پیشگیری از کج فهمی پیش از ابتلا

چکیده
کج‌فهمی علمی، به معنای داشتن باورهایی به ظاهر علمی که هیچ مبنای علمی ندارند، از مشکلات جدی آموزش علوم به‌ویژه شیمی است. بیشتر مباحث شیمی به ساختار ماده و مفاهیمی غیرقابل مشاهده مربوط می‌شود. از این‌رو یادگیری آن‌ها برای بسیاری از دانش‌آموزان دشوار و با بروز کج‌فهمی‌هایی همراه است. از آنجا که بهترین راهکار برای رفع کج‌فهمی‌ها تشخیص دلیل بروز آن‌هاست، در این مقاله مهم‌ترین این دلایل معرفی می‌شود.

مسعودسعادتی
دکترای شیمی تجزیه و مدرس
مراکز آموزش عالی آذربایجان شرقی

کلیدواژه‌ها: مفهوم شیمیایی، کج‌فهمی، پیش‌مفاهیم ذهنی، الگوی عینی‌گرایانه

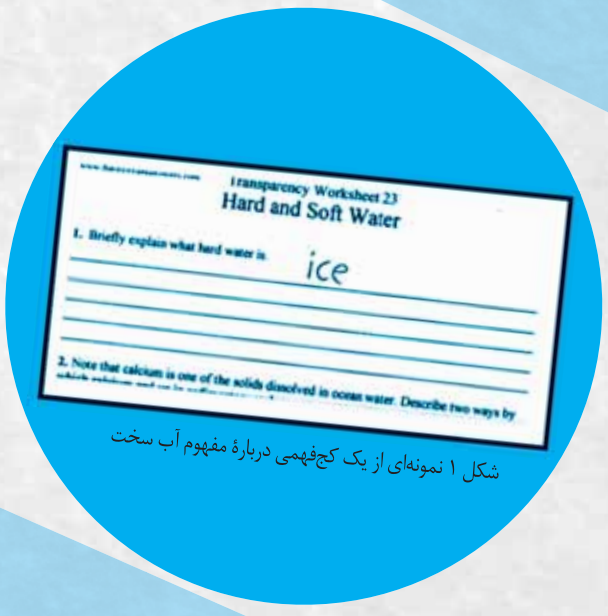
مقدمه

این تجربهٔ بسیاری از معلمان است که با وجود تلاش در آموزش درست یک مفهوم به دانش‌آموزان، با واکنش‌هایی از سوی آن‌ها روبه‌رو می‌شوند که با واقعیت و هدف آموزشی موردنظر فاصلهٔ بسیار دارد. در این‌حال معلم با خود می‌گوید: «شاید روش تدریس من درست نبوده است!» یا «شاید دانش‌آموزان استعداد و توانایی کافی برای درک مطالب را ندارند!»

کارشناسان آموزش علوم بر این باورند که به جز در مواردی نادر، این داوری‌ها درست نیست و ریشهٔ این مشکل را «کج‌فهمی[1]» می‌دانند. کج‌فهمی یعنی درک و فهم نادرست از آنچه که به‌عنوان قوانین علمی پذیرفته و به‌صورت تجربی ثابت شده است. بروز کج‌فهمی دلایل مختلفی دارد که در بیشتر موارد ربطی به هوش دانش‌آموز یا روش تدریس معلم ندارد. در واقع، کج‌فهمی موضوعی عام است و بروز آن در هر زمان و مکان و با هر فرهنگی امکان‌پذیر است. برای نمونه، هنگام بحث دربارهٔ «آب سخت» تلقی بیشتر دانش‌آموزان از آن «یخ» بوده است، شکل ۱!

در مناطق مختلف کشورمان مردم با لهجه‌ها و زبان‌های متفاوت سخن می‌گویند، طوری که گاه از یک واژهٔ محلی برای دو مفهوم متفاوت استفاده می‌شود. برای نمونه، واژهٔ آذری **آغیرسو** به معنی «آب سنگین» است اما به اشتباه برای توصیف آب سخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین گاه افراد با شنیدن عبارت آبِ سنگین، زیاد بودن املاح در آب آشامیدنی منطقهٔ خود را به یاد می‌آورند.

در کشورهای مختلف برای حل نظام‌مند این مشکل گام‌هایی برداشته شده است. در حل مشکل کج‌فهمی در حوزهٔ علوم، دو رویکرد را می‌توان در پیش گرفت؛ یکی بررسی و شناسایی علت کج‌فهمی موردنظر و توضیح مناسب برای اصلاح آن؛ و دیگری کشف ریشه‌های ایجاد کج‌فهمی. به‌هر حال از آنجا که در شیمی مفاهیم فراوانی را می‌توان یافت که با کج‌فهمی درک می‌شوند و بررسی همهٔ آن‌ها کاری گسترده و دشوار به‌نظر می‌رسد باید



شکل ۱ نمونه‌ای از یک کج‌فهمی دربارهٔ مفهوم آب سخت

همزمان با درمان معلول- یعنی توجه به رویکرد نخست- به‌طور جدی در پی علت‌ها نیز بود. در ادامه، دلایل مهم بروز کج‌فهمی که در منابع علمی گزارش شده است بیان می‌شود.

ریشهٔ کج‌فهمی‌های رایج در شیمی

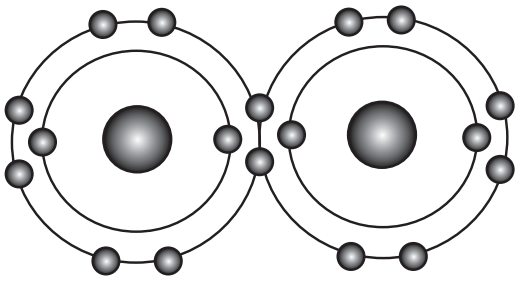
با جست‌وجو در منابع و مقاله‌های مربوط به کج‌فهمی، دلایلی به این شرح برای آن مشاهده می‌شود:

● پیش‌مفاهیم ذهنی فراگیران

کج‌فهمی موضوعی است که دانشمندان و فیلسوفان بزرگ نیز در گذشته با آن روبه‌رو بوده‌اند و دیدگاه‌هایی که بدون هرگونه پشتوانهٔ علمی شکل می‌گرفتند کم نبوده است. در گذشته، پاره‌ای از اندیشمندان از ابزار منطق، مشاهده و تجربه برای طراحی چارچوب باورهای خود استفاده نمی‌کردند. در نتیجه، دیدگاه‌های نادرست همچنان در ذهن آنان باقی می‌ماند. گاهی دانش‌آموزان نیز تنها با نگاه ساده، بلکه ساده‌لوحانهٔ خود به پدیده‌ها، به ایده‌سازی می‌پردازند، در نتیجه پیش‌مفاهیم[۲] ذهنی نادرست دربارهٔ پدیده‌ها در ذهن آنان جای می‌گیرد. برای نمونه، اگر دانش‌آموز دربارهٔ فرایند سوختن تنها به یک مشاهدهٔ ساده تکیه کند وقتی با این عبارت روبه‌رو می‌شود که «در واکنش سوختن، مقداری از ماده کاهش می‌یابد.»، از مقایسهٔ مقدار خاکستر باقی مانده با سوخت اولیه، این گفته را می‌پذیرد زیرا هنوز درک درستی از سوختن به معنای شیمیایی این کلمه ندارد. به‌همین دلیل نادرست خواندن این نتیجه‌گیری، از سوی معلم، برای او دشوار است پس معلم نخست باید با شناخت بدفهمی دانش‌آموز از «سوختن» درصدد اصلاح آن برآید.

● کج‌فهمی‌های مدرسه‌ساخته

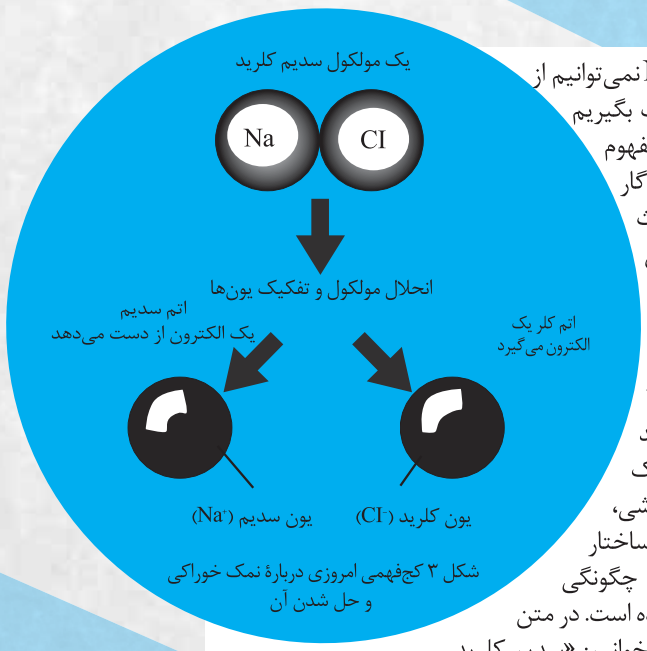
در بروز کج‌فهمی‌ها تنها دانش‌آموزان مقصر نیستند بلکه فرایند آموزشی نیز در شکل‌گیری آن مؤثر است؛ به‌ویژه، هنگامی که دانش‌آموز با موضوع درسی دشواری روبه‌رو می‌شود کج‌فهمی‌ها نیز بیشتر می‌شود که به آن کج‌فهمی‌های مدرسه‌ساخته[۳] می‌گوییم. رفع کج‌فهمی‌های مدرسه‌ساخته با روش‌های معمولی و متداول امکان‌پذیر نیست. برای نمونه، برای تدریس مفهوم پیوند کووالانس و نمایش الکترون‌های اشتراکی استفاده از شکل ۲ برای مولکول F_2 جالب است، اما



شکل ۲ نمایش پیوند کووالانسی با مدلی که به کج‌فهمی می‌انجامد.

برای O_2 و N_2 نمی‌توانیم از این الگو کمک بگیریم زیرا با مفهوم موردنظر سازگار نیست و باعث بروز کج‌فهمی خواهد شد.

به عنوان نمونه‌ای دیگر به شکل ۳ توجه کنید که در یک کتاب آموزشی، برای نمایش ساختار سدیم‌کلرید و چگونگی انحلال آن آمده است. در متن این کتاب می‌خوانیم: «سدیم کلرید از اتم‌های سدیم و کلر تشکیل شده است. اتم کلر یک الکترون از اتم سدیم می‌گیرد و بار منفی پیدا می‌کند. اتم سدیم نیز دارای یک بار مثبت می‌شود.»



شکل ۳ کج‌فهمی امروزی دربارهٔ نمک خوراکی و حل شدن آن

این توضیح برای یک معلم باتجربه اشکالی ایجاد نمی‌کند اما دانش‌آموز با دیدن این شکل و توضیح آن، ممکن است چنین برداشت کند که: «نمک خوراکی، از مولکول‌های دو اتمی تشکیل شده است و برای انحلال آن باید بر نیروی میان دو یون سدیم و کلرید غلبه کنیم.»

● زبان عامیانه و زبان علمی

یکی از تهدیدکنندگان جدی درک مفاهیم جدید،زبان عامیانه[۴] است. برای نمونه، اگر پس از تدریس قانون بقای جرم می‌بینیم دانش‌آموز هنگام مشاهدهٔ خاصیت رنگ‌بری یک ماده در زدودن لکه، می‌گوید: «لکه‌ها از بین رفتند.»، می‌توانیم بگوییم او قانون بقای جرم را درک نکرده است؛ زیرا لکه در واقع از بین نرفته و نابود نشده بلکه در ماده رنگ‌بر حل شده است.

نکته دیگر آن است که بسیاری از کج‌فهمی‌های مدرسه ساخته، به‌دلیل کاستی‌های موجود در زبان علمی پدید می‌آیند. نمونه‌ای از این کاستی را در اصطلاح‌هایی همچون مواد، ذره‌ها و نمادهای شیمیایی می‌توان یافت. فرض کنید خنثی شدن اسید یا باز را با نوشتن این معادلهٔ متداول تدریس می‌کنید:

$$HCl+NaOH \rightarrow NaCl+H_2O$$

در این حال، هرگز نمی‌توان یک مدل ذهنی قابل قبول از پدیدهٔ خنثی شدن برای فراگیران ایجاد کرد به‌گونه‌ای که آنان متوجه نقش اساسی یون‌ها، به‌عنوان کوچک‌ترین ذره‌های درگیر در واکنش، بشوند. در حالی‌که اگر یون‌های تشکیل‌دهندهٔ اسید و باز با مدل نشان داده شوند، درک و فهم علمی مناسب در ذهن فراگیران بهتر شکل می‌گیرد و باعث می‌شود بتوانند معادلهٔ واکنش یاد شده را به کمک نمادهای شیمیایی، درست تفسیر

کنند.

جان استون بر این باور است که ما در مورد مفاهیم و واکنش‌های شیمیایی با سه سطح تفکر روبه‌رو هستیم:

✓ سطح ماکرو یا دنیای واقعی و محسوس؛

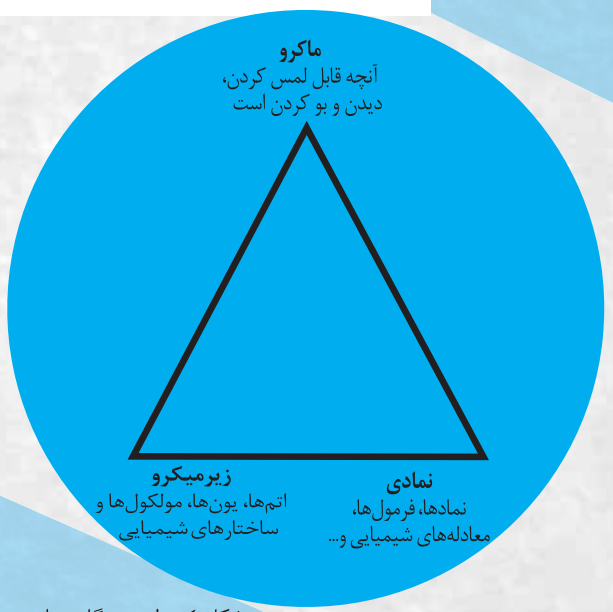
✓ سطح زیرمیکرو[5] یا دنیای اتم‌ها و مولکول‌ها؛

✓ سطح نمایشی یا دنیای نمادهای شیمیایی و معادله‌های ریاضی.

از دیدگاه روان‌شناسی معرفی هم‌زمان مفاهیم در این سه سطح موجب کج‌فهمی می‌شود. اما در شیمی، مانع اصلی در درک مفاهیم، وجود این سه سطحِ مرتبط با هم نیست بلکه مشکل این است که معرفی شیمی همیشه در سومین یا ریزترین سطح یعنی سطح نمادهای شیمیایی انجام می‌گیرد؛ معلمان مایلند به‌طور مستقیم از سطح ماکرو به سطح نمایشی بروند در حالی‌که دانش‌آموزان نمی‌توانند همپای آن‌ها حرکت کنند.

● درک امروزی شیمی برای تفسیر مفاهیم، کافی نیست

همان‌طور که فیلسوفان و دانشمندان در زمان‌های بسیار دور دربارهٔ جهان و پدیده‌های طبیعی دیدگاه‌های گوناگونی را مطرح می‌کردند، امروز نیز نظریه‌های گوناگونی در مورد پدیده‌های شیمیایی وجود دارد که نظریهٔ پیوند ظرفیت، میدان بلور، میدان لیگاند و اوربیتال مولکولی از آن جمله‌اند. وجود هم‌زمان چند نظریه دربارهٔ یک موضوع می‌تواند برای دانش‌آموز گیج‌کننده باشد. برای نمونه او از یک سو تصور می‌کند الکترون در محدودهٔ اوربیتال یافت می‌شود و از سوی دیگر به او گفته می‌شود که الکترون در هرجا، حتی نزدیک هسته، می‌تواند حضور داشته باشد. حال وقتی معلم از شعاع اتمی و شعاع یونی صحبت می‌کند او حق دارد بپرسد که کدام یک از این دو محدوده موردنظر است؟ وقتی از شعاع اتمی صحبت می‌شود، الکترون را باید در کجای اتم در نظر گرفت؟ [۳]



شکل ٤ سطوح سه‌گانه نمایش مفاهیم شیمیایی

● ساده‌انگاری بیش از حد مفاهیم برای آسان‌سازی درک آن‌ها

در شیمی معمولاً با مفاهیمی سروکار داریم که قابل مشاهده نیستند و نمود بیرونی مناسبی برای درک آن‌ها وجود ندارد. توضیح چنین مفاهیمی بسیار دشوار است. برای نمونه، در توصیف پیوند شیمیایی میان دو اتم به‌ناچار از یک خط استفاده می‌کنیم. الکترون‌ها در مدارها و ریزمدارهایی با شماره‌های جادویی ۲، ۸، ۱۸، ۳۲ جای می‌گیرند. ما می‌توانیم این عددها را از نظر کوانتومی توضیح دهیم اما آیا با این کار دانش‌آموز را- که باید در دورهٔ زمانی مشخص در امتحان شرکت کند و نمرهٔ قبولی بگیرد- دچار سردرگمی نمی‌کنیم؟

نمونه‌های گوناگونی از بیان نادرست دیدگاه‌های شیمی در کتاب‌های درسی دورهٔ متوسطه وجود دارد که به‌عنوان راه‌هایی برای ارائه مفاهیم معرفی می‌شوند، در حالی که دانش‌آموز را به‌سوی برداشت‌های اشتباه سوق می‌دهند. وقتی چگونگی چگالی الکترونی با اوربیتال‌هایی که شکل کروی، دمبلی یا شبیه برگ شبدر دارند نشان داده می‌شود، بسیاری از دانش‌آموزان باور می‌کنند که الکترون‌ها به راستی فضاهایی با این شکل‌ها را اشغال می‌کنند. بی‌تردید این نمایش‌های نادرست[6] کج‌فهمی‌هایی را در پی دارند. ما می‌توانیم تشکیل پیوند را به سادگی با یک نمودار نشان دهیم ولی اوربیتال ضد پیوند را چگونه نمایش دهیم؟ آیا واقعاً دانش‌آموز پایهٔ اول دبیرستان نیازی به درک مسائل ریاضی مربوط به نمایش اوربیتال‌ها دارد؟ در اینجا، معمای پیچیده‌ای مطرح می‌شود؛ کدام را باید ترجیح داد: آموزش «دقیق» شیمی به قیمت ایجاد سردرگمی در دانش‌آموز، یا توضیح مفاهیم با ابزار ساده اما اشتباه، برای گذر آنان از سد امتحان؟ [۳]

● شیمی بد[7]

ممکن است معلمان نیز بدفهمی‌هایی از موضوعات علمی داشته باشند که خود از آن آگاه نیستند. وجود یک روش تدریس سازنده- که ایده‌های جدید و بحث‌های آزاد و شفافی را دربرداشته باشد- در تشخیص این نوع کج‌فهمی‌ها سودمند خواهد بود اما این اقدام بسیار دشوار است زیرا در هر منطقه‌ای، یک الگوی عینی‌گرایانه[8] برای آموزش، مناسب‌تر تشخیص داده می‌شود. هنگامی که دانش‌آموز ناگزیر به پذیرش مطالبی در چارچوب برنامه درسی است بی‌آنکه روحیهٔ پرسش‌گری در وی تقویت شود، حتی اگر در امتحان هم موفق شود اما اعتمادبه‌نفس لازم را برای جست‌وجوی اطلاعات ندارد. از این رو، کج‌فهمی‌ها همچنان باقی خواهند ماند. [۳]

● دریافت اشتباه مفاهیم در اثر زبان

به‌دلیل تنوع فرهنگی و زبانی، درک و آگاهی دانش‌آموزان کشورهای مختلف می‌تواند به‌طور معنی‌داری متفاوت باشد. این

تفاوت می‌تواند از تفسیر اشتباه یک متن، یا نحوهٔ ترجمهٔ متن به زبان دیگر ناشی شود. برای نمونه، بسیاری از متون علمی را کشورهای غربی منتشر می‌کنند در حالی که زاویهٔ دید آن‌ها کاملاً متفاوت از نگاه کشورهای آسیایی است که فرهنگ و زبانی متفاوت دارند.

در زبان مالایی یا مالزیایی برای ترجمهٔ «هیدرولیز» از واژه‌ای استفاده می‌شود[9] که معنی معمول آن، «شکافتن آب» است که به‌نظر می‌رسد برای «الکترولیز آب» مناسب‌تر باشد. در زبان فارسی هم همین اشتباه می‌تواند در استفاده از واژهٔ آبکافت روی دهد زیرا می‌توان آن را هم به معنی «شکافتن آب» در نظر گرفت و هم «شکافتن با آب» معنی کرد.

● استدلال عرفی

پژوهشگران دریافته‌اند بسیاری از دریافت‌های فراگیران از یک مفهوم، نتیجهٔ چارچوب‌های استدلالی محدودی است که عموم مردم به‌طور ناخودآگاه از آن‌ها پیروی می‌کنند. می‌دانیم که دانش‌آموزان علاقه‌مندند تفسیر پدیده‌های طبیعی را به‌سرعت دریافت کنند و بدون تأمل آن‌ها را تعمیم دهند. به سخن دیگر، آن‌ها در حل مسائل، با استفاده از استدلال عرفی خبره‌اند!

تفسیر، عموماً بیان ساده‌شده‌ای برای تفهیم بهتر یک مسئله است که از تجربه‌های شخصی مفسّر ریشه می‌گیرد. برای نمونه، وقتی ما شکم درد داریم پیش از هر چیز از خود می‌پرسیم که چه خورده‌ایم. یعنی علتی که برای مشکل جست‌وجو می‌شود از نظر زمان و مکان، نزدیک‌ترین مورد به آن مشکل است. این‌گونه الگوهای استدلالی باعث ساده شدن مسائل پیچیده می‌شوند. به هر حال، **استدلال عرفی**[10] نیز خود عامل بسیاری از کج‌فهمی‌هاست. برای نمونه، دانش‌آموز ممکن است تصور کند آبی که روی یک شیشه نوشیدنی-که تازه از یخچال بیرون آورده شده، نشسته است- از درون آن نشت کرده است.

جدول ۱، هشت الگو یا هشت قاعده را نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در شیمی را پوشش می‌دهد. هر معلم می‌تواند با توجه به آنچه موجب گمراهی دانش‌آموز و تفسیر نادرست پدیده‌های شیمیایی می‌شود، خود را برای تدریس آماده کرده، از بروز کج‌فهمی‌ها جلوگیری کند. البته این فهرست، کامل نیست اما می‌تواند سودمند باشد. پژوهشگری که تنظیم‌کنندهٔ این جدول بوده است، چنین نقل می‌کند: «در درس شیمی مقدماتی در دانشگاه، یکی از دانشجویان مرا با این پرسش به چالش کشید که آیا کاتیون‌ها همیشه باید از اتم‌های خنثی و آنیون‌های آن‌ها بزرگ‌تر باشند، به این دلیل که بار بیشتری دارند. من پس از تعیین الگوی استدلالی که او را به این نتیجه‌گیری رسانده بود، سعی کردم به او بفهمانم که چگونه **استدلال عرفی** موجب این نتیجهٔ اشتباه شده است. او در حال استفاده از الگوهای ۱ و ۲ موجود در جدول ۱ بود و با تشخیص آشکارترین متغیر، یعنی **اتم، بار زیادی دارد**، یک رابطهٔ علت و معلولی ساده را تعیین کرده بود و به این نتیجه رسیده بود که **بار بیشتر، منجر به اندازهٔ بزرگ‌تر می‌شود.**

برای رفع این برداشت نادرست، دربارهٔ مفهوم **بار مثبت بیشتر، بار منفی بیشتر** و ارتباط آن‌ها با تعداد الکترون‌ها بحث کردیم تا این مشکل برطرف شود.»[4]

نتیجه‌گیری

کج‌فهمی موضوعی جدی در آموزش علوم، به‌ویژه شیمی است و در نظام آموزشی همهٔ کشورها به چشم می‌خورد. معلمان باید با بررسی ریشه‌های بروز کج‌فهمی، آمادگی کافی برای جلوگیری از ایجاد آن را داشته باشند و با ارائه تمرین‌های مناسب در قالب فعالیت‌های پس از تدریس، کج‌فهمی‌های احتمالی را برطرف کنند. از سوی دیگر، موضوع آموزش علوم باید به‌طور جدی در دستور کار مراکز تربیت‌معلم و دانشگاه فرهنگیان قرار گیرد تا با آن به‌صورت علمی برخورد شود. با وجود انجام پژوهش‌های بسیار در مورد آموزش علوم، به‌نظر می‌رسد حوزهٔ آموزش و حوزهٔ پژوهش در آموزش دو دنیای متفاوتند، به‌طوری که گویا نتایج پژوهش‌های حوزهٔ آموزش برای پیاده شدن در کلاس درس پیچیده و دشوارند. معلمان مسئولیت دارند راه‌هایی بیابند تا نتایج این پژوهش‌ها را بتوان در کلاس‌های درس پیاده کرد.

* پی‌نوشت‌ها

1. misconception
2. preconcepts
3. school- made misconception
4. slang language
5. sub micro
6. misrepresentation
7. bad chemistry
8. objectivitic paradigm
9. uriair
10. common sense reasoning

* منابع

1. Horton, C., "Student Alternative Conceptions in Chemistry". California Journal of Science Education, 7(2), (2007), 1-78.
2. Barke, H.-D.; Hazari, A.; Yitbarek, S. "Misconceptions in Chemistry: Addressing Perceptions in Chemical Education", Chapter 2: "Students' Misconceptions and How to Overcome Them", Springer, (2009), 21-36.
3. Kay, C.C.; Yiin, H.K., "Misconceptions in the teaching of chemistry in secondary schools in Singapore & Malaysia". Proceedings of the Sunway Academic Conference 2010/1,1-10.
4. Talanquer, V., "Minimizing misconceptions: Tools for identifying patterns of reasoning", The Science Teacher, (2002), 46-49.

جدول ۱

قاعده‌ها- اساس تفسیرهای دانش‌آموزان	مفاهیم جایگزین- نمونه‌ها
همواره یک عامل فعال به‌طور مستقیم در ایجاد تغییرات یک سامانه دخالت دارد. دانش‌آموزان، پدیده‌ها را با رابطهٔ علت و معلول تحلیل می‌کنند. آن‌ها تصور می‌کنند که یک علت معین همواره نتیجهٔ مشابهی در پی دارد. (بیشتر، منجر به بیشتر می‌شود.)	● برای شروع یک واکنش شیمیایی، همیشه گرما لازم است. ● اگر جسمی گرم شود دمای آن همیشه بالا می‌رود. ● هرچه تعداد الکترون‌های یک اتم بیشتر باشد اندازهٔ آن بزرگ‌تر است.
بیشتر خواص یا تغییرات یک سامانه، وابسته به یک متغیر مستقل است. دانش‌آموزان علاقه دارند روی متغیری متمرکز شوند که تغییرات آن از همه آشکارتر است.	● اندازهٔ اتم فقط به تعداد الکترون‌های آن بستگی دارد. ● قطبیت یک مولکول فقط به قطبیت پیوندهای آن وابسته است.
مشاهده راهی به دور از خطا برای تعیین متغیرها و چیزهایی است که در یک سامانه بی‌تغییر می‌مانند. استدلال دانش‌آموزان با چیزهایی مدیریت می‌شود که می‌بینند؛ نه با کمیت و کیفیت‌هایی که قابل مشاهده نیستند.	● جرم مواد، در خلال یک واکنش شیمیایی، ثابت نمی‌ماند. ● ماهیت شیمیایی مواد در جریان تغییر حالت فیزیکی آن‌ها تغییر می‌یابد.
ماده به همان صورتی است که دیده می‌شود. دانش‌آموزان تصور می‌کنند ویژگی مدل‌های میکروسکوپی ماده خیلی به خواص قابل مشاهدهٔ سامانه‌های ماکروسکوپی شبیه است. آن‌ها واقعیت را برای توضیح مدل به‌کار می‌برند و نه عکس آن را.	● ماده کمیتی پیوسته است. ● اتم‌های مس خواص یک توده فلز مس را دارند. ● مولکول‌ها وقتی گرم می‌شوند انبساط می‌یابند. ● وزن مولکول‌های بخار آب کمتر از وزن مولکول‌های یخ است.
دنیای میکروسکوپی ایستاست. دانش‌آموزان وقتی مدل‌های ویژه مواد را برای تفسیر پدیده‌های شیمیایی به‌کار می‌برند، بیشتر به ویژگی‌های ساختاری مانند توزیع اتم‌ها در فضا توجه می‌کنند تا ویژگی‌های دینامیکی همچون سرعت ذره‌ها و برخورد.	● در پیوند شیمیایی، الکترون‌ها در فضا ثابت‌اند. ● اتم‌ها در حالت جامد حرکت نمی‌کنند. ● در تعادل شیمیایی همهٔ تبدیل‌های شیمیایی متوقف می‌شود.
میان مدل و واقعیت، ارتباطی یک به یک وجود دارد. دانش‌آموزان تصور می‌کنند تصویر، مثال و نمادهای استفاده شده در کلاس، برای نمایش مفاهیم انتزاعی کاملاً مطابق عالم واقعی‌اند.	● اتم و الکترون‌های آن مانند یک منظومهٔ خورشیدی کوچک است. ● گرما از ویژگی‌های یک ماده است و مانند سیال رفتار می‌کند. ● پیوندهای شیمیایی، ماهیت فیزیکی سختی دارند که از ماده ساخته شده‌اند.
قوانین و اصول علمی بدون توجه به ویژگی سامانه یا شرایط انجام یک فرایند در آن، برای هر سامانه و فرایند صادق‌اند. دانش‌آموزان شرایطی را که قوانین علمی اعمال می‌شوند تشخیص نمی‌دهند.	● همه ترکیب‌ها از مولکول ساخته شده‌اند. ● آنتروپی یک سامانه همواره افزایش می‌یابد. ● تغییرات شیمیایی همواره برگشت‌ناپذیرند.
تمایز رسمی میان مفاهیم علمی مرتبط مهم نیست. دانش‌آموزان تفسیر خود را با استفاده از مفاهیمی پی‌ریزی می‌کنند که آن‌ها را به‌طور اختیاری از میان مجموعه‌ای از ایده‌های غیرمتمایز برگزیده‌اند. آن‌ها نیازی به تمایز قائل شدن میان مفاهیم نمی‌بینند.	● دما اندازه گرمای یک جسم است. ● ترکیب نوعی مخلوط است. ● نیروهای درون مولکولی نوعی انرژی هستند.