

اثربخشی تدریس مبتنی بر الگوی چرخه یادگیری هفت مرحله‌ای بر بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان پسر

علی عبدی*

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تدریس مبتنی بر الگوی چرخه یادگیری هفت مرحله‌ای در درس علوم تجربی بر بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان پسر پایه اول دوره اول متوسطه است. روش پژوهش از نوع شبه آزمایش و از طرح دوگروهی نامعادل با پیش‌آزمون - پس‌آزمون است. ۵۲ دانش‌آموز پسر در دو کلاس پایه مذکور در شهر کرمانشاه در این پژوهش مشارکت داشتند که با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی انتخاب شدند و از این تعداد ۲۵ نفر در گروه آزمایش و ۲۷ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. گروه آزمایش با مدل چرخه یادگیری (الگوی هفت مرحله‌ای) و گروه کنترل به روش تدریس سنتی (معمول) آموزش دیدند. مدت این دوره ۸ هفته بود. ابزار گردآوری داده‌ها در این پژوهش پرسش‌نامه مهارت‌های تفکر نقادانه کالیفرنیا (فرم ب) بود. برای تحلیل داده‌های آماری از تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که دانش‌آموزانی که با مدل چرخه یادگیری آموزش دیده بودند در مقایسه با دانش‌آموزان آموزش دیده با روش تدریس سنتی مهارت تفکر نقادانه بالاتری داشتند. هم‌چنین، تحلیل هر یک از مؤلفه‌های تفکر نقادانه در دو گروه نتایج نشان داد که در مؤلفه‌های تحلیل، تفسیر، ارزش‌یابی و استنباط بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد، اما در مؤلفه استنتاج تفاوت معناداری بین دو گروه به دست نیامد.

کلیدواژه‌ها: روش تدریس، مدل چرخه یادگیری هفت مرحله‌ای، روش سنتی، مهارت تفکر نقادانه.

* استادیار گروه تربیتی، دانشگاه پیام نور ali_abdi2004@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۵

۱. مقدمه

بسیاری از مربیان فکر می‌کنند که برآورده کردن استانداردهای تحصیلی مستلزم سرعت و پوشش همه مطالب درسی است، اما توجه بیش از حد به این مسئله سبب می‌شود که زمان کافی برای توجه و پرورش مهارت‌های تفکر باقی نماند. این در حالی است که هدف غایی تربیت بایستی پرورش انسان‌های صاحب اندیشه و دارای «ذهن کاوش‌گر» باشد (Ennis et al., 2000 به نقل از شعبانی، ۱۳۸۲: ۱۱) که فراتر از اکتساب منابعی از اطلاعات یا یادگیری مجموعه‌ای از مهارت‌های گسسته است. از طرف دیگر، اقتصاد جهانی، سیاست، تعاملات و مسائل اجتماعی، هم‌گام با فناوری‌های در حال پیش‌رفت، مستلزم داشتن شهروندانی است که آگاهی‌شان فراتر از دانش و مهارت‌های سطحی باشد. هم‌چنین، فشار وارد بر مدارس برای کمک به دانش‌آموزان برای تفکر و عملکرد در سطوح عالی در هیچ عصری به این اندازه نبوده است (اریکسون، ۱۳۹۳: ۲۷). در این زمینه، ریچارد (Ritchart, 2002) خاطرنشان می‌کند که تدریس در مدارس با مشکلات اساسی روبه‌رو است و ما باید بر پرورش «مهرب‌های تفکر» (intellectual dispositions) که «منش تفکر» (intellectual character) عالی را پرورش می‌دهند تأکید کنیم. وی منش تفکر را الگوهایی از رفتار، تفکر و تعامل می‌داند که در طی زمان شکل می‌گیرند و ظهور می‌کنند و ایده‌های مهرب‌های تفکر را در دسته‌های تفکر خلاق (creative thinking) (ذهن باز، کنج‌کاو)، تفکر نقادانه (critical thinking) (جست‌وجوی حقیقت و فهم، درایت، شکاکیت) و تفکر تأملی (reflective thinking) قرار می‌دهد (اریکسون، ۱۳۹۳: ۴۸). پژوهش‌های انجام‌شده در سطح جهان بیان‌گر آن است که فراگیران در کسب مهارت تفکر نقادانه در سطح مدارس و دانشگاه‌ها با مشکلات و کاستی‌های فراوانی مواجه‌اند. از دیدگاه نوریس (Norris, 1983) توانایی تفکر نقادانه در میان دانش‌آموزان فراگیر نیست و آن‌ها در آزمون‌هایی که توانایی تشخیص پیش‌فرض‌ها، ارزش‌یابی مباحث، استدلال‌ها و استنباط را ارزیابی می‌کنند نمره خوبی کسب نمی‌کنند (به نقل از بدری گرگری و فتحی آذر، ۱۳۸۶: ۲۷-۴۳). انیس (Ennis, 1985) به نقل از ملکی و حبیبی‌پور، ۱۳۸۶: ۲) تفکر نقادانه را تفکر مستدل و تیزبینانه درباره این‌که چه چیزی را باور کنیم و چه اعمالی را انجام دهیم تعریف می‌کند. لائوسون (Lawson, 1993: 170-178) اظهار می‌کند که مهارت‌های تفکر نقادانه در نتیجه رویارویی با موقعیت‌هایی به دست می‌آید که دانش‌آموزان در آن‌ها با پاسخ دست به گریبان‌اند و درباره این پاسخ‌ها و روش‌های به دست آوردن آن فکر می‌کنند. بایلین و دیگران (Bailin et al., 1999: 269-283) این‌گونه استدلال می‌کنند که، برای تبدیل شدن به

یک متفکر نقاد، فرد باید آن چیزی که استدلال کیفی را به وجود می‌آورد بشناسد و بفهمد. این مطلب شامل دانش سابقه‌ای مرتبط به زمینه مورد پرسش و دانش اصول و استانداردهای استدلال و پژوهش، هم در حوزه‌های عمومی و هم در حوزه‌های تخصصی، است. به‌تازگی، بایلین (Bailin et al., 2002: 361-375) ماهیت زمینه‌ای تفکر نقادانه را این‌گونه توضیح داده است که تفکر نقادانه در پاسخ به یک وظیفه خاص، پرسش، موقعیت مشکل‌آفرین یا چالش‌برانگیز رخ می‌دهد و شامل حل مسئله، ارزیابی نظریه‌ها، انجام دادن پژوهش‌ها، تفسیر و تعبیر کارها و مشارکت در وظایف خلاقانه است و چنین چالش‌هایی همیشه در یک زمینه خاص ایجاد می‌شوند. بر اساس پژوهش اونو (Unu, 1990: 842)، دانش‌آموزان مهارت‌های تفکر نقادانه را با استفاده از چندین مرحله روش علمی مانند مشاهده، مطرح کردن پرسش‌های مناسب، فرضیه‌پردازی، پیش‌بینی، طرح‌ریزی و پژوهش برای حل مسئله، نتیجه‌گیری، استنتاج و تعمیم نتایج، ارزیابی، مرتبط ساختن علت و معلول، توضیح دادن و به کار بردن دانش و معلومات در موقعیت‌های جدید ایجاد می‌کنند و توسعه می‌دهند. در نتیجه، هر راه‌برد آموزشی که هدف آن بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان باشد باید محیطی را به وجود آورد که دانش‌آموزان بتوانند در آن این فعالیت‌ها را انجام دهند.

از جمله راه‌بردهای تدریسی که دربرگیرنده این مجموعه فعالیت‌هاست الگوی چرخه یادگیری است. هدف اصلی مدل چرخه یادگیری فراهم کردن فرصت‌هایی است تا دانش‌آموزان نظام باورهایشان را بررسی کنند که نتیجه استدلال، پیش‌بینی و آزمون فرضیه‌هاست و ممکن است به خودنظم‌دهی و ساختن دانش منجر شود (Odom and Kelly, 2001: 620). کارپلوس (Karplus, 1977: 170) اظهار می‌کند که چرخه یادگیری نوعی راه‌برد آموزشی پژوهش‌محور مؤثر در کمک به دانش‌آموزان برای رشد شناختی آن‌هاست. مدل چرخه یادگیری به گونه‌ای است که ابتدا دانش‌آموزان از طریق فعالیتی ساده یا بحث درباره آن برانگیخته می‌شوند تا فعالانه به یادگیری بپردازند؛ سپس، به منظور کسب تجربه، معلم آن‌ها را به گونه‌ای هدایت می‌کند که با شرکت در فعالیت‌های گروهی به جست‌وجو و کاوش بپردازند. او دانش‌آموزان را در مسیر تفسیر یافته‌ها و تبیین دستاوردهای خود به سوی هدایت می‌کند که بتوانند، با افزایش درک و فهم خویش، آموخته‌های جدید را در شرایط جدید به کار گیرند و فعالیت‌های یادگیری را ارزش‌یابی کنند (رضوی، ۱۳۸۶: ۱۴۶).

انواع زیادی از مدل چرخه یادگیری در برنامه‌های درسی علوم با مراحل منظم شامل سه مرحله‌ای، پنج‌مرحله‌ای و هفت‌مرحله‌ای به کار برده شده‌اند. الگوی چرخه یادگیری

هفت‌مرحله‌ای جدیدترین و کامل‌ترین الگوی چرخه یادگیری است. مراحل این الگو شامل استنباط کردن (elicit)، درگیر کردن (engagement)، کاوش کردن (engagement)، توضیح دادن (explain)، بسط دادن (Elaborate)، تعمیم (extend) و ارزش‌یابی (evaluate) است (Eisenkraft, 2003: 56-59). مرحله استنباط کردن بر وادار کردن یادگیرنده‌ها به بازیابی و اصلاح تجربیات موجود، که با دانش جدید مرتبط است، متمرکز می‌شود. در مرحله درگیر کردن معلم ممکن است یک سناریوی مرتبط یا یک تجربه ساده را برای جلب توجه شاگردان و طرح سؤال‌هایی در ذهن آن‌ها به کار برد و دانش قبلی‌شان را درباره موضوع درس ارزیابی کند. هدف این مرحله به هیجان درآوردن دانش‌آموزان و علاقه‌مند کردن آن‌ها به هر روش ممکن به موضوع درس است. در خلال مرحله کاوش دانش‌آموزان تشویق می‌شوند تا با مواد و موضوعات کلنجار بروند و چگونگی کار اشیا را کشف کنند. این مرحله فرصتی را برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند تا مشاهده کنند، داده‌ها را ثبت کنند، متغیرها را تشخیص دهند، آزمایش‌ها را طراحی و برنامه‌ریزی کنند، نتایج را تفسیر کنند، فرضیه‌ها را ارائه دهند و یافته‌هایشان را سازمان‌دهی کنند. معلمان می‌توانند پرسش‌ها را سازمان‌دهی کنند، روش را پیشنهاد دهند، بازخورد ارائه دهند و دانسته‌ها را ارزیابی کنند. طی مرحله توضیح دادن، دانش‌آموزان با الگوها، قوانین و نظریه‌ها آشنا می‌شوند. معلم دانش‌آموزان را به سمت تعمیم‌های منسجم و سازگار هدایت می‌کند و به دانش‌آموزان بهره‌مند از واژگان علمی متمایز کمک می‌کند و پرسش‌هایی را ارائه می‌کند تا از این دایره واژگان برای توضیح دادن نتایج کاوش‌هایشان استفاده کنند. مرحله بسط برای دانش‌آموزان فرصتی فراهم می‌کند تا دانششان را در محدوده‌های جدیدی به کار گیرند و می‌تواند شامل مطرح کردن پرسش‌های جدید و فرضیه‌هایی برای بررسی باشد. مرحله بسط و تفصیل مستقیماً به ساختار روانی‌ای مرتبط می‌شود که انتقال یادگیری نامیده می‌شود. مدارس با این انتظار مرتبط و حمایت می‌شوند که کاربردهای کلی‌تر دانش در خارج از مدرسه و فراتر از سال‌های تحصیل یافت خواهند شد. انتقال یادگیری را می‌توان در محدوده‌ای از انتقال یک مفهوم به مفهومی دیگر (برای مثال قانون جاذبه نیوتن و قانون الکترواستاتیک کلمب)، یک سال به سال دیگر (برای مثال ارقام مهم، نمودارها، مفاهیم ریاضی موجود در علوم)، و فعالیت‌های درسی تا غیردرسی (برای مثال استفاده از یک نمودار برای محاسبه این مطلب که آیا پیوستن به یک کلوپ ویدئویی مقرون به صرفه است یا پرداختن هزینه بیشتر برای اجاره کردن فیلم) تبیین کرد. مرحله گسترش یا تعمیم با هدف اهمیت به کار گرفتن انتقال یادگیری برای دانش‌آموزان به مرحله تفصیل افزوده شده است. معلمان باید اطمینان حاصل

کنند که دانش در زمینه جدید به کار گرفته می‌شود و به شرحی ساده محدود نمی‌شود (ibid: 56-59). مرحله ارزیابی شامل راهبردهایی است که به استمرار ارزیابی پایانی و تکوینی یادگیری دانش‌آموزان کمک می‌کنند. اگر معلمان چرخه یادگیری و آزمایش‌هایی را که دانش‌آموزان در کلاس درس انجام می‌دهند به خوبی طراحی و اجرا کنند، آن وقت باید قادر به گنجاندن جنبه‌ای از این آزمایش‌ها در ابزارهای ارزش‌یابی باشند. آن‌ها باید پرسش‌هایی از بررسی‌های آزمایش‌گاهی انجام‌شده به دست دانش‌آموزان را در طرح‌هایشان بگنجانند. به منظور ارزیابی، باید از دانش‌آموزان خواسته شود تا داده‌های حاصل از یک کار آزمایش‌گاهی را، مشابه آزمایشی که انجام داده‌اند، تفسیر کنند. هم‌چنین، باید از دانش‌آموزان خواسته شود تا آزمایش‌ها را به مثابه بخشی از ارزیابی‌شان طراحی کنند (Colburn and Clough, 1977: 30-33).

به طور کلی، مدل چرخه یادگیری جزء روش‌های فعالی است که بر تولید، کنترل و تعمیم دانش تأکید می‌کند. این مدل، با تأکید فزاینده بر اهمیت استنباط از فهم و ادراک قبلی دانش‌آموزان و گسترش و انتقال مفاهیم، زمینه رشد و موفقیت آن‌ها را از جمله در تفکر فراهم می‌کند (Eisenkraft, 2003: 56-59). اگرچه پژوهش‌های زیادی در زمینه اثربخشی مدل چرخه یادگیری در افزایش پیش‌رفت تحصیلی، نگرش و انگیزش به یادگیری دانش‌آموزان انجام شده (Akar, 2005; Kor, 2006; Cardak et al., 2008; Kaynar and Cakiroglu, 2009)، پژوهش‌ها در زمینه تأثیر روش چرخه یادگیری بر بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان بسیار محدود است. این در حالی است که پژوهش‌هایی در زمینه راهبردهای یادگیری دیگر که تا حدودی به الگوی چرخه یادگیری شبیه‌اند بر مهارت تفکر نقادانه انجام شده است. کاظم‌پور (۲۰۱۳) در پژوهشی با هدف بررسی تأثیر تدریس مبتنی بر رویکرد اکتشافی در علوم بر مهارت تفکر نقادانه دانش‌آموزان پایه پنجم ابتدایی به این نتیجه دست یافت که روش تدریس اکتشاف‌محور بر رشد تفکر نقادانه دانش‌آموزان مؤثر است. آرن - ریندهال (Ahern-Rindell, 1999: 203-207) پژوهشی با عنوان «تأثیر راهبردهای یادگیری پژوهش‌محور و هم‌کاری گروهی بر ارتقای تفکر نقادانه در درس ژنتیک مولکولی» انجام داده و به این نتیجه رسیده است که دانش‌آموزان تمرین‌های آزمایش‌گاهی مسئله‌محور را تمرین‌های چالش‌برانگیز اما انرژی‌بخش توصیف می‌کنند و این روش بر کسب مهارت‌های تفکر نقادانه و حل مسئله مؤثر است. تسوی (Tsui, 1999: 20) تلاش کرد تا دوره‌های درسی و آموزشی‌ای را شناسایی کند که بر افزایش تفکر نقادانه تأثیرگذارند و استنتاج‌هایی را درباره چگونگی مرتبط شدن آموزش

تأثیرگذار با دوره‌های درسی مؤثر ارائه کند. وی دریافت که مقدار زمانی که دانش‌آموزان به مطالعه و انجام دادن تکالیف منزل اختصاص می‌دهند تأثیر مثبتی بر رشد تفکر نقادانه دارد. وی هم‌چنین نشان داد که رشد تفکر نقادانه با دادن ارائه‌های کلاسی ارتباط مثبتی دارد و تجربه «یادگیری فعالی» است که معمولاً دانش‌آموزان را ملزم می‌کند تا از مجموعه‌ای از مهارت‌های ذهنی استفاده کنند و با انجام دادن آزمون‌های چندگزینه‌ای که منفعل‌ترند ارتباطی منفی دارد و غالباً توانایی به یاد آوردن را در بر می‌گیرد. بررسی وی هم‌چنین آشکار می‌کند که دوره‌های درسی علوم، به طور چشم‌گیری، با رشد تفکر نقادانه دانش‌آموزان ارتباط دارد (cited Mecit, 2006). بدری گرگری و فتحی آذر (۱۳۸۶) اثربخشی روش یادگیری مبتنی بر حل مسئله گروهی را بر گرایش به تفکر نقادانه بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که آموزش به روش یادگیری مبتنی بر حل مسئله گروهی در گرایش به تفکر نقادانه مؤثرتر از شیوه سنتی است. مگنوسن و دیگران (Magnussen et al., 2000) اثر روش آموزش مبتنی بر پژوهش و کارابنیک و کولینز (Karabenick and Collins, 1996) و گارساید (Garside, 1996) اثر شیوه آموزشی مبتنی بر مشارکت گروهی را بر توانایی تفکر نقادانه بررسی کردند و نشان دادند که مهارت تفکر نقادانه ارتقا می‌یابد (به نقل از بدری گرگری و فتحی آذر، ۱۳۸۶: ۲۷-۴۳).

از جمله پژوهش‌هایی که در آن از الگوی چرخه یادگیری به منظور رشد تفکر نقادانه دانش‌آموزان استفاده شده می‌توان به پژوهش مسیت (Mecit, 2006) اشاره کرد. وی دریافت که الگوی چرخه یادگیری هفت‌مرحله‌ای بیش‌تر از روش سنتی سبب بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان می‌شود. دوکرو و تکایا (Dogru and Tekkaya, 2008) اثربخشی الگوی چرخه یادگیری و روش سنتی را بر موفقیت و توانایی تفکر منطقی دانش‌آموزان پایه هشتم در درس ژنتیک بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که تفاوت آماری چشم‌گیری میان گروه‌های آزمایش و کنترل وجود دارد. التراونه (Al-Tarawneh, 2011: 2288-2314) در پژوهشی با عنوان «تأثیر الگوی چرخه یادگیری تجدید نظر شده بر رشد مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان دختر پایه دهم» به این نتیجه دست یافت که روش چرخه یادگیری در بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان مؤثرتر از روش سنتی است.

مسئله مهم در همه این بررسی‌ها آن است که توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه موضوعی مهم و حیاتی در مدرسه و به‌ویژه در آموزش علوم است. بنابراین، در این پژوهش تلاش می‌شود تا اثربخشی مدل چرخه یادگیری هفت‌مرحله‌ای بر بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه و هر یک از مؤلفه‌های آن در دانش‌آموزان پایه اول دوره اول متوسطه در درس علوم بررسی شود.

۲. فرضیه‌های پژوهش

آموزش مبتنی بر الگوی چرخه یادگیری در درس علوم تجربی در بهبود مهارت تفکر نقادانه دانش‌آموزان مؤثر است.

آموزش مبتنی بر الگوی چرخه یادگیری در درس علوم تجربی در بهبود هر یک از مؤلفه‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان مؤثر است.

۳. روش پژوهش

با توجه به این‌که هدف از انجام دادن پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تدریس مبتنی بر مدل چرخه یادگیری هفت‌مرحله‌ای در درس علوم تجربی بر مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان پایه اول دوره اول متوسطه است، پژوهش حاضر از لحاظ هدف جزء پژوهش‌های کاربردی و از لحاظ اجرا از نوع شبه آزمایشی است. طرح پژوهشی حاضر طرح دوگروهی ناهم‌سان با پیش‌آزمون - پس‌آزمون است.

جامعه آماری پژوهش شامل همه دانش‌آموزان پسر پایه اول دوره اول متوسطه اول مدارس عادی آموزش و پرورش شهر کرمانشاه در سال تحصیلی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ بود. برای انتخاب نمونه از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی استفاده شد. به این ترتیب که از میان مدارس پسرانه یک مدرسه به صورت تصادفی انتخاب و از بین کلاس‌های سال اول این مدرسه نیز دو کلاس به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس به طور تصادفی یکی از کلاس‌ها برای اجرای عمل آزمایشی و کلاس دیگر گروه کنترل در نظر گرفته شد. از آنجا که تعداد دانش‌آموزان کلاس گروه آزمایش ۲۵ نفر و تعداد دانش‌آموزان در کلاس گروه کنترل ۲۷ نفر بود، در مجموع ۵۲ دانش‌آموز در این پژوهش مشارکت داشتند.

به منظور تعیین میزان تأثیر تدریس درس علوم تجربی بر اساس مدل چرخه یادگیری و روش تدریس سنتی بر مهارت تفکر نقادانه دانش‌آموزان، پس از مشخص شدن گروه‌ها و قبل از اعمال مداخله، در جلسه اول، آزمون تفکر نقادانه برای پیش‌آزمون استفاده شد. پس از مرحله پیش‌آزمون، متغیر مستقل اعمال شد. متغیر مستقل عبارت بود از تدریس درس علوم تجربی بر اساس مدل چرخه یادگیری هفت‌مرحله‌ای به وسیله معلمی که در زمینه تدریس بر اساس مدل چرخه یادگیری آموزش لازم را دریافت کرده بود.

الگوی چرخه یادگیری هفت‌مرحله‌ای شامل ۷ مرحله است که عبارت‌اند از:

۱. استخراج کردن، ۲. درگیر کردن، ۳. کاوش کردن، ۴. توضیح، ۵. بسط دادن، ۶. تعمیم

دادن، و ۷. ارزش‌یابی. معلم در هر جلسه، بر اساس طرح درس و فعالیت‌های یادگیری که بر مبنای این مدل برای درس علوم تنظیم شده بود، تدریس می‌کرد (۸ هفته). در کلاس گروه کنترل، واحد درسی مربوط به درس علوم بر اساس روش آموزش سنتی (سخنرانی) تدریس می‌شد. این آموزش شامل سخنرانی معلم درباره موضوعی خاص برای همه کلاس بود و، پس از سخنرانی، دانش‌آموزان تکالیف مربوط به کتاب را که به موضوع مرتبط بودند تکمیل می‌کردند. پس از پایان دوره آموزش که یک دوره ۸ هفته‌ای (هر هفته ۲ جلسه، در مجموع ۱۶ جلسه با کسر ۲ جلسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون) بود به اجرای پس‌آزمون (آزمون تفکر نقادانه) پرداخته و پس از گردآوری و تحلیل داده‌ها، در نهایت، فرضیه‌های پژوهش آزمون شدند.

ابزار گردآوری داده‌ها در این پژوهش پرسش‌نامه مهارت‌های تفکر نقادانه کالیفرنیا (فرم ب) بود. فاشیون و فاشیون (Facione and Facione, 1990)، به منظور سنجش تفکر نقادانه آزمون مهارت‌های تفکر نقادانه کالیفرنیا را در دو فرم موازی الف و ب تهیه کردند. فرم ب این آزمون شامل ۳۴ سؤال چندگزینه‌ای است که برای ارزش‌یابی مؤلفه‌های پنج‌گانه مهارت تفکر نقادانه یعنی تحلیل، تفسیر، ارزش‌یابی، استنباط و استنتاج طراحی شده است. محدوده سؤال‌ها دربرگیرنده مواردی است که تحلیل معنایی از یک جمله تا تلفیق پیچیده‌تر مهارت‌های تفکر نقادانه را اندازه‌گیری می‌کند. پاسخ‌گویی به برخی موارد این پرسش‌نامه مستلزم استخراج و استنباط صحیح از یک‌سری پیش‌فرض‌ها و پاسخ‌گویی به برخی موارد دیگر مستلزم ارزیابی و توجیه مستدل یک نتیجه‌گیری است. پاسخ‌گویی به دسته دیگری از سؤال‌ها مستلزم اعتراض به استنتاج‌های ارائه‌شده و توجیه و ارزش‌یابی این اعتراض‌هاست. در طراحی این آزمون یک زمینه عمومی دانش فرض شده است که به‌سادگی در نتیجه بلوغ طبیعی و در مدارس ابتدایی و دبیرستانی دست‌یافتنی است. هیچ دانش‌محتوایی در سطح دانشگاهی که برای رشته‌ها اختصاصی باشد برای پاسخ‌گویی به این سؤال‌ها مورد نیاز نیست. فاشیون و فاشیون پایایی این آزمون را، که با استفاده از فرمول کورد ریچاردسون ۲۰ ارزیابی شده است، ۰/۷۸ تا ۰/۸۰ گزارش کرده‌اند. خلیلی و سلیمانی روایی و پایایی این آزمون را در ایران بررسی کرده‌اند. ضریب پایایی آزمون با استفاده از فرمول کورد ریچاردسون ۲۰ معادل ۰/۶۲ محاسبه شد (به نقل از عسکری و سیف، ۱۳۸۶: ۱-۲۸). در این پژوهش نیز به منظور بررسی پایایی آزمون از روش آلفای کرونباخ استفاده شد و عدد ۰/۷۲ به دست آمد.

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از شاخص‌های آمار توصیفی (فراوانی، میانگین، انحراف معیار) و به منظور پاسخ‌گویی به فرضیه پژوهش از آزمون تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) استفاده شد.

۴. یافته‌ها

۱.۴ یافته‌های توصیفی

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد پیش‌آزمون و پس‌آزمون مهارت تفکر نقادانه و مؤلفه‌های آن در دو گروه آموزش مبتنی بر چرخه یادگیری و روش تدریس سنتی

متغیر	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
		SD	M	SD	M
مهارت تفکر نقادانه	آموزش مبتنی بر چرخه یادگیری	۳/۲۵۳	۲۳/۲۰	۲/۶۵	۲۷/۲۸
	روش تدریس سنتی	۲/۲۸	۲۵/۸۵	۲/۱۵	۲۶/۰۷
تحلیل	آموزش مبتنی بر چرخه یادگیری	۰/۹۷۱۲۵	۶/۸۸	۱/۰۹۲۴۰	۷/۸۸
	روش تدریس سنتی	۱/۰۵۱۳۹	۷/۴۸	۰/۸۱۸۲۴	۷/۸۵
تفسیر	آموزش مبتنی بر چرخه یادگیری	۰/۹۷۱۲۵	۴/۱۲	۰/۸۱۰۲	۴/۸۸
	روش تدریس سنتی	۰/۸۹۱۵۶	۴/۵۵	۰/۹۷۴۰۲	۴/۵۵
مؤلفه‌های مهارت تفکر	آموزش مبتنی بر چرخه یادگیری	۰/۹۶۹۵۴	۴/۲۴	۰/۷۰۲۳۸	۵/۰۸
	روش تدریس سنتی	۰/۹۶۶۶۸	۴/۶۲	۰/۹۳۵۲۲	۴/۴۸
نقادانه	آموزش مبتنی بر چرخه یادگیری	۱/۱۳۵۷۸	۳/۹۶	۱/۰۹۲۴۰	۴/۸۸
	روش تدریس سنتی	۱/۱۱۳۴۷	۴/۴۸	۰/۹۱۲۰۹	۴/۷۰
استنباط	آموزش مبتنی بر چرخه یادگیری	۱/۱۹۰۲۴	۴/۰۰	۰/۹۱۶۵۲	۴/۵۶
	روش تدریس سنتی	۱/۰۶۷۵۲	۴/۷۰	۰/۹۳۵۲۲	۴/۴۸

همان‌طور که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد میانگین گروه آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون مهارت تفکر نقادانه، به ترتیب، ۲۳/۲۰ و ۲۵/۸۵ و انحراف معیار ۳/۲۵ و ۲/۲۸ بوده است. اما میانگین مهارت تفکر نقادانه دو گروه آزمایش و کنترل در پس‌آزمون، به ترتیب، ۲۷/۲۸ و ۲۶/۰۷ و انحراف معیار ۲/۶۵ و ۲/۱۵ بوده است. همچنین، میانگین و انحراف معیار هریک از مؤلفه‌های مهارت تفکر نقادانه در گروه آزمایش و کنترل نشان داده شده است.

۲.۴ یافته‌های استنباطی

فرضیه ۱: آموزش مبتنی بر الگوی چرخه یادگیری در درس علوم تجربی در بهبود مهارت تفکر نقادانه دانش‌آموزان مؤثر است.

برای تحلیل آماری داده‌های مربوط به این فرضیه پژوهش از روش تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) استفاده شد. البته، در استفاده از این روش، رعایت شرط هم‌گنی شیب‌های رگرسیون و فرض هم‌سانی واریانس لازم است که نتایج آن در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۲. نتایج تحلیل کواریانس یک‌راهه برای بررسی هم‌گنی شیب‌های رگرسیون در پس‌آزمون مهارت تفکر نقادانه در دو گروه آزمایش و کنترل

منبع	SS	df	MS	F	sig
گروه	۲/۲۱۵	۱	۲/۲۱۵	۱/۴۲۸	۰/۲۳۸
پیش‌آزمون	۱۹۷/۰۲۴	۱	۱۹۷/۰۲۴	۱۲۶/۹۸۹	۰/۰۰۰
گروه × پیش‌آزمون	۰/۰۹۱	۱	۰/۰۹۱	۰/۰۵۹	۰/۸۰۹
خطا	۷۴/۴۷۲	۴۸	۱/۵۵۲		
کل	۳۷۲۵۰/۰	۵۲			

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تعامل بین گروه و پیش‌آزمون مهارت تفکر نقادانه معنادار نیست. به عبارت دیگر، داده‌ها از فرضیه هم‌گنی شیب‌های رگرسیون پشتیبانی می‌کنند ($F=۰/۰۵۹$ و $sig=۰/۸۰۹$).

جدول ۳. نتایج تحلیل کواریانس یک‌راهه برای بررسی تفاوت پس‌آزمون مهارت تفکر نقادانه در دو گروه آزمایش و کنترل

منبع	SS	Df	MS	F	Sig
پیش‌آزمون مهارت تفکر نقادانه	۲۱۴/۳۲۸	۱	۲۱۴/۳۲۸	۱۴۰/۸۴۸	۰/۰۰۰
گروه	۱۰۵/۸۹۱	۱	۱۰۵/۸۹۱	۶۹/۵۸۷	۰/۰۰۰
خطا	۷۴/۵۶۳	۴۹	۳/۷۵۰		
کل	۳۷۲۵۰/۰	۵۲			

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، پس از تعدیل نمرات پیش‌آزمون مهارت تفکر نقادانه، بین اثر دو گروه دانش‌آموزان گروه آزمایش (مدل چرخه یادگیری) و گروه کنترل (روش تدریس سنتی) تفاوت معنادار وجود دارد ($F_{(۱, ۴۹)}=۶۹/۵۸۷$ و $sig=۰/۰۰۰$).

بنابراین فرض صفر رد و فرضیه محقق پذیرفته می‌شود؛ به این معنی که میانگین نمرات پس‌آزمون مهارت تفکر نقادانه به طور معناداری در گروه آزمایش بیش‌تر از گروه کنترل است. هم‌چنین، نتایج تحلیل داده‌ها در هریک از مؤلفه‌های تفکر نقادانه (تحلیل، تفسیر، ارزش‌یابی، استنباط و استنتاج) نیز بین دو گروه آزمایش و گروه گواه در جدول ۴ گزارش شده است.

فرضیه ۲: آموزش مبتنی بر الگوی چرخه یادگیری در درس علوم تجربی در بهبود هر یک از مؤلفه‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان مؤثر است.

برای تحلیل آماری داده‌های مربوط به این فرضیه پژوهش نیز از روش تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ گزارش شده است.

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس یک‌راهه برای بررسی تفاوت پس‌آزمون مؤلفه‌های تفکر نقادانه در دو گروه آزمایش و کنترل

متغیر	منبع	SS	Df	MS	F	Sig
تحلیل	پیش‌آزمون	۲۰/۶۴۱	۱	۲۰/۶۴۱	۳۹/۸۰۹	۰/۰۰۰
	گروه	۱/۹۹۳	۱	۱/۹۹۳	۳/۸۴۴	۰/۰۵۰
	خطا	۲۵/۴۰۷	۴۹	۰/۵۱۹	-	-
	کل	۳۲۶۳/۰	۵۲	-	-	-
تفسیر	پیش‌آزمون	۱۶/۸۶۷	۱	۱۶/۸۶۷	۳۶/۸۳۰	۰/۰۰۰
	گروه	۴/۳۶۷	۱	۴/۳۶۷	۹/۵۳۵	۰/۰۰۳
	خطا	۲۲/۴۴۰	۴۹	۰/۴۵۸	-	-
	کل	۱۱۹۵/۰	۵۲	-	-	-
ارزش‌یابی	پیش‌آزمون	۱۴/۸۰۱	۱	۱۴/۸۰۱	۳۶/۶۶۶	۰/۰۰۰
	گروه	۸/۳۲۵	۱	۸/۳۲۵	۲۰/۶۲۵	۰/۰۰۰
	خطا	۱۹/۷۸۰	۴۹	۰/۴۰۴	-	-
	کل	۱۲۲۲/۰	۵۲	-	-	-
استنباط	پیش‌آزمون	۲۳/۸۴۷	۱	۲۳/۸۴۷	۴۴/۲۳۴	۰/۰۰۰
	گروه	۳/۱۳۷	۱	۳/۱۳۷	۵/۸۱۷	۰/۰۲۰
	خطا	۲۶/۴۲۲	۴۹	۰/۵۳۹	-	-
	کل	۱۲۴۳/۰	۵۲	-	-	-
استنتاج	پیش‌آزمون	۱۴/۹۵۹	۱	۱۴/۹۵۹	۲۶/۲۳۳	۰/۰۰۰
	گروه	۲/۰۷۷	۱	۲/۰۷۷	۳/۶۴۲	۰/۰۶۲
	خطا	۲۷/۹۴۲	۴۹	۰/۵۷۰	-	-
	کل	۱۱۰۵/۰	۵۲	-	-	-

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، پس از تعدیل نمرات پیش‌آزمون، هر یک از مؤلفه‌های تفکر نقادانه در مؤلفه تحلیل ($\text{sig}=0/050$ و $F_{(1,49)}=3/844$)، تفسیر ($\text{sig}=0/003$) و $F_{(1,49)}=9/535$)، ارزش‌یابی ($\text{sig}=0/000$ و $F_{(1,49)}=20/652$) و استنباط ($\text{sig}=0/020$) و $F_{(1,49)}=5/817$) بین اثر دو گروه دانش‌آموزان گروه آزمایش (الگوی چرخه یادگیری هفت مرحله‌ای) و گروه کنترل (روش سنتی) تفاوت معنادار وجود دارد؛ بدین معنا که روش چرخه یادگیری در مؤلفه‌های تحلیل، تفسیر، ارزش‌یابی و استنباط مؤثرتر از روش سنتی بوده است. هم‌چنین، در مؤلفه استنتاج ($\text{sig}=0/062$ و $F_{(1,45)}=2/642$) بین اثر دو روش تفاوت معناداری به دست نیامد. البته در این مؤلفه سطح معناداری به دست آمده بسیار نزدیک به $0/05$ است و علت این‌که به طور کلی در سطح تفکر نقادانه تفاوت معنادار به دست آمده همین امر است.

۵. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تدریس مبتنی بر الگوی چرخه یادگیری هفت مرحله‌ای در درس علوم تجربی بر بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه دانش‌آموزان پایه اول دوره اول متوسطه انجام شد. نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که مهارت تفکر نقادانه دانش‌آموزانی که به شیوه تدریس مبتنی بر مدل چرخه یادگیری آموزش دیده بودند بالاتر از دانش‌آموزان آموزش دیده به روش تدریس سنتی بود. هم‌چنین، تحلیل هر یک از مؤلفه‌های تفکر نقادانه در دو گروه نتایج نشان داد که در مؤلفه‌های تحلیل، تفسیر، ارزش‌یابی و استنباط بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد. این یافته با نتایج پژوهش‌های مسیت (Mecit, 2006)، دکرو و تکایا (Dogru and Tekkaya, 2008) و التراونه (Al-Tarawneh, 2011) که اثربخشی الگوی چرخه یادگیری بر مهارت‌های تفکر نقادانه را بررسی کرده‌اند هم‌خوانی دارد. هم‌چنین، با پژوهش‌های کاظم‌پور (۲۰۱۳)، آرن-ریندهال (Ahern-Rindell, 1999)، مگنوسن و دیگران (Magnussen et al., 2000)، شعبانی (۱۳۷۸) و بدری گرگری و فتحی آذر (۱۳۸۶) که اثربخشی راهبردهای یادگیری پژوهش‌محور و هم‌کاری گروهی و تسوی (۱۹۹۹) که ارائه تکلیف و استفاده از روش‌های فعال و کارابنیک و کولینز (Karabenick and Collins, 1996) و گارساید (Garside, 1996) که شیوه آموزشی مبتنی بر مشارکت گروهی بر توانایی تفکر نقادانه را بررسی کرده‌اند نیز هم‌خوانی دارد.

در تبیین این یافته می‌توان گفت که تدریس مبتنی بر الگوی چرخه یادگیری بر این امر تأکید دارد که دانش‌آموزان را در پژوهش‌های معنادار مشارکت دهد؛ با این هدف که مهارت‌های فکری‌شان بهبود یابد و به دانش‌آموزان در ایجاد مفاهیم معنادار کمک کند (Lawson, 1993: 189-196). در هر مرحله از الگوی چرخه یادگیری دانش‌آموزان تشویق می‌شوند تا نقادانه فکر کنند. در مرحله استنباط کردن، دانش‌آموزان درباره تجربیات قبلی‌شان در ارتباط با موضوع مورد بحث فکر می‌کنند. کشف این مطلب که دانش‌آموزان چه چیزی درباره موضوع می‌دانند برای معلم مهم است؛ به این ترتیب می‌توانند برداشت‌های اشتباه‌شان را استنباط و سپس تصحیح کنند. بنابراین فرصت‌هایی برای دانش‌آموزان فراهم می‌شود تا درباره ایده‌هایشان به صورت نقادانه فکر کنند (Mecit, 2006: 51). الگوی آموزشی چرخه یادگیری فرصت‌هایی برای دانش‌آموزان برای تمرکز بر فرایند تفکر حین بحث با هم‌کلاسی‌هایشان فراهم می‌کند. طی مرحله کاوش دانش‌آموزان از مهارت‌های فکری برای درک جنبه‌های مهم مفهوم استفاده می‌کنند و این کار را با تجسم آن‌ها برای خودشان انجام می‌دهند. بیونهرز و دیگران (Beisenherz et al., 2001: 34-38) نیز در بررسی‌شان درباره اهمیت درگیر شدن دانش‌آموزان با تجربه فکری‌شان بحث می‌کنند. آن‌ها این‌گونه استدلال می‌کنند که دانش‌آموزان، بدون استفاده از مهارت فکری مقایسه کردن، نمی‌توانند توضیحی ارائه دهند که با همه مشاهداتشان سازگار باشد. بر اساس دیدگاه سازنده‌گرایی شناختی پیازه نیز می‌توان گفت که ساخت‌های ذهنی دانش‌آموزان از طریق مواجه شدن با یک مسئله واقعی دچار حالت نامتعادل و وادار به تلاش فکری می‌شود تا، با جست‌وجوی اطلاعات و تبادل اندیشه و کنش متقابل در گروه‌های کوچک، افکار دیگران را تجربه کنند و ساختارهای فکری خود را که در ابتدا در چهارچوب داوری خودمحورانه شکل گرفته بود تغییر دهند؛ این فرایند تبادل اندیشه که پیازه آن را انتقال اجتماعی می‌نامد موجب تحول در مهارت‌های فکری و نگرش نقادانه آن‌ها می‌شود (بدری گرگری و فتحی آذر، ۱۳۸۶). این انتقال بیش‌تر حاصل فعالیت‌هایی است که در مرحله بسط صورت می‌گیرد. در این مرحله به دانش‌آموزان فرصتی داده می‌شود تا از اطلاعاتشان در محدوده‌های جدید استفاده کنند؛ این فرصت‌ها می‌توانند شامل طرح پرسش‌ها و فرضیه‌های جدید برای بررسی باشند. آنچه در این‌جا اتفاق می‌افتد پدیده‌ای است که ثورندایک نیز آن را «انتقال یادگیری» نامیده است. در مرحله تعمیم و گسترش نیز دانش‌آموزان در فعالیت‌هایی مشارکت داده می‌شوند تا انتقال یادگیری‌شان را عملی کنند. بنابراین، از دانش‌آموزان انتظار می‌رود تا اطلاعات را به یاد آورند و سپس از آن برای حل

مسئله در موقعیتی جدید استفاده کنند. در مرحله ارزیابی، یادگیری به دو شیوه پایانی و تکوینی ارزیابی می‌شود؛ بدین منظور به دانش‌آموزان فرصت داده می‌شود تا سطح درکی را که داشته‌اند ارزیابی کنند. همه این فعالیت‌ها زمینه بهبود مهارت‌های تحلیل، تفسیر، ارزش‌یابی، استنباط و استنتاج را در دانش‌آموزان فراهم می‌کند. با توجه به نتایج این پژوهش به معلمان پیش‌نهاد می‌شود که هنگام تدریس از الگوی آموزش مبتنی بر چرخه یادگیری به نحو مقتضی و مناسب استفاده کنند.

منابع

- اریکسون، ا.ج. لین (۱۳۹۳). *برنامه درسی و آموزش مفهوم‌محور: رویکردی به پرورش تفکر*، ترجمه علی نوری و علی عبدی، تهران: مدرسه.
- بدری گرگری، رحیم و اسکندر فتحی آذر (۱۳۸۶). «مقایسه تأثیر یادگیری مبتنی بر حل مسئله گروهی و آموزش سنتی بر تفکر انتقادی دانشجو معلمان»، *پژوهش‌های روان‌شناسی بالینی و مشاوره*، س ۸، ش ۲.
- رضوی، سیدعباس (۱۳۸۶). *مباحث نوین در فناوری آموزشی*، اهواز: دانشگاه شهید چمران.
- شعبانی، حسن (۱۳۷۸). «تأثیر روش حل مسئله به صورت کارگروهی بر تفکر انتقادی و پیش‌رفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه چهارم ابتدایی»، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- شعبانی، حسن (۱۳۸۲). *روش تدریس پیشرفته*، تهران: سمت.
- عسگری، محمد و علی‌اکبر سیف (۱۳۸۶). «مقایسه تأثیر تکالیف نوشتاری بر تفکر انتقادی دانش‌آموزان پسر سال اول متوسطه ملایر در درس‌های زیست‌شناسی و مطالعات اجتماعی»، *نشریه روان‌شناسی تربیتی (روان‌شناسی و علوم تربیتی)*، س ۳، ش ۱۰.
- ملکی، حسن و مجید حبیبی‌پور (۱۳۸۶). «تفکر انتقادی؛ هدف اساسی تعلیم و تربیت»، *فصل‌نامه نوآوری‌های آموزشی*، س ۶، ش ۱۹.

- Ahern-Rindell, A. J. (1999). 'Applying Inquiry-Based and Cooperative Group Learning Strategies to Promote Critical Thinking', *Journal of College Science Teaching*, 28 (3).
- Akar, E. (2005). 'Effectiveness of 5E learning model on students' understanding of acid-base concepts', Unpublished master thesis, Middle East Technical University, Turkey.
- Al-Tarawneh, m. (2011). 'The Effect of Using Revised learning Cycle in Developing the Critical Thinking Skills of 10th Grade Female Students in Jordan', *An-Najah University Journal for Research-Humanities*, Vol. 25, Issue 9.
- Bailin, S. (2002). 'Critical Thinking and Science Education', *Science and Education*, Vol. 11.
- Bailin, S. et al. (1999). 'Common Misconceptions of Critical Thinking', *Journal of Curriculum Studies*, 31 (3).
- Beisenherz, P. C., M. Dantonio and L. Richardson (2001). 'The Learning Cycle and Instructional Conversations', *Science Scope*, 24 (4).

- Bulbul, y. (2010). *Effects of (7E) learning cycle model accompanied with computer animations on Understanding of diffusion and osmosis concepts*, Middle East Technical University.
- Cardak, O., Dikmenli, and O. Saritas (2008). 'Effect of 5E instructional model in student success in primary school 6th year circulatory system topic', *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Vol. 9, Issue 2, Article 10.
- Colburn, A. and M. P Clough (1997). 'Implementing the Learning Cycle', *The Science Teacher*, 64 (5).
- Doğru A. P. and C. Tekkaya (2008). 'Promoting Students' Learning in Genetics with the Learning Cycle', *Journal of Experimental Education*, 76 (3).
- Eisenkraft, A. (2003). 'Expanding the 5E Model', *The Science Teacher*, 70 (6).
- Facione, P. A. (1990). *The California Critical Thinking Dispositions Inventory*, Millbra.Calif: California Academic Press.
- Karplus, R. (1977). 'Science Teaching and the Development of Reasoning', *Journal of Research in Science Teaching*, 14 (2).
- Kaynar, D., C. Tekkaya and J. Cakiroglu (2009). 'Effectiveness of 5E Learning Cycle Instruction on Students' Achievement in Cell Concept and Scientific Epistemological Beliefs', *Hacettepe University Journal of Education*, 37.
- Kazempour, E. (2013). 'The effects of inquiry-based teaching on critical thinking of students', *Journal of Social Issues and Humanities*, Vol. 1, Issue 3.
- Kor, A. S. (2006). 'İlkogretim 5. sınıf ogrencilerinde yasamimizdaki elektrik" unitesinde gorulen kavram yanilgilarinin giderilmesinde butunlestirici ogrenme kuramina dayali gelistirilen materyallerin etkisi', *Yayimlanmamis Yuksek Lisans Tezi. KTU, Fen Bilimleri Enstitusu*, Trabzon
- Lawson, A. E. (1993). 'At What Levels of Education is the Teaching of Thinking Effective?', *Theory into Practice*, 32 (3).
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*, Wadsworth Publishing, Belmont, CA.
- Lawson, A. E. (2000). 'A learning cycle approach to introducing osmosis', *The American Biology Teacher*, 62.
- Mest, Ö. (2006). 'The effect of (7E) learning cycle model on the improvement of fifth grade students' critical thinking skills', A thesis submitted to the graduate school of natural land applied sciences of Middle East Technical University.
- Odom, A. L. and P. V. Kelly (2001). 'Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts to High School Biology Students', *Science Education*, 85.
- Tsui, L. (1999). 'Courses and Instruction Affecting Critical Thinking', *Research in Higher Education*, 40 (2).
- Uno, G. E. (1990). 'Inquiry in the Classroom', *Bioscience*, 40 (11).

