلول‌ها تقسیم می‌شوند. تقسیم سلولی هم برای جایگزینی سلول‌ها و هم برای رشد سلول‌ها و نیز تولید مثل انجام می‌شود. سلول‌ها برای انجام این عمل و سایر اعمال حیاتی خود به غذا نیاز دارند. سلول‌های موجودات پر سلولی علاوه بر انجام فعالیت‌های حیاتی معمول که ذکر شد، مسئول انجام فعالیت‌های خاصی هستند. مثلاً سلول‌های ماهیچه، خون و اعصاب هر کدام مسئول انجام وظایف خاصی در بدن موجود زنده هستند.

از تراکم سلول‌ها بافت و از تراکم بافت‌ها اندام به وجود می‌آید. دستگاه‌های مختلف بدن نیز مجموعه‌ای از اندام‌هاست. این دستگاه‌ها در بدن انسان مسئول اعمال حیاتی کلیدی مثل تنفس، گوارش، دفع و کنترل دمای بدن هستند. دستگاه گردش خون مواد مورد نیاز سلول‌ها را به تمام قسمت‌های بدن می‌رساند و محلول‌های زاید را از طریق دستگاه ادرار از بدن خارج می‌کند. ساقه سلول‌ها که وظیفه خاصی ندارند، قادرند بافت‌ها را برای وظیفه خاصی که دارند بازسازی کنند. سلول‌ها در شرایط خاصی بهترین عملکرد خود را دارند. موجودات تک سلولی یا پر سلولی می‌توانند دما و میزان اسیدی بودن خود را در محدوده معینی حفظ کنند تا بتوانند به حیات ادامه دهند.

در داخل سلول‌ها مولکول‌های زیادی وجود دارند که واکنش آنها با یک دیگر باعث می‌شود سلول‌ها وظایف خود را انجام دهند. در موجودات پر سلولی ارتباط سلول‌ها با یک دیگر از طریق تبادل مواد بین سلول‌های مجاور انجام می‌شود و به این ترتیب فعالیت‌ها هماهنگ می‌شود. غشایی که در اطراف هر سلول وجود دارد مواد ورودی و خروجی را کنترل می‌کند. آنزیم‌ها نیز فعالیت‌های درون سلولی را تنظیم می‌کنند. بافت‌ها و اندام‌های خاصی نیز با آزاد کردن هورمون‌ها، فعالیت‌های اندام‌ها و بافت‌های دیگر را تنظیم می‌کنند و عملکرد کلی موجود زنده را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. در انسان بیشتر هورمون‌ها از طریق خون منتقل می‌شود. بسیاری از داروها با کند و یا تند کردن عملکرد هورمون‌ها یا آنزیم‌ها اثر می‌کنند. مغز و نخاع از طریق سلول‌های عصبی پیامهایی به صورت علائم الکتریکی ارسال می‌کنند که به سرعت بین سلول‌ها منتقل می‌شود و به این ترتیب در تنظیم فعالیت‌های سلول‌ها نقش عمده‌ای ایفا می‌کنند.

در شرایط مناسب می‌توان سلول‌های اندام‌های مختلف را در خارج از اندام رشد داد. به این روش دانشمندان عملکرد سلول‌ها را بررسی می‌کنند. از این روش در پزشکی برای تولید واکسن، غربالگری داروها و در کشت ویترو استفاده می‌کنند. از پرورش بافت گیاهی در علوم گیاهی، جنگلداری و باغبانی به وفور استفاده می‌شود.

اغلب سلول‌ها توان تقسیم سلولی محدودی دارند. بیماری‌هایی که عامل آنها میکروب‌ها، شرایط محیطی و یا نقص سلول‌هاست معمولاً در عملکرد سلول‌ها اختلال ایجاد می‌کنند. اگر سلول‌های اندامی قادر به تقسیم سلولی نباشند می‌میرند.

۵-۷

۷-۱۱

۱۱-۱۴

۱۴-۱۷

۸ موجودات زنده برای ادامه حیات و تنازع بقا، به انرژی و مواد غذایی مناسب نیاز دارند.

غذا، مواد و انرژی مورد نیاز موجودات زنده را تامین می‌کند تا آنها بتوانند اعمال حیاتی خود را انجام داده و رشد کنند. گیاهان سبز و بعضی از باکتریها می‌توانند با استفاده از انرژی خورشید مولکول‌های پیچیده مواد غذایی را بسازند. جانوران با تجزیه این مولکول‌های پیچیده موجود در غذای خود انرژی کسب می‌کنند و به این دلیل ادامه حیات آنان به گیاهان سبز، به عنوان منبع تامین انرژی مورد نیازشان وابسته است. در هر بوم سازگاری موجودات، برای ادامه حیات و تولید مثل بین گونه‌های مختلف در تامین منبع انرژی و مواد مورد نیازشان با یک دیگر در رقابتند.

تمام موجودات زنده به غذا به عنوان منبع تامین انرژی، به هوا و به آب و نیز شرایط دمایی معینی نیاز دارند. گیاهان کلروفیل دار با استفاده از نور خورشید غذای مورد نیاز خود را می‌سازند و بخشی از آن را که استفاده نمی‌کنند، ذخیره می‌کنند.

جانوران به غذاهایی نیاز دارند که بتوانند تجزیه کنند. بعضی از جانوران (گیاه خواران) غذای خود را مستقیماً از گیاهان تامین می‌کنند و بعضی دیگر (گوشت خوار) جانوران گیاه خوار را می‌خورند. به این ترتیب همه جانوران برای ادامه حیات به گیاهان وابسته اند. این وابستگی و ارتباط بین موجودات زنده را با زنجیره و شبکه غذایی نشان می‌دهند.

وابستگی جانوران به گیاهان می‌تواند دلیل دیگری هم داشته باشد. بعضی از جانوران برای ساخت پناهگاه و لانه، و انسانها هم برای تامین سوخت و تهیه پوشاک هم، نیازمند گیاهان هستند. گیاهان نیز به دلایل مختلف به جانوران وابسته اند. برای مثال بسیاری از گیاهان گلدار به حشرات نیاز دارند تا گرده افشانی کنند و با به جانوران دیگر تا دانه‌های آنان را به اطراف پراکنده کنند.

زمانی که بین موجودات زنده یک محیط وابستگی داخلی برقرار باشد، آن محیط یک بوم سازگان (اکو سیستم) خواهد بود. در یک بوم سازگان پایدار، تولید کننده‌های غذایی (گیاهان)، مصرف کننده‌ها (جانوران) وجود دارند و نیز تجزیه کننده‌ها (باکتری‌ها و قارچ‌ها) که کار آنها تجزیه پس مانده‌ها و بقایای موجودات زنده است. موادی که تجزیه می‌شوند به رشد گیاهان کمک می‌کنند و به این ترتیب تمام مولکول‌های موجودات زنده دوباره استفاده می‌شوند. هم زمان منابع انرژی در این بوم سازگان در چرخش است. زمانی که موجود زنده غذا مصرف می‌کند تا انرژی کسب کند، بخشی از انرژی به صورت گرما تلف می‌شود ولی مجدداً تابش خورشید که گیاهان از آن برای تولید غذا استفاده می‌کنند، جایگزین انرژی گرمایی تلف شده می‌شود. در هر بوم سازگان بین کلیه گونه‌های موجودات زنده برای منابع انرژی و مواد مورد نیاز آنان برای ادامه حیات، رقابت وجود دارد. ماندگاری یک اکو سیستم به میزان ماندگاری منابع انرژی و مواد مورد نیاز موجودات آن اکو سیستم بستگی دارد. در هر اکو سیستم گونه‌های گیاهی برای دست رسی به آب، نور، موادمعدنی و فضای لازم برای رشد و تکثیر خود را با شرایط ویژه آب و هوایی، جغرافیایی و آب شناسی آن محل سازگار می‌کنند. اگر این شرایط تغییر کند احتمالاً جمعیت گیاهان تغییر می‌کند که خود باعث تغییر در جمعیت جانوران می‌شود.

انسان‌ها با کنترل رشد بعضی از جانوران و گیاهان بوم سازگان (اکو سیستم) را تغییر می‌دهند. برای مثال ساخت جنگل‌های مصنوعی که در آن آدمیان نوع خاصی از درختان را پرورش می‌دهند به حذف غذای گیاهی بعضی از جانوران منجر می‌شود و ناچار از تنوع گونه‌های جانوری که در زنجیره غذایی وابسته به این جانوران گیاه خوار بودند هم کاسته می‌شود. کشاورزی مدرن باعث کاهش تنوع زیستی شده است، زیرا شرایطی را فراهم می‌آورد که در آن گونه‌های خاصی از گیاهان و جانوران که جمعیت انسان‌ها را تغذیه می‌کنند پرورش می‌یابند. استفاده وسیع از سموم گیاهی برای حفاظت از یک گیاه خاص، بر حشرات گرده افشانی که حیات بسیاری از گیاهان به آنها وابسته است تأثیر دارد. این گونه فعالیت‌هایی که توسط انسان انجام می‌شود، یک اکو سیستم (بوم سازگان) ساده و غیر معمولی ایجاد می‌کند که تنوع زیستی بسیار کمی دارد و باعث نابودی حیات وحش و چشم اندازهایی که از نظر فرهنگی هم با ارزشند می‌شود.

۵-۷

۷-۱۱

۱۱-۱۴

۱۴-۱۷

۹ اطلاعات ژنتیکی از یک نسل به نسل بعد منتقل می‌شود.

اطلاعات ژنتیکی درون سلول در "دی ان ا" (DNA) موجود است. ژنها رشد و ساختار یک موجود زنده را تعیین می‌کنند. در تولید مثل غیر جنسی تمام ژنها از یک والد منتقل می‌شود و در تولید مثل جنسی سهم والدین در انتقال ژنها مساوی است، یعنی هر کدام سهم پنجاه درصدی دارند.

موجودات زنده موجوداتی نظیر خود را تولید می‌کنند با این حال فرزندان دقیقاً شبیه والدین یا شبیه یک دیگر نیستند. گیاهان و جانوران از جمله انسان‌ها از بسیاری جهات به والدین خود شباهت دارند، زیرا اطلاعات از نسلی به نسل دیگر از طریق ژنها منتقل می‌شود. موارد دیگر مثل مهارت‌ها و رفتارها به این صورت منتقل نمی‌شوند و مواردی اکتسابی هستند.

در هسته سلول انسان‌ها و گیاهان، ساختاری به نام کروموزوم وجود دارد که مولکول‌های بزرگ و پیچیده "دی ان ا" را در خود نگه می‌دارد. در تقسیم سلولی، اطلاعاتی که برای تولید سلول‌های بیشتر مورد نیاز است به صورت کدهایی به همان صورتی که در مولکول‌های "دی ان ا" قرار دارند ظاهر می‌شوند. یک ژن یک درازه دی ان ا هست. هر کروموزوم حامل صدها یا هزاران ژن است. هر یک از اغلب سلول‌ها در بدن انسان دارای ۲۳ جفت کروموزوم با حدود بیست هزار ژن است. زمانی که یک سلول تقسیم می‌شود، برای مثال در فرایند رشد یا برای جایگزینی سلول‌های مرده، نسخه دقیق اطلاعات ژنتیکی از سلول مادر به سلول نوزاد منتقل می‌شود به طوری که هر سلول دقیقاً اطلاعات سلول مادر را به ارث می‌برد. در بعضی مواقع در این انتقال به دلیل یک اشتباه جهشی اتفاق می‌افتد که ممکن است به موجود زنده آسیب برساند. شرایط محیطی مثل تشعشعات و یا مواد شیمیایی هم ممکن است ژنها را تغییر دهند. این تغییرات بر روی افراد تأثیر می‌گذارند اما اگر تغییرات در تخمک و یا اسپرم باشند، فقط بر نوزاد اثر می‌کنند.

در تولید مثل جنسی، سلول اسپرم نر با سلول تخمک ماده ترکیب می‌شوند. سلول اسپرم و تخمک سلول‌های خاصی هستند که هر کدام به طور اتفاقی دارای یکی از دو گونه ژن والدین خواهند بود. وقتی که اسپرم و تخمک با یک دیگر ترکیب می‌شوند نیمی از ژنها در تخم بارور اسپرم و نیم دیگر از تخمک خواهد بود. در هر بار تقسیم تخمک، مواد ژنتیکی در هر سلول عیناً تکرار می‌شوند. در زمانی که اسپرم و تخمک با یک دیگر ترکیب می‌شوند دسته بندی و ترکیب دوباره ژن‌ها، می‌تواند ترکیب‌های بسیار متنوعی از ژنها را ایجاد کند که با آن چه می‌توانست از نسل قبل به ارث برد متفاوت باشد. این ویژگی پتانسیل انتخاب اصلح را ممکن می‌سازد که در اثر آن یک موجود زنده با شرایط محیطی خاص سازگاری بهتری پیدا می‌کند.

تولید مثل غیر جنسی که در بسیاری از موجودات زنده مثل باکتری‌ها، حشرات و گیاهان اتفاق می‌افتد گونه‌هایی با ویژگی‌های ژنتیکی کاملاً مشابه تولید می‌کند. بیوتکنولوژی نیز توانسته است از طریق فرایند "شبیه سازی مصنوعی" در تعدادی از موجودات زنده از جمله پستانداران گونه‌های کاملاً مشابه بوجود آورد.

ژنوم یک موجود زنده کلیه مراحل طی است که ژن این موجود طی می‌کند. امروزه با نقشه برداری ژنوم جانداران مختلف اطلاعات ژنتیکی زیادی به دست آمده است. با دانستن مراحل ژنتیکی می‌توان در مواد ژنتیکی تغییراتی مصنوعی داد تا ویژگی‌های مورد نظر در جاندار ایجاد شود. در ژن تراپی سعی می‌شود با استفاده از روش‌های خاص اعمالی انجام داد که به درمان بیماری‌ها کمک کند.

۵-۷

۷-۱۱

۱۱-۱۴

۱۴-۱۷

۱۰ تنوع موجودات، زنده و یا منقرض شده حاصل فرایند تکامل است

جد تمام موجودات زنده امروز یک موجود تک سلولی بوده است. در طی تغییرات بی شماری که به دلیل تنوع زیستی در یک گونه اتفاق افتاده است، آن گونه‌ها که برای ادامه حیات سازگاری بهتری با شرایط محیطی نشان داده اند زنده مانده و بقیه که قادر به سازگاری با محیط نبودند منقرض شده اند.

امروزه گیاهان و جانوران متعددی در جهان وجود دارند. در گذشته جانوران متعدد دیگری هم بوده اند که منقرض شده اند. ما از طریق فسیل‌ها اطلاعاتی در مورد این جانوران به دست آورده ایم. دسته بندی جانوران و گیاهان به گروه و زیر گروه بر اساس شباهت هایشان انجام شده است. برای مثال پرندگان یک گروه از جانورانند که در گونه‌های مختلفی وجود دارند. گنجشک یک نمونه از گروه پرندگان است. که زیر گروه‌هایی مثل گنجشک خانگی، گنجشک درختی و یا گنجشک تنومند دارد. این موجودات در تولید مثل، موجوداتی شبیه خود تولید می‌کنند. موجودات گونه‌های مختلف را نمی‌توان با یک دیگر پیوند زد و موجود جدیدی به وجود آورد که بتواند تکثیر شود و تولید مثل کند. حتی جانوران یک گونه هم با هم تفاوت‌های هر چند اندک دارند. یکی از نتایج تولید مثل جنسی همین است که نوزادان کاملاً شبیه والدین نیستند.

موجودات زنده زیستگاه‌های معینی دارند، زیرا توانسته اند خود را با شرایط آن زیستگاه سازگار کنند و به زندگی ادامه دهند. به خاطر تفاوت‌های اندکی که در تکثیر موجودات اتفاق می‌افتد، بعضی از آنان سازگاری بهتری با محیط دارند. در رقابت برای به دست آوردن منابع غذایی و انرژی لازم برای ادامه حیات، آن گروه که سازگاری بهتری با محیط دارند شانس بهتری هم برای ادامه حیات دارند. این گروه ویژگی‌های سازگاری با محیط را به نوزادان خود نیز منتقل می‌کنند. گروهی که نتوانستند خود را با محیط سازگار کنند به احتمال زیاد قبل از تولید مثل می‌میرند. به این دلیل نسل بعدی که به وجود می‌آید، سازگاری بهتری با محیط خواهد داشت. این تغییرات (جهش) فقط در سلول‌های تولید مثلی اتفاق می‌افتد و موتاسیون یا جهش به سایر سلول‌ها منتقل نمی‌شود. در طی زمان این تغییرات می‌تواند تا جایی ادامه پیدا کند که موجود قبلی به موجودی از گونه دیگر تبدیل شود.

این انتخاب طبیعی موجودات زنده با ویژگی‌های معین، آنان را قادر به ادامه حیات در محیط‌های خاص می‌کند اولین شکل حیات در روی زمین، در حدود ۳.۵ میلیارد سال پیش حیات با موجودات تک سلولی آغاز شده است. در حدود ۲ میلیارد سال قبل بعضی از این موجودات تک سلولی به موجوداتی پر سلولی تبدیل شده اند که سرانجام گیاهان، قارچ‌ها و جانوران بزرگ امروز را شکل داده اند. بقیه سلول‌ها به همان شکل تک سلولی باقی مانده اند.

تغییرات آب و هوایی، جغرافیایی و یا جمعیتی ممکن است باعث تقویت و یا تضعیف برخی از ویژگی‌هایی شود که موجودات زنده به ارث برده اند. فرایند سازگاری طبیعی بسیار تدریجی است و با مداخله انسان‌ها در زمانی که جانوران و یا گیاهانی را برای عملکردی معین و یا محیطی خاص پرورش می‌دهند تسریع می‌شود. فعالیت‌های بشر خیلی سریع‌تر از واکنش موجودات زنده برای سازگاری با محیط، زندگی را تغییر می‌دهد. الودگی‌های آب و هوا و خاک و نیز کشاورزی بیش از اندازه، تأثیرات بسیار مخربی بر محیط زیست وارد می‌کند و در حال حاضر باعث تغییراتی هم در محیط زیست شده که برای بسیاری از موجودات زنده زیان‌آور است. میزان انقراض موجودات زنده که ناشی از فعالیت‌های نوع بشر است، صدها مرتبه بیشتر از زمانی است که هنوز بشر بر روی کره خاکی وجود نداشت. کاهش تنوع زیستی باعث شده است توانایی موجودات زنده در واکنش به تغییرات محیط زیست کاهش یابد یا از بین برود. تکامل بر روی کره زمین یک شاخه محدود از آن چیزی است که به "تکامل کیهانی" معروف است. این تکامل مربوط به تغییرات تدریجی در شرایط فیزیکی و شیمیایی کهکشانی، مثل ظهور اتم کربن است که شرایط را برای ظهور حیات، حداقل بر روی کره زمین مناسب کرده است.

۱۱ علوم تجربی به دنبال یافتن علت یا علل پدیده‌ها در جهان طبیعی است

علوم تجربی فرایند کاوشگری برای توضیح و درک پدیده‌ها در جهان طبیعی است. این فرایند روش منحصر به فردی ندارد زیرا پدیده‌ها بسیار متنوعند و بنابراین روش‌ها و ابزارها هم که برای خلق و آزمون توضیحات علمی در باره آنها استفاده می‌شوند متنوع‌اند. مشاهدات و شواهد چنین نشان داده‌اند که در بسیاری مواقع برای توصیف یک پدیده، لازم است عواملی وجود داشته باشند تا آن پدیده اتفاق افتد. در مواقع دیگر الگوهایی که طی مشاهدات نظام مند ترسیم شده‌اند ارتباطاتی را آشکار می‌کنند که می‌توانند شواهدی بر توصیف پدیده‌ها باشند.

علوم تجربی با فرض این که وقوع هر پدیده‌ای دلیل یا دلایلی خاصی دارد، به دنبال یافتن علت وقوع پدیده‌هاست و نیز این که چرا هر پدیده به شکل خاصی اتفاق می‌افتد، توصیفات مبنایی دارند و بر اساس حدس و گمان بیان نمی‌شوند. علت وقوع پدیده‌ها و شکل آن‌ها را می‌توان به روش‌های مختلف پیدا کرد. مشاهده دقیق، شامل اندازه‌گیری در هر زمان که ممکن باشد، می‌تواند بیان کند که وقوع چه اتفاقی محتمل است. در موارد دیگر می‌توان تغییری ایجاد کرد تا دید چه اتفاقی می‌افتد. در اعمال این تغییر باید مطمئن بود که سایر عوامل ثابت نگه داشته شده‌اند تا عاملی که باعث آن تغییر شده است همان متغیر مورد نظر باشد.

در پژوهش‌های علمی آن چه بسیار مهم است مشاهده دقیق و نظام مند و توصیف دقیق مشاهدات است. از آن جا که انتظارات افراد برای وقوع یک اتفاق می‌تواند بر مشاهداتشان تأثیر بگذارد، بهتر است مشاهدات توسط چند نفر مستقل از یک دیگر انجام شود و نیز برای این که گزارش نتایج به اندازه کافی شفاف باشد باید چند نفر دیگر آن‌ها را بررسی کنند. انواع متنوع پدیده‌های طبیعی را می‌توان به روش‌های مختلف توصیف کرد. در بعضی مواقع با یک توصیف (فرضیه) متغیری را به عنوان عامل وقوع پدیده معرفی می‌کنند. برای آزمودن صحت این توصیف یا فرضیه باید بتوان پیش بینی کرد که اگر متغیر مورد نظر را تغییر کند چه اتفاقی می‌افتد و سپس در عمل دید که آیا پیش بینی با نتایج مشاهده شده می‌خواند. اگر پیامد پیش بینی را تأیید کند و هیچ تغییری دیگری به همین نتیجه نرسد، آن عامل را به عنوان عامل اتفاقی که مشاهده شده می‌شناسند.

اگر نتوان عوامل را به صورت تجربی دستکاری کرد، برای مثال در مورد حرکت سیاره‌ها در منظومه شمسی، می‌توان آن پدیده را در اوقات مختلف در یک دوره زمانی به طور نظام مند مشاهده کرد. با مشاهده الگوها در داده‌ها، ممکن است بتوان یک هم بستگی در عوامل پیدا کرد، یعنی با تغییر یک عامل، عامل دیگر به روش قاعده مند تغییر می‌کند. با مشاهده این هم بستگی‌ها ممکن است بتوان فرضیه طرح کرد که با کمک آن بتوان پیش بینی کرد، حتی در مواقعی که مشاهده مستقیم امکان پذیر نیست و یا نمی‌توان عوامل را تغییر داد. باید توجه داشت که وجود یک هم بستگی، یعنی مشاهده این که تغییر در یک عامل، سبب تغییر در عامل دیگری می‌شود، را نمی‌توان دلیل مستحکمی برای تغییر دانست زیرا ممکن است عامل ناشناخته دیگری مسبب هر دو تغییر باشد. این که بدانیم چیزی معلول علتی بوده است به معنای توصیف مکانیزی اثر آن علت نیست. به این دلیل مدلی لازم است که در آن ارتباطات بر اساس اصول علمی بیان شده باشد.

پدیده‌هایی که در زمان‌های گذشته اتفاق افتاده‌اند، مثل تغییر سنگ‌ها و یا تکامل گونه‌ها را نیز می‌توان بر اساس فرضیه‌هایی توصیف کرد. در چنین مواردی هم بستگی بین تمام فرضیه‌ها و سازگاری آنها با حقایق و اصول علمی، بهترین توصیف آن پدیده‌ها را رایج می‌کند.

۱۲ در هر زمان تئوری‌ها، مدل‌ها و توصیفات علمی، آن‌هایی هستند که با شواهد موجود بهترین تطابق را دارند.

در هر زمان هر تئوری یا مدلی که بیان‌گر رابطه بین متغیرها در یک پدیده طبیعی است، باید با مشاهداتی که در همان زمان انجام می‌شود مطابقت داشته و بتواند پیش‌بینی‌های قابل‌آزمونی ارائه دهد. هر مدل و یا تئوری همواره می‌تواند بر اساس اطلاعات جدید تغییر کند، حتی اگر این تئوری توانسته باشد بر اساس داده‌ها پیش‌بینی‌های درستی هم کرده باشد.

هر فردی می‌تواند در مورد پدیده‌های طبیعی پرسش کند و کارهایی انجام دهد که به او در پاسخ به پرسش‌هایش کمک می‌کند.

در علوم تجربی برای آرایه یک توصیف پژوهش‌های نظام‌مندی شامل جمع‌آوری اطلاعات از طریق مشاهده، اندازه‌گیری ویژگی‌های اجسام مورد مطالعه و یا استفاده از داده‌های منابع دیگر انجام می‌شود. این که بتوان یک توصیف موثر آرایه داد به داده‌هایی که جمع‌آوری می‌شود بستگی دارد. راهنمای انجام کار هم معمولاً یک تئوری یا فرضیه‌ای در مورد اتفاقات احتمالی است.

دانشمندان معمولاً در فرایند توصیف مشاهدات و عوامل موثر در اتفاقات مدل‌سازی می‌کنند تا شرح دهند که چه اتفاقاتی ممکن است روی دهد. بعضی مواقع این مدل‌ها فیزیکی هستند، مثل افلاک‌نماها، مدلی از منظومه شمسی که در آن از اجسام مختلفی برای نشان دادن خورشید، ماه، زمین و سیاره‌های دیگر استفاده شده و یا برای نشان دادن چگونگی قرار گرفتن اتم‌ها در یک ماده از توپ و ترکه چوب استفاده می‌کنند. مدل‌های دیگر اغلب تئوری‌وار و انتزاعی هستند مثل نشان دادن نور با حرکت موجی و یا نشان دادن روابط با فرمول‌های ریاضی. با استفاده از کامپیوتر مدل‌هایی شبیه‌سازی می‌کنند که در آن‌ها به سادگی می‌توان متغیرها را تغییر داد و تأثیر تغییر را بررسی کرد. در بین مدل‌ها بعضی در تئوری خیلی پایدار هستند و هنوز عملکرد آنها به تناقضی برخورد و هم‌چنان کاربرد دارد و بعضی دیگر بیشتر تجربی هستند و به احتمال زیاد تغییر خواهند کرد. در مواردی هم به دلیل جامع نبودن شواهد یک مدل، ممکن است چند مدل معرفی شده باشد. با این حال موارد زیادی موجودند که هنوز برای آنها مدل توصیفی مناسبی ارائه نشده است.

مدل‌ها بر حسب ارتباطات بین بخش‌های یک سیستم راهی برای توصیف پدیده‌ها ارائه می‌کنند. اگر چه در مورد مدل‌ها یا ایده‌هایی که بر اساس آنها می‌توان پیش‌بینی‌های تکرارپذیر و متکی بر شواهد انجام داد، اطمینان زیادی وجود دارد و به همین دلیل هم از آنها به عنوان "حقایق" نام برده می‌شود، با این حال نمی‌توان "صحت" هیچ تئوری و یا توصیفی را اثبات کرد، زیرا همواره احتمال دارد داده‌هایی به دست آید که با آنها در تضاد باشد و یا این که یک تئوری جدید دیگری آرایه شود که توصیف بهتری ارائه دهد. بنابراین بعضی از ایده‌های علمی امروزی که پدیده‌های اطراف ما را توصیف می‌کنند با ایده‌هایی که در زمان‌های قبل پذیرفته شده‌اند تفاوت دارند و بعضی هم ممکن است در آینده تغییر کنند.

۱۳ از دانشی که علوم تجربی تولید می‌کند، در مهندسی و فناوری برای تولید محصولات استفاده می‌شود

فناوری توانسته است با استفاده از ایده‌های علمی، درجوه مختلفی از فعالیت‌های بشر تغییرات عمده ای بدهد. پیشرفت فناوری، فعالیت‌های علمی بشر را گسترده تر کرده و باعث بهبود شناخت جهان طبیعی شده است. در بعضی زمینه‌ها هم فعالیت‌های فناورانه از ایده‌های علمی پیشی گرفته اند و در مواردی ایده‌ها هم چنان پیش تازند.

بشر با خلق فناوری توانست آن چه را نیاز دارد یا می‌تواند استفاده کند، مثل غذا، ابزارها، پوشاک، مناطقی برای زندگی و راه‌هایی برای ارتباط گرفتن تولید کند. اطراف ما پر است از نمونه تغییراتی که به هدف‌های خاصی در مواد ایجاد کرده ایم.

فناوری مهندسی را هم توسعه داده است. این توسعه هم در جهت شناخت مسایل و هم در استفاده از ایده‌های علوم تجربی و ایده‌های دیگر برای طراحی و ارائه بهترین راه حل ممکن آن مسایل بوده است. معمولاً در مواجهه با مسایل رویکرد‌های مختلفی وجود دارد. به این دلیل احتمالات مختلفی را باید امتحان کرد. در انتخاب بهترین راه حل باید به طور شفاف مشخص شود که به دنبال چه پاسخی هستیم و چه چیزی معیار موفقیت ما در یافتن بهترین پاسخ است. برای مثال اگر به دنبال پاسخ به این پرسش هستیم که چگونه می‌توانید پشت سرتان را ببینید و معیار پاسخ درست این باشد که دستتان آزاد باشد، راه‌حل‌ها حتما متفاوت خواهد بود.

در طراحی راه حل یک مساله، معمولاً طراحی و ساخت مدل کمک می‌کند. مدل‌های فیزیکی، کامپیوتری و یا ریاضی امکان بررسی تأثیر تغییر در مواد یا طراحی و بهبود راه حل را فراهم می‌کند. معمولاً در بهینه کردن راه حل باید عوامل متعددی مثل هزینه، دسترسی به مواد، تأثیر بر استفاده کنندگان و بر محیط که ممکن است باعث محدود شدن انتخاب‌ها می‌شوند را در نظر گرفت.

علوم تجربی، مهندسی و فناوری بسیار درهم تنیده اند. کاربرد علوم تجربی در ساخت مواد جدید مثالی است از این که این علم چگونه باعث پیشرفت فناوری شده و توانسته است برای مهندسان انتخاب‌های متعددی در طراحی و ساخت فراهم کند. در همان زمان پیشرفت در فناوری از طریق تولید ابزاری برای مشاهده و اندازه‌گیری و اتوماسیون کردن کارهایی که ممکن است خیلی خطرناک و یا خیلی زمان بر باشند، به خصوص از طریق تجهیز نرم افزارهای کامپیوتری به توسعه علم کمک کرده است. بنابراین فناوری باعث رشد علوم تجربی شده است که آنهم در طراحی و ساخت ابزارهایی برای استفاده عامه به کار گرفته شده است. در گذشته معمولاً فناوری از طریق کارهای تجربی بر علوم تجربی پیشی گرفته است، ولی امروزه درک علوم تجربی قبل از فناوری و یا حداقل هم زمان با آن اتفاق می‌افتد. استفاده از علوم تجربی در طراحی و ساخت ابزارها و ماشین‌های جدید امکان تولید انبوه را فراهم کرده است و به این دلیل مردمان بیشتری می‌توانند از محصولات استفاده کنند.

محصولات فناوری در کنار مزایای خود زیان‌هایی هم دارند. تولید بعضی مواد، انسان را از مواد طبیعی بی‌نیاز کرده است اما، هم زمان این مواد به مانند مواد طبیعی به طبیعت باز نمی‌گردند و بشر را با مسایل دفع فضولات مواجه کرده اند. بعضی وسایل مثل تلفن همراه و یا رایانه‌ها از موادی در طبیعت استفاده می‌کنند که میزان آنها بسیار محدود است و به زودی بشر با کمبود آنها مواجه می‌شود. این مثال‌ها نشان می‌دهد انسان‌ها با مسایل بزرگی مواجه اند، برای مثال نیاز به بازیافت مواد برای حفاظت از منابع و کاهش آلودگی از این جمله اند. به دلیل این تأثیرات زیان بار فناوری بر زندگی بشر، لازم است دانشمندان علوم تجربی و مهندسان در شناخت مسایل و پیدا کردن راه حل برای آنها با یک دیگر مشارکت کنند.

۵-۷

۷-۱۱

۱۱-۱۴

۱۴-۱۷

۱۴ کاربرد علوم تجربی معمولاً توصیه‌های اخلاقی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی دارد

استفاده از دانش علمی در فناوری سبب اختراعات زیادی شده است. قضاوت در مورد این که کاربرد خاصی از علوم تجربی مطلوب است یا خیر را نمی‌توان فقط منوط به دانش علمی صرف کرد. در مواردی مثل عدالت، یا تساوی، امنیت بشری و تأثیر بر مردمان و طبیعت به قضاوت‌های اخلاقی و معنوی نیازمندیم.

علوم تجربی میزان شناخت ما از جهان طبیعی را افزایش داده است و به این دلیل توانسته ایم دلیل بعضی از اتفاقات و پدیده‌ها را بشناسیم. این شناخت می‌تواند به بشر کمک کند تا با اعمال تغییر و یا ساخت چیزها، مسایل بشری را حل کند. هم زمان با این نقش فناوری در حل مسایل بشری و بهبود وضع زندگی و سلامت بسیاری از مردمان در کشورهای مختلف جهان، باید به این نکته هم اعتراف کرد که استفاده از بعضی از مواد ممکن است باعث کمبود آنها شود و یا به محیط زیست آسیب رساند.

استفاده از علوم تجربی هم نتایج مثبت و هم منفی دارد. بعضی از نتایج منفی قابل پیش بینی هستند ولی بعضی به تدریج و در اثر تجربه کردن به دست می‌آیند. آب سالم، غذای کافی و پیشرفت پزشکی انتظارات بشر از زندگی را افزایش داده است ولی هم زمان با افزایش جمعیت، تقاضا برای منابع و نیز فضا برای تامین غذا، مسکن و دفع فضولات افزایش یافته است. معمولاً این موارد برای مردمان در کشورهای در حال توسعه زیان بار بوده است و باعث تخریب زیستگاه‌ها و موجودات دیگر و حتی انقراض برخی از آنها شده است.

در مورد تأثیرات ناخواسته پیشرفت فناوری و مهندسی مثال‌های زیادی وجود دارد. سهولت و سرعت حمل و نقل، به خصوص حمل و نقل هوایی باعث مصرف سوخت‌هایی می‌شوند که کربن دی‌اکسید تولید می‌کنند. کربن دی‌اکسید یکی از گازهایی است که از طریق تأثیر گل‌خانه‌ای باعث گرم نگه داشتن سطح زمین می‌شود. افزایش این گاز در جو زمین باعث افزایش دمای سطح زمین می‌شود. افزایش هر چند اندک گرمای سطح زمین تأثیرات بسیار گسترده‌ای مثل ذوب شدن یخ‌های قطبی، بالا آمدن سطح آب دریاها و تغییرات الگوهای آب و هوایی دارد. آگاهی از این تأثیرات مخرب، ما را وادار می‌کند تا در استفاده از فواید علوم تجربی در ازای تحمل نتایج زیان‌بارش بسیار ملاحظه کار باشیم.

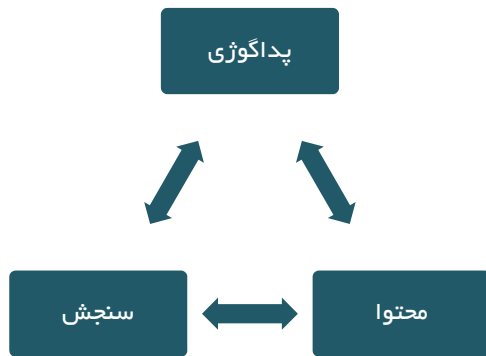
بدیهی است در بسیاری نوآوری‌ها، منابعی مثل منابع مالی مصرف می‌شوند. بنابراین در رفع نیازها باید همواره اولویت‌ها را در نظر داشت. این تصمیم‌گیرها در سطوح مختلف دولتی، محلی و یا فردی باید با شناخت مفاهیم علمی و اصول فناوری مربوطه همراه باشد ولی هم زمان در تصمیم‌گیری‌ها علاوه بر توجه به شواهد علمی پشتیبان باید اولویت بندی کرد و به ارزش‌ها و شناخت نیازهای در اولویت توجه کرد. بنابراین لازم است که در طراحی یک سیستم نو و یا یک تولید مهندسی، ارزش‌های اخلاقی و واقعیت‌های سیاسی و اقتصادی به همراه علوم و فناوری در نظر گرفته شوند.

شناخت علمی می‌تواند در شناسایی لزوم بعضی از کاربردها کمک کند ولی، تصمیم‌گیری در مورد این که چه کاری باید انجام شود به آن قضاوت‌های معنوی و اخلاقی نیاز دارد که در حیطه دانش علوم تجربی و فناوری نیست. بین شناختی که علوم تجربی فراهم می‌سازد، مثل لزوم حمایت از تنوع زیستی و عوامل موثر در تغییرات آب و هوایی یا تأثیر مخربی که شیوه زندگی و مواد زیان‌آور دارند و اعمالی که در این موارد ممکن است انجام شود یا نشود تفاوت فاحشی وجود دارد. نظرات در مورد این که چه کارهایی باید انجام شود متفاوت است ولی آن چه مهم است اینست که مینای این نظرات باید ملاحظات اخلاقی و معنوی و نه شواهد علمی باشد.

۵ توجه به ایده‌های بزرگ در عمل

سالهاست که تقاضا برای عمق بخشیدن به اهداف علوم تجربی و کاهش وسعت ناهماهنگ آن به یک چالش تبدیل شده است. دلیل اصلی انتشار "اصول و ایده‌های آموزش علوم تجربی" و پیشنهاد تعداد نسبتاً محدودی از ایده‌های علوم تجربی برای آموزش در دوران تحصیل دانش‌آموزان هم پاسخ به این چالش بوده است. بسیاری از کشورها این ایده‌ها را ترجمه و استفاده کردند و در بازخورد هایی که به ما داده اند متوجه شدیم که پیشنهادی برای افزایش محدوده این اصول داده نشده و فقط در در تصحیح بعضی از توصیف ایده‌ها، پیشنهاداتی داده شده بود.

به واقع باید با استفاده‌کنندگان این ایده‌ها بیشتر گفت‌وگو کنیم تا از تجاربی که در عمل و در چهارچوب این ایده‌های بزرگ کسب می‌کنند آگاه شویم. ما نیاز داریم بدانیم که در تصمیم‌هایی که در مورد عناصر کلیدی تجارب یادگیری دانش‌آموزان می‌شود، این ایده‌ها باعث چه تفاوت‌هایی در: انتخاب محتوای برنامه درسی، فرایند یاددهی یادگیری و سنجش دانش‌آموزان می‌شود؟ در این بخش به این پرسش‌ها پاسخ می‌دهیم.



شکل ۱: تعامل در بین وجوه تجارب دانش‌آموزان

سه وجهی که از تجارب دانش‌آموزان در این تصویر می‌بینید مستقل از یک دیگر نیستند. همان طوری که با پیکان‌ها نشان داده شده است تغییر در هر کدام بر دیگری هم اثر می‌گذارد. این اثر متقابل بسیار مهم است، زیرا بی معنی است اگر از نظر ایده‌ها بر ایده‌های بزرگ تمرکز کنیم اما در سنجش بر حفظ کردن تعدادی حقایق تاکید شود و یا معلم در روش آموزش خود به ارتباط بین این سه راس توجهی نداشته باشد. اگر امتحانات پایانی (چه امتحانات هماهنگ و چه امتحان معلم ساخت) هم چنان نقش غالب را داشته باشد و یا برنامه درسی هم چنان از نظر محتوایی حجیم باشد، تأکید بر آموزش پژوهش محور بی معناست. علاوه بر این نمی‌توان اگر معلم در

طراحی تدریس خود به دانش‌آموزان فرصت مناسب برای بازتاب آموخته‌ها و یا کار در حیطه خلاقیت‌ها ندهد، نمی‌توان از آنان انتظار داشت که مسئولیت آموزش مادام‌العمر خود را بر عهده بگیرند و نیز اگر محتوای برنامه درسی با علایق و تجارب دانش‌آموزان فاصله داشته باشد، نمی‌توان امید وار بود که نسبت به علوم تجربی نگرش مثبت پیدا کنند.

فرصت‌هایی برای همه دانش‌آموزان

در زمانی که ما با توجه به محتوای برنامه، روش آموزش معلم و سنجش دانش‌آموزان می‌خواهیم فرصت‌های یادگیری برای دانش‌آموزان فراهم کنیم، باید به اصل کلیدی تساوی هم توجه کنیم. طبق این اصل همه دانش‌آموزان به یک اندازه نیازمند فرصت‌هایی هستند که بتوانند برای زندگی در دنیای پیچیده امروز آماده شوند. گرچه هنوز در بسیاری از کشورها چنین تصور می‌شود که تفاوت در میزان موفقیت‌های دانش‌آموزان به دلیل تفاوت در جنسیت، سابقه فرهنگی و موقعیت‌های اقتصادی اجتماعی آنان است اما به واقع این باور که همه می‌توانند یاد بگیرند پشتوانه پژوهشی دارد.

از جمله عوامل بیشماری که در ایجاد این تفاوت‌ها در علوم تجربی ذکر می‌شود، تفاوت در فرصت‌های یادگیری هم در مدرسه و هم در خارج از مدرسه است. اگرچه میزان آموخته‌های دانش‌آموزان در خارج از مدرسه رشد فزاینده ای دارد و مدرسه تنها محل یادگیری نیست، با این حال هنوز این مدارس هستند که در ایجاد فرصت‌های یادگیری نقش کلیدی دارند. بدیهی است

برای دانش‌آموزان برخوردار و مرفه امکان استفاده از فرصت‌های یادگیری علوم تجربی در مدارس با امکانات خوب و اتمام تحصیلات متوسطه و ورود به تحصیلات عالی بسیار بیشتر از همسایگان محروم آنان است.

مدارس پرجمعیت که دانش‌آموزانشان عمدتاً از طبقات محروم اجتماعند، ترجیح می‌دهند بیشتر ضعف دانش‌آموزانشان در سواد آموزی و ریاضی را جبران کنند و کمتر به علوم تجربی یا سایر موضوعات درسی می‌پردازند. از طرف دیگر این مدارس از نظر معلمان با تجربه و امکانات آموزشی هم ضعیفند و حاصل این تفاوت‌ها به این می‌انجامد که دانش‌آموزان این مدارس در یادگیری موارد بنیانی آموزش علوم تجربی که مبنای شکل‌گیری ایده‌های علمی هستند و نیز مزایایی که این شیوه آموزش به دنبال دارد زیان می‌بینند.

شناسایی مسایل با پیشنهاداتی برای حل آنها همراه است. مدارس به معلم و به تجهیزات آموزشی نیاز دارند و نیز به راهنمایی‌هایی برای کسب اطمینان از این که همه دانش‌آموزان با هر سوابقی از فرصت‌های مساوی یادگیری بهره‌مند می‌شوند. بخشی از راه حل این مشکل می‌تواند به معنای تخصیص منابع نیروی انسانی و مواد مورد نیاز به این مدارس باشد. علاوه بر این باید به این مدارس کمک و راهنمایی‌های کافی بشود تا مطمئن شویم که سنجش برای کمک به یادگیری انجام می‌شود و نیز به دانش‌آموزانی هم که مشکل مهارت‌های زبانی دارند و یا زبان مادری آنان متفاوت از زبان مورد استفاده در مدرسه است به اندازه کافی توجه می‌شود. این مدارس را باید راهنمایی و کمک کرد تا بتوانند از تنوع در بین دانش‌آموزان در به کارگیری اصولی که در انتخاب فعالیت‌ها استفاده می‌شود بهره‌مند شوند، به طوری که تجارب و ایده‌هایی که دانش‌آموزان هر روزه با خود به مدرسه می‌آورند اساس پرورش ایده‌های علمی در آنان باشد.

محتوای برنامه درسی

منظور ما از برنامه درسی موضوعات معینی است که بستری برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند تا ایده‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌هایی که در برنامه رسمی گنجانیده شده است را کسب کنند. از آن جا که پرورش ایده‌ها با چینش‌های مختلف انجام می‌شود، می‌توان در انتخاب موضوعات مختلف آزادی عمل داشت، برای مثال می‌توان موضوعاتی مثل حرکت و نیرو، زنجیره غذایی و یا ویژگی‌های رسانا بودن مواد را انتخاب کرد و یا نکرد. در هر حال باید راهی برای انتخاب موضوعات مناسب از بین همه موضوعات وجود داشته باشد. اصولی که در بخش ۲ گفته شد بعضی از معیارهای انتخاب را پیشنهاد می‌کند.

فعالیت‌ها باید در دانش‌آموزان احساس رضایت از انجام فعالیت‌های علمی را پرورش دهد، آنها را کنجکاوتر کند، از نظر دانش‌آموزان جالب و مرتبط با زندگی روزمره باشد و البته درک علمی و توانایی‌ها و نگرش‌های آنان را هم پرورش دهد و در تمام این موارد بر شناساندن ایده‌های بزرگ به دانش‌آموزان تمرکز داشته باشد به طوری که آنان در عمل این واقعیت که علوم تجربی به آنان در شناخت جهان اطرافشان کمک می‌کند را تجربه کنند.

انتخاب محتوا از موضوعات موجود در دنیای اطراف

معلمان معمولاً و ذاتاً کنجکاوند تا علایق دانش‌آموزان را بشناسند و از آن‌ها در آموزش استفاده کنند. یکی از بهترین روش‌های این است که معلم موضوعاتی انتخاب کند که به تجارب واقعی و یا فرضی دانش‌آموزان ارتباط دارد. معلمان کودکان خردسال در خلق داستان‌ها و یا موقعیت‌های خیالی به عنوان بستری برای پژوهش مهارت دارند. ساخت یک مدل خانه از جعبه‌های کفش در کلاس به عنوان زمینه‌ای برای کشف مواد مختلف که در ساختمان‌های واقعی استفاده می‌شود و یا تصور این که چگونه می‌توان در یک روز طوفانی و سرد در کوهستان خود را گرم نگه داشت، به هدف بررسی خواص عایق بودن مواد مختلف از این مواردند. برای دانش‌آموزان بزرگتر می‌توان این آموزش را با تجارب واقعی مثل بازدید از نیروگاه‌ها، واحد‌های تصفیه آب یا مراکز بازیافت و غیره همراه کرد. این چنین بازدیدهایی نه تنها دانش‌آموزان را نسبت به درک مراحل انجام این کارها علاقه‌مند می‌کند، بلکه به آنان نیز فرصت می‌دهد تا با کاربردهای علوم تجربی در انجام این فرایندها آشنا شوند.

موضوعات دنیای واقعی علاقه و انگیزه ایجاد می‌کند. ارتباط انگیزشی بسیار مهم است، به خصوص در دورانی که دانش‌آموزان نه تنها به تلویزیون بلکه از طریق تلفن‌های همراه خود به انواع سرگرمی‌ها دسترسی فوری دارند. ولی معمولاً اتفاقات و پدیده‌های دنیای اطراف پیچیده تر از آنند که دانش‌آموزان بتوانند با تعامل و درگیری مستقیم با آنها در یابند که اتفاقات چگونه رخ می‌دهند. اگرچه استفاده از زمینه‌های موجود در دنیای واقعی مزایای زیادی دارد، اما پدیده‌های معینی وجود دارد که به لحاظ پیچیدگی خاصشان باید به دقت بررسی شوند، گرچه می‌توانند گیج‌کننده هم باشند. بسیاری از جزئیات اتفاقات می‌توانند باعث ابهام و ویژگی‌هایی شوند که شفافیت آنها برای پرورش ایده‌هایی که بتوان به چیزهای دیگر انتقال داد لازم است. فراگیران برای توجه به ویژگی‌های بحرانی در یک مساله پیچیده (بر خلاف موارد نامربوط) به کمک نیاز دارند و نباید تصور شود که آنان خود می‌توانند ارتباطات پنهان و اجرایی را بشناسند. بنابراین برای حل این مشکل ما اساس مساله را در کلاس یا در آزمایشگاه، جایی که بتوان مستقیماً ایده‌ها را بهتر آزمود و پروراند می‌بریم. صرفنظر از این که زمینه‌ای که باعث تحریک انگیزه می‌شود یک داستان و یا یک بازدید باشد، یادگیری علوم از طریق ساده کردن یک واقعیت در کلاس و یا در آزمایشگاه، یعنی در جایی که شرایط را بتوان کنترل نمود و یا متغیرها را اندازه‌گیری کرد، امکان‌پذیر است. در این فرایند نباید از ارتباط بین چیزها در دنیای اطراف غافل شویم. فقط زمانی می‌توانیم از درک ارتباط‌های مهم در موقعیت‌های واقعی مطمئن شویم که در فعالیت‌های کلاسی هم آنها را فراموش نکنیم. بنابراین توجه به برقراری تعادل بین تمایل و تقاضای دانش‌آموزان برای شناخت و کسب اطلاعات متعدد در مورد زمینه‌هایی در دنیای واقعی و مطالعه وجوه خاصی که ارتباط بین آن پدیده‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد بسیار مهم است. مورد مهم دیگر گفت‌وگو در کلاس در مورد ارتباط یک پژوهش به زمینه‌ای که باعث انجام آن پژوهش شده است. شاخص مهم در پرورش ایده‌های بزرگتر این است که دانش‌آموزان را در کاربرد ایده‌های کسب شده در شرایط جدید به چالش بیاندازیم و نیز این که بین ایده‌های جدید با ایده‌هایی که در توصیف آنها استفاده شده ارتباط برقرار شود.

روش‌هایی برای درگیر شدن در محتوا

بهترین روش معرفی بعضی از موضوعات علمی، انجام پژوهش و تحقیق است و بعضی دیگر را می‌توان به عنوان یک کشف علمی و یا یافته‌های آزمایشگاهی و یا یافته‌هایی در حوزه موضوعات جاری و مورد علاقه ارایه کرد. در هر کدام از این موارد نکته مهم این است که محتوایی انتخاب شوند که با ایده‌های بزرگ مرتبط باشند. دانش‌آموزان باید فرصت پیدا کنند تا در مورد تاریخچه علم و این که چرا بعضی از ایده‌های علمی تغییر می‌کنند گفت‌وگو کنند. کشانیدن این گفت‌وگوها به حوزه پژوهش‌های دانش‌آموزان به آنان کمک می‌کند تا به نقش شواهد در پرورش ایده‌های بزرگ و در مورد ماهیت علم و کاربرد آن پی ببرند. با گفت‌وگو در مورد کاربرد علوم تجربی، برای مثال در مورد پزشکی، ارتباطات و سفرو. می‌توان به فهم این موضوع کمک کرد. معمولاً با موضوعاتی از این قبیل می‌توان علایق دانش‌آموزان را برانگیخت و از آن به عنوان یک عنصر کلیدی در تحریک دانش‌آموزان به توسعه ایده‌هایشان در مورد حوادث و پدیده‌ها در دنیای اطراف استفاده کرد.

افزایش میزان درگیری در محتوا

در طی سال تحصیلی در زمانهای مختلف می‌توان، یک سری پدیده‌ها، عادات و اتفاقات را بررسی کرد به شرط آن که هدف درگیری دانش‌آموزان در بررسی این موارد، پرورش ایده‌های دانش‌آموزان در ایده‌های مرتبط باشد. همان طور که در بخش ۴ گفته شد پی‌گیری این ایده‌ها در دانش‌آموزان مختلف متفاوت است و به فرصت‌های قبلی آنان در مدرسه و خارج از مدرسه بستگی دارد. به این دلیل نمی‌توان در مورد همه دانش‌آموزان پرورش را به یک معنا توصیف کرد. ولی می‌توان از گرایش‌های مشترک دانش‌آموزان استفاده کرد و توصیف گسترده‌ای از آن چه در زمانهای مختلف تحصیلی از پیش دبستان تا دوره متوسطه انتظار می‌رود، ارایه کرد.

این تغییر روش‌ها (گرایش‌ها) شامل موارد زیر می‌شوند:

- برای این که پدیده ای به وضوح و گسترده درک شود در توصیف آن باید چندین عامل موثر در وقوع آن پدیده را در نظر گرفت.
- همراه با مشاهدات کمی مناسب، برای بیان بهتر ارتباطات و درک عمیق پدیده‌ها، از ریاضیات استفاده شود.
- توانایی برای لحاظ کردن ویژگی‌هایی که مستقیماً قابل مشاهده نیستند، افزایش پیدا کند.
- از مدل‌های فیزیکی، ذهنی و ریاضی استفاده مؤثرتر شود.

این ارجاعات برای افزایش استفاده کمی از مشاهدات و مدل‌های ارتباطی، اهمیت نقش ریاضیات در پرورش ایده‌های علوم تجربی از طریق پژوهش را بارزتر می‌کند. ریاضیات دانش‌آموزان را به توصیفاتی فراتر از توصیف در قالب جمله‌ها می‌کشاند. سازمان‌دهی اطلاعات در نمودارها و جداول و نگاره‌ها به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا به الگوها توجه کنند و ارتباطاتی برقرار کنند که تفکر آنان در مورد درک ارتباط بین متغیرها و ارایه کردن فرضیه‌ها در مورد علل قابل آزمایش را توسعه دهد. تحلیل آماری داده‌ها دانش‌آموزان را قادر می‌سازد تا احتمالات و پیش‌بینی‌ها را تفسیر کنند. در سازگار کردن آموزش علوم تجربی و ریاضیات نفع دو سویه‌ای وجود دارد. ابزار ریاضیات به درک علوم تجربی کمک می‌کند و در همان زمان استفاده از داده‌های پژوهشی علوم تجربی باعث درک دقت محدوده و کاربرد این ابزار می‌شود.

فرایند یاددهی یادگیری (پداگوژی)

مبنای یادگیری هر فراگیر در کسب ایده‌های جدید، چه در داخل و چه در خارج از کلاس، دانسته‌ها و ایده‌های فعلی اوست. یعنی درست مثل همان کاری که دانشمندان در توضیح پدیده‌ها و پرورش شناختشان از چگونگی کارکرد چیزها در جهان اطراف انجام می‌دهند. در علوم تجربی شناخت جهان طبیعی و مصنوعی، از طریق تلاش در جهت پاسخ به پرسش‌ها از طریق جمع‌آوری اطلاعات، استدلال و بررسی شواهد در تایید یافته‌های جدید و دانسته‌های فعلی امکان پذیر می‌شود. منبع اطلاعات می‌تواند دست‌ورزی مستقیم با مواد، مشاهده پدیده‌ها و یا استفاده از منابع دست‌دوم شامل کتابها، اینترنت، رسانه‌ها و مردم باشد. در تفسیر اطلاعات در تولید شواهدی که ایده‌ها را بیازماید ممکن است لازم شود با دانش‌آموزان دیگر و یا معلم گفت‌وگو شود و نیز از یافته‌های متخصصان دیگر استفاده شود. در تمام این موارد مهم این است که دانش‌آموز نقش فعال داشته باشد، درست مثل کاری که هر دانشمند در پرورش ایده‌ها و ادراکات خود انجام می‌دهد. از طریق انجام آگاهانه این فعالیتها ایده‌های دانش‌آموزان در مورد علوم تجربی پرورش پیدا می‌کند.

پرورش ایده‌ها از طریق پژوهش

پرورش ایده‌ها به این روش به عنوان یکی از موارد استفاده از پژوهش علمی و قابلیت‌هایی است که دانشمندان در بهبود شناخت خود از دنیای اطراف توصیف کرده‌اند. شکل ۲ مراحل این فرایند را به صورت ساده شده نشان می‌دهد.



شکل ۲: یک مدل یادگیری پژوهش محور

تحقیق بر اساس یک تجربه جدید آغاز می‌شود که و به دنبال آن این پرسش طرح می‌شود که چگونه می‌توان این تجربه را شرح داد. کشف اولیه تجربه جدید و جوهی را آشکار می‌سازد که با ایده‌های موجود مرتبط هستند و ممکن است بتوانند توصیفی ارائه کنند. ممکن است چندین ایده مرتبط توصیفات (یا فرضیه های) احتمالی را آشکار سازند که باید آنها را بیازماییم تا ببینیم آیا پاسخ قابل قبولی را ارائه می‌دهند. در هر مورد بررسی می‌شود که آیا شواهدی نشان می‌دهد که این فرضیه توانسته است پیش بینی های درستی ارائه کند. شواهد از طریق برنامه ریزی و اجرای پژوهشی انجام می‌شود که شامل جمع‌آوری و تفسیر داده ها، مشاهدات نظام مند و یا مشاوره با منابع دست دوم باشد. ممکن است بیش از یک پیش بینی بررسی شود و بنابراین مراحل پیش بینی، برنامه ریزی و تفسیر داده ها ممکن است تکرار شود. نتایجی که از داده های جدید به دست می‌آید نشان می‌دهد که آیا شواهدی وجود دارد که از توصیفات امکان پذیر و نیز و ایده‌های مبتنی بر آن حمایت کند. به این ترتیب است که ایده‌ها بزرگتر می‌شوند زیرا می‌توانند محدوده وسیعتری از پدیده‌ها را شرح دهند. حتی اگر این ایده تایید نشود و ایده دیگری باید امتحان کرد، تجربه به اصلاح ایده کمک کرده است. بسیار مهم است که دانش‌آموزان کل

فرایند و استدلال را با دیگر دانش‌آموزان در میان بگذارند تا همه از این شیوه مباحثه‌های نقادانه بهره‌مند شوند و یاد بگیرند که چه ایده‌ای به خوبی کار می‌کند و چه ایده‌ای کار نمی‌کند.

پرورش توانایی‌های پژوهش کردن

چهار پیکان‌ها در شکل ۲ نشان می‌دهد که در حرکت از یک مرحله به مرحله دیگر چه اعمالی باید انجام شود. نتیجه تحقیق به شیوه انجام این کارها بستگی دارد. به این معنا که دانش‌آموزان در پیش‌بینی، طراحی پژوهش برای آزمون آن، تفسیر داده‌ها و نتیجه‌گیری به درستی عمل می‌کنند. بهبود ایده‌های علمی به جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها یا به واقع‌یابی جمع‌آوری شده است و وابسته است، در غیر این صورت ممکن است ایده‌هایی پذیرفته شود که به واقع باید رد شوند و یا ایده‌های غیر علمی دانش‌آموزان به قوت خود باقی بمانند. به این ترتیب یک بخش کلیدی پداگوژیکی این است که معلم بدانند چگونه به دانش‌آموزان کمک کند تا توانایی‌های لازم برای انجام پژوهش‌های علمی مبتنی بر اصولی که قبلاً گفته شد است را کسب کنند. زمینه مناسب این تحقیقات اعمالی است که منجر به شناخت جهان اطراف می‌شود، زیرا در این مسیر به وضوح دلایل کافی برای انجام اعمال معینی دیده می‌شود. بنابراین ارزش تحقیق کردن فراتر از صرف یافتن پاسخ پرسش‌های معین است، درک ایده‌های بزرگی که کاربردی فراتر از شرح اتفاقات یا پدیده‌های خاص دارند و نیز به بهبود قابلیت‌ها و شایستگی‌هایی که فرد را قادر می‌سازد تا بیشتر یاد بگیرد مثل اعتماد به نفس در طرح پرسش و جستجو در یافتن پاسخ آنها، یادگیری با همیاری با دیگران و آمادگی برای پذیرش ایده‌های جدید از جمله این ارزش‌هاست.

معرفی ایده‌های جایگزین

تقریباً همیشه و شاید بهتر است گفته شود اغلب ایده‌هایی که دانش‌آموزان در شرح اتفاقات استفاده می‌کنند از آن گروه ایده‌هایی نیستند که بتوانند آموخته شده و به ایده‌های علمی تبدیل شوند. بلکه اغلب لازم است که ابتدا یک ایده علمی تر به آنان پیشنهاد شود. برای مثال دانش‌آموزان ممکن است علت دیدن را به منبع نور نسبت ندهند و آن را حاصل پرتوهایی بدانند که از چشمشان به جسم می‌رسد. آزمودن این ایده (برای مثال کوشش برای دیدن جسم در تاریکی) به آنان نشان می‌دهد که ایده آنان توضیح مناسبی برای علت دیده شدن اجسام نیست. بنابراین معلم نقش مهمی در تأمین این ایده‌های جایگزین و حمایت از آزمودن آنها را دارد. منبع این ایده‌های جایگزین ممکن است دانش‌آموزان دیگر، منابع اطلاعاتی، مشابه سازی‌های معلم و یا ارتباط دادن به تجاربی باشد که به فکر دانش‌آموزان نرسیده است. آزمودن این ایده‌ها که به واقع ایده‌های خود دانش‌آموزان نیست نیاز به داریست زدن دارد. در داریست زدن معلم به دنبال آزمون ایده‌ها بدون اصرار بر "درست جلوه دادن" آن است. برای مثال، با می‌توان ایده‌ها را با واژه‌هایی مثل: "چه می‌شود... اگر...". یا "فرض کن که...". یا "انتظار داری چه اتفاقی بیفتد اگر...". ارایه کرد. به دنبال این حمایت معلم، دانش‌آموزان شواهدی جمع‌آوری می‌کنند تا ببینند آیا ایده نا آشنا و تازه‌ای که به آنان پیشنهاد شده یک توصیف راضی‌کننده‌ای است. اگر چنین باشد، نگاه ایده تازه بزرگتر می‌شود، زیرا این ایده موارد بیشتری را توصیف می‌کند و بخشی از شناخت پرورش یافته دانش‌آموزان می‌شود.

پژوهش و کار عملی

در بعضی مواقع آموزش پژوهش محور را معادل "کار عملی" و یا "فعالیت‌های یدی" می‌گیرند. این تفکر حاصل دید بسیار محدودی به پژوهش در علوم تجربی است. بدیهی است که یک بخش قابل توجهی از پژوهش شامل کار با مواد و دستگاهها برای یافتن شواهدی است که ببینند وقتی چیزی را تغییر می‌دهند چه اتفاقی می‌افتد و یا فرضیه‌ای را بیازمایند که علت اتفاق را توضیح می‌دهد. تجربه مستقیم دانش‌آموزان را قادر می‌سازد که ببینند آیا ایده‌ها و توضیحات آنان کار می‌کند. با این حال لازم است معلم از آن چه شبه پژوهش می‌نامیم آگاه باشد. در شبه پژوهش، مقدار زیادی کار عملی مثل مشاهده کردن، اندازه‌گیری کردن، یادداشت برداری انجام می‌شود ولی فاقد فرایند معنا کردن پدیده‌ها و اتفاقات در دنیای واقعی توسط دانش‌آموزان است. دلیل این اتفاق ممکن است این باشد که یا معلم فعالیت را برای دانش‌آموزان تفسیر می‌کند و یا این که

دانش‌آموزان یک دستورالعمل را دنبال می‌کنند و خیلی کم به علت انجام هر کار فکر می‌کنند. ارزیابی آموزش، همان طور که در بخش ۶ پیشنهاد شد ممکن است به شناسایی موارد خاص کمک کند.

پژوهش زمینه‌محور

همان طور که در بخش ۳ گفته شد، پژوهش به معنای این است که دانش‌آموزان درک خود را از طریق کاوش‌هایی که خود آنان در یافتن پاسخ پرسش‌هایشان انجام می‌دهند، توسعه می‌دهند. این پرسش‌ها ممکن است همانی باشد که خودشان یا معلم آنان طرح کرده اما در شروع پژوهش به صورت پرسش شخصی دانش‌آموزان در آمده است. بعضی مواقع پژوهش با یک پرسش شخصی دانش‌آموزان که برایشان مهم بوده آغاز می‌شود و آنان خود در موردش فکر می‌کنند، نقش این نوع پژوهش در پرورش ایده‌های بزرگ بسیار مفید تر از بسیاری از فعالیت‌های معمولی است که انجام می‌شود.

آموزش علوم تجربی فقط از راه پژوهش کردن اتفاق نمی‌افتد. موارد دیگری هم وجود دارد که دانش‌آموزان مستقیماً باید یاد بگیرند، مثل مهارت استفاده از ابزار و وسایل، نام‌ها، علائم و قراردادهای دانش‌آموزان در دبیرستان با ایده‌های مجرد و پیچیده‌ای مواجه می‌شوند که نمی‌توان تنها از طریق پژوهش به آنها دست یافت. به واقع در تمام مراحل مواقعی وجود دارد که پژوهش به معنا کردن تجارب کمک می‌کند. پژوهش دانش‌آموزان را قادر می‌سازد درک کنند که چگونه پدیده‌ها ایده‌های معینی را شرح می‌دهند بدون آن که خودشان منبع ایده‌ها باشند، زیرا ایده‌ها حاصل مشاهدات از طریق یک فرایند ساده قیاسی نیستند. بنابراین توانایی معلم در معرفی سطح مناسبی از ایده‌های علمی و استفاده داریستی از آنها توسط دانش‌آموزان، بخش کلیدی آموزش پژوهش محور علوم تجربی است. به این دلیل است که معلمان خود باید درک خوبی از ایده‌های بزرگ و مسیر توسعه تدریجی آنها داشته باشند.

سنجش

در ارتباط با پرورش ایده‌های بزرگ، سنجش از آموخته‌های دانش‌آموزان دوهدف مهم را دنبال می‌کند:

- ارایه بازخورد به معلم تا فرایند آموزش را تنظیم کند و به دانش‌آموز تا تلاش خود را موثر و هدفمند سازد (سنجش تکوینی، سازنده و مستمر)
- پی‌گیری میزان پیشرفت دانش‌آموزان در جهت اهداف مختلف آموزش علوم (سنجش مجموعی/پایانی).

باید به این نکته توجه داشت که این دو سنجش دو نوع مختلف سنجش نیستند، بلکه به دو هدف متفاوت ولی به یک اندازه مهم انجام می‌شوند. شیوه استفاده از اطلاعاتی که از سنجش به دست می‌آید آن را تکوینی یا مجموعی می‌کند و نه شواهد و زمان انجام و یا چگونگی جمع‌آوری اطلاعات.

سنجش تکوینی (مستمر)

استفاده مستمر و تکوینی از سنجش چرخه پیوسته‌ای است که در آن معلم اطلاعاتی از ایده‌های دانش‌آموزان و توانایی آنان جمع‌آوری می‌کند و بر اساس آن اطلاعات برنامه درسی خود را طراحی و درگیر شدن فعالانه دانش‌آموزان در یادگیری را تسهیل می‌کند. این شیوه سنجش بخش مهمی از فرایند آموزش و تدریس موثر در تمام موضوعات درسی تلقی می‌شود. در سنجش مستمر معلم و دانش‌آموز با استفاده از شواهدی که جمع‌آوری می‌کنند در مورد مراحل بعدی آموزش و شیوه اجرای آن تصمیم می‌گیرند. گام‌های بعدی آنهایی هستند که دانش‌آموز را به سمت اهداف درس خاصی سوق می‌دهند. بخش مهمی از این سنجش برای این است که معلم اهداف را با دانش‌آموزان در میان گذارد تا آنان از اهداف فعالیت‌هایشان از طریق آن چه می‌آموزند آگاه شوند. اگر دانش‌آموزان به طور شفاف از انتظاراتی که از آنان می‌رود و نیز از معیار قضاوت در مورد کارهایشان آگاه شوند تلاش‌هایشان موثرتر خواهد بود. در همان زمان معلم در می‌یابد که اهداف درسی که در یک ترم کوتاه آموزش داده می‌شود، چگونه دانش‌آموزان را به سمت اهداف بلند مدت، از جمله ایده‌های بزرگ هدایت می‌کند.

بازخورد به دانش‌آموز و نیز به معلم نقش مهمی در سنجش تکوینی دارد، زیرا سنجش به واقع ابزار استفاده از شواهدی است که از وضعیت فعلی دانش‌آموز جمع‌آوری می‌شود تا در پیش برد مرحله بعدی تدریس استفاده شود. پژوهش‌هایی که در مورد محتوا و شکل بازخورد به دانش‌آموزان انجام شده حاکی از آن است که ارایه توصیه‌های خاص به دانش‌آموز که چگونه پیش رود بسیار موثرتر از ارایه توصیه‌های قضاوتی و یا نمره دادن است که به دانش‌آموز پیام می‌دهد که کارش تا چه حد خوب است. بازخورد به آموزش، مکانیزمی است که معلم می‌تواند با استفاده از مشاهده دانش‌آموزان و کارهای آنان چالش‌هایی را که فعالیت‌ها برای دانش‌آموزان ایجاد کرده‌اند تنظیم و مدیریت کند. قضاوت در مورد تواناییهای دانش‌آموزان در برداشتن گام‌های معین، تدریس را نظم می‌دهد تا انتظارات معلم از دانش‌آموز نه آن چنان زیاد شود که انجام آن‌ها از توان وی خارج باشد و نه آن چنان کم که دانش‌آموز رغبت درگیر شدن در کار را نداشته باشد.

حال باید دید از معلم در استفاده از سنجش مستمر در پرورش ایده‌های بزرگ چه انتظاری می‌رود؟ برای آگاهی از ایده‌های فعلی دانش‌آموزان بهتر است شواهد از طریق پرسش از دانش‌آموزان و ترغیب آنان به توصیف افکارشان جمع‌آوری شود و نه پرسش‌های شبه امتحانی که انتظار دریافت "پاسخ درست" می‌رود. (پرسش‌هایی مثل "در مورد X چه نظری دارید" به جای "X چیست؟"). معلم می‌تواند پاسخ‌چین پرسش‌هایی را در هنگام انجام فعالیت به صورت شفاهی، کتبی، نقاشی، نقشه مفهومی و غیره دریافت کند. تفسیر یافته‌ها بر حسب میزان پیشرفت دانش‌آموزان در جهت اهداف یادگیری معلم، را قادر می‌سازد که در مورد طراحی گام‌های بعدی تصمیم بگیرد و به دانش‌آموزان بازخورد مناسب بدهد تا آنان بدانند که چه کنند. زمانی که دانش‌آموزان در فرایند کار درگیر می‌شوند، می‌توانند استانداردها و اهداف کارهایشان را درک کنند. این شیوه کار آنان را قادر می‌سازد که مسئولیت بخشی از یادگیری و ارایه بازخورد را خودشان به عهده بگیرند.

سنجش مجموعی (پایانی)

هدف دوم سنجش این است که در زمان‌های معینی میزان پیشرفت دانش‌آموزان را ثبت و گزارش کند. این گزارش میزان پیشرفت دانش‌آموز را در محدوده معینی در نظر می‌گیرد و کاری به اهداف جزئی دروس که مورد نظر سنجش تکوینی است ندارد. معمولاً سنجش مجموعی برای تهیه گزارش میزان پیشرفت دانش‌آموز در دست‌یابی به اهداف و استانداردها، به والدین، معلمان دیگر و نیز دانش‌آموزان است. مدرسه نیز از این گزارش‌ها برای ثبت و رصد کردن میزان پیشرفت تک‌تک دانش‌آموزان و یا گروه‌های دانش‌آموزان استفاده می‌کند. اگر سنجش مجموعی به خوبی انجام شود، می‌تواند یک تعریف عملیاتی از ایده‌ها در قالب مثال‌ها ارایه دهد و به این طریق نشان دهد که چگونه می‌توان میزان درک ایده‌ها را از طریق کاربرد یادگیری به روش‌های مختلف آشکار کرد. معیاری که برای قضاوت کار دانش‌آموزان استفاده می‌شود، استانداردها و انتظارات را برای دانش‌آموزان، معلمان و دیگران روشن می‌سازد. سنجش مجموعی نیز باید بتواند در یک دوره طولانی تر و نه به سرعت سنجش تکوینی به یادگیری کمک کند.

سنجش مجموعی ارتباط تنگاتنگی با برنامه درسی و فرایند یاددهی یادگیری (پداگوژی) دارد و اگر به خوبی برگزار نشود نقش پیش‌گیرانه و محدودکننده‌های در آموزش خواهد داشت. تأثیرات منفی وقتی ظاهر می‌شود که ابزار سنجش به درستی و به اندازه لازم اهداف قصد شده را بازتاب ندهد. برای مثال ممکن است هدف توانایی کاربرد دانش حقایق باشد اما آزمون به سنجش دانش حقایق و نه کاربرد آنها بپردازد. زمانی که از نتایج کار دانش‌آموزان، برای مثال در امتحانات نهایی، در قالب نمره و برای ارزیابی معلمان و مدارس استفاده می‌شود، تأثیر منفی بسیار بدتر می‌شود. این شیوه ارزیابی معلم را وادار می‌کند که آموزش را در خدمت سنجش قرار دهد، چون کوشش برای تمرکز بر ایده‌های بزرگ در برنامه درسی را بی‌نتیجه می‌داند، زیرا این ایده‌ها در امتحان نمی‌آید و عملاً زحمات معلم هدر می‌رود. اگر بخواهیم منصفانه قضاوت کنیم، پاسخگو بودن در قبال سنجش نیازمند مقیاس‌هایی است که تا حد امکان پایا باشند. اما تقاضا برای بالا بردن پایایی سنجش به قیمت قربانی شدن روایی تمام می‌شود. علاوه بر این مستندات پژوهشی نشان می‌دهند که اگر در کلاس عملکرد دانش‌آموزان در آزمون‌ها عامل تعیین‌کننده‌ای شود، سنجش مستمر و تکوینی نقش کم‌رنگی پیدا می‌کند و سنجش پایانی بسیار مهم می‌شود.

روش‌های توسعه دادن سنجش پایانی

برای این که سنجش پایانی در پرورش ایده‌های بزرگ نقش مقیدی داشته باشد، باید گام‌هایی در جهت طراحی و سازگار کردن روش‌های سنجش برداشته شود به طوری که این سنجش بتواند شواهد معتبری حاکی از درک دانش‌آموز ارائه کند. در این زمینه تلاش‌هایی آغاز شده و روش‌هایی تولید شده است که با اهداف آموزش پژوهش محور علوم تجربی سازگارتر و هم‌سوتر است. اما کارهای بیشتری باید انجام شود تا از هم سو بودن سنجش پایانی با فرایند یادگیری و پداگوژیکی که به ترویج ایده‌های بزرگ کمک می‌کند مطمئن شویم. امتحانات "پیزا"^۱ تا حدی که امکان داشته از عهده انجام این کار در آزمون‌های کتبی بر آمده است، اما هم زمان به خوبی نشان داده است که آزمون‌های کتبی درسنجش انفرادی دانش‌آموزان محدودیت‌هایی دارند. علاوه بر این شیوه، از روش‌های دیگری هم استفاده می‌شود که با پرسش‌های کتبی متفاوتند. این روش‌ها در چندین کشور به تنهایی و یا همراه با پاسخ‌های سنجش کتبی برای تعیین صلاحیت کیفی دانش‌آموز در ورود به سطوح بالاتر استفاده می‌شود. در این موارد با توجه به نمرات طی ترم دانش‌آموز و یا اطلاعات پوشه کار، گزارش‌ها و مصاحبه‌ها در مورد وی قضاوت می‌شود. استفاده از کامپیوتر در ارائه تکالیف و پرسش از دانش‌آموزان (که اخیراً برای "پیزا" هم تولید شده) به میزان قابل توجهی در سنجش ایده‌ها کاربرد دارد.

در بعضی از این رویکردها در مقایسه با رویکرد امتحانات نهایی و سنتی، معلم بیشتر در کار و در قضاوت درگیر می‌شود. باید گام‌های بیشتری برداشته شود تا این رویکرد بتواند در سنجش پایانی اطلاعاتی بدهد که به میزان قابل قبولی پایا باشد و میزان خطا در قضاوت معلمان تا حد امکان کاهش یابد. برای آن که میزان پایایی قضاوت معلمان در سنجش پایانی تا حد قابل اطمینانی افزایش پیدا کند روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از اساسی‌ترین روشها تبادل نظر معلمان در کار گروهی است که در آن معلمان به صورت گروهی می‌توانند از مثال‌هایی از امتحانات قبلی و منابعی برای بررسی کار استفاده کنند. این کار به این صورت انجام می‌شود که معلمان با یک دیگر جلسه‌ای می‌گذارند که در آن نمونه‌هایی از کار دانش‌آموزان را بررسی کنند. این روش نه تنها از بعد بهبود پایایی نتایج، بلکه به دلیل این که نوعی پرورش حرفه‌ای معلمان هم هست، ارزش فوق‌العاده دارد. این تجربه شناخت معلم را از فرایند سنجش و نیز از معیارهایی که در سنجش استفاده می‌شود ارتقا می‌بخشد و علاوه بر آن باعث بهبود سنجش مستمری می‌شود که معلمان برگزار می‌کنند. هدایت سنجش به این شیوه به این معنی است که شواهد حاصل از سنجش‌های مستمر می‌تواند در سنجش پایانی استفاده شود و به گونه‌ای نوعی سازگاری بین سنجش مستمر و پایانی برقرار کند.

بدون شک ما نیازمند آن ابزارهای استراتژیک در سنجش پایانی هستیم که با محتوا و پداگوژی پرورش ایده‌های بزرگ سازگار باشد. اما قبل از همه آن چه در بسیاری از کشورها در بهبود سنجش پایانی لازم است انجام شود، تغییر در سیاست‌های ارزیابی شیوه‌های آموزش و نیز امکانات آموزشی مدارس است. رویکرد تمرکز بر نتایج امتحانات کتبی به عنوان تنها معیار سنجش کیفی آموزش و اثر بخشی مدارس، بدون توجه به تفاوت‌های توانایی‌های دانش‌آموز درک و جذب مفاهیم، باید تغییر ند و روش‌های معتبر دیگری که اهداف جدید آموزش و ابزارهای ارزشیابی را به خوبی بازتاب می‌دهد جایگزین آن شود. بدون تغییر این سیاست‌ها، حتی معتبرترین روش‌های سنجش نیز تحت فشار برآورد کردن این تقاضاها آسیب می‌بینند، زیرا شیوه تفسیر معیارهای ارزیابی و نیز انجام سنجش تحت تأثیر آن چه می‌تواند با این امتحان‌ها سنجدیده شود قرار می‌گیرد و بسیار محدود می‌شود.

خلاصه مفاهیم

برای خلاصه کردن آن چه گفته شد، به این پرسش بر می‌گردیم که طرز کار در جهت ایده‌های بزرگ به نوبه خود، چگونه بر تجارب یادگیری، توجه به محتوای برنامه درسی، فرایند یاد دهی یادگیری (پداگوژی) و سنجش تأثیر می‌گذارد. اگر آموزش پژوهش محور علوم تجربی و نیز سنجش مستمر هم انجام می‌شود، هنوز چیز دیگری هم باید در نظر گرفته شود تا

دانش‌آموزان از شناخت تدریجی ایده‌های بزرگی که معرفی کرده ایم بهره مند شوند. با جمع بندی آن چه در این بخش گفته شد و با توجه به ایده‌های بزرگ، نکات کلیدی را در زیر خلاصه کرده‌ایم:

محتوا

- معلمان می‌توانند شرح دهند که چگونه اهداف و فعالیت‌های درس با کل ایده‌های بزرگ ارتباط دارد و بنابراین می‌توانند مدت زمانی را که صرف انجام فعالیت‌ها می‌شود توجیه کنند.
- معلمان از گام‌های متوالی که در پرورش نگاه کلی به ایده‌های بزرگتر برداشته می‌شود آگاهند.
- از دید معلم و هر مشاهده‌گر دیگری، دانش‌آموزان به این دلیل بر روی موضوعات معینی کار می‌کنند که آن موضوعات ارتباط شفافی با یک یا چند ایده بزرگتر دارد.
- دانش‌آموزان با گفت‌وگو در مورد پژوهش‌های خود و دیگران و نیز دانشمندان گذشته و حال، در می‌یابند که چگونه از شواهد برای پرورش ایده‌ها استفاده می‌شود.
- فعالیت‌های دانش‌آموزان به آنان کمک می‌کند تا شناخت خود از ایده‌های بزرگ را به خوبی پرورش دهند.

پداگوژی

- معلمان به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا از طریق انجام پژوهش، تواناییها و نیز نگرش‌های لازم برای جمع‌آوری شواهد مرتبط در آزمودن ایده‌ها پاسخ به پرسش‌ها را در خود پرورش دهند.
- دانش‌آموزان فرصت پیدا می‌کنند تا از طریق مشاهده و در صورت امکان تجارب دست اول اتفاقات و پدیده‌ها را کشف کنند.
- دانش‌آموزان فرصت پیدا می‌کنند تا پرسش کنند و از طریق پژوهش پاسخ را پیدا کنند و نیز نشان دهند که این شیوه کار چگونه به ایده‌های بزرگتر و مفیدتر می‌انجامد.
- دانش‌آموزان با کمک معلمان می‌فهمند که ایده‌های حاصل از پژوهش‌های کلاسی چگونه به زندگی روزانه آنان مربوط می‌شود و به این طریق بین تجارب نو و کهنه و نیز ایده‌های قدیم و جدید ارتباط برقرار می‌کنند.
- به دانش‌آموزان زمان کافی داده می‌شود تا پژوهش‌های خود را بازتاب دهند و نیز شرح دهند که چگونه جمع‌آوری و استفاده از شواهد احتمالاً در تغییر ایده‌های آنان نقش داشته است.
- معلمان به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا دریابند که هر ادعایی مبنی بر این که چیزی علت پدیده‌ای است باید با شواهد معتبر همراه باشد و این که دانش علمی مستقل از اندیشه است، اگرچه ممکن است اندیشه تحت تأثیر شواهد جدید تغییر کند.

سنجش

- معلمان با استفاده از سنجش مستمر میزان درگیری دانش‌آموزان در فعالیت‌ها را افزایش می‌دهند. در انجام این کار معلمان دانش‌آموزان را از اهداف و شیوه قضاوت در مورد کیفیت اموخته‌ها آگاه می‌کنند.
- معلمان با مشاهده کارهای مستمر دانش‌آموزان در فرایند یادگیری به آنان بازخورد می‌دهند. این بازخورد به پیشرفت دانش‌آموزان و برداشتن گام‌های بعدی در جهت ایده‌های بزرگتر کمک می‌کند.
- معلمان از شواهد حاکی از میزان پیشرفت دانش‌آموزان استفاده می‌کنند تا انتظاراتشان را به درستی تنظیم کنند و از یادگیری همراه با ادراک و پیشرفت ایده‌های دانش‌آموزان مطمئن شوند.
- روش‌های سنجش پایانی دانش‌آموزان را قادر می‌سازد تا میزان درک خود از ایده‌های بزرگ را از طریق کاربرد آنها در شرح اتفاقات و پدیده‌های جهان اطراف نشان دهند.

۶ اجرای ایده‌های بزرگ

در اجرای هر تغییری در آموزش از سیاست و جوانب متعدد کاری تأثیر می‌گذارد. در این جا ما به سه مورد می‌پردازیم که به طور خاص بر اجرای ایده‌های بزرگتری که در نظر داریم تأثیر می‌گذارد.

- شکل و محتوای برنامه درسی ایالتی و یا ملی، که در تصمیم‌گیری‌ها در وجوه محتوا، پداگوژی و سنجش تأثیر می‌گذارد.
- نقش کلیدی دانش معلم از محتوا و فرایند یاد دهی یادگیری (پداگوژی)، که عنصری کلیدی در تعیین فرصت‌های یادگیری دانش‌آموزان است.
- سنجش تکوینی، تدریس معلم و تجارب کلاسی دانش‌آموزان کمک می‌کند تا معلم بتواند شیوه تدریس خود را بهتر کند و نیز از منابع در جهت ارتقای حرفه‌ای خود استفاده بهینه کند.

ایده‌های بزرگ در اسناد برنامه درسی

نقش اسناد برنامه درسی، تدوین اهداف یادگیری و اصول راهنمای اجرای آنها است. این برنامه‌های فعالیتهای یادگیری را پیشنهاد نمی‌کند. پیشنهاد این فعالیت‌ها وظیفه واحد‌ها و مدل‌های یادگیری است. هدف کلی در تنظیم این اهداف کمک به دانش‌آموزان در پرورش ایده‌های بزرگ است. اگر چه چهارچوب برنامه، پیامدهای دیگر یادگیری، مثل مهارت‌های پژوهش کردن را هم در نظر می‌گیرد، اما تأکید ما بر شیوه بیان این ایده‌های علوم تجربی است. این پیامدها باید نه تنها برای معلمان و پژوهشگران آموزشی بلکه برای والدین و تمام افرادی که با مقوله آموزش دانش‌آموزان سرو کار دارند قابل فهم باشد. ارایه مثال و یا بیان جزئیات، احتمالاً می‌تواند در شرح این که تا چه حد در جهت ایده‌های بزرگتر حرکت می‌کنیم و نیز درک هدف نهایی که شناخت روابط است و نه یک سری حقایق یا مجموعه‌ای از "ایده‌های خردتر" کمک می‌کند. اسناد برنامه درسی باید به روشنی نشان دهد که فرایند پرورش شناخت یک امر تدریجی و مداوم است و مخاطبان معلمان، والدین و هر فرد دیگری است که می‌خواهد مسیر حرکت به سمت ایده‌های بزرگ را بشناسد و بتواند تشخیص دهد که چگونه یک فعالیت مشخص به این حرکت کمک می‌کند.

توصیف ایده‌های بزرگ در علوم

مثالی از اسناد برنامه درسی وجود دارد که به صورت عبارات کلی در باره اهداف به صورت ایده‌های بزرگ بیان شده است که گرچه کاملاً همان ۱۰ ایده بزرگی که برای علوم تجربی مشخص کردیم نیستند اما، شباهت آنها به ایده‌های بزرگ به حدی هست که بتوانند همان اهداف را دنبال کنند. برای مثال در راهنمای برنامه درسی فرانسه که برای k-9 تولید شده است، چنین آمده است:

در ساختار جهان هم عناصر بسیار بزرگ (مثل کهکشان‌ها، ستارگان، سیاره‌ها) و هم عناصر بسیار ریز (مثل ذره‌ها، اتم‌ها و مولکول‌ها) وجود دارند.

آن چه مهم است این است که چگونه این اهداف کلی در طی سال‌ها و مراحل به اهدافی خرد می‌شوند که برای تداوم و بسط تدریجی ایده‌های بزرگ اهمیت دارند. ایده‌های بزرگ باید در طول تمام مراحل توصیف اهداف یادگیری حضور داشته باشند. وقتی صحبت از بسط شناخت می‌شود، این که گفته شود چه چیزی باید یاد بگیریم در قالب بیان موضوعاتی مثل "نیرو"، "الکتریسیته" و یا "اندازه‌گیری" کافی نیست. بلکه این گفته‌ها زمانی مؤثر است که در مراحل خاص به سطح درک و یا ارتباطات و وابستگی‌های مورد نظر نیز اشاره شود.

اغلب اسناد برنامه درسی، و نیز چینه‌های موضوعاتی که باید آموزش داده شود، مهارت‌های پژوهش و یا تمرین‌هایی را فهرست می‌کنند که باید در طی مراحل مختلف پرورش پیدا کنند. معمولاً این دو نوع پیامد فهرست‌های جداگانه‌ای دارند، گرچه در چهارچوب برنامه‌هایی که اخیراً تدوین می‌شوند، اهداف در پایان مراحل به عنوان ترکیبی از مهارت‌ها و مفاهیم می‌آیند. برای مثال، در اهداف برنامه درسی اسکاتلند اهداف یادگیری در قالب عبارات "من می‌توانم" استخراج از پیامدهای مربوط به ایده‌های بزرگ در تنوع و استقلال داخلی برای پایان سال چهارم آمده است:

"من می‌توانم کمک کنم تا آزمایشی طراحی کنم که ببینیم یک گیاه برای رشد و بزرگ شدن چه نیازهایی دارد. من می‌توانم مشاهده کنم و یافته‌هایم را ثبت کنم و با استفاده از اموخته‌هایم گیاهانی در مدرسه بکارم که به خوبی رشد می‌کنند."

پیامدها در چهارچوب برنامه درسی دوره K_2! در ایالات متحده آمریکا با این عبارت‌ها بیان می‌شود: "دانش‌آموزی که این . . . را درک کرده است می‌تواند" که در ادامه به صورت مجموعه‌ای از گفتارها بی که تمرین‌ها و مفاهیم کلی را با یک دیگر ترکیب می‌کند آمده است. برای مثال بیان می‌کند:

"نیروهای بین دو یا چند آهن ربا را بررسی می‌کند تا الگو یابی کند. برای بیان تأثیر نیروهای متعادل و نامتعادل بر یک سیستم، از مدل استفاده می‌کند."

از شکل این عبارت‌ها چنین برداشت می‌شود که درک ایده‌ها از طریق پژوهش و کاوشگری توسعه پیدا می‌کند و هم‌زمان هم استفاده از تواناییهای پژوهش در ارتباط با مفاهیم علمی باعث پرورش توان پژوهش کردن می‌شود. واضح است که هدف محدود کردن ترکیب تواناییها و محتوا نیست، در بیان عبارات خاصی در ارتباط با این که چه تواناییها و محتواهایی به یک دیگر ارتباط دارند انتخاب و اختیار وجود دارد. علاوه بر این در هر مرحله پیچیدگی عبارات می‌تواند ارتباط بین ایده‌ها و ایده‌های بزرگ را مبهم کند و یا محو سازد.

سطح اجزای برنامه درسی

در فواصلی که تجارب یادگیری و پیامدها مشخص شده اند اسناد برنامه درسی تغییر می‌کند. در بعضی موارد آن چه قرار است دانش‌آموز بیاموزد در قالب سال به سال و در موارد دیگر میزان موفقیت بر حسب مدت زمان تجربه کردن و در پایان یک دوره طولانی‌تر، دو یا سه ساله تعیین شده است. یک برنامه درسی خرد شده، فعالیت‌های علوم تجربی را در قالب فعالیت‌های عادی در می‌آورد که هدف آن پوشاندن محتوای برنامه درسی است تا نشان دهد نیازهای برنامه را برطرف کرده است و برای اطمینان از درک عمیق دانش‌آموز زمان نمی‌گذارد. خرد کردن و نگاه بیش از حد جز نگرانه به برنامه درسی به معلم فرصت توجه به علایق دانش‌آموزان را نمی‌دهد. علاوه بر آن خرد کردن ویژگی‌ها در برنامه درسی، تصمیم‌گیری در مورد مراحل درست کار را با مشکل مواجه می‌کند و با خطر مبهم و نامفهوم شدن نگاه کلی به هدفها، پرورش ایده‌های بزرگ و قابلیت‌های پژوهشی علوم تجربی همراه می‌شود. شرح ایده‌ها و تواناییهایی را که انتظار می‌رود دانش‌آموزان در مدت زمان معینی کسب کنند باید برحسب میزان پیشرفت آنان در جهت این اهداف کلی توجیه و تایید شود. این مورد به خصوص در گذر از یک مقطع به مقطع دیگر، مثلاً از ابتدایی به دبیرستان بسیار مهم است. تا زمانی که این ساختار شفاف نشود، محتوای برنامه درسی چیزی بیش از انتخاب دلخواهانه از آن چه باید آموزش داده شود، که معمولاً بر اساس سنجش‌های سنتی و یا آن چه که راحت‌تر بتوان سنجید نخواهد بود.

وارد کردن ایده‌هایی درباره علوم تجربی در برنامه درسی

در برنامه درسی میزان توجه به ایده‌ها در مورد علوم تجربی متفاوت است. در وارد کردن ایده‌های ۱۱ و ۱۲ در مورد ماهیت علم چنین فرض شده است که این ایده‌ها از طریق درگیری در پژوهش‌ها و کاوشگری‌های علمی پرورش پیدا می‌کنند. به عبارت دیگر هم‌زمان در فرصتهایی که برای پرورش توانایی‌های علوم تجربی در نظر گرفته می‌شود، می‌توان به وضوح دریافت که شناخت علمی چگونه از طریق این فعالیت‌ها افزایش پیدا می‌کند. باید توجه داشت که اگر به وضوح به این وابستگی

در چهارچوب‌های برنامه درسی ارجاع داده نشود، برای مثال در اهداف مربوط به "انجام کار به روش علمی"، در برنامه درسی انگلستان، به وضوح می‌توان دید که چگونه این فرصت‌ها در طراحی برنامه‌های مطالعاتی فراموش شده‌اند.

در مورد ایده‌های ۱۳ و ۱۴ از ایده‌های بزرگ، ارتباط بین علوم تجربی و موضوعات دیگر، "معرف"، (مهندسی، علوم تجربی ریاضیات- فناوری اطلاعات) و کاربردهای علوم، روش‌های مختلفی وجود دارد که شامل این موارد می‌شود. در بعضی موارد این کار از طریق ارجاع دادن به موضوعات دیگر، معمولاً بین اسناد مربوط به ریاضی و علوم تجربی انجام می‌شود. با این حال در استفاده از این ارتباطات در برنامه ریزی آموزشی برای کلاس حق انتخاب وجود دارد؛ زیرا هر موضوع توسط یک معلم یا یک گروه از معلمان آموزش داده می‌شود و این موضوعات توسط تیم‌های بین رشته‌ای انجام می‌شود که در آن اعضا با استفاده از تجارب کارشناسان خود تجارب هماهنگ شده یادگیری را خلق می‌کنند. در رویکرد دیگر کاربرد علوم تجربی را به عنوان یک بخش جداناپذیر در توصیف اهداف کلی قرار می‌گیرد، برای مثال، گفت‌وگو در مورد پرسش‌های اخلاقی و معنوی که به دنبال توسعه فناوری‌های مربوط به "دی ان ا" طرح می‌شود. راه سوم و احتمالاً روشی امکان پذیرتر این است که ارتباط بین دامنه موضوعات درسی را بخشی از چهارچوب برنامه درسی قرار دهیم. مثالی از این مورد "چهارچوب آموزش علوم تجربی از پیش دبستان تا پایه دوازدهم است"^۱، که در آن مهندسی و کاربرد علوم تجربی به عنوان یک ایده مرکزی منظم، مشابه علوم زیستی و علوم فیزیکی در آموزش علوم تجربی مشخص شده‌اند. اگرچه این تلاش‌ها اهمیت فرایند ارتباط بین علوم تجربی و دامنه موضوعات دیگر، به خصوص فناوری، ریاضی و مهندسی را آشکار می‌سازد، اما برقراری این ارتباطات هم چنان به کار بیشتر نیاز دارد.

شناخت معلمان از ایده‌های بزرگ

در عمل در اجرای محتوای برنامه درسی، پداگوژی و سنجش که در فصل ۵ به آن پرداخته شد، از معلمان انتظار می‌رود که در آموزش علوم تجربی همواره این نکته مهم را در نظر بگیرند که، دانش‌آموزان علوم تجربی را به عنوان یک کل به هم پیوسته و نه به صورت مجموعه حقایق قطعه قطعه شده، بیاموزند. این انتظار برای معلمان ابتدایی و متوسطه و برای مربیان معلمان و نیز برای محققان، پیامدهایی به دنبال دارد.

در دوره ابتدایی معلمان با چالش‌هایی در مورد ایده‌های بزرگ در علوم تجربی مواجه می‌شوند. اول این که، فعالیت‌های دانش‌آموزان خردسال معمولاً بر کشف محیط اطرافشان و موجودات زنده و غیر زنده آن محیط تمرکز دارد. این پژوهش‌ها و مشاهدات به ایده‌های کوچک منجر می‌شود که به نظر می‌رسد ارتباط دادن آن‌ها با ایده‌های بزرگ علوم تجربی کاری ظریف و دقیق است. بنابراین در این دوره توجه به حفظ ارتباط این یافته‌ها با ایده‌های بزرگ دشوار است. دوم این که در بسیاری موارد آموزشی که خود معلمان در علوم تجربی دیده‌اند، به آنان آن‌چنان شناخت شخصی از ایده‌های بزرگ را نداده و یا آنان فرصت این را نیافته‌اند که درک کنند چگونه این اطلاعات قطعه‌قطعه را می‌توان به هم پیوند داد. بنابراین آنان خود مهارت کافی در برقراری ارتباط بین ایده‌های حاصل از فعالیت‌های کلاسی و ایده‌های وسیع ندارند و بنابراین نمی‌توانند کمک چندانی به دانش‌آموزان در پرورش ایده‌های بزرگ بکنند. مشکل دیگر عدم اعتماد به نفس معلمان است که نمی‌توانند علوم تجربی را به عنوان تجربه‌هایی که به دنبال فعالیت‌های علمی کسب کرده‌اند ارائه کنند.

با این حال معلم ابتدایی مزایایی هم دارد، چون در دوره ابتدایی، معلم ابتدایی تنها معلم دانش‌آموز است، ارتباط وی با دانش‌آموزانش نزدیکتر از ارتباط معلمان موضوعی در دبیرستان است. علاوه بر این با علم به این که معلمان این دوره متخصص موضوعی نیستند، دانش‌آموزانشان را در فعالیت‌های علمی و عملکردی بسیار دقیق درگیر می‌کنند که هم آنان را به کسب تجاربی که لذت بخش است و می‌دارد و هم تصور خوبی از علوم تجربی در ذهن آنان ایجاد می‌کند. اشکال این شیوه کار این است که تمرکز بر "انجام دادن" می‌تواند به بهای عدم گفت‌وگو و تفکر تمام شود که برای رسیدن به شناخت و درک عمیق فعالیت‌ها لازم است.

در دبیرستان ارتباط بین فعالیت‌های یادگیری و "ایده‌های بزرگ" محسوس‌تر و مشهودتر از دوره ابتدایی است اما در دبیرستان هم معلمان در ارتباط با آموزش پژوهش‌محور با چالش‌هایی روبه‌رو می‌شوند. وجود برنامه درسی پرمحتوا معلمان را که احتمالاً در بعضی از زمینه‌های موضوعی علوم تجربی هم دانش کافی را ندارند با چالش روبه‌رو می‌کند. برای مثال ممکن است معلم علوم تجربی دبیرستان کارشناس زیست‌شناسی باشد اما مجبور باشد که فیزیک یا شیمی هم تدریس کند و چون معلم در مورد این موضوعات تجارب و دانش لازم را ندارد اعتماد به نفس کافی برای آموزش را نخواهد داشت. برای هر معلمی آموزش تمام موضوعات علوم تجربی چالش‌برانگیز است و حتی دانشمندان و معلمان آموزش دیده هم برای مقابله با این چالش‌هایی که همواره وجود دارند، باید پیوسته در حال یادگیری باشند.

رویکردها در بهبود آموزش حرفه ای معلمان

برای هر معلم علوم تجربی، درک و شناخت شخصی از ایده‌های علوم تجربی و در باره علوم تجربی یک ایده ال است. عدم وجود این شناخت که حاصل آموزشی است که خودشان در دوران تحصیل در علوم تجربی داشته اند، آموزش‌های قبل و یا حین خدمت آنان را با چالش‌های جدی روبرو می‌کند. بدیهی است به دلیل این که آموزشی که معلمان می‌بینند محدود و کوتاه مدت است، نمی‌توان همه علوم تجربی را آموزش داد. اما، معلمان و دانشجو معلمان افراد بزرگسال هستند و دانش و تجارب آنان وسیع تر از آن چه تصور می‌کنند است. به عنوان یک بزرگسال آنان می‌توانند با استفاده از آن چه در توصیف ایده‌های بزرگ نوشته شده تحارباشان را معنا دار کنند، تاکید می‌کنیم که این شیوه البته برای دانش‌آموزان مدارس مناسب نیست. این کار آنان را قادر می‌سازد تا اجزای دانشی را که به خاطر سپرده اند به یک دیگر پیوند زنند و از این که توانسته اند چیزهایی را معنا دار کنند که قبلاً تصور می‌کردند قادر به انجامش نیستند احساس رضایت کنند.

این "درگیر شدن" بسیار فراتر است از خواندن و گفت‌وگو کردن و شرح نوشتاری ایده‌های بزرگ به گونه ای که در فصل ۴ آمده است. در هر صورت باید این باور را هم در نظر گرفت که یادگیری در بزرگسالان، مشابه دانش‌آموزان مدرسه، حاصل تعامل فراگیران با یک دیگر است. گفت‌وگو با دیگران در قالب توصیف و تشریح به افراد کمک می‌کند تا با استفاده از تجارب مشترک خود با دیگران بتوانند از توصیفات خود نتیجه گیری کنند. شناخت و ادراک هر فرد از نظر افراد دیگری که با آنان در تعامل مدام است تأثیر می‌پذیرد. زمانی که ایده‌ها با یک دیگر و در قالب یک فعالیت اجتماعی ساخته می‌شود به ندرت امکان دارد درک کاملی از ایده‌های بزرگ حاصل شود، اما می‌توان امیدوار بود که به این ترتیب فرایند عمق بخشیدن به ادراک آغاز شود و فرایندی که به کمک معلمان می‌آید تا به دانش‌آموزانشان کمک کنند و آموخته‌هایشان را بسط دهند.

نکته مهم این است که در فرایند آموزش معلمان باید خود آنان را در یادگیری بخشی از علوم تجربی، در سطحی متناسب با آنان، در فرایند پژوهش کردن درگیر کرد تا بتوانند از طریق انجام عملی این کار، ماهیت پژوهش علمی را به خوبی درک کنند و به این ترتیب می‌توان انتظار داشت که آنان هم با همین شیوه علوم تجربی را به دانش‌آموزانشان آموزش دهند. برای تحقق این هدف باید به معلمان در آموزش‌های قبل و ضمن خدمت فرصت کافی داده شود تا درست به همان روشی که به طور مدام با آن در کلاس‌های خودشان درگیرند، پرسش طرح کنند (برای مثال بپرسند، چرا دستمال حوله‌ای را چند لایه می‌سازند، چرا یخ‌ها شناور می‌شوند؟، چرا دیواره خارجی قوطی نوشابه وقتی از یخچال بیرون می‌گذاریم مرطوب می‌شود) و به دنبال آن پژوهش کنند. در این فعالیت‌ها قرار نیست معلمان نقش بازی کنند، بلکه آن چه مورد نظر است انجام پژوهش هوشمندانه در مورد پدیده‌ها و اتفاقات معمولی و روزمره خود آنان است بازتاب آن چه آنان در ابتدا درک می‌کنند، آن چه بعداً می‌شناسند و چگونگی آن، می‌تواند آنان را به این بینش برساند که دانش علمی چگونه ساخته می‌شود. این شیوه کار معلمان را آماده می‌کند تا بتوانند به درستی به دانش‌آموزان کمک کنند تا ایده‌های علوم تجربی و ایده‌ها در باره علم (به خصوص ایده‌های ۱۱ و ۱۲) را درک کنند.

به همان اندازه که کسب این تجارب دست اول در آموزش دانشجو معلمان مهم است، حمایت مستمر از ضمن خدمت معلمان هم بسیار اهمیت دارد. به این معنا که معلمان باید به آسانی به فرایند‌هایی که باعث بهبود شناخت آنان از علوم تجربی و نیز تعلیم و تربیت موثر می‌شود دسترسی داشته باشند. اینترنت به عنوان یک منبع اطلاعاتی نقش کلیدی مهمی دارد، به

خصوصاً انتشارات الکترونیکی که متناسب با نیازهای معلمان طراحی شده باشد بسیار مناسب است. علاوه بر این هر فرد باید بتواند برای درک بهتر علوم تجربی و چگونگی آموزش مفاهیم خاص، با معلمان مجرب و دانشمندان مستقیماً تماس بگیرد.

شواهدی موجود است که نشان می‌دهد معلمان به خوبی از یک دیگر می‌آموزند و علاوه بر آن آگاهی از فعالیت‌های معلمان دیگر بخش مهمی از وجوه تعاملی است که برای ایجاد هر تغییری، برای مثال در حرکت به سوی ایده‌های بزرگ، از طریق آموزش پژوهش محور لازم است.

تحلیل نیازهای آموزش حرفه‌ای معلمان و نیز شیوه حمایت از آنان در مواقع نیاز مواردی هستند که به مطالعه بیشتر نیاز است. در بخش بعد ما تعدادی از ایده‌های مقدماتی را طرح خواهیم کرد که نشان می‌دهد چگونه می‌توان تعیین کرد معلمان برای حرکت به سوی ایده‌های بزرگ نیازمن چه کمک‌هایی هستند.

ارزیابی مستمر از آموزش ایده‌های بزرگ

در این جا ما از کلمه ارزیابی استفاده می‌کنیم زیرا بر آموزش و نه بر سنجش دانش‌آموزان تاکید داریم. هدف این است که داده‌هایی را جمع‌آوری و استفاده کنیم که می‌تواند آن بخشی از فعالیت‌های کلاسی که دانش‌آموز را در درک ایده‌های بزرگ توانمندتر می‌کند بهبود بخشد. در این جا هدف ما پرداختن به تمام وجوه یک آموزش علوم تجربی موثر نیست، بلکه فقط بر همین بخش کلیدی تاکید داریم، اما به دلیل این که تاکید ما بر درک عمیق است، ممکن است شامل عناصر متعددی از یادگیری پژوهش محور هم بشود.

نشانه‌های فعالیت‌های دانش‌آموزان در جهت ایده‌های بزرگ

سنجش مستمر این بخش شامل جمع‌آوری و استفاده از ایده‌ها در مورد آن مواردی از فرایند آموزش است که انتظارات را برآورده می‌سازد و لازم است که بهبود پیدا کنند. به این ترتیب در ارتباط بین سنجش مستمر و آموزش، هدف مشابهی وجود دارد، چون قصد هر دو یادگیری دانش‌آموزان است. درحالی که یادگیری درارتباط با اهداف فعالیت‌ها سنجیده می‌شود، در مورد ارزشیابی تدریس معلم، شاخص‌ها یا نشانه‌ها معیار فعالیت مؤثر معلم در کلاس است. بنابراین اولین گام تعیین این شاخص‌هاست. این شاخص‌ها ممکن است بر اساس فعالیت دانش‌آموزان و روش‌هایی باشد که به آنان کمک می‌کند تا ایده‌های بزرگ را درک کنند. برای مثال، شاخص یک فعالیت خوب معلم در کلاس احتمالاً می‌تواند آماده‌سازی فرصت‌هایی برای دانش‌آموزان باشد تا:

- اهداف فعالیت‌ها را درک کنند.
- در فعالیت‌های معمول و غیر رسمی رفتار پدیده‌های نو را کشف کنند.
- در شروع انجام پژوهش‌های سازمان یافته با ایده‌ها درگیر شوند و بازی کنند.
- بین تجارب تازه و قدیمی ارتباط برقرار کنند.
- در کار گروهی درگیر شوند، ایده‌های خود را با دیگران در میان بگذارند، به ایده‌های دیگران توجه کنند.
- برای ایده‌هایشان شواهد ارائه دهند.
- برای دفاع از ایده‌های خود گفت‌وگو کنند.
- آموخته‌ها را در زمینه‌های مرتبط با زندگی روزمره به کار گیرند.
- نقاد کارهای خود شوند، یعنی فرایند و پیامدهای پژوهششان را نقد کنند.

فراهم ساختن تمام این فرصت‌ها برای این که دانش‌آموزان تجربه کسب کنند به برنامه ریزی معلم و شیوه اجرای برنامه در عمل بستگی دارد. به این دلیل لازم است با استفاده از نشانگرها بی در ارتباط با تدریس مشخص شود معلم به چه کمکی نیاز دارد. یک مجموعه از این شاخص‌هایی که وجوه معین و مورد توافقی در فعالیت‌های معلم را شرح می‌دهد هدف دو گانه ای را برآورده می‌سازد- اول این که تعیین می‌کند چه داده‌هایی باید جمع‌آوری شود و دوم این که تدریس معلم در چه مواردی استانداردهای مورد انتظار را برآورده نمی‌سازد.

نشانگرهای آموزش در جهت ایده‌های بزرگ

در زیر نشانگرها و فرایندهایی آورده شده که برای ارزیابی آموزشی که ایده‌های بزرگ را بهبود می‌بخشد، پیشنهاد شده است. نشانگرهایی که در عمل استفاده می‌شود، باید حاصل گفت‌وگوی معلم در مورد چگونگی توصیف تدریس باشد که این هدف را دنبال می‌کند. این گفت‌وگوها یک عملکرد رفته رفته دارد و باعث می‌شود تا معلم درک خود از آن موارد را توسعه دهند و نیز اطمینان داشته باشند که این ارزیابی کاملاً شفاف و باز است طوری که هر فرد از دلایل جمع‌آوری و استفاده از شواهد آگاه است. بدیهی است معلمی که داوطلبانه در فرایند ارزیابی شدن شرکت می‌کند، مایل است اصول ارزیابی را بداند. طرح نشانگرها به صورت پرسشی کمک می‌کند. برای مثال آیا معلم:

- ایده روشنی در مورد این که فعالیت دانش‌آموزان چگونه آنان را در درک یک یا چند ایده بزرگ کمک می‌کند دارد؟
- به دانش‌آموزان فرصت کافی می‌دهد تا موقعیت‌های جدید را کشف کنند و در مورد ایده‌های اولیه و شکل نگرفته خود گفت‌وگو کنند؟
- به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا بین تجارب و ایده‌های جدید و قدیم خود ارتباط برقرار کنند؟
- با دانش‌آموزان در مورد این که چگونه ایده‌هایی که از پژوهش استخراج کرده اند، به زندگی روزمره آنان ارتباط دارد؟
- به طور مستمر با نشان دادن این که چگونه ایده‌های خاص می‌تواند محدوده‌ای از پدیده‌ها و حوادث را شرح دهد، ایده‌های بزرگ‌تری می‌سازد.
- با دانش‌آموزان در مورد تشابه کار دانشمندان با فعالیت آنان در جمع‌آوری و استفاده از داده‌ها که در سنجش ایده‌ها استفاده می‌کنند گفت‌وگو می‌کند.
- به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا در مورد پژوهش‌های خود عمیقاً فکر کنند و ایده‌هایی در مورد ماهیت فعالیت علمی کسب کنند.
- اطمینان پیدا می‌کند که دانش‌آموزان از تجارب خود در مورد ایده‌ها می‌آموزند و موردی را هم که به نتیجه‌ای نمی‌رسد یک شکست تلقی نمی‌کنند.
- اوقاتی را صرف این می‌کنند که در مورد چگونگی استفاده از ایده‌های علمی در پژوهش‌های علمی و یا موفقیت‌های مهندسی که در خبرها می‌آید، گفت‌وگو کنند.
- به تناسب سن دانش‌آموزان مثال‌هایی از تغییر ایده‌ها در طی تاریخ می‌زند و دلایلی برای این تغییرات بیان می‌کند.

جمع‌آوری داده‌ها برای ارزیابی آموزش

نشانگرها ما را به سوی منابع مفید اطلاعاتی برای ارزیابی معلمان هدایت می‌کنند. این منابع عبارتند از طرح درس معلم، یادداشتهای معلمان از پیشرفت‌های دانش‌آموزان، دفاتر دانش‌آموزان، گفت‌وگو با دانش‌آموزان و در صورت امکان مشاهده مستقیم فعالیت‌های کلاسی معلم. مشاهده کلاس توسط یک مربی، معلم دیگر یا یک راهنما می‌تواند مفید باشد. اگر امکان مشاهده مستقیم کلاس توسط مشاهده‌گر وجود ندارد، معلم می‌تواند با مرور آن چه در کلاس انجام داده، یادداشت‌ها و آن چه ثبت شده (شامل ضبط ویدیویی درس‌ها) و استفاده از نظرات دانش‌آموزان اطلاعات مفیدی به دست آورد. برای معلمی که عادت ندارد دیگری از کلاسش بازدید کند، ارزیابی شخصی، حداقل در ابتدای کار، مناسب‌تر است.

دفتر علوم دانش‌آموزان می‌تواند به معلم و یا مشاهده‌گر کلاس اطلاعات مفیدی از روند فعالیت‌های دانش‌آموزان، از چه و چگونه تدریس علوم تجربی در کلاس بدهد. تحلیل دفتر علوم دانش‌آموزان شواهدی مبنی بر مهارت برقراری ارتباط دانش‌آموزان، درک مفهومی و روشی آنان و نیز کیفیت بازخورد معلم به دانش‌آموزان می‌دهد.

تفسیر داده‌های ارزیابی

بدیهی است معلم نمی‌تواند در تمام مراحل تدریس و یا فعالیت‌هایی که با تجارب یادگیری برای دانش‌آموزان همراه است، تمام مواردی را که در بالا گفته شد علامت زند. با این حال اگر در طی یک محدوده زمانی، معلم شواهدی از نمونه‌های معین جمع‌آوری نکند این سوال پیش می‌آید که وقتی قرار است ارزیابی معلم به هدف بهبود کار او انجام شود چرا این یادداشت‌ها جمع‌آوری نشده است. در این صورت دلایلی ممکن است نشان دهد که معلم به کمک‌هایی در حیطه شناختی محتوا و یا در فرایند یا دهی یادگیری (پداگوژی) نیاز دارد. چنین ارزیابی‌هایی، به خصوص در زمانی که تغییرات اساسی در تدریس معرفی می‌شود، مثل "آموزش پژوهش محور" و یا "روش کار با ایده‌های بزرگ"، به عنوان بخشی از فرایند آموزش معلمان برای بهبود توان حرفه‌ای آنان لازم است. در مورد نشان‌گرها لازم نیست که همواره همه آنها علامت زده شوند بلکه کافی است فقط به مواردی که معلم در یک فعالیت خاص می‌خواهد تغییر دهد، بازخورد داده شود. نکته مهم این است که معلم خود را در موضع قضاوت شدن نبیند و مطمئن باشد که توسط فرایندی که بخشی از آموزش حرفه‌ای او تلقی می‌شود کنترل می‌شود.

پیشنهادات نهایی

اعمال هر نوع تغییری در آموزش یا هر فعالیت دیگری به عوامل متعددی وابسته است:

قبول نیاز به تغییر، باور به این که تغییر مورد نظر تأثیر مطلوب را خواهد داشت و این که نتایج توسط بسیاری از عوامل دیگری که در تعیین فعالیت‌های آموزشی نقش دارند پذیرفته می‌شود.

گزارش‌های حاکی از احساس منفی دانش‌آموزان در مورد علوم تجربی و نیز عدم علاقه آنان به این موضوع درسی شواهدی است که نشان می‌دهد شیوه آموزش علوم تجربی باید تغییر کند. برنامه درسی بسیار حجیم و جزئی نگر، سنجش‌هایی که معلم را به آموزش حقایق گسیخته از هم و او می‌دارد و استفاده از روش‌های آموزشی که سد راه آموزش پژوهش محور می‌شوند از این دسته شواهدند.

نتیجه این شیوه کار در بسیاری از کشورها مانع از تربیت جوانان برای دنیایی شده است که می‌دانیم با رشد فناوری و مهندسی دائماً در حال تغییر است. در چنین شرایطی نه تنها آن دسته از جوانان که می‌خواهند در مشاغل وابسته به علوم تجربی شاغل شوند بلکه همگان باید درک مناسبی از ایده‌های کلیدی علوم تجربی و یا در باره علوم تجربی کسب کنند تا بتوانند به عنوان شهروندانی آگاه در تصمیم‌گیری‌هایی که بر سلامت زندگی خود آنان و یا دیگران تأثیر می‌گذارد مشارکت کنند.

در این اسناد ما اهداف آموزش علوم تجربی را در مجموعه‌ای از ایده‌ها جامع شرح داده‌ایم که می‌توانند شرح محدوده‌ای از پدیده‌های مرتبط با ایده‌های بزرگ را توصیف کنند. ما با گفت‌وگو و آرایه شواهد، مزایایی را شرح دادیم که به وسیله تعیین تعداد کمی (و نه حداقلی) از ایده‌های قدرتمند می‌تواند فضا را برای اجرای عملی فرایند یاد دهی-یادگیری (پداگوژی) آموزش پژوهش محور آزاد سازد. ما معتقدیم که توانمند کردن دانش‌آموزان در کسب تجربه و بها دادن به جمع‌آوری و استفاده از شواهد در فعالیت‌های علوم تجربی، در بهبود شناخت دنیای اطراف و طوری که آنها را معنا می‌کنیم حرف اساسی را می‌زند. ما باور داریم که یک برنامه درسی بر محوریت ایده‌های بزرگ لازم است تا با رویکرد پژوهش محور سازگار شود.

اعمال تغییرات در اهداف آموزش علوم تجربی پذیرفته شده است و به کارهایی بیش از اعمال تغییرات در اسناد برنامه درسی نیاز دارد. هر آن چه در کلاس اتفاق می افتد از عوامل جانبی بسیاری تأثیر می پذیرد که با یک دیگر ارتباط دارند. اساسی ترین این عوامل، سنجش دانش آموزان، آموزش معلمان و فرایند یاددهی یادگیری (پداگوژی) است. با این حال عوامل متعدد دیگری نیز وجود دارند، مثل شیوه سازماندهی مدارس، شیوه ارتقا و ارزیابی معلمان، نقش و انتظارات والدین، حمایت های اداری و منطقه ای و بازرسی مدارس و البته سیاست های دولت در بخش آموزش. تغییرات واقعی به هماهنگی این عوامل موثر نیاز دارد. معلمان فقط مسئول دانش آموزان و تجارب یادگیری هستند، اما قادر نیستند به تنهایی شرایط را تغییر دهند. در بسیاری موارد تغییر سیاست لازم است تا شعله نوآوری ها توسط روال سنتی خاموش نشود.

معرفی شرکت‌کنندگان در سمینار

درک بل (Derek Bell)

درک بل معلم، محقق، مشاور و حامی بهبود و غنی سازی آموزش برای همگان است. وی تا قبل از این که مدیر اجرایی انجمن آموزش علوم تجربی (ASE) و مدیر آموزش Wellcome Trust شود در مدارس و دانشگاه‌ها مشغول بود. درک بل همواره در امر آموزش در سطح ملی و بین‌المللی از طریق ارائه مشاوره‌های گروهی و یا فردی بسیار فعال بوده است و تألیفات متعددی دارد. وی در حال حاضر متولی IBM Trust UK، شناخت پژوهش‌های جانوری و مرکز سلولی در انگلستان، عضو اکادمی جهانی آموزش علوم و از داوران اتحادیه اروپا در رقابت‌های بین دانشمندان جوان است. وی در سال ۲۰۱۱ به دریافت دکترای افتخاری در آموزش از دانشگاه متروپولیتن منچستر نایل شد. وی هم‌چنین مدیر LEARNUS، استاد آموزش در کالج معلمان و دستیار پژوهش در انستیتو آموزش لندن (UCL) است.

رزا دوس (Rosa Devés)

پرفسور رزا دوس دکترای خود را در بیوشیمی از دانشگاه انتاریوی غربی دریافت کرد و در بخش فیزیولوژی و بیوفیزیک دانشکده پزشکی دانشگاه شیلی مشغول به کار شد و تدریس درس فیزیولوژی سلولی در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد این دانشگاه را بر عهده گرفت. وی سپس به توسعه آموزش دوره‌های آموزش عالی پرداخت و دوره دکترای علوم بیو‌مدیکال را پایه‌گذاری کرد. وی در دو دوره پنج‌ساله مدیریت این دوره را داشت. سپس با ادغام دوازده بخش علوم مقدماتی و پیش پزشکی موسسه علوم بیو‌مدیکال Institute for Biomedical Sciences را تاسیس کرد.

وی از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۰ معاونت این موسسه را بر عهده داشت. پرفسور دیوس از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ هم‌زمان با مشاغل آکادمیک و علمی با وزارت آموزش و پرورش در توسعه علوم تجربی در مدارس، در برنامه درسی و واحد تکامل به عنوان هماهنگ‌کننده گروه علوم تجربی که سرگرم تولید برنامه درسی جدید بودند همکاری داشت. وی در همکاری با آکادمی علوم اروپا و آمریکا به همراه پرفسور ژرژ آلنده در سال ۲۰۰۳ برنامه آموزش علوم پژوهش محور را پایه‌گذاری کرد. هدف این برنامه همکاری با آموزش و پرورش، اکادمی‌های علوم و دانشگاه‌ها به هدف فراهم آوردن امکان آموزش علوم با کیفیت برای همه دانش‌آموزان است.

رزا دوس در مقام ریاست دانشگاه شیلی در سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ مدیریت دو پروژه را عهده دار شد. این پروژه‌ها به توسعه آموزش به عنوان سطوح استراتژیکی دانشگاه‌ها و نیز ایجاد فرصت‌هایی برای طبقات محروم به هدف برقراری و تقویت تساوی آموزشی پرداخت. در جولی سال ۲۰۱۴ وی به عنوان قائم مقام آموزشی دانشگاه شیلی منصوب شد. رزا دوس از سال ۲۰۰۳ عضو پیوسته اکادمی علوم شیلی بوده است.

هوبرت دیاسی (Hubert Dyasi)

پرفسور هوبرت دیاسی، PhD متخصص آموزش معلمان علوم تجربی، برنامه آموزش پژوهش محور علوم تجربی را در سطح بین‌المللی طراحی و مدیریت کرده است. علاوه بر آن گزارش‌های حرفه‌ای سمینارها و کنفرانس‌های متعددی را مرور و نقد کرده است. وی در تألیف فصول و کتاب‌های متعددی زیر همکاری کرده است.^۱

1 America's Lab Report (National Academy Press, 2005); Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics (Corwin Press, 2003); Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning (National Academy Press, 2000); and The National Science Education Standards (National Academy Press, 1996)

پرفسور دیاسی به افتخارات زیر نایل شده است:

خدمات شاخص در آموزش علوم- عضو کمیته مشاوره تحقیقات ملی در آموزش علوم دوره پیش دبستان تا پایه ۱۲ و استاد مدعو انستیتو فناوری کالیفرنیا و دانشگاه آکسفورد. وی عضوانستیتوی ملی آموزش علوم و عضوی از IAP در برنامه آموزش علوم است.

گیلرمو فرناندز دلا گارسیا (Guillermo Fernández de la Garza)

گیلرمو فرناندز دلا گارسیا رئیس و مدیر اجرایی موسسه آموزش علوم تجربی آمریکا-مکزیک^۱ است که یک موسسه غیرانتفاعی است که با بودجه دولتهای آمریکا و مکزیک اداره می‌شوند. وی در این موسسه در جهت توسعه مجموعه نوآوری های منطقه‌ای دولتی مثل فضا پیما، ICT و صنایع پیشرفته، هم چنین تسهیل در نوآوری ها در تجارت های خرد و متوسط فعال بوده است. گیلرمو دارای مدرک کارشناسی در مهندسی و فیزیک است و تحصیلات خود را در مهندسی هسته ای و مدیریت تجارتي^۲ ادامه داده است. وی در برنامه های نوآوری در صنایع، دانشگاه ها و دولت همکاری داشته است. گیلرمو در ترویج و همگانی کردن علوم تجربی و آموزش علوم تجربی مشارکت داشته است و یکی از پایه گذاران انجمن ترویج علوم و فناوری مکزیک است. وی با گروهی از دانشمندان و مدرسان و تجار، مجله علمی^۳ برای کودکان را پایه ریزی کرد که ماهانه از سال ۱۹۷۸ تا ۱۹۹۸ در مکزیک چاپ می‌شد. این مجله جایزه های متعدد ملی و بین المللی دریافت کرده است و هنوز هم مقالات این مجله با انتخاب وزارت آموزش و پرورش توزیع می‌گردد. برنامه هایی که این مجله در گردهمایی کودکان و دانشمندان تدارک می‌دید تحت عنوان "شنبه ویک شنبه با علوم تجربی" توسط آکادمی علوم مکزیک اداره می‌شد.

در سال ۲۰۰۲ وی با حمایت موسسه آموزش علوم تجربی آمریکا و مکزیک توانست، یک سازمان غیر انتفاعی^۴ که هدف آن نوآوری در آموزش علوم تجربی، بر اساس آموزش پژوهش محور در مدارس دولتی است را تاسیس کند. وی با کمک وزارت آموزش و پرورش و آکادمی علوم مکزیک طراحی اولیه فعالیت‌ها در برنامه علوم و فناوری برای کودکان در مکزیک را انجام داده است. گیلرمو به دلیل فعالیت‌های نوآورانه در آموزش علوم تجربی در سال ۲۰۰۸ برنده جایزه پورکاوای از آکادمی علوم فرانسه و مدرسه معدن سنت اتین شد.

وین هارلن (Wynne Harlen)

پرفسور وین هارلن مسئولیت های متعددی به عنوان معلم، مدرس، محقق در آموزش و سنجش علوم تجربی داشته است. وی مدرک خود در رشته فیزیک را از دانشگاه آکسفورد گرفته است. وی در سال ۱۹۸۵ در دانشگاه لیورپول سمت استاد تمامی سیدنی جونز در آموزش را دریافت کرد. وی در این دانشگاه مرکز پژوهش و توسعه آموزش علوم تجربی در دوره ابتدایی را تاسیس کرد. در سال ۱۹۹۰ با عنوان مدیر مرکز تحقیقات آموزشی اسکاتلند به ادینبورگ رفت و تا سال ۱۹۹۹ در این سمت فعال بود. در حال حاضر وی به عنوان یک مشاور در اسکاتلند فعال است. وی چندین پروژه در پژوهش، آموزش حرفه ای و توسعه برنامه درسی انجام داده است و کتابهای متعددی در آموزش و سنجش علوم تجربی تألیف کرده است. وین هارلن در طول زندگی خود و در حال حاضر به صورت افتخاری عضو سازمان آموزش علوم تجربی (ASE) است، در سال ۲۰۰۴-۱۹۹۹ بررسی علوم تجربی ابتدایی را ویرایش کرده است و در سال ۲۰۰۹ ریاست این موسسه را بر عهده داشته است. وی در سال ۲۰۰۳-۱۹۹۹ اولین رئیس پیذا^۵ بوده است و ریاست گروه کاری انجمن سلطنتی^۶ عهده دار بوده است. وی در سال ۱۹۹۱ به

1 FUMEC

2 IPN, IPADE

3 CHISPA

4 INNOVEC

5 OECD PISA

6 (State of the Nation Report on Science and Mathematics Education 5-14)

دلیل خدماتش در آموزش از ملکه انگلستان درجه OBE را دریافت کرد و در سال ۲۰۰۱ به دلیل خدمات شاخصش در زمینه آموزش علوم تجربی از طرف ASE برگزیده شد. در سال ۲۰۰۸، وی به همراه گیلرمو فرناندز چایزه بین المللی پورکاو را از آکادمی علوم فرانسه دریافت کرد و نیز در سال ۲۰۱۱ به دلیل خدماتش در زمینه آموزش پژوهش محور علوم تجربی توسط آموزش و پرورش مکزیک و موسسه این نووک تقدیر شد.

پیر لنا (Pierre Léna)

پرفسور پیر لنا در حال حاضر استاد بازنشسته فیزیک نجوم دانشگاه دیدروت پاریس است. وی در نجوم ماورا بنفش، تلسکوپ بسیار بزرگ اروپا^۱ در شیلی و فناوری های اپتیکال مشارکت داشته است. پیر لنا سالها مدیریت مدرسه استروونومی و استروفیزیک^۲ بوده است. وی عضو آکادمی علوم فرانسه و آکادمی علوم اروپا است. پرفسور لنا در سال ۱۹۹۷-۱۹۹۱ عهده دار مدیریت انستیتوی پژوهش پداگوژی بوده و به همراه جرج چارپاک برنده جایزه نوبل و با حمایت آکادمی علوم فرانسه در آموزش علوم تجربی در مدارس، تحولاتی ایجاد کرد و آموزش پژوهش محور را در موسسه "لا ما لا په"^۳ بنیاد نهاد. این پروژه روش ها و منابعی تولید کرد که در سال ۲۰۰۲ به عنوان برنامه درسی رسمی فرانسه شناخته شد. این موفقیت ها باعث شد تا آکادمی علوم فرانسه در سال ۲۰۰۵ یک مرکز دائمی به مدیریت پیر لنا تاسیس کند. پیر لنا هدایت این این پروژه ها از جمله آموزش معلمان را تا سال ۲۰۱۱ بر عهده داشت. در سال ۲۰۱۲ آکادمی فرانسه به همراه موسسه دیگر^۴ (لیون و پاریس) موسسه ای را پایه ریزی کردند که با ۲۵ کارمند "لا ما لا په" همکاری علمی دارد. تمام تلاش این موسسه صرف بهبود آموزش علوم تجربی با همکاری های بین المللی و انجام تعداد محدودی پژوهش می شود و هر سال با چاپ کتاب و منابع دیگر به آموزش معلمان می پردازد. پیر لنا در طی سال های ۲۰۱۴-۲۰۱۱ ریاست این موسسه را بر عهده داشته است.

برای اطلاعات بیشتر سایت های زیر را ببینید.^۵

رابین میلر (Robin Millar)

رابین میلر با سمت استاد آموزش علوم از دانشگاه یورک در انگلستان بازنشسته شده است. با مدرک فیزیک دارای درجه دکترا در فیزیک پزشکی است. وی قبل از شروع خدمت در دانشگاه یورک در سال ۱۹۸۲ پس از طی دوره تربیت معلمی به مدت ۸ سال معلم فیزیک دبیرستان در ادربورو بوده است. رابین تألیفات متعددی در وجوه مختلف و گسترده ای از آموزش و یادگیری علوم تجربی دارد. علاقه رابین بیشتر در زمینه یادگیری علوم تجربی توسط دانش آموزان، طراحی و توسعه برنامه درسی آموزش علوم تجربی و سنجش اموخته های دانش آموزان در علوم تجربی است.

رابین مدیر پروژه های متعددی در زمینه های تحقیق در کارهای عملی علوم تجربی و تصور جوانان از علوم تجربی است و از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ هماهنگ کننده پروژه شبکه پژوهشی آموزش علوم تجربی شواهد محور بوده است.^۶

وی در چندین پروژه های مربوط به توسعه برنامه درسی، شامل علوم تجربی برای درک عامه و علوم تجربی قرن بیست و یکم برای دانش آموزان دبیرستانی مشارکت داشته است.^۷

1 VLT

2 d'Ile-de-France

3 La main à la pâte

4 Ecoles normales supérieures

5 www.fondation-lamap.org

www.academie-sciences.fr/enseignement/generalites.htm

6 the Evidence-based Practice in Science Education (EPSE) Research Network

7 Science for Public Understanding, and the Twenty First Century Science

رابین در سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۶ عضو انگلیسی گروه پروژه "فعالیت‌های آزمایشگاهی در علوم تجربی اتحادیه اروپا" بود. وی هم‌چنین در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۶ عضو گروه کارشناسان علوم تجربی برای برنامه OECD در سنجش بین‌المللی دانش‌آموزان، مطالعات پیزا (PISA) بوده است. وی ریاست (ESERA)^۱ و نیز در سال ۲۰۱۲ ریاست ASE را عهده دار بوده است.

مایکل رییس (Michael Reiss)

مایکل رییس استاد آموزش علوم تجربی در انستیتوی UCL^۲ و استاد مدعو در دانشگاه لیدز و یورک و کالج سلطنتی، عضو افتخاری و موسسه انگلیسی آموزش علوم تجربی دانشگاه تربیت معلم، معلم در دانشگاه هلسینکی بوده است و مدیر پروژه بیولوژی نافیلد^۳ و نیز عضو آکادمی علوم اجتماعی بوده است.

مایکل رییس به عنوان رئیس انجمن سلطنتی تألیفات متعددی در مورد برنامه درسی، پداگوژی و سنجش در آموزش علوم تجربی دارد و بیست سال گذشته با سرمایه‌گذاری بخش‌های دولتی و پژوهشی انگلستان و موسسات خیریه بین‌المللی پروژه‌های تحقیقاتی، آموزشی و مشاوره‌ای متعددی را هدایت کرده است. برای اطلاعات بیشتر سایت زیر را ببینید.^۴

پاتریشیا راول (Patricia Rowell)

پاتریشیا استاد بازنشسته بخش آموزش ابتدایی دانشگاه البرتاست. علاقه وی به طور خاص معطوف به استراتژی‌های استدلالی است که در آموزش‌های رسمی و غیر رسمی علوم تجربی به دانش‌آموزان ابتدایی استفاده می‌شود. منابع مالی پروژه‌های وی توسط موسسات فدرال تامین می‌شود. وی یکی از پایه‌گذاران مرکز آموزش علوم، ریاضی و فناوری دانشگاه آلبرتاست و مسئولیت تولید منابع پژوهش محور برای توزیع بین معلمان استان را بر عهده داشته است.

پاتریشیا به عنوان یک مدرس علوم تجربی در نامیبیا و بوتسوانا (در هر کشور دو سال) خدمت کرده است. و کارگاه‌های آموزشی در آفریقای جنوبی، چین، شیلی و استرالیا برگزار کرده است.

پاتریشیا درجه کارشناسی بیوشیمی از دانشگاه هونورس لندن و کارشناسی ارشد در بیوشیمی از دانشگاه آکسفورد و درجه لیسانس و دکترای آموزش از دانشگاه البرتا را دارد.

وی یو (Wei Yu)

یو استاد و بنیان‌گذار آزمایشگاه کلیدی پرورش کودکان و یادگیری علوم تجربی در وزارت آموزش و پرورش در دانشگاه جنوب شرقی چین است. در طی دوره طولانی فعالیت حرفه‌ای به عنوان یک معلم و یک محقق در الکترونیک، در زمینه توسعه بیوالکترونیک و بنیان نهادن الکترونیک مولکولی و بیومولکولی موفقیت‌های زیادی کسب کرده است. وی هم‌چنین در طی سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۹۳ در سمت معاونت آموزش گام‌های مهمی، در زمینه اصلاحات آموزش عالی و آموزش از راه دور برداشته است. از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۱ وی به عنوان عضوی از ICSU-CCBS در زمینه اصلاحات آموزش علوم تجربی در مدارس فعال بوده است و از سال ۲۰۰۲ نیز در برنامه آموزش علوم IAP مشارکت دارد. یو یک پژوهش بین‌رشته‌ای جدید انجام داده است

1 the European Science Education Research Association

2 UCL Institute of Education

3 Salters-Nuffield Advanced Biology Project

4 www.reiss.tc

که در آن پلی بین علم اعصاب و آموزش علوم تجربی زده است. هم‌زمان وی رویکرد یاد گرفتن با انجام دادن^۱ را در آموزش علوم تجربی در چین معرفی کرده است و در این موضوع یک سایت^۲ راه اندازی کرده است.

یو ریاست کمیته اصلاح استانداردهای آموزش علوم تجربی در دوره ابتدایی در چین را بر عهده داشته است. در سال ۲۰۱۰ گروه وی اولین جایزه اصلاحات آموزشی در آموزش ابتدایی در کشور چین را دریافت کرد. وی به دلیل آرایه نوآوری‌ها در آموزش علوم تجربی، موفق به دریافت جایزه پورکاووا از آکادمی علوم فرانسه شده است. وی عضو آکادمی CEA است و از نه دانشگاه علوم فرانسه و مدرسه معدن سانت اتین خارج از چین دکترای افتخاری دریافت کرده است.

1 Learning by Doing
2 www.handsbrain.com

فهرست منابع

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993) *Benchmarks for Science Literacy. Project 2016*. Oxford: Oxford University Press.
- AAAS (2001) *Atlas of Science Literacy*. Washington, DC: AAAS and NSTA.
- Abrahams, I. , and Reiss, M. J. (2012) Practical work: its effectiveness in primary and secondary schools in England, *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035-1055.
- Alberts, B. (2008) Considering science education. Editorial, *Science*, 319, March 2008.
- Alexander, R. (ed.) (2010) *Children, their World, their Education*. Final report and recommendations of the Cambridge Primary Review. London: Routledge.
- Biosciences Federation (2005) *Enthusiasing the Next Generation*. London: Biosciences Federation.
- Bransford, J. D. , Brown, A. and Cocking, R. R. (eds) (2000) *How People Learn, Brain, Mind, Experience and School*. Washington, DC: National Academy Press.
- Bruner, J. S. (1960) *The Process of Education*. New York: Vintage Books.
- Butler, R. (1988) Enhancing and undermining intrinsic motivation: the effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance, *British Journal of Educational Psychology*, 58(1), 1-14.
- Carnegie and Institute for Advanced Study (2010). *The Opportunity Equation Transforming Mathematics and Science Education for Citizenship and the Global Economy*. New York: Carnegie IAS.
- Concoran, T. , Mosher, F. A. and Rogat, A. (2009) *Learning Progressions in Science*. Philadelphia, PA: Centre on Continuous Instructional Improvement, Teachers College, Columbia University.
- Devés, R. (2009) *Science Education Reform in Chile (1990-2009)* Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.
- Duncan, R. G , Rogat, A. D. and Yarden, A. (2009) A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 655–674.
- Duschl, R. A. , Schweingruber, H. A. Shouse, A. W. (2007) *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington DC: The National Academies Press.
- European Commission (2007) *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. (Rocard Report) Brussels: European Commission.
- Fernandez de la Garza, G. (2009) Brief overview of the evolution of the science curriculum for the elementary schools in Mexico. Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.
- Gustafson, B. J. and Rowell, P. M. (2000) Big ideas (and some not so big ideas) for making sense of our world. A resource for Elementary Science Teachers. Edmonton: University of Alberta.
- Harlen, W. (2013) *Assessment and Inquiry-Based Science Education: issues in policy and practice*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme: Trieste, Italy. www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx

Harlen, W. (2009) Teaching and learning science for a better future, *School Science Review*, 90 (333), 33 -41. Honey, M. , Pearson, G. and Schweingruber, H. (eds) (2014) *STEM Integration in K-12 Education: Status, prospects and an agenda for research*. Washington DC: The National Academies Press.

Howard-Jones, P. , Pollard, A. , Blakemore, S-J. , Rogers, P. , Goswami, U. , Butterworth, B. , Taylor, E. , Willmott, A. , Morton, J. and Kaufmann, L. (2007) *Neuroscience and Education: Issues and Opportunities*, London: TLRP/ESRC.

La main à la pâte (1998) Ten principles of teaching. <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/105/principes-et-enjeux> La main à la pâte (2014) www.fondation-lamap.org

Le Socle commun des connaissances et des compétences (France, 2006). http://cache.media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/00/0/socle-commun-decret_162000.pdf

Learning and Teaching Scotland/SQA (nd) *Curriculum for Excellence: Sciences experiences and outcomes*. http://www.educationscotland.gov.uk/Images/sciences_experiences_outcomes_tcm4-539890.pdf

Léna, P. (2009) Big ideas, core ideas in science - some thoughts. Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.

Mansell, W. James, M. and ARG (Assessment Reform Group) (2009) *Assessment in Schools. Fit for Purpose? A commentary by the ESRC Teaching and Learning Research Programme*. London: ARG and TLRP.

Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework (October 2006). <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/1006.pdf>

Miaoulis, I. (2010) K-12 Engineering – the Missing Core Discipline. In (eds) D. Grasso and M. Brown Burkins *Holistic Engineering Education beyond Technology*. New York: Springer.

Millar, R. (2009) ‘Big ideas’ in science and science education. Paper prepared for the Loch Lomond seminar. Millar, R. and Osborne, J. (1998) *Beyond 2000. Science Education for the Future*. London: King’s College School of Education.

Mohan, L. , Chen, J. and Anderson, C. W. (2009) Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 675–698.

NAEP (2008) *Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress*. National Assessment Governing Board, US Department of Education.

NRC (National Research Council) (1995) *National Science Education Standards*. Washington DC: The National Academies Press.

NRC (National Research Council) (2012) *A Framework for K-12 Science Education*. Washington DC: The National Academies Press.

NRC (National Research Council) (2014) *Developing Assessment for the Next Generation Science Standards*. Washington DC The National Academies Press.

Oates, T. (2009) Missing the point: identifying a well-grounded common core. Comment on trend in the development of the National Curriculum. *Research Matters*, October 2009.

Oates, T. (2012) *Could do better: Using international comparisons to improve the national Curriculum in England*. Cambridge Assessment www.nationalnumeracy.org.uk/resources/30/index.html

OECD (2007) *Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science*. Paris: OECD.

Pellegrino, J. W. , Chudowsky, N. and Glaser, R. (eds) (2001) *Knowing what Students Know: The Science and Design and Educational Assessment*. Washington, DC: National Academy Press.

Songer, N. B. , Kelcey, B. and Gotwals, A. W. (2009) How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 610–631.

Twenty-First Century Science specifications; Science Explanations and Ideas about Science http://www.ocr.org.uk/campaigns/science/?WT.mc_id=sciencecp_300310

Wilson, M. and Draney, K. (2009) On coherence and core ideas. Paper commissioned for the NRC Board of Education meeting, August 17 2009.

Wei Yu (2009) *A Pilot program of “Learning by Doing” in China’s Science Education Reform*. Nanjing: Research Centre of learning Science, Southeast University.

Wellcome Trust (2014) *How neuroscience is affecting education: a report of teacher and parent surveys*.

www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@msh_peda/documents/web_document/WTP055240.pdf

Zimba, J. (2009) *Five areas of core science knowledge: What do we mean by ‘STEM-capable’?* Paper prepared for the Carnegie – Institute for Advanced Study Commission on Mathematics and Science Education (see Carnegie and IAS).

پنج سال قبل، در سال ۲۰۱۰، پس از انتشار "اصول و ایده‌های بزرگ در آموزش علوم تجربی" این ایده به تدریج در آموزش و در زندگی روزمره قوت گرفت که آموزش علوم تجربی باید بتواند در دانش آموزان ایده‌های هر چند اندک علوم تجربی و نیز در باره علوم تجربی را پرورش دهد. در بازخوردی که از کشورهای مختلف در مورد این اصول و ایده‌ها گرفته شد، دریافتیم که آنها این ایده‌ها را مرتبط و مناسب دانسته‌اند و در مواردی هم در اصلاح برنامه درسی ملی خود استفاده کرده‌اند.

به واقع چون مزایای بالقوه عمق بخشیدن به آموزش، به جای وسعت بخشیدن نامتناسب به آن، در کلاس درس نمود پیدا می‌کند، بار دیگر همان دانشمندان و مدرسان بین‌المللی آموزش علوم تجربی گرد هم آمدند تا این بار همراه با مرور ایده‌های بزرگ، راه‌کارهایی برای اجرای آنها در عمل و در حیطه‌های مختلف شامل محتوای برنامه درسی، فرایند یاددهی یادگیری، سنجش‌های تکوینی و مجموعی، آموزش حرفه‌ای معلمان و نیز ارزیابی آموزش معلمان پیشنهاد دهند. این کتاب حاصل کار آنان را ارائه می‌کند.

iap

the global network of science academies



INNOVEC

Innovación en la Enseñanza de la Ciencia A.C.