

کمک به دانش آموزان برای توسعه سواد علمی

Supporting students in developing literacy in science

Joseph S. Krajcik and LeeAnn M. Sutherland

مترجم: وحیده حسن زاده

پست الکترونیکی: hassanzadeh@khayam.ut.ac.ir

آمریکایی برای پیشرفت علم بر اهمیت سواد علمی در توانایی شرکت شهروندان در یک جامعه جهانی به همراه دیگران تاکید می کند. زیر بنای همه این تعریف ها درک این نکته است که دانش آموزان باید به صورت موثر بخوانند، بنویسند و ارتباط برقرار کنند تا مانند شهروندان آگاه تصمیم بگیرند و در تفکر انتقادی که لازمه یادگیری فعال علم است، درگیر شوند. ما پنج جنبه از ویژگی های متعدد با سواد را که جای دادن آن ها در کاوش علمی اهمیت دارد انتخاب کرده ایم: (۱) پیوند زدن ایده های جدید با دانش و تجارب پیشین؛ (۲) لحاظ کردن یادگیری با سوال های بامعنی در زندگی دانش آموزان؛ (۳) مرتبط کردن چند ارائه؛ (۴) فراهم کردن فرصت برای دانش آموزان جهت استفاده از ایده های علم؛ و (۵) کمک کردن به دانش آموزان برای درگیری در گفتگو های علمی. این پنج اصل که در اینجا بحث می شوند با یافته های دیگران نسبتا همساز هستند و مکررا در پژوهش های ما در کلاس های درس تمام کشور ظاهر می شوند.

اولین ویژگی که ضمن درگیری دانش آموزان با تحقیق سواد آن ها را نیز افزایش می دهد پیوند زدن دانش جدید با دانش پیشین است. دانش پیشین سنگ بنای یادگیری های بعدی را تشکیل می دهد و استخراج دانش پیشین مخصوصا زمانی که مفاهیم نظری هستند، به نظر می رسد اصول علمی از زندگی روزمره دانش آموزان فاصله دارند و تجارب دانش آموزان آن ها را به ایجاد ایده های غیر دقیق هدایت می کند، اهمیت دارد. به عنوان مثال، دانش آموزان دوره دبیرستان ممکن است فکر کنند هوا از هیچ تشکیل شده است و چون آن را هیچ در نظر می گیرند برای درک هوا به عنوان ماده با مشکل روبرو شوند. با این حال، دانش آموزان می دانند که برای جهیدن توپ بسکتبال پس از برخورد با زمین باید آن را با هوا پر کنند. متاسفانه آموزش علوم و مواد برنامه درسی اغلب موفق نمی شوند به روشنی دانش و تجارب پیشین دانش آموز را به یادگیری

خواندن، نوشتن و ارتباط گفتاری تمرین های جدی و حساس باسواد برای مشارکت در یک جامعه جهانی هستند. در زمینه کاوش علمی، تمرین های باسواد با توانایی بخشی در دست و پنجه نرم کردن با ایده ها، به اشتراک گذاشتن افکار، غنا بخشیدن به درک و حل مشکلات به نوآموزان کمک می کنند. در این مقاله، ما پنج ویژگی آموزشی در برنامه درسی را که می توانند در توسعه سواد در زمینه علم به دانش آموزان کمک کنند، پیشنهاد می کنیم: (۱) پیوند زدن ایده های جدید با دانش و تجارب پیشین؛ (۲) لحاظ کردن یادگیری با سوال های با معنی در زندگی دانش آموزان؛ (۳) مرتبط کردن چند ارائه؛ (۴) فراهم کردن فرصت برای دانش آموزان جهت استفاده از ایده های علم؛ و (۵) کمک کردن به دانش آموزان برای درگیری در گفتگو های علمی. این پنج ویژگی توانایی دانش آموزان برای خواندن، نوشتن و برقراری ارتباط درباره علم را افزایش می دهد تا آن ها بتوانند در تمام طول زندگی خود به کاوش بپردازند.

تحقیق روشمند برای پاسخ به پرسش های با معنی درباره پدیده های طبیعی و شرح و بسط توضیحات بر پایه شواهد اساس کاوش علمی را تشکیل می دهد. در کلاس های درسی که به چنین کاوش هایی اهمیت می دهند، تمرین های پایه باسواد مانند خواندن، نوشتن و گفتگو برای درک ایده های اصلی علم ضروری هستند.

معیارهای ملی آموزش علوم^{۳۶}، سواد علمی را به مثابه درک محتوا و شیوه های علمی و توانایی استفاده از آن دانش برای شرکت در تصمیم گیری شخصی یا گروهی تعریف می کند. بعلاوه، معیارها قید می کنند که سواد علمی نیازمند داشتن توانایی انتقاد از کیفیت شواهد یا صحت نتیجه گیری ها درباره علم در رسانه های مختلف از جمله روزنامه ها، مجله ها، تلویزیون و اینترنت است. /انجمن

³⁶ National Science Education Standards (NSES)

گرچه سوال ها می توانند نوآموزان را به درگیری در تحقیقات دست اول و دست دوم تشویق کنند، بسیاری از دانش آموزان با متون توصیفی رایج در ادبیات علمی و کتاب های درسی درگیر نمی شوند. مطالعات نشان داده اند که واژگان، ساختارهای پیچیده جملات، استفاده از حالت فعل مجهول و دیگر عناصر گفتگوی علمی برای بسیاری از خوانندگان دشوار است و می تواند علاقه به یادگیری علم را در دانش آموزان کاهش دهد. چون خواندن در علم اهمیت زیادی دارد، افرادی که برای خواندن متون علمی مشکل دارند نمی توانند از موضوعات درک عمیقی بسازند و در کاوش علمی درگیر شوند.

طرح سوال های جالب که دانش آموزان را به یافتن پاسخ ها تشویق می کند راهی برای کمک به درگیر شدن آنهاست چون نیاز به دانستن، تحقیق مبتنی بر متن و کارهای علمی را پیش می برد. به عنوان مثال، دانش آموزان با واکنش های شیمیایی بسیاری، که شاید آن ها را به عنوان واکنش های شیمیایی نشانند، در زندگی روزمره خود آشنا هستند. طرح سوال های مرتبط برای به فکر فرو بردن دانش آموزان (مانند "چه چیزی باعث رنگ های مختلف آتش بازی می شود؟" یا چرا وقتی پوست پیاز را می گیرند اشکشان در می آید؟") می تواند آن ها را طوری برای یادگیری درباره واکنش های شیمیایی علاقه مند کند که دیدن "فصل ۳: واکنش های شیمیایی" در یک کتاب درسی احتمالاً نمی تواند. این سوال ها همراه با سوال های خود دانش آموزان انگیزه کاوش را می پروراند. سوال هایی بر اساس محتوا (مانند "چگونه دو ماده می توانند ترکیب شیمیایی و جرم مولکولی مشابه اما ویژگی های بسیار متفاوتی داشته باشند؟") از بیان اینکه "امروز به مطالعه ایزومرها می پردازیم" بیشتر می تواند برای دانش آموزان برانگیزنده باشد.

در یک کلاس کاوش که در آن دانش آموزان پدیده ها را تجربه می کنند و سوال ها یادگیری را تحریک می کنند جستجوی پاسخ سوالاتی که دانش آموزان با معنی می یابند اهمیت دارد. استفاده از سوال ها در برنامه درسی و تشویق آن ها در آموزش، روش تحقیق دانشمندان را که در آن، تحقیق با تعریف مرز بین شناخته و ناشناخته آغاز می شود، برای دانش آموزان روشن می کند.

جدید پیوند بزنند. وقتی آموزش تجارب پیشین با هوا و اشیاء آشنا را نمودار نمی سازد، دانش آموزان فاقد درک پایه ای هستند که بتواند به آن ها در یادگیری اینکه همه مواد از جمله هوا از ذره تشکیل شده است، کمک کند.

دانش پیشین می تواند از تجارب در دنیای واقعی و یا یادگیری های کلاس های پیشین به دست آید. فرصت به اشتراک گذاشتن و ربط دادن ایده ها برای اتکا به آن ها در ایجاد درک مهم است. به عنوان مثال، مفهوم دشوار انتقال گرما را در نظر بگیرید. یکبار که دانش آموزان درک اولیه ای از انرژی و ماده به عنوان ذره پیدا کنند، آن ها آماده هستند تا یک درک مفهومی منسجم از انتقال گرما ایجاد کنند که روی ایده های از پیش آموخته ساخته شده است. یادداشت برداری از درک های جدید به موازاتی که توسعه می یابند (به عنوان مثال در یک مجله علمی شخصی یا یک تابلوی اعلانات مشترک کلاسی) در توانایی فکر کردن درباره ایده ها و ربط دادن آن ها در طول زمان اساسی است. شکل ۱ که از واحد شیمی پایه ششم گرفته شده است توضیح می دهد چگونه خواندن متون درسی به دانش آموزان کمک می کند تجارب درون کلاسی را با اطلاعات جدید مرتبط کند و از آن تجارب برای درک اصول علمی حکم کلی صادر کنند. داده ها نشان می دهند که دانش آموزان ضمن تحقیق در مورد اینکه هوا جرم و حجم دارد، می خوانند، می نویسند، ارتباطات را بحث می کنند و از هر سه تمرین با سواد برای فهمیدن محتوای علمی و درک مطلب بهره می برند.

جنبه مهم دوم آموزش و طراحی مواد درسی برای با سواد در علم این است که جهت کمک به دانش آموزان برای کاوش پدیده ها، نوشتن درباره علم، خواندن متون علمی، آموزش باید با سوال هایی بامعنی و جذاب برای نوآموزان هدایت شود. زمانی که یادگیری با نیاز به دانستن هدایت می شود، افراد برای درک مطالب دشوار تلاش می کنند. سوال های برانگیزنده که به زندگی آن ها مربوط می شوند به دانش آموزان کمک می کنند تا برای درگیری در کاوش علمی و نیز خواندن و نوشتن جهت یادگیری هدف داشته باشند. به عنوان مثال، سوالی مانند "آیا دوستان خوب می توانند من را بیمار کنند؟" می تواند دانش آموزان را به مطالعه سیستم ایمنی و علت بیماری ها ترغیب کند.

جدول ۱- پرورش سواد در زمینه کاوش علمی

نام	توصیف
پیوند زدن به دانش و تجارب پیشین	مرتبط کردن ایده های علم با تجارب هر روزه دانش آموزان و با تجارب کلاس های پیشین
سوال های لحاظ کننده	بیان کردن سوال های مهم و با معنی برای زندگی نوآموزان
ادغام متن و ارائه های دیداری	ارجاع دادن به عناصر دیداری در متن نوشته و آموختن استفاده از نمودارها و متن برای
استفاده از ایده ها	فراهم کردن زمان، فرصت و رهنمود برای به کارگیری یادگیری علم در بستر های جدید
درگیری در گفتگوی علمی	کمک کردن به گفتگوی علمی از جمله زبان علم و شیوه های آن

بیشتر، معلمان می توانند با خواندن متن با صدای بلند تمرین دیدن نوشته و تصویر را برای دانش آموزان توضیح دهند.

به علاوه، همچنان که در عصر تکنولوژی فراگیر پیش می رویم و استفاده از نمودارها رایج تر می شود، گزینه ها برای برهمکنش های دیداری، شنوایی و لمسی بیشتر می شود و نیاز به ادغام اطلاعات چند شکل ارائه افزایش می یابد. به جای یک ارائه ایستا از نظریه سینتیک مولکولی همان طور که در شکل ۱ آمده است، دانش آموزان می توانند یک شبیه سازی پویا ببینند که حرکت ذرات گاز را در دماهای مختلف توضیح می دهد. گرچه چنین اشکال تعاملی احتمالاً با پرداختن به روش های گوناگونی که افراد با آن ها یاد می گیرند یادگیری را ترغیب می کنند، نیاز به یادگیری نحوه خواندن چنین ارائه هایی همچنان به قوت خود باقی می ماند.

عنصر مهم چهارم که به توسعه باسوادی علمی کمک می کند به برنامه درسی و آموزشی وابسته است که از دانش آموزان می خواهد ایده ها را به صورت فعال در بستر های جدید به کار گیرند. مواد درسی و آموزش باید به دانش آموزان زمان و فرصت و رهنمود دهند تا کلاس و تجارب روزمره شامل تجارب علمی را درک کنند. دانش آموزان نیاز دارند درک های جدید خود درباره علم را به روشنی بیان کنند، به تصویر کشند، نقد کنند، به کار برند، گسترش دهند و از آنچه آموخته اند برای درک وضعیت های جدید و حل مسائل جدید استفاده کنند. به عنوان مثال، شکل ۱ ایده هایی را که در کلاس درباره هوا توسعه یافته اند در یک وضعیت جدید با استفاده از هلیوم به کار می برد. بستر (گاز درون بادکنک) همان است و دانش آموزان را به تعمیم درباره گازها در یک بادکنک تشویق می کند، در حالی که نوشته آن ها را تشویق می کند تا بدون توجه به نوع جا، تعمیم ها را بیشتر درباره گازها به کار برند. مواد

همچنین، سوال کردن نقش مهمی در خواندن متون علمی دارد چون سوال ها هدفی برای خواندن تعیین می کنند که راهنمایی برای درک مطلب است. سوال ها با تعیین هدف در خواندن، بر جزئیاتی که افراد ضمن خواندن بر آن ها تمرکز می کنند و به یاد می آورند تاثیر دارد. متون علمی که از سوال ها در عناوین استفاده می کنند و آموزشی که الگوی آن برای هدایت فعالیت های کلاسی استفاده از سوال هاست می توانند درگیری را پرورش دهند.

سوال ها در کلاس درسی علم سه نقش مهم ایفا می کنند. نخست، طرح سوال نقش مهمی در یادگیری محتوای علمی دارد چون با ایجاد نیاز به دانستن تحقیق درون کلاسی و متنی را هدایت می کند. دوم، طرح سوال با تعیین یک هدف برای خواندن و راهنمایی درک مطلب نوشته شده به توسعه با سوادی برای یادگیری علم کمک می کند. در نهایت، اما به همان اندازه مهم، طرح سوال دانش آموزان را در تمرین اصلی کاوش علمی درگیر می کند، چون دانشمندان نیز فرایند کشف را با یک سوال آغاز می کنند.

با توجه به پیچیدگی بسیاری از ایده های علمی، سومین جنبه مهم توسعه با سوادی در علم توانایی فهمیدن مدل ها، نقشه ها، دیاگرام ها، شبیه سازی ها و گراف هاست. توضیح ساختار DNA تنها با نوشته مشکل است و به همان اندازه درک یک مدل از ماریپیج دو گانه بدون نوشته ای برای توضیح آن دشوار است. ادغام نوشته و تصویرها اجازه می دهد ساختار و عملکرد DNA برای خوانندگان به سادگی قابل درک باشد.

مواد برنامه درسی با ادغام نوشته و نمودارها می توانند به دانش آموزان دوره دبیرستان کمک کنند تا موضوعات پیچیده ای مانند رابطه بین دما و حرکت ذرات را درک کنند. فهرست شکل ۱ توجه را بر عناصر خاصی در تصویر متمرکز می کند تا دانش آموزان را در رفت و برگشت دیدن نوشته و نمودارها تشویق کند. برای کمک آموزشی

کارگیری شواهد و اینکه آیا شواهد کافی و مناسب هستند (به عبارت دیگر، آیا ادعا را پشتیبانی می کنند و دقیق هستند) توجه کنند.

در قرن بیست و یکم سواد علمی برای یک جامعه جهانی بر درک مفاهیم و اصول علمی همچنین درگیری در تمرین های باسوادی که تحقیق، درک مطلب و انتقال ایده ها را ممکن می کنند، استوار است. ادغام تمرین های باسوادی و آموزش علم تحقیقی، استراتژی های آموزشی را تشویق می کند که بر پایه کنجکاوی های دانش آموزان درباره دنیا ساخته می شوند و به دانش آموزان در ساختن مهارت های پایه باسوادی کمک می کنند. هر چند اغلب دانش آموزان در زمینه های علمی شغلی را دنبال نخواهند کرد، ولی اغلب احتمالاً در تمام زندگی خود به خواندن مطالب علمی ادامه خواهند داد. برای اینکه دانش آموزان امروز به عنوان مصرف کننده، رای دهنده و اعضای جامعه در تصمیم گیری های فردا به صورت موثر شرکت کنند، اینکه آموزگاران در خواندن، نوشتن و برقراری ارتباط در زمینه علم به آن ها کمک کنند امری ضروری است.

زمانی که یک بادکنک گرم و سرد می شود درون آن چه اتفاقی می افتد؟ (سوال های لحاظ کننده)

در کلاس، شما یک بادکنک پر از گاز را دیدید. شما مشاهده کردید که زمانی که بادکنک را در جای سرد می گذارید چه اتفاقی می افتد. بادکنک کوچک تر می شود. سپس به بادکنک اجازه دادید گرم شود و بزرگ تر شد. (مرتبط کردن با دانش و تجربه پیشین)

اگر بادکنک با گاز متفاوتی به جای گازهای تشکیل دهنده هوا پر شده بود، چه اتفاقی می افتاد؟ (استفاده از ایده ها در بسترهای جدید)

تصور کنید بادکنک ها در مدل سمت چپ با هلیوم پر شده باشند.

در این مدل پیکان ها سرعت حرکت ذرات را نشان می دهند. پیکان های بلند تر یعنی ذرات سریع تر حرکت می کنند. پیکان های کوتاه تر یعنی آن ها کندتر حرکت می کنند. آیا می توانید بگویید کدام معرف یک بادکنک سرد و کدام معرف یک بادکنک گرم است (درگیری در گفتگوی علمی).

آموزشی باید تکالیف یا توالی هایی از سوال را در بر داشته باشند تا دانش آموزان را در تفسیر تجارب و استدلال درباره آن ها، داده ها و متون راهنمایی کنند و به آن ها در بررسی اینکه چگونه آن ایده ها در مورد پدیده های تجربه نشده در کلاس علمی به کار می روند، کمک کنند.

تمرین پنجم باسوادی که برای پرورش کاوش در کلاس درس لازم است درگیر کردن دانش آموزان در ارائه توضیحات و استدلال هاست که جزء ضروری گفتگوی علمی به شمار می آید. این مهم است که دانش آموزان فرصت هایی برای صحبت کردن و نوشتن درباره علم داشته باشند و پشتیبانی از ایده های خود را با استفاده از شواهد تمرین کنند. کارهای زیادی در زمینه نوشتن و هدف های بسیار آن در علم، از ثبت و سازمان دهی داده ها تا پیشنهاد توضیحات کتبی و ایجاد استدلال برای اینکه چرا شواهد از یک نتیجه بیشتر از نتیجه دیگر حمایت می کنند، انجام شده است. نوشتن برای توضیح یا استدلال یک موقعیت برای مخاطبین جنبه مهمی از درگیری در تحقیق است. گفتگوی علمی نه تنها شامل زبان دقیق است بلکه شامل روش های خاصی می شود که با آن ها از زبان استفاده می شود، نتیجه ها گرفته می شوند، ایده ها کنار هم قرار می گیرند، توضیحات ساخته می شوند و استدلال ها ارائه می شوند. هر کدام از این ها در درگیری با علم به عنوان خواننده یا نویسنده ایده های علمی و نیز به عنوان یک دانش آموز و شهروند اهمیت زیادی دارد.

ارتباط گفتاری و نوشتاری در زمینه کاوش علمی به استفاده از داده ها به عنوان شواهد برای توضیح و استدلال وابسته است. دانشمندان برای پشتیبانی از ادعاهای خود جهت توضیح پدیده ها به شواهد نیاز دارند و توضیحات آن ها مستلزم به کار گیری زبان و ایده های علم به روشی است که نحوه استدلال آن ها را از شواهد موجود توضیح می دهد. مواد درسی و آموزش می توانند با فراهم کردن یک چارچوب برای نوشتن توضیحات علمی به دانش آموزان در این تمرین کمک کنند: طرح دعاوی، فراهم آوردن شواهد، استفاده از استدلال برای وارد کردن که به صراحت دعاوی را با شواهد مرتبط می سازد و در نظر داشتن اعتبار توضیحات جایگزین.

در هر نمایش علمی (نوشتاری یا گفتاری) دانش آموزان باید به شواهد پشتیبانی کننده از دعاوی، روش های به

What happens inside a balloon when it is cooled and warmed?

Anchor in questions
In class, you saw a balloon filled with gas. You observed what happened when you put the balloon inside a cold container. The balloon got smaller. Then you let the balloon warm up, and it got bigger.

Link to prior knowledge & experience
What would happen if the balloon were filled with a different gas instead of the gases that make up air?

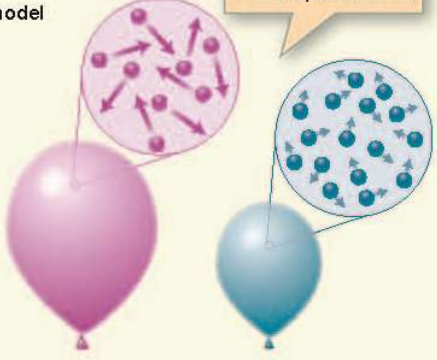
Make use of ideas in new contexts

Imagine that the balloons in the model to the right are filled with helium.

Engage in the discourses of science
In this model, arrows represent how fast the particles are moving. Longer arrows mean the particles are moving faster. Shorter arrows mean they are moving more slowly.

Can you tell which one represents a cold balloon and which one represents a warm balloon?

Integrate text and visual representations



The balloon on the left shows how helium atoms might move if the balloon were in a warm room. If you put the same balloon into a freezer, the atoms might move like the ones on the right. Many things happen as you warm and cool a balloon.

Integrate text and visual representations
Notice four things:

1. The temperature of the balloon (*warm or cold*)
2. The size of the balloon (*larger or smaller*)
3. The speed of the atoms (*faster or slower*)
4. The number of atoms in the tiny spot that is magnified (*more or fewer*)

شکل ۱- گزیده ای از متن کتاب شیمی پایه ششم که تجارب درون کلاسی دانش آموزان را با یک مثال جدید مرتبط می کند.

- ۱- دمای بادکنک (سرد یا گرم)
- ۲- اندازه بادکنک (بزرگ تر یا کوچک تر)
- ۳- سرعت اتم ها (سریع تر یا کند تر)
- ۴- تعداد اتم ها در مکانی از بادکنک که بزرگ شده است (بیشتر یا کمتر)
- بادکنک سمت چپ نشان می دهد اتم های هلیوم چگونه ممکن است حرکت کنند اگر بادکنک در اتاق گرم بود. اگر همان بادکنک را در فریزر بگذارید، اتم ها ممکن است مثل اتم ها در سمت راست حرکت کنند. اتفاقات بسیاری ضمن گرم و سرد شدن بادکنک رخ می دهد. (ادغام نوشته و ارائه های دیداری)
- به چهار نکته توجه کنید: (ادغام نوشته و ارائه های دیداری)

منابع

1. National Research Council National Science Education Standards (National Academy Press, Washington, DC, 1986).
2. D. Hammer, R. Russ, R. E. Scherr, J. Mikeska, in Teaching Science: Recommendations for Research and Application, R. A. Duschl, R. E. Grandy, Eds. (Sense Publishers, Rotterdam, Netherlands, 2014), pp. 138-156.
3. American Association for the Advancement of Science Science for all Americans: Project 2061 (Oxford Univ. Press, New York, 1990).
4. D. Bransford, A. L. Brown, R. R. Cocking, Eus, How People Learn: Brain, Mind, Experience and School (National Academy Press, Washington, DC, 1999).
5. R. E. Vager, in Crossing Borders in Literacy and Science Instruction, E. W. Saul, Ed. (International Reading Association, Arlington, VA, 2004), pp. 95-108.
6. S. Kesidou, I. E. Roseman J. Res. Sci. Teach 39, 522 (2002).
7. L. Sutherland, Elem. Sch), 109, 162 (2008).
8. Y. Schwartz, A. Weizman, D. Fortus, J. Krajcik B. Reiser, Fem. Sch. 109, 199 (2008).
9. J. Krajcik, B. J. Reiser, L. M. Sutherland, D. Fortus, Investigating and Questioning Our World through Science and Technology (Regents of the Univ. of Michigan, Ann Arbor, MI., 2008).
10. P. Blumenfeld, T. Kempler, I. Krajcik, in the Cambridge Handbook of the Learning Sciences, R. K. Sawyer, Ed. (Cambridge Univ. Press, New York, 2006), pp. 475-489.
11. S. Magnusson, A. S. Palinsar, Theory Proct. 34, 43 (1995).
12. G. Ivey, Res. Res. Q. 34, 172 (1999).
13. E. FOX Rev. Educ. Res. 79, 197 (2009).
14. G. N. Cervetti, P. O. Pearson, M. A. Bravo, J. Barber, in Linking Science and Literacy in the K-8 Classroom National Science Teachers Association, Washington, DC, 2006), pp. 221-244.
15. S. P. Norris, L. M. Phillips, Sa. Educ. 87, 224 (2003).
16. R. F. Larch, E. P. Lorch, W. E. Inman, J. Educ Psychol. 85, 281 (1993).
17. R. E. Mayer, Adultmedia Learning (Cambridge Univ. Press, New York, ed. 2, 2009).
18. J. Lemke, in Handbook of Literacy and Technology Transformations in Post-Typographic World, O. Renlong, L. Labbo, M. Kiefer, Eds. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1998). pp. 283-302.
19. M. C. Linn, B.-5. Elyon, in Handbook of Educational Psychology, P. A. Alexander, P. H. Winne, Eds. (Erlbaum, Mahwah, NJ, ed. 2, 2006), pp. 511-544.
20. H. Lee, A. L. C. Linn, K. Varma, D. L. Liu, J. Res. Sci Teach. 47, 71 (2010).
21. J. P. Gee, Social Linguistics and Literacies Ideology in Schools Falmer, Bristol, PA, 1996).
22. J. L. Lemke, Learning Science: Language, Learning and Values (Alex. Norwood, NJ, 1990).
23. R. A. Duschl, H. A. Schweingruber, A. Souse, Taking Science to School in and Teaching Science in Grades X-8 (National Academies Press. Washington, DC 2007).
24. L. M. Sutherland, K. L. McNeill, J. Krajcik, K. Colson, in Linking Science and Literacy in the K-8 Classroom (National Science Teachers Association, Washington, DC, 2006), pp. 163-181.
25. K. L. McNeill, I. Krajcik, Leom. Sci. 18, 416 (2009).
26. K. L. McNeill, J. Krajcik, in Thinking with Data: The Proceedings of the 33rd Carnegie Symposium on Cognition, P. Shah, Eds. (Erlbaum, Mahwah, NJ, 2007), pp. 233-265.
27. J. Wellington, I. Osborne Longo and Literacy in Science Education Open Univ. Press, Philadelphia, PA, (2001).
28. The opinions expressed are those of the authors. The work was partially funded by grants from the NSF (ESI 0439252 and ES 0439494).