دانشگاه فرهنگیان *Farhangian University*
فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه *Quarterly Journal of Education in Basic Sciences*
دوره دهم، شماره ۳۵، تابستان ۱۴۰۳ *Volume 10, Issue 35, Summer, 2024*

اهمیت قیاس‌زایی در آموزش علوم تجربی

ابراهیم زارعی کیاسری[۱]، امیر عباسی پازانی، امیر محمد کرامتلو[۲]، حلیمه محمدنژاد[۳]

دریافت:۱۴۰۳/۱/۸ پذیرش:۱۴۰۳/۷/۲۸

چکیده

مقاله حاضر درباره اهمیت و کاربرد قیاس در آموزش علوم تجربی به روش کتابخانه‌ای و مروری به بررسی پرداخته است. همچنین تلاش شده است از طریق مراجعه به منابع دست اول، پژوهش‌ها و دیدگاه‌های مختلف در این زمینه معرفی شوند. یافته‌ها نشان داد که قیاس‌ها می‌توانند به معلمان به ویژه در تدریس مفاهیم انتزاعی کمک نمایند و استفاده از آن‌ها می‌تواند بهبود قابل توجهی در فرایند یادگیری فراگیران ایجاد کند. در این تحقیق مشخص گردید که قیاس‌ها را می‌توان به دو دسته ساده و غنی شده تقسیم نمود. هر یک از این انواع، در مورد موضوع خاصی از علوم تجربی در کلاس درس قابل استفاده می‌باشند. همچنین نشان داده شد که بر اساس میزان فعالیت فراگیر و میزان نظارت معلم بر آموخته‌های دانش‌آموزان، مدل‌های مختلفی برای قیاس قابل تصور است. نکته مهم آن است که در اغلب موارد، قیاس و هدف مورد آموزش از نظر ماهیت کاملاً متفاوت هستند، بنابراین، قیاس‌ها علاوه بر مزایا، معایبی نیز دارند و در نتیجه استفاده از قیاس‌ها باید با دقت همراه باشد. همچنین برای کاهش معایب قیاس، گنجاندن توضیحات مقدماتی درباره قیاس با هدف تسهیل نمودن درک مناسب دانش‌آموزان از قیاس موردنظر، پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: قیاس، هدف، آموزش علوم، معلمان، یادگیری، مفاهیم انتزاعی و پیچیده.

[۱] . گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران، نویسنده مسؤول:e.zarei@cfu.ac.ir

[۲] . دانشجوی کارشناسی آموزش علوم تجربی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

[۳] . دبیر آموزش و پرورش شهرستان ساری، ایران.

مقدمه

با توجه به این که بسیاری از مفاهیم علوم تجربی مانند انرژی و نیرو، انتزاعی و غیرشهودی می‌باشند، بنابراین برای این که فراگیران به درک و فهم عمیق‌تری درباره مفاهیم انتزاعی نائل آیند، از روش‌های مختلف آموزشی مانند مدل‌سازی بهره گرفته می‌شود. از جمله این روش‌های تدریس، قیاس‌زایی است. به همین دلیل مهم، در طول دهه گذشته علاقه قابل‌توجهی در میان مربیان علوم در مورد آموزش و یادگیری علم از طریق استفاده از قیاس وجود داشته است. به عنوان مثال، تحقیقات موضوعی کلمنت۱ (۱۹۸۷)، مطالعات گنتنر۲ (۱۹۸۰،۱۹۸۳)، کار گلین و همکارانش۳ (گلین، ۱۹۸۹، گلین و همکاران، ۱۹۸۹) و مدل کلی استفاده از قیاس توسط زیتون۴ (۱۹۸۴) هم یک پایه تجربی و هم پایه نظری برای انجام مطالعات بیشتر فراهم کرده است. بسیاری از مطالعات تجربی اخیر در آموزش علوم، توسط گابل و شروود۵ (۱۹۸۴)، بلک و سولومون۶ (۱۹۸۷)، سوتولا و کراجیک۷ (۱۹۸۸)، رادفورد۸ (۱۹۸۹)، دوپین و جوهسوا۹ (۱۹۸۹) و استاوی ۱۰ (۱۹۹۱) نشان‌دهنده علاقه روزافزون به این حوزه تحقیقاتی در میان مربیان علوم است.

قیاس‌ها و مثال‌ها اهداف مشابهی را در فرایند یادگیری دنبال می‌کنند، زیرا هر دو ممکن است برای آشناکردن افراد با مفاهیم ناآشنا استفاده شوند. نقش قیاس‌ها در فرایند یادگیری از دیدگاه‌های نظری مختلف، موردتجزیه و تحلیل قرار گرفته است (شاپیرو۱۱، ۱۹۸۵؛ وسنیادو و اورتونی۱۲، ۱۹۸۹).

دویت۱۳ (۱۹۹۱) در مروری بر تحقیق راجع به نقش قیاس‌ها و استعاره‌ها در یادگیری علم می‌نویسد که در یک دیدگاه سازنده‌گرایانه از یادگیری، قیاس‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار هستند، چراکه آن‌ها ابزارهای ارزشمندی در یادگیری به شمار می‌آیند. این ابزارها درک انتزاعی از مفاهیم را با اشاره به شباهت‌ها در دنیای واقعی تسهیل می‌کنند. آن‌ها ممکن است علایق دانش‌آموزان را تحریک کنند و کارکرد انگیزشی داشته باشند و معلم را تشویق کنند تا دانش قبلی دانش‌آموزان را در نظر بگیرد و متعاقباً ممکن است مفاهیم جایگزین را در زمینه‌هایی که قبلاً آموزش داده است، آشکار کند. دویت (۱۹۹۸) بیشتر بر نکته‌ای که توسط گلین و همکاران بیان شده‌است تأکید می‌کند که قیاس یک شمشیر دولبه است؛ زیرا ممکن است یادگیر را کاملاً گمراه کند.

الس و همکارانش۱۴ (۲۰۰۲)، راه‌های مختلفی را برای درگیر کردن دانش‌آموز به صورت شناختی و فراشناختی در ایجاد قیاس مطرح نمودند. برخی از نویسندگان مانند زوک۱۵ (۱۹۹۱)، وونگ۱۶ (۱۹۹۳) کازگروو۱۷ (۱۹۹۵) و پیتمن۱۸ (۱۹۹۹) قیاس‌های شخصی ایجاد شده توسط خود دانش‌آموزان را پیشنهاد می‌کنند (قیاس خود ساخته).

1 Clement
2 Gentner
3 Glynn and et al.
4 Zeitoun
5 Gabel and Sherwood
6 Black and Solomon
7 Sutula and Krajcik
8 Radford
9 Dupin and Johsua
10 Stavy
11 Shapiro
12 Vosnidou and Ortony
13 Duit
14 Else, et al.
15 Zook
16 Wong
17 Cosgrove
18 Pitman

مهم است که نقش معلم را به عنوان تنظیم‌کننده درک دانش‌آموزان از قیاس، در نظر بگیریم. تنها ارائه قیاس یا دعوت از دانش‌آموزان برای مشارکت فعال در توضیح یک قیاس برای معلم کافی نیست. همچنین نظارت بر دانش‌آموزان در طول فرایند، ضروری است. برای این منظور، گنجاندن توضیحات مقدماتی درباره قیاس با هدف تسهیل‌کردن درک خوب دانش‌آموزان پیشنهاد می‌شود (کورتیس و ریگلوت۱، ۱۹۸۴؛ تیله وترگاست۲، ۱۹۹۵؛ نیوتن۳، ۱۹۹۵ ؛ ایدینگ۴، ۱۹۹۷). معمولا برای معلمان مهم است که چگونه دانش‌آموزان قیاس را تفسیر می‌کنند (دویت ، ۱۹۹۱؛ داگر۵، ۱۹۹۵؛ نیوتن، ۱۹۹۵؛ ایدینگ، ۱۹۹۷). و به جای اینکه فرض کنند دانش‌آموزان همیشه فرایند را هدایت می‌کنند ، قیاس را به روش دلخواه انتخاب کنند (میسون۶ ،۱۹۹۴؛ داگر، ۱۹۹۵؛ نیوتن، ۱۹۹۵؛ اولیوا و همکاران، ۲۰۰۱).

توصیف زمینه‌ای که در آن یک قیاس در کلاس درس ایجاد می‌شود، مستلزم دانستن این است که قیاس موردبحث چقدر آشکار است. برای این می‌توان از نحوه ارائه قیاس صبحت کرد ؛ قیاس فی‌نفسه ،تشبیه یا استعاره (داگر ،۱۹۹۵).

جنبه‌های مختلفی وجود دارد که باید برای توصیف مناسب قیاس‌ها در کلاس درس علوم، مورد توجه قرارگیرد؛ سطح فعالیت دانش‌آموزان و میزان نظارت بر آموخته‌ها، دو نمونه از این جنبه‌ها هستند. این دو جنبه به نظر ما آن‌هایی هستند که به بهترین وجه نقش دانش‌آموز و معلم را در فرایند یاددهی –یادگیری از دیدگاه سازنده‌گرایی توصیف می‌کنند (پوپ و گیلبرت۷، ۱۹۸۳؛ درایور و بل۸، ۱۹۸۶؛ نواک۹، ۱۹۸۷).

اغلب، قیاس‌ها به عنوان مصنوعاتی در نظر گرفته می‌شود که معلم آن‌ها را اختراع می‌کند و به دانش‌آموز منتقل می‌کند، با این‌حال، باتوجه به پیش‌فرض‌های سازنده‌گرایانه که توسط درایور و بل (۱۹۸۶) ارائه شده‌است، باید زمان ویژه‌ای را به این مصنوعات اختصاص داده و جهت اطمینان از درک دانش‌آموزان از قیاس به‌کارگرفته‌شده اقدامات لازم انجام شود (کلمنت، ۱۹۹۳). بنابراین ما ترجیح می‌دهیم قیاس را به عنوان چیزی که از طریق مجموعه‌ای از فعالیت‌ها ایجاد می‌شود، تصور کنیم (اولیوا، ۲۰۰۵).

بدیهی است که نمی‌توان همه قیاس‌ها را از نظر آموزشی مفید دانست. از این نظر، ساخت قیاس‌ها از سوی دانش‌آموزان فرایند مستقل نیست، بلکه باید با بازخورد مداوم معلم و مواد آموزشی همراه باشد. معلم ارزیابی می‌کند که آیا دانش‌آموزان قیاس را به معنای واقعی می‌فهمند یا برعکس، آن را اشتباه می‌فهمند. این برای معلم کافی نیست که صرفا یک قیاس را ارائه کند، یا فقط دانش‌آموزان را دعوت کند تا در ساخت آن، مشارکت فعال داشته باشند (اولیوا، ۲۰۰۵).

به عنوان ابزار توضیحی، قیاس‌ها به‌ویژه در گفتار روزمره و در کلاس درس علوم رایج هستند، زیرا آن‌ها می‌توانند برای مقایسه یک شی با شی دیگر یا موقعیتی با موقعیت دیگر و همچنین انتقال اطلاعات و روابط میان آن دو مورد استفاده قرارگیرند(گنتنر، ۱۹۸۳؛ کورتیس و ریگلوت، ۱۹۸۴؛ دویت، ۱۹۹۱).

قیاس‌ها نیز می‌توانند ابزار کشف باشند؛ یوهانس کپلر مفاهیم حرکت سیاره‌ای را از عملکرد یک ساعت توسعه داد (برونوسکی۱۰، ۱۹۷۳) و هویگنز از حرکت موج آب برای درک پدیده‌های نور استفاده کرد (دویت، ۱۹۹۱).

گرچه قیاس‌ها در ارتباطات انسانی رایج هستند، تحقیقات قابل توجهی وجود دارد که نشان می‌دهد آن‌طور که انتظار می‌رود در کلاس درس مؤثر نیستند. (شامپیرو و همکاران۱۱، ۱۹۸۵). اثر بخشی آموزش از طریق قیاس را می توان با آموزش دانش‌آموزان

1 Curtis and Reigeluth
2 Thiele and Treagust
3 Newton and Newton
4 Iding
5 Dagher
6 Mason
7 Pope, and Gilbert
8 Driver and Bell
9 Novak
10 Bronowski
11 Shapiro

در استدلال قیاس‌ها بهبود بخشید (گنتنر، ۱۹۸۰؛ کلاوئر۱، ۱۹۸۹؛ فریدل و همکاران۲، ۱۹۹۰). تحقیقات نشان‌داده‌است که وقتی یک معلم شایسته به طور سیستماتیک قیاس‌ها را ارائه می‌کند، درک حاصل از دانش‌آموزان با انتظارات معلمان سازگار است (هاریسون و ترگست۳، ۱۹۹۳).

در بررسی نقشی که قیاس‌ها در درک مفهومی علم ایفا می‌کنند، عمداً دیدگاهی سازنده‌گرایانه از فرایند یادگیری اتخاذ می‌شود و این دیدگاه بیان می‌کند که یادگیرندگان دانش خود را با استفاده از دانش موجود خود می‌سازند و در نتیجه می‌توانند جهان را به شیوه‌هایی منسجم و مفید ببینند (توپین۴، ۱۹۹۰؛ فون گلاسرسفلد۵، ۱۹۹۲) .

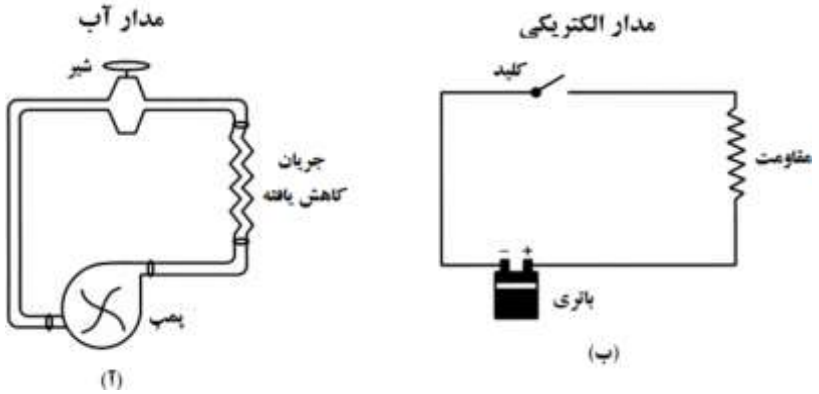
قیاس‌ها و استعاره‌ها در ایجاد تغییر مفهومی یادگیرندگان، سهم بسزایی را به خود اختصاص می‌دهند (استرایک و پوسنر۶، ۱۹۸۵). اگرچه تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که قیاس‌ها می‌توانند نقش مهمی در درک دانش‌آموزان از مفاهیم انتزاعی و پیچیده علمی ایفا کنند، دویت (۱۹۹۱) هشدار می‌دهد که یادگیری با قیاس‌ها می‌تواند مشکلاتی در یادگیری ایجاد کند.

قیاس‌ها را می‌توان زیرمجموعه‌ای از مدل‌ها درنظرگرفت؛ زیرا شامل مقایسه بین دو چیز است که از برخی جهات مشابه هستند. آن‌ها اغلب توسط دانشمندان برای توضیح مفاهیم علمی انتزاعی و همچنین زمانی که در حال توسعه پیچیدگی مدل‌های ذهنی خود هستند، استفاده می شوند. آلت۷ (۱۹۹۸) خاطر نشان می‌کند که معلمان نمونه در هنگام بیان ایده‌های انتزاعی پیچیده، این استراتژی استفاده از قیاس را با دانشمندان به اشتراک می‌گذارند.

ادبیات، شواهدی را ارائه می‌دهد که میزان تعامل بین یادگیرنده و ارائه‌کننده‌ی قیاس (چه از طریق تفسیر یا توضیح در متن) موجب اثربخشی یادگیری می‌شود (داگر، ۱۹۹۵). استفاده از قیاس در آموزش علوم گسترده است (تیله و ترگاست۸، ۱۹۹۴) و زمانی که دانش‌آموزان در تلاش برای درک مفاهیم هستند، به طور خودبه‌خود ایجاد می‌شود (داگر، ۱۹۹۵).

اهمیت قیاس

امروزه یکی از مشکلاتی که در آموزش علوم با آن مواجه هستیم این است که دانش‌آموزان نمی‌توانند با دانش جدید ارتباط برقرار کنند .یکی از راه‌های مقابله با این مشکل، ایجاد یک پل بین دانش قبلی و دانش جدید است که این پل می‌تواند از طریق قیاس‌ها فراهم شود. به عنوان مثال، برای درک بهتر دانش‌آموزان از چگونگی عبور جریان در یک مدار الکتریکی به عنوان یک مفهوم انتزاعی، می‌توان مدار الکتریکی را با یک مدار آب مقایسه نمود (شکل ۱).



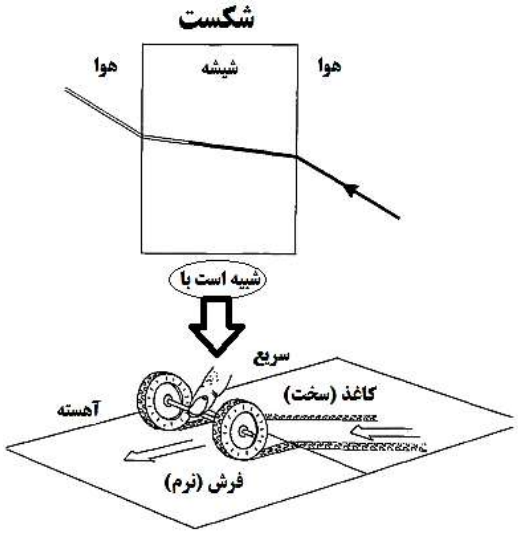
شکل ۱. مقایسه یک مدار آب (آ) و یک مدار الکتریکی (ب).

1 Klauer
2 Friedel, Gabel and Samuel
3 Harrison and Treagust
4 Tobin
5 Von Glasersfeld
6 Strike and Posner
7 Ault
8 Thiele and Treagust

به عنوان مثال دیگر، برای درک عمیق‌تر دانش‌آموزان از مفهوم کوانتومی بودن انرژی در لایه‌های مختلف الکترونی، می‌توان بیان کرد که برای رسیدن به بالای یک بلندی دو راه وجود دارد (حذرخانی حسن و همکاران، ۱۴۰۲) (شکل ۲). نکته مهم در این قیاس، بالابردن درک دانش‌آموزان از کوانتومی بودن دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایه دیگر است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند.

شکل ۲. مقایسه مصرف انرژی به صورت (آ) کوانتومی و (ب) پیوسته.

مثال دیگر در کاربرد قیاس در آموزش علوم تجربی، براساس مطالعه هریسون و ترگست (۱۹۹۳) به منظور افزایش درک فراگیران در مورد پدیده شکست نور می‌باشد. این پژوهشگران شکست یا انکسار نور هنگام عبور از هوا به شیشه را مانند حرکت یک جفت چرخ شبیه دانسته‌اند که هنگام غلتش مورب از کاغذ روی فرش، سرعت آن کاهش می‌یابد (شکل ۳).



شکل ۳. شکست یا انکسار نور هنگام عبور از هوا به شیشه مانند یک حرکت جفت چرخ است که هنگام غلتش مورب از کاغذ روی فرش، سرعت خود را کاهش می‌دهد.

مطالعات نشان داده است که استفاده از قیاس مزایایی دارد که به شرح زیر است :

انگیزه دانش‌آموزان را از طریق برانگیختن علاقه افزایش می‌دهد.

به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا دانش خود را بسازند.

قیاس‌ها تجسم مفاهیم انتزاعی را فراهم می‌کنند.

قیاس‌ها کمک می‌کنند تا شباهت و تفاوت‌های مفاهیم مقایسه شوند.

در بسیاری از کشورها نظیر ترکیه، کتاب درسی منبع اصلی یادگیری است که خود کتاب درسی منبعی از قیاس می‌باشد. بیش از ۹۰ درصد معلمان از کتاب درسی برای ارائه آموزش استفاده می‌کنند. در نتیجه تجزیه و تحلیل کتاب درسی مهم است؛ زیرا شامل قیاس‌هایی است که توسط معلمان و دانش‌آموزان استفاده می‌شود.

وودراف ومایر ۱ (۱۹۹۷) معتقدند که دانش‌آموزان دانش خود را به دو طریق می‌سازند: یک طریق، ایجاد گروه‌های کوچک چهار نفره، پنج نفره و... است و از آن‌جا که چند گروه در کلاس تشکیل شده‌است چند ایده متفاوت نیز ایجاد خواهدشد. طریق دوم به گونه‌ای است که کل کلاس درس در قالب یک گروه، بیشتر دنبال ایجاد چالش هستند. در این طریق ایده‌های دانش‌آموزان به چالش کشیده می‌شوند تا توضیحات بیشتر و واضح‌تر از نتیجه کار گروه‌ها کسب نماید.

این رویکرد را در برخی کلاس‌های درس کانادا با استفاده از موضوعاتی مانند سایه‌ها، تصاویر، شناور و غرق شدن اجرا کردند. مطالعه آن‌ها شواهدی کیفی ارائه می‌دهد. این مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از قیاس‌ها به طور مؤثر توانایی دانش‌آموزان را برای درک مشترک و منسجم از این پدیده‌ها ارتقا می‌دهد. تحقیقات تیلور۲ (۲۰۰۰) مبتنی بر نیوزلند با مدل‌های منظومه شمسی، از الگوی متناوب بحث گروه‌های کوچک و کل کلاس در برخی از مراحل پیروی کرد.

ساخت دانش علمی از کارگروهی توسط هوگان۳ در سال ۱۹۹۹ تجزیه و تحلیل شد. او سطوح پردازش شناختی را که در بین ۵ گروه از دانش‌آموزان کلاس هشتم آمریکایی که به صورت سه‌گانه کار می‌کردند تجزیه و تحلیل کرد، زیرا آن‌ها به طور مشترک دانش علمی را در طول یک واحد تحقیقاتی سه ماهه بر روی ساخت مدل‌های مفهومی ماده ایجاد کردند. بحث‌های معنادار دانش‌آموزان در طول واحد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هوگان دریافت که دو گروه تمایل به پردازش اطلاعات به طور سطحی دارند، درحالی که سه گروه دیگر تمایل به پردازش عمیق‌تر دارند.

آیا کار گروهی می‌تواند یادگیری مبتنی بر مدل را افزایش دهد؟

تحقیقات کلاس درس نشان می‌دهد که آموزش‌ها شامل بحث کل کلاس و یا گروه کوچک می‌تواند یادگیری مفهومی، یادگیری فراشناختی، یادگیری ماهیت علم و یا نگرش مثبت دانش‌آموزان را در کلاس درس علوم ترویج کنند. به عنوان مثال:

۱) آموزشی که دانش‌آموزان را تشویق می‌کند تا مهارت‌های بحث و گفتگوی خود را از طریق استدلال توسعه دهند، تمرکز طیف وسیعی از پروژه‌های تحقیقاتی اخیر بوده‌است.

۲) دانش‌آموزان ممکن است از طریق استدلال ، به انواع مختلفی از نتایج دست یابند، بسته به طراحی کار و میزان درگیری آن‌ها با آن.

۳) ماهیت نتایج یادگیری علوم زمانی حاصل می‌شود که دانش‌آموزان تشخیص دهند که نظریه‌های علم به طور مشابه در برابر شواهدی که به طور سیستماتیک از دنیای طبیعی جمع‌آوری شده‌است، موردآزمایش قرار می‌گیرند.

مشاهداتی در طی چهار هفته در اوت و سپتامبر ۱۹۸۸ جمع‌آوری شد که در آن تعدادی محقق در کلاس درس علوم حاضر شدند و یادداشت‌هایی را که در طول هر درس اتفاق افتاد را ثبت کردند. در مجموع ۴۰ درس به مدت ۵۰ دقیقه مشاهده شد و یادداشت‌های میدانی به طور دقیق ثبت شد. در پایان این دوره هر معلم در مورد دیدگاه خود در مورد استفاده از قیاس در تدریس و همچنین دیدگاه خود در مورد یادگیری دانش‌آموزان به طور کلی مصاحبه شد.

برخی از سؤالات مصاحبه به شرح زیر است:

۱) به نظر شما قیاس در آموزش و یادگیری علم چقدر مفید است؟ ۲) اگر استفاده از قیاس در آموزش را با سایر روش‌های آموزشی مقایسه کنید ، مزایا و معایب قیاس چیست؟ ۳) آیا در تدریس از قیاس استفاده می‌کنید؟ ۴) اگر بخواهید برای یادگیری دانش‌آموزان قیاسی را ارائه دهید کدام را ارائه می‌دهید؟ هدف از این مصاحبه به دست آوردن درک عمیق‌تر از قیاس‌های مورداستفاده معلمان برای کمک به دانش‌آموزان در درک مفاهیم پیچیده و نیز دیدگاه‌های آن‌ها در مورد نحوه یادگیری دانش‌آموزان بود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در طول مدت مطالعه انجام شد. تیم تحقیقاتی هر هفته برای بحث در مورد جنبه‌های اساسی و رویه‌ای، تشکیل جلسه می‌دادند. هدف کلی جلسات ایجاد تفسیر کاملی از داده‌هایی بود که جمع‌آوری شده بود. هرگونه نمونه متضاد و

1 Woodruff and Meyer

2 Taylor

3 Hogan

متناقض، شناسایی و بررسی شد.اعتبار و پایایی داده‌ها در حضور بسیاری از محققین با استفاده از داده‌های حمایتی از منابع متعدد (بیشتر یادداشت‌های میدانی از درس‌ها و بحث‌ها با معلمان) به دقت مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که اطلاعات چارچوب-بندی، اصلاح و پشتیبانی شدند، آن‌ها با مشاهدات دیگر به شکل کلی‌تر و فرا گیرتر طبقه‌بندی شدند.

یافته‌های گزارش‌شده توسط معلمان به شرح زیر است:

با استفاده از تجزیه و تحلیل قیاس ها که توسط کرتیس و ریگلوت (۱۹۸۴) توضیح داده شد، سه قیاس از شش قیاس مشاهده شده در آموزش علوم از نوع قیاس ساده بودند که به صورت محدود استفاده شدند؛ سه قیاس دیگر از نوع غنی شده بودند. علاوه بر این ، چندین معلم از فعالیت‌ها استفاده کردند یا مثال‌هایی ارائه کردند که در آنها قیاس به طور کامل استفاده نشده بود.

قیاس ساده که به آن قیاس مستقیم نیز می‌گویند، برای آسان نمودن یک مفهوم انتزاعی یا پیچیده از یک مفهوم ساده کاربرد دارد؛ مثلا برای آسان نمودن مفهوم پیچیده دنا، از مدل قفل و کلید که یک مفهوم آسان‌تر در زندگی است استفاده می‌شود. نوع دیگری از قیاس‌ها، قیاس غنی شده است که معلمان در زمان استفاده از آن‌ها نه‌تنها به دقت رابطه‌ی بین قیاس و هدف را نشان می‌دهند، بلکه با محدودیت‌های قیاس نیز برخورد می‌کنند و سوءتفاهم‌های رایجی که احتمالاً در هر قیاس رخ می‌دهد را توضیح می‌دهند. در این نوع از قیاس‌ها برخلاف نوع ساده، قیاس و هدف هر دو می‌توانند یک مفهوم پیچیده باشند؛ به طور مثال در جدول۱ مشاهده می‌شود که هدف قیاس، میدان الکتریکی است اما خود قیاس هم یک مفهوم پیچیده بوده، به طوری که با استفاده از مفهوم میدان گرانشی ویژگی‌های میدان الکتریکی بررسی شده و بالعکس.

طبق داده‌های جمع‌آوری شده توسط کرتیس و ریگلوت (۱۹۸۴) قیاس‌های استفاده شده توسط معلمان به شرح زیر است:

۱) سه قیاس از نوع مقایسه ساده بود. سه مورد از شش موردی که معلمان در این مطالعه از قیاس استفاده کردند از نوع مقایسه ساده بود. در کلاس زیست‌شناسی دوازدهم، معلم مشغول بحث بود، جهش‌ها و شناسایی نحوه رخ دادن این جهش‌ها در ژن‌های کروموزوم‌ها. او توضیح داد که یک ژن نشان‌دهنده کوچکترین بخش دنا است که می‌تواند برای تولید یک پروتئین کد کند. بنابراین یک کروموزوم در واقع مجموعه‌ای از صدها ژن است. در پاسخ به یک سوال دانش‌آموز، معلم پاسخ داد که دنا مانند یک مدل قفل و کلید است و در ادامه توضیح داد که چگونه جهش ژنی، تغییر در بخش کوچکی از دنا است که پروتئین خاص را کد می‌کند . هیچ بحث یا استفاده دیگری از قیاس وجود نداشت که به نظر می‌رسد پتانسیل کمک به دانش‌آموزان را در درک این مفهوم داشته باشد.

یک قیاس با پتانسیل آموزشی قابل توجه در دو درس در مورد ژنتیک توسط معلم دیگری از کلاس ۱۱ زیست‌شناسی استفاده شد. او از یک مدل مهره پاپ به عنوان قیاس برای کروموزوم‌ها استفاده کرد تا تشکیل گامت را در نتایج یک صلیب تک‌هیبریدی که روی تخته‌سیاه نوشته شده بود نشان دهد.

۲) سه قیاس از نوع غنی‌شده بودند. به طور مثال، معلمی از قیاس غنی‌شده به این صورت بهره گرفت که از سه نوع میدان مختلف یعنی میدان الکتریکی، مغناطیسی و گرانشی تشبیهاتی را ترسیم کرد. در این شباهت‌ها، به شباهت‌های میدان‌های الکتریکی و گرانشی بسیار توجه شد. یک ارتباط جالبی که بین میدان‌ها مشاهده شد این بود که معلم نقش‌های قیاس و هدف را چندین بار تغییر داد، یعنی از میدان الکتریکی برای بررسی ویژگی‌های میدان گرانشی استفاده کرد و بالعکس. در طول این بحث، پیشنهاداتی از دانش‌آموزان درخواست شد و معلم برخی از محدودیت‌های خطوط میدان را این گونه بیان کرد که خطوط میدان چیزهای واقعی نیستند، بین خطوط میدان نیز، میدانی وجود دارد.

جدول۱. مثال‌هایی از انواع قیاس‌های مورد استفاده در تدریس علوم تجربی به همراه هدف مورد تدریس.

نوع قیاس	قیاس	هدف	درس علوم
مقایسه ساده	مدل قفل و کلید	عملکرد دنا	زیست شناسی
مقایسه ساده	مدل مهره	ژن در کروموزوم	زیست شناسی
مقایسه ساده	پاپ نمایش مرمرها	رفتار مولکول‌های گاز	شیمی
مقایسه غنی شده	پرتاب تاس	واپاشی مواد رادیواکتیو	فیزیک
مقایسه غنی شده	جریان آب در لوله‌ها	جریان الکتریسته	فیزیک

مقایسه غنی شده	میدان گرانشی	میدان الکتریکی	فیزیک

اگرچه مزایا و معایب قیاس در تدریس توسط همه معلمان تشخیص داده شده بود، اما آن‌ها در درک خود از قیاس‌ها متفاوت بودند. پنج معلم از هفت معلم مورد مصاحبه براین عقیده بودند که اغلب از قیاس استفاده می‌کردند. با این حال مصاحبه‌ها نشان می‌دهد که بیشتر معلمان از مثال‌ها یا قیاس‌ها در تدریس خود استفاده می‌کنند و همیشه بین قیاس‌ها ومثال‌ها تفاوتی قائل نمی‌شوند. البته این عدم تمایز تعجب‌آور نیست؛ زیرا برای معلمان علوم هیچ زمانی جهت آموزش رسمی در مورد استفاده از قیاس‌ها اختصاص داده نشده است.

برخی از پاسخ‌های محققان در مورد قیاس:

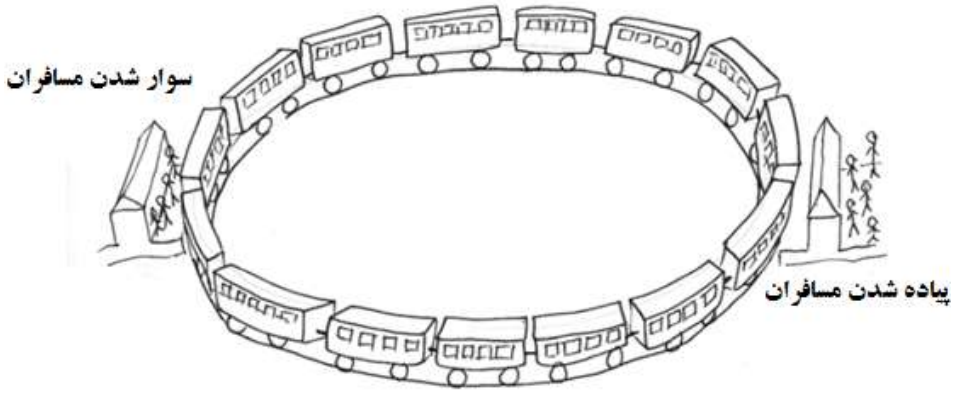
۱) قیاس‌ها موقعیت‌های موازی هستند، در حالی که نمونه‌ها (مثال‌ها) خود، موقعیت هستند.

۲) یک قیاس باید براساس تجربه دانش‌آموز باشد. نمونه ممکن است چیزی نباشد که آن‌ها تجربه کرده باشند، ولی یک قیاس باید به تجربه آن‌ها مربوط شود.

بر اساس مصاحبه‌ها، معلمان از بسیاری از مزایا و معایب قیاس‌ها آگاه بودند، اگرچه این موارد توسط معلمان جداگانه توضیح داده می‌شد. یکی از معلمان اظهار داشت که یک نقطه ضعف قیاس این است که نتوانی محدودیت‌های یک قیاس را نشان بدهی. برای مثال، آرایش مارپیچی در مولکول دنا از قیاس استفاده شده، مشخص نیست. وی در ادامه معایب دیگر را توضیح داد: وقتی معلمان مفهوم اشتباهی را معرفی می‌کنند، گاهی اوقات این می‌تواند باعث ایجاد تصورات نادرست شود، برای مثال مهره‌ها نشان‌دهنده ژن نیستند. معلم دیگر، ضرورت احتیاط در معرفی قیاس‌ها را توضیح داد، زیرا قیاس می‌تواند شخص را گیج کند.

براساس درک خود از قیاس‌ها، معلمان می‌دانستند که قیاس‌ها ممکن است دانش‌آموزان را گمراه کند، زیرا ویژگی‌های قیاس و هدف هرگز به طور دقیق مطابقت ندارند. جنبه دیگری از گمراهی که توسط یکی از معلمان ذکر شد، به این نکته اشاره دارد که قیاس و هدف اغلب از نظر ماهیت کاملاً متفاوت هستند. به عنوان مثال، امواج آب و امواج نور از نظر ماهیت بسیار متفاوت هستند. مثالی در این مورد را می‌توان معلم کلاس نهم به نام سالی را ذکر کرد که در حال بررسی مدارهای الکتریکی بود. در مدت کوتاهی، سالی متوجه شد که دانش‌آموزانش فکر می‌کنند که جریان در مدار سری موجود در چراغ قوه مصرف می‌شود. این نتیجه گیری معقول است؛ زیرا با تمام شدن باتری‌ها نور کم می شود. برای توضیح بقای جریان در مدار، او قیاس قطار پیوسته را ارائه کرد (دوپین و جوهسوآ[1]، ۱۹۸۹) (شکل ۴). قطار (نماینده جریان) به وضوح حفظ می‌شود در حالی که مسافران (نماینده انرژی) از ایستگاه ۱ (انرژی در باتری) به ایستگاه ۲ (انرژی تبدیل به گرما و نور) حرکت می‌کنند. سالی حین استفاده از این قیاس متوجه شد که نسخه قیاسی او به دانش‌آموزان می‌آموزد که با بارگیری قطار و پیاده‌شدن مسافران، سرعت جریان تغییر می‌کند (و به طور متناوب متوقف می‌شود) در نتیجه او تا حدودی از این قیاس صرف نظر کرد. علی‌رغم تمرین دقیق قیاس با استفاده از نمودارها و یک قطار مدل، سالی متوجه شد که قیاسی که برای معلمان دیگر به خوبی کار می‌کرد، در کلاس او از بین رفت. سالی یک معلم ادراکی بود و متوجه شد که اگر قیاس قطار پیوسته را حفظ کند، یک مفهوم جایگزین به وجود می‌آید. او متوقف شد، قیاس را لغو کرد، و به شاگردانش توضیح داد که این قیاس چه مشکلی دارد و به توضیح کلاسیک تفاوت بین جریان و انرژی بازگشت.

1 Dupin and Johsua



شکل ۴. قیاس قطار پیوسته نشان می‌دهد که جریان در مدار سری مصرف نمی‌شود (هاریسون و ترگست[1]، ۲۰۰۶).

استفاده از قیاس به عنوان منبع در کلاس درس علوم

چند مدل قیاس آموزشی وجود دارد (شکل ۵). این مدل‌ها به شرح زیر می‌باشند:

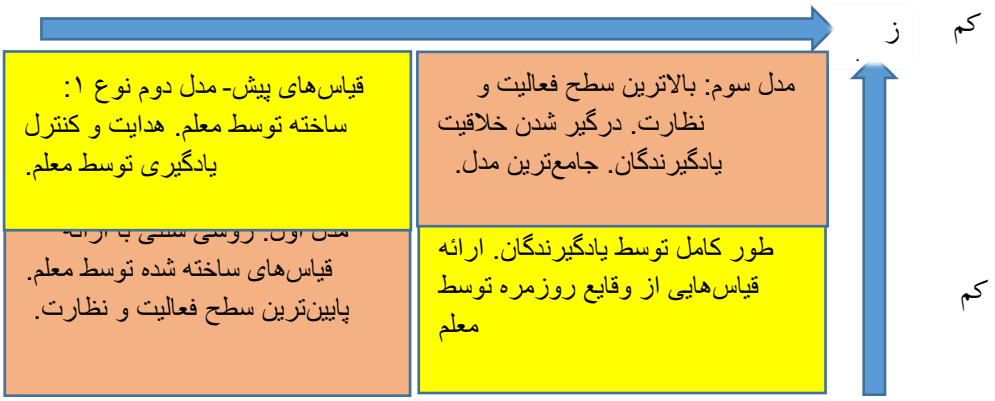
مدل اول، با سطوح پایین فعالیت و نظارت تعریف می‌شود. این مدل یک دیدگاه سنتی از آموزش است و فقط شامل تشبیهاتی است که توسط معلم یا کتاب درسی توضیح داده شده است. قیاس توسط معلم یا مواد آموزشی ساخته می‌شود و انتقال اطلاعات به دانش‌آموزان از طریق راهبردهای کلامی و یا بصری اتفاق می‌افتد. یادگیری از طریق قیاس‌ها یک فرایند خودکار در نظر گرفته می‌شود که در آن تنها یک تفسیر برای مقایسه وجود دارد و معانی بدون هرگونه ابهام از معلم به دانش‌آموز انتقال می‌یابند. در این مدل خلاقیت دانش آموزان محک زده نمیشود.

مدل دوم، یک مدل آموزشی انتقالی است. در این مدل یک نگرانی برای معلم وجود دارد و آن هم معنایی است که دانش‌آموز از قیاس ارائه شده در ذهن خود ایجاد می‌کند؛ زیرا یک قیاس با توجه به نحوه تفسیر آن ممکن است معنای متفاوتی داشته باشد. در این مدل معلم با هدایت و رهبری دانش‌آموزان کمک می‌کند تا فهم درستی از قیاس ارائه شده شکل بگیرد.

نوع دومی از مدل دوم هم وجود دارد. در این مدل مسئولیت ساخت قیاس‌ها کاملا بر عهده دانش‌آموز است و معلم با استفاده از اتفاقات روزمره در محیط زندگی و محیط کلاسی و... تشبیهاتی را در کلاس ارائه میکند. یادگیرندگان نیز تشبیهات خود را آزادانه اختراع می‌کند؛ در واقع در این مدل دانش‌آموزان به کشف مستقل قیاس‌ها می‌پردازند.

مدل سوم، دارای سطوح بالایی از فعالیت و نظارت است. این مدل یک سازه شخصی است که توسط خود یادگیرندگان ساخته می‌شود. در این مدل خلاقیت دانش‌آموزان محک زده می‌شود و به آنها اجازه داده شده تا درک خود را از قیاس بیان کنند. معلم در این مدل نظارت بالایی در کلاس داشته و سعی دارد با استفاده از تعامل و گفت‌وگو مشکلاتی که دانش‌آموزان در درک قیاس‌ها داشته‌اند را رفع کرده تا کلاس درس را به هدف قیاس برساند. مدل سوم مطلوب‌ترین، کامل‌ترین و بی‌نقص‌ترین مدل آموزشی از طریق قیاس است. لازم به ذکر است که یک معلم می‌تواند بسته به شرایط کلاس و موضوعات درسی گوناگون از مدل‌های مختلف قیاس استفاده کند.

1 Harrison and Treagust



شکل ۵. انواع مدل‌های قیاس مورد استفاده در کلاس درس. فلش افقی بیانگر فعالیت دانش آموزی و فلش عمودی بیانگر نظارت بر آموخته‌ها است.

بحث و نتیجه‌گیری

مجموعه قابل‌توجهی از تحقیقات مربوط به نقش مدل‌های ذهنی، مدل‌های فیزیکی، استعاره‌ها و قیاس‌ها در آموزش علوم نشان می‌دهد آموزش‌هایی که شامل انوع مختلف مدل‌سازی می‌شوند، زمانی موثرتر هستند که دانش‌آموزان بتوانند خود را ساخته و نیز بتوانند خود و دانشمندان را نقد کنند. اثربخشی این آموزش‌ها از نظر یادگیری مفهومی و درک ماهیت نتایج یادگیری علوم سنجیده شده است.

تحقیقات همچنین نشان می‌دهد که کارگروهی و بحث با همتایان می‌تواند مؤلفه‌های حیاتی تدریس موفق برای تقویت مهارت‌های تفکر شناختی و فراشناختی دانش‌آموزان باشد. در مطالعاتی که در اینجا بررسی شد، توسعه تعامل اجتماعی از طریق کار گروهی و بحث، نه تنها به‌خودی‌خود به عنوان یک هدف تلقی می شد؛ بلکه وسیله‌ای برای ارتقای رشد مفهومی عمیق دانش‌آموزان در علم بود.

تحقیقات بیشتر ممکن است شواهدی را ارائه دهد که استفاده فراشناختی از مدل‌ها و قیاس‌ها می‌تواند انتخاب مناسبی از آموزش برای ادغام توسعه مفاهیم علم و درعین حال توسعه درک دانش‌آموزان از ماهیت علم باشد.

نتایج یکی از مطالعات انجام شده که با نمونه کوچکی از هفت نفر از کارکنان یک دبیرستان به مدت چهار هفته متوالی بدست آمد، داده‌های ارزشمندی هرچند آزمایشی را برای محققان علاقمند به استفاده معلمان علوم از قیاس‌ها به عنوان بخشی از تمرین منظم کلاس خود فراهم می‌کند. در این مطالعه مشاهده شد که از شش قیاس مورد استفاده، سه قیاس از نوع ساده و سه قیاس از نوع غنی‌شده بودند که شباهت‌های ساختاری بین هدف و قیاس شناسایی شد و محدودیت‌های قیاس مورد بحث قرار گرفت. به نظر می‌رسد که قیاس‌ها می‌توانند ابزار قدرتمندی برای کمک به زبان‌آموزان برای درک مفاهیم پیچیده و اغلب انتزاعی یا غیر قابل مشاهده مانند کروموزوم‌ها باشند.

بدیهی است که در سه مورد استفاده از قیاس، معلمان علی‌رغم بیان درک کلی از این محدودیت‌ها در مصاحبه‌ها، از قیاس به نحو مطلوب استفاده نکرده یا محدودیت‌های استفاده از آن را توصیف نکرده‌اند. استفاده مؤثر از قیاس‌ها در تدریس علوم معمولا باید بر اساس یک مجموعه آموزشی آماده از قیاس‌ها، با استفاده از محتوای خاص در زمینه‌های خاص، بنا شود. معلمان باید چنین دیدگاهی نسبت به یادگیرندگان داشته باشند که آن‌ها دانش خود را می‌سازند و اینگونه نباشد که دانش‌آموزان به صورت منفعل، فقط دریافت‌کننده اطلاعات معلم خود باشند.

هدف از یک نمونه تحقیق، بررسی چگونگی استفاده معلمان علوم از قیاس‌ها به عنوان بخشی از تدریس خود برای کمک به دانش‌آموزان در یادگیری مفاهیم بود. تحقیقی که با هفت معلم علوم در یک مدرسه انجام شد که نتیجه آن ارائه اطلاعات محدود اما مهم به روش قیاس توسط معلمان علوم به عنوان بخشی از تدریس آن‌ها در کلاس درس بود.

قیاس‌ها به عنوان منبعی در کلاس درس علوم در نظر گرفته می‌شوند؛ به طوری که ما فعالیت دانش‌آموزان و سطح نظارت معلم را هنگام استفاده از قیاس‌ها بررسی کردیم. در نهایت چهار مدل را تعریف کردیم و مشخص شد که اکثر معلمان از مدل‌های

سنتی برای استفاده از قیاس‌ها بهره می‌برند. بخش کوچکی از معلمان در استفاده از قیاس‌ها به یک مدل اجتماعی نزدیک بودند؛ در حالی که هیچ معلمی مدلی را که در آن قیاس به عنوان فرایند ساخت مستقل توسط دانش‌آموزان تصور می‌شود، مطابقت ندادند. شواهد نشان‌دهنده استفاده از قیاس‌هایی است که با مدل مداخله مطلوب یعنی همان مدل آخری، فاصله زیادی دارند.

منابع

حذرخانی، حسن؛ عابدین، علیرضا؛ کامیابی، شریف؛ ارشدی، نعمتالله؛ جلیلی، سیفالله؛ بدریان، عابد (و همکاران). (۱۴۰۲). شیمی پایه دهم دوره دوم متوسطه. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. تهران.

Ault, C. R. (1998). Criteria of excellence for geological inquiry: The necessity of ambiguity. Journal of Research in Science Teaching, 35, 189-212.

Black, D. & Solomon, J. (1987). Can pupils use taught analogies for electric current?. School Science Review, 68, 249-254.

Bronowski, J. (1973). The Ascent of Man. (London: BBC).

Clement, J. (1987). Overcoming students' misconceptions in physics: the role of anchoring intuitions and analogical validity. In J. D. Novak (Eds.), Proceedings of the second international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics (pp. 84-97). Cornell University, Ithaca.

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring limitations to deal with students' preconceptions in physics. Journal of Research in Science Teaching, 30, 1241-1257.

Cosgrove, M. (1995). A case study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. International Journal of Science Education, 17, 295-310.

Curtis, R. V. & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. Instructional Science, 13, 99-117.

Dagher, Z. R. (1995a). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. Science Education, 79, 295-312.

Dagher, Z. R. (1995b). Analysis of analogies used by science teachers. Journal of Research in Science Teaching, 32, 259-270.

Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. School Science Review, 67, 443-456.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. Science Education, 75, 649-672.

Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science- from behaviourism towards social constructivism and beyond. In K. Tobin, & B. Fraser (Eds.), International handbook of science education (pp. 3-25). Dordrecht, Kluwer.

Dupin, J. J. & Johsua, S. (1989). Analogies and 'modeling analogies' in teaching. Some examples in basic electricity. Science Education, 73, 207-224.

Else, M. J., Ramirez M. A., & Clementand, J. (2002). When are analogies the right tool? A look at strategic use of analogies in teaching cellular respiration. In P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. Dibiase, & B. A. Crawford (Eds.), Proceedings of the 2002 annual international conference of the association for the education of teachers in science, Charlotte, NC.

Friedel, A., Gabel, D., & Samuel, J. (1990). Using analogies for chemistry problem solving. School Science and Mathematics, 90, 674-682.

Gabel, D., & Sherwood, R. D. (1984). Analysing difficulties with mole concept tasks by using familiar analog tasks. Journal of Research in Science Teaching, 21, 843-851.

Gentner, D. (1980). The Structure of analogical models in science. Cambridge, MA, Bolt.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. Cognitive Science, 7, 155-179.

Glynn, S. M. (1989). The teacher-with-analogies (TWA) model: Explaining concepts in expository text. In K. D. Muth (Eds.), Children's comprehension of narrative and expository text: Research into practice. Newark, DE, IRA.

Glynn, S. M. Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M., & Muthand, K. D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), A Handbook of creativity: Assessment, theory, and research. New York, Plenum.

Harrison, A. G.. & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: a case study in grade 10 optics. Journal of Research in Science Teaching, 30, 1291-1307.

Harrison A. G., & Treagust D.F. (2006). Teaching and learning with analogies. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), Metaphor and analogy in science education (pp. 11-24). Netherlands, Springer.

Hogan, K. (1999a). Thinking aloud together: a test of an intervention to foster students' ollaborative scientific reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 36, 1085-1109.

Hogan, K. (1999b). Assessing depth of socio-cognitive processing in peer groups' science discussions. Research in Science Education, 29, 457-477.

Iding, M. (1997). How analogies foster learning from science texts. Instructional Science, 25, 233-253.

Klauer, K. J. (1989). Teaching for analogical transfer as a means of improving problem solving. Instructional Science, 18, 179-192.

Mason, L. (1994). Cognitive and metacognitive aspects in conceptual change by analogy. Instructional Science, 22, 157-187.

Newton, D., & Newton, L. (1995). Using analogy to help young children understand. Educational Studies, 21, 379-393.

Novak, J. D. (1987). Human constructivism: Toward a unity of psychological and epistemological meaning making. Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics Education, Ithaca, NY.

Pitman, K. M. (1999). Student-generated analogies: another way of knowing?. Journal of Research in Science Teaching, 36, 1-22.

Pope, M., & Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. Science Education, 67, 193-203.

Radford, D. L. (1989). Promoting learning through the use of analogies in high school biology textbooks. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco.

Shapiro, M. A. (1985). Analogies, visualization and mental processing of science stories. Paper presented to the Information Systems Division of the International Communication Association, Honolulu, HI.

Strike, K. A. & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), Cognitive structure and conceptual change (pp. 211-231). Orlando, FL: Academic Press.

Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. Journal of Research in Science Teaching, 28, 305-313.

Sutula, V. D. & Krajcik, J. S. (1988). The effective use of analogies for solving mole problems in high school chemistry. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA .

Taylor, I. J. (2000). Promoting mental model-building in astronomy education. Unpublished Ph.D. thesis, University of Waikato, Hamilton.

Thiele, R. B. & Treagust, D. F. (1994). An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. Journal of Research in Science Teaching, 31,227-242.

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. International Journal of Science Education, 17, 783-795.

Tobin, K. (1990). Social constructivist perspectives on the reform of science education. Australian Science Teachers Journal, 36, 29-35.

Treagust D. F., & Chittleborough G. (2001). Chemistry: A matter of understanding representations. In J. Brophy (Eds.), Subject-specific instructional methods and activities. Elsevier Science Ltd., Amsterdam, Netherlands.

Von Glasersfeld, E. (1992) A constructivist's view of learning and teaching. In R. Duit, F. Goldberg and H. Neidderer (eds), Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies, Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremen, March, 1991 (Kiel: IPN), 29-39.

Wong, E. D. (1993a). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. Journal of Research in Science Teaching, 30, 367-380.

Wong, E. D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. Journal of Research in Science Teaching, 30, 1259-1271.

Woodruff, E. & Meyer, K. (1997). Explanations from intra- and inter-group discourse: students building knowledge in the science classroom. Research in Science Education, 27, 25-39.

Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: a proposed model. Research in Science and Technological Education, 2, 107-205.

Zook, K.B. (1991). Effect of analogical processes on learning and misrepresentation. Educational Pscychology Review, 3, 41-72.