

شناسایی کج فهمی‌های دانشجوی معلمان علوم تربیتی دانشگاه فرهنگیان درباره‌ی مفاهیم گرما و دما و مقایسه‌ی نتایج آن با رشته‌ی تحصیلی دبیرستانی آنها

الهام منوچهری زاده^۱

پذیرش: ۹۹/۶/۱۱

دریافت: ۹۹/۴/۲۱

چکیده

ضرورت درک صحیح مفاهیم علمی از سوی معلمان سبب شد تا پژوهش حاضر، با هدف شناسایی کج فهمی‌های دانشجوی معلمان، درباره‌ی مفاهیم گرما، دما و تبادل گرمایی انجام شود. در این مطالعه، ابتدا ۷۴ نفر از دانشجوی معلمان علوم تربیتی پردیس دخترانه فاطمه الزهرا - اهواز، با مدارک دیپلم علوم انسانی، علوم تجربی و ریاضی فیزیک به صورت تصادفی خوشه‌ای انتخاب شدند. سپس، از پرسش نامه‌ی مشتمل بر ۵ سوال تشخیصی چهار گزینه‌ای درباره گرما، دما و تبادل گرمایی استفاده شد. پاسخ‌های دریافتی از دانشجوی معلمان، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در گام نخست، کج فهمی‌های دانشجوی معلمان شناسایی و سپس، با نوع دیپلم آنها مقایسه شد. بررسی‌ها نشان داد، کج فهمی‌هایی بالای ۵۰ درصد در بین همه‌ی دانشجویان، خصوصاً دیپلمه‌های انسانی وجود دارد. در گام بعدی، به مقایسه و بررسی نتایج بدست آمده از مرحله اول با کج فهمی دانش آموزان ابتدایی در رابطه با این موضوع پرداخته شد. یافته‌های این پژوهش، حاکی از بالاتر بودن درک کامل دانشجوی معلمان نسبت به دانش آموزان بود.

کلمات کلیدی: کج فهمی، گرما، دما، دانشجوی معلمان.

^۱. عضو هیات علمی گروه علوم پایه دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، manoochehriel@yahoo.com

مقدمه

گاهی افراد با تکیه بر مشاهدات محدود و استنتاج‌های نادرست از مشاهدات، تجربیات و تعاملات‌شان با جهان اطراف خود را عمومیت می‌بخشند. دانش ساخته شده از طریق چنین فرآیندی ممکن است با دیدگاه‌های علمی پذیرفته شده در مورد یک موضوع مغایرت داشته باشد. اصطلاحاتی از قبیل: کج فهمی^۱، پیش تصورات^۲، دانش کودکان^۳، عقاید خام^۴، برداشت‌های جایگزین^۵، علم شهودی^۶ و چارچوب‌های جایگزین^۷ برای توصیف این نوع دانش استفاده می‌شود. گاهی اوقات این دانش چنان قدرتی می‌یابد که جایگزین کردن آن با توضیحات علمی ممکن است بسیار دشوار باشد. علاوه بر این، یادگیری مباحث جدید مرتبط با آن مفهوم ممکن است حتی بسیار سخت تر شود (کارابولوت^۸ و بایراکتار^۹، ۲۰۱۸). اندرس^{۱۰} و همکارانش از چنین دانش و ایده‌ای تحت عنوان کج فهمی یاد می‌کنند و آن را به عنوان یک ایده نادرست علمی درباره‌ی یک مفهوم علمی تعریف می‌کنند که ممکن است قبل و یا بعد از آموزش ایجاد شود (اندرس، لئونارد^{۱۱}، کولگروو^{۱۲} و کالینوسکی^{۱۳}، ۲۰۱۱)؛ فیشر^{۱۴} و همکارانش، کج فهمی را یک درک علمی نادرست در مورد پدیده‌های طبیعی توصیف می‌کنند (فیشر، ویلیامز^{۱۵} و لینبک^{۱۶}، ۲۰۱۱).

آنچه که در مورد این تصورات اشتباه سبب افزایش نگرانی می‌شود این است که افراد دانسته‌های بعدی خود را هم روی این دانسته‌های فعلی بنا می‌کنند. داشتن تصورات غلط، می‌تواند تاثیرات جدی در یادگیری فرد داشته باشد (نیویورک ساینس تیچر، بی تا). تصورات بدیل و غیرعلمی دانش آموزان از عوامل مهمی هستند که مانع یادگیری معنی‌دار و اثربخش شده و بر تداوم یادگیری در پایه‌های بالاتر نیز تاثیر منفی می‌گذارند (گونن^{۱۷} و کواکایا^{۱۸}، ۲۰۱۰). کج فهمی‌ها، خاص دانش آموزان نیستند بلکه در هر مقطع و سطحی می‌توانند شکل بگیرند یا وجود داشته باشند. کج فهمی‌ها از عوامل متعددی نشأت می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به تجربیات گذشته‌ی افراد، مشترک بودن برخی از لغات در زبان علمی و عامه، همچون دو واژه‌ی انرژی و کار یا جرم و وزن و عدم توجه به اصطلاحات علمی بکار برده شده در کلاس، متن و تصاویر کتب درسی اشاره نمود.

مطالعات پیرامون کج فهمی در مباحث مختلف علمی، بخش مهمی از تحقیقات آموزش علوم را تشکیل می‌دهد. این مطالعات نشان داده است که دانش آموزان دوره‌ی ابتدایی کج فهمی‌های گوناگونی درباره‌ی مفاهیم علمی

^۱ misconception
^۲ pre-conceptions
^۳ children's science
^۴ naive beliefs
^۵ alternative conceptions
^۶ intuitive science
^۷ intuitive science
^۸ Karabulut
^۹ Bayraktar
^{۱۰} Andrews
^{۱۱} Leonard
^{۱۲} Colgrove
^{۱۳} Kalinowski
^{۱۴} Fisher
^{۱۵} Williams
^{۱۶} Lineback
^{۱۷} Gönen
^{۱۸} Kocakaya

دارند (آلن^۱، ۲۰۱۰). همچنین، تعداد قابل توجهی از پژوهش‌های انجام شده برای بررسی چگونگی درک دانش آموزان از مفاهیم علمی نشان داده است که دانش آموزان در تمام سطوح و مقاطع آموزشی دارای کج فهمی‌های متنوع و متفاوتی هستند. به عنوان مثال، تحقیقات در مورد درک کودکان در مورد موجودات زنده نشان می‌دهد که آنها گیاهان را غیر زنده تلقی می‌کنند و فکر می‌کنند که تنها چیزهای متحرک موجود زنده محسوب می‌شوند (بایرکاتار، کووت^۲، ۲۰۱۷؛ برول^۳، لابل^۴، مگالاکاکی^۵، فوکوت^۶ و کالیس^۷، ۲۰۱۴). تحقیقات آموزش فیزیک نشان می‌دهد، مردم فکر می‌کنند که اشیاء بزرگتر، نیروی بیشتری اعمال می‌کنند (ساونیناین^۸، ماکینن^۹، نیماینن^{۱۰} و ویری^{۱۱}، ۲۰۱۷). بسیاری از مردم تصور می‌کنند که ماه نور خاص خودش را دارد و دلیل وجود اشکال مختلف ماه، سایه زمین روی کره ماه است (ابرگ^{۱۲} و اتوسان^{۱۳}، ۲۰۱۷؛ نیلسن^{۱۴} و هابن^{۱۵}، ۲۰۱۵). برخی فکر می‌کنند در فضا گرانش وجود ندارد (بار^{۱۶}، بروش^{۱۷} و اسنایدن^{۱۸}، ۲۰۱۶). بسیاری از افراد معتقدند، گازها جرم ندارند (ادادان^{۱۹} و انر^{۲۰}، ۲۰۱۴) و بسیار موارد دیگر.

در میان انبوه مفاهیم علمی، گرما و دما از جمله مفاهیم مرتبط با زندگی روزانه هستند که پایه و اساس علوم فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی را تشکیل می‌دهند و در اغلب برنامه‌های درسی، آموزش و یادگیری آنها از همان پایه‌های اولیه دوره ابتدایی مشاهده می‌شود (بدریان، شکرباغانی و پوراسکندری، ۱۳۹۲). این مفاهیم که از چالش برانگیزترین مفاهیم برنامه‌ی درسی علوم تجربی در مقاطع مختلف تحصیلی می‌باشند را با ادبیات و شکل‌های متفاوتی در همه کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره‌های ابتدایی، متوسطه اول و همچنین فیزیک و شیمی دوره متوسطه دوم که با مفاهیم گرما و دما سروکار دارند، را می‌توان دید. در هر یک از این کتاب‌ها توصیف و توضیحات متفاوتی از این واژه‌ها ارائه شده است. برای مثال، جملاتی نظیر «انرژی گرمایی یکی از شکل‌های انرژی است» (علوم تجربی چهارم دبستان، ۱۳۹۸)، «گرما موجب افزایش دما می‌شود» (علوم تجربی چهارم دبستان، ۱۳۹۸)، «همه مواد گرما را به خوبی منتقل نمی‌کنند» (علوم تجربی چهارم دبستان، ۱۳۹۸)، «گرما نوعی انرژی درونی است» (شیمی (۱)، ۱۳۹۸).

^۱ Allen
^۲ Kuvvet
^۳ Brulé
^۴ Labrell
^۵ Megalakaki
^۶ Fouquet
^۷ Caillies
^۸ Savinainen
^۹ Mäkynen
^{۱۰} Nieminen
^{۱۱} Viiri
^{۱۲} Åberg
^{۱۳} Ottosson
^{۱۴} Nielsen
^{۱۵} Hoban
^{۱۶} Bar
^{۱۷} Brosh
^{۱۸} Sneider
^{۱۹} Adadan
^{۲۰} Oner

« تفاوت انرژی در واکنش‌ها به شکل گرما ظاهر می‌شود» (شیمی (۱)، ۱۳۹۸)، ممکن است باعث سردرگمی و یا کج فهمی دانش آموزان شود.

گرما و دما، یکی از موضوعات مورد مطالعه در تحقیقات کج فهمی است. نتایج مطالعات، نشان می‌دهد که بسیاری از دانش آموزان برداشت‌های جایگزین خاصی در مورد این موضوع داشتند. به عنوان مثال، اکثر دانش آموزان معتقدند که گرما و دما یکسان هستند (کاکیر^۱، ۲۰۰۸؛ گونن و همکاران، ۲۰۱۰). برخی دانش آموزان معتقدند که دمای بدن به گرمای آن بستگی ندارد بلکه به جنس یا اندازه‌ی آن بستگی دارد (کیریکیایا^۲ و گولو^۳، ۲۰۰۸). همچنین، دانش آموزان در درک انتقال گرما و تعادل گرمایی مشکل دارند. برای مثال، بیشتر دانش آموزان درک نمی‌کنند که مواد مختلف رسانایی گرمایی متفاوتی دارند (آلن^۴، ۲۰۱۱؛ لوئیس^۵ و لینن^۶، ۱۹۹۴). بسیاری از دانش آموزان تمایل دارند همچنان گرما را به صورت «ماده» ای که می‌تواند در جسم ذخیره شده و از نقطه گرم به نقطه سرد جریان می‌یابد، تصور کنند. این امر سبب کج فهمی و درک نادرست از مفاهیم مرتبط با گرما، نظیر انرژی درونی، رسانایی و ظرفیت گرمایی می‌شود (یو^۷ و زادنیک^۸، ۲۰۰۱). بررسی پژوهش‌های انجام گرفته نشان داد که اغلب تصورات دانش آموزان در زمینه گرما و دما، حاصل مشاهدات آنها در زندگی روزمره است، به طور مثال، آنها انتقال گرما از جسم گرم به سرد را قبول دارند؛ اما، معتقدند که دمای یک جسم به اندازه آن مربوط است. یعنی: هرچه جسم بزرگتر باشد، دمای آن بیشتر است. بیش از نیمی از دانش آموزان ۱۱ ساله فکر می‌کردند چون یک تکه یخ بزرگ دیرتر از یک تکه یخ کوچک ذوب می‌شود پس دمای کمتری دارد (اریکسون^۹، ۱۹۸۵).

تصور مفهومی یکسان، برای گرما و دما؛ خاصیت سردتر بودن فلزات، نسبت به اجسامی مانند چوب؛ گرما، متضاد سرما بوده و هر دو قابلیت انتقال دارند؛ نمونه‌هایی از کج فهمی‌ها بود که بروک^{۱۰} و همکارانش، در مطالعه‌ی آنها را دریافتند (بروک، بریگز^{۱۱}، بل^{۱۲} و درایور^{۱۳}، ۱۹۸۴). همچنین، فلزات، جاذب سرما بوده و آن را در خود نگه می‌دارند؛ اجسام رسانا نسبت به اجسام نارسانا، گرما را آرام تر از خود عبور می‌دهند؛ مواد عایق، به سرعت گرما را از خود عبور داده و گرما از آنها خارج می‌شود در نتیجه، گرمایی از آنها حس نمی‌شود؛ اجسام نارسانا، گرما را در خود حفظ می‌کنند؛ پشم، اجسام را گرم می‌کند؛ از جمله، کج فهمی‌های نوجوانان ۱۳-۱۴ ساله، بزرگسالان ۱۹-۴۵ سال و دبیران شیمی و فیزیک است (لوئیس و همکاران، ۱۹۸۴).

^۱ Cakir
^۲ Kirikkaya
^۳ Gullu
^۴ Alwan
^۵ Lewis
^۶ Linn
^۷ Yeo
^۸ Zadnik
^۹ Erickson
^{۱۰} Brook
^{۱۱} Briggs
^{۱۲} Bell
^{۱۳} Driver

دانش آموزان ۹ تا ۱۱ ساله اعتقاد داشتند، چنانچه دو لیوان آب 30°C را با هم مخلوط کرد، دمای آن 60°C خواهد شد؛ یا این که آنها اجسام را به سه دسته گرم، سرد و ولرم طبقه بندی می کردند بطوری که فلزات را ذاتا سرد و مواد پلاستیکی و چوبی را ذاتا گرم می دانستند (چوی^۱، کیم^۲، پیک^۳، لی^۴ و چانج^۵، ۲۰۰۱).

پژوهش های متعددی، در رابطه با کج فهمی های دانش آموزان در رابطه با مفاهیم گرما و دما و شیوه های رفع آنها انجام شده است (گونن و همکاران، ۲۰۱۰؛ پیک، چو^۶ و جول^۷، ۲۰۰۷؛ جاسین^۸ و ابرم^۹، ۲۰۰۲؛ هاریسون^{۱۰}، گرایسون^{۱۱} و تراگاست^{۱۲}، ۱۹۹۹). از جمله تحقیقاتی که در ایران در این زمینه انجام شده است می توان به مطالعات احمدی (۱۳۹۱)، بر روی دانش آموزان دوره ی راهنمایی اشاره نمود. این مطالعه نشان داد که آنها هم نمی توانند به درستی مفاهیم گرما و دما را در موقعیت های یادگیری بکار گیرند (بدریان و همکاران، ۱۳۹۲). بررسی های انجام گرفته توسط ناصری آذر در دوره ابتدایی نشان می دهد که دانش آموزان این مقطع درک درستی از مفاهیم گرما و دما و تفاوت بین این دو واژه علمی ندارند (آذر، ۱۳۹۱).

یافته های تحقیقی از صدراالاشرافی (۱۳۹۰)، تصورات نادرست دانش آموزان در دوره متوسطه در بکارگیری مفاهیم گرما و دما در مباحث ترموشیمی و فیزیک ۱ و ۲ را نشان داد (به نقل از بدریان و همکاران، ۱۳۹۲). پژوهش های بدریان (۱۳۸۸ و ۱۳۹۲)، تصورات و کج فهمی های گوناگون دانش آموزان را درباره ی مفهوم گرما و دما ثابت نمود (بدریان و همکاران، ۱۳۹۲).

لازم به ذکر است که این کج فهمی ها خاص دانش آموزان نبوده و تحقیقات گویای این مطلب است که دانشجویان نیز همچون دانش آموزان در هر سنی کج فهمی های گوناگونی درباره ی مفاهیم علمی دارند (مالفورد^{۱۳} و رایبسون^{۱۴}، ۲۰۰۲). بررسی یافته های پژوهش ها نشان می دهد که نسبت قابل توجهی از معلمان و دانشجوی معلمان نیز از این امر مستثنی نیستند، چنان چه، در پژوهشی محققین تایوانی عنوان نمودند، دانشجوی معلمان علوم این کشور در زمان انجام این تحقیق برای تدریس دوره های مرتبط با شیمی آماده نیستند و درخواست تشکیل کلاس های آموزشی مستمر و گسترده - ای جهت تقویت بنیه علمی معلمان علوم، قبل از اجرای برنامه درسی جدید در آن کشور را داشتند (چوی^{۱۵}، ۲۰۰۲). بدریان، در پژوهشی به بررسی تصورات و کج فهمی های دانشجوی معلمان علوم تجربی درباره ی ماهیت تبخیر، سرعت تبخیر سطحی و فشار بخار پرداخت و نشان داد که دانشجوی معلمان علوم تجربی کج فهمی های زیادی در زمینه تبخیر،

^۱ Choi

^۲ Kim

^۳ Paik

^۴ Lee

^۵ Chung

^۶ Cho

^۷ Go

^۸ Jasian

^۹ Oberem

^{۱۰} Harrison

^{۱۱} Graison

^{۱۲} Treagust

^{۱۳} Mulford

^{۱۴} Robinson

^{۱۵} Chou

سرعت تبخیر سطحی و فشار بخار دارند و نمی‌توانند در بسیاری از موارد شبیه سازی شده، آموخته‌های خود درباره‌ی مفاهیم پایه‌ای را به خوبی مورد استفاده قرار دهند (بدریان، ۱۳۹۵). نتایج پژوهش سعادتی در مطالعه و بررسی میزان درک دانشجومعلم‌ان رشته آموزش شیمی درباره مفاهیم مربوط به الکتروشیمی و مقایسه نتایج آن با دانش آموزان دوره متوسطه نشان داد، که اگرچه در مقایسه با دانش آموزان میزان درک دانشجومعلم‌ان در بسیاری از موارد بسیار بالا است اما، برخی دانشجومعلم‌ان در درک مفاهیم مرتبط با الکتروشیمی دارای کج فهمی‌هایی مشابه با کج فهمی‌های دانش آموزان دوره متوسطه هستند (سعادتی، ۱۳۹۷). مشاهدات نگارنده پس از سال‌ها تجربه‌ی تدریس در دانشگاه فرهنگیان و کار با دانشجویان نشان می‌داد که درصد نسبتاً قابل توجهی از دانشجومعلم‌ان درک درستی از برخی مفاهیم از جمله گرما و دما ندارند. از اینرو، به نظر می‌رسید، شناسایی کج فهمی دانشجومعلم‌ان از مفاهیم "گرما" و "دما" نسبت به دانش آموزان حائز اهمیت بیشتری است، زیرا، در آینده هنگامی که به عنوان معلم در کلاس درس مشغول آموزش دانش آموزان خواهند شد، کج فهمی‌های خود را به آنها نیز انتقال خواهند داد. بنابراین، با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش، تعیین سطح درک و شناخت کج فهمی‌های احتمالی دانشجومعلم‌ان علوم تربیتی (آموزش ابتدایی) درباره‌ی دو مفهوم «گرما» و «دما» مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، آیت‌م دیگری که مورد توجه و مطالعه قرار گرفت، بررسی ارتباط بین کج فهمی با رشته‌ی تحصیلی دبیرستانی دانشجومعلم‌ان بود. سپس، در بخش دیگری از این پژوهش به مقایسه‌ی میزان درک دانشجومعلم‌ان با دانش آموزان درباره‌ی مفهوم گرما و دما پرداخته شد. این مطالعه به دنبال شناخت نقاط ضعف آموزش مفاهیم علمی و پیشنهاد روش‌ها و راهبردهایی جهت مقابله با کج فهمی‌های دانشجومعلم‌ان و دانش آموزان در آینده می‌باشد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از دسته تحقیقات توصیفی - کاربردی محسوب می‌شود زیرا، به بررسی و توصیف برداشت‌های ذهنی و عقاید دانشجومعلم‌ان در مورد مفاهیم گرما و دما پرداخته است که این شناخت بیشتر، می‌تواند در فرآیند تصمیم‌گیری یاری رسان باشد (سرمه، بازرگان و حجازی، ۱۳۹۳). جامعه‌ی آماری این تحقیق ۷۴ نفر، از دانشجو معلم‌ان علوم تربیتی پردیس دخترانه فاطمه الزهرا - اهواز در سال تحصیلی ۹۸-۹۷ بودند که به صورت تصادفی خوشه‌ای انتخاب شدند.

جهت بررسی و توصیف وضعیت دانشجویان از نظر درک و برداشت‌های اشتباه آنها از مفاهیم گرما، دما و تبادل گرمایی پرسش‌نامه‌ای مشتمل بر ۵ سوال تشخیصی چهار گزینه‌ای درباره‌ی گرما، دما، تعادل و تبادل گرمایی در اختیار آنها قرار گرفت. جهت تعیین روایی پرسش‌نامه، ابتدا متخصصینی از آموزش علوم، فیزیک و شیمی آن را بررسی و تایید نمودند. لازم به ذکر است که، مشابه این پرسش‌نامه را بدریان و همکارانشان قبلاً استفاده نموده و روایی و پایایی آن تایید شده است و اعتبار پایایی این پرسش‌نامه را با استفاده از فرمول آلفای کرونباخ ۰/۸۷ گزارش نموده‌اند.

همه‌ی دانشجویان شرکت‌کننده در آزمون قبلاً واحدهای مبانی آموزش علوم و آموزش علوم را گذرانده بودند. آزمون بدون اطلاع قبلی، به مدت ۲۰ دقیقه برگزار شد. و به دانشجویان اطمینان داده شد که نتایج آزمون تاثیری بر نمرات درسی آنها ندارد و جهت انجام یک کار پژوهشی آزمون برگزار شده است.

پاسخ‌ها پس از گردآوری ابتدا، بصورت کمی مورد بررسی قرار گرفت. تعداد و درصد جواب‌ها به تفکیک مدرک دیپلم دانشجویان و همچنین، درک کامل، کج فهمی، عدم درک و بدون پاسخ تعیین شد. سپس یافته‌های حاصل، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

در مجموعه ۷۴ نفری دانشجویانی که در این آزمون شرکت کردند، ۳۵ نفر دارای مدرک دیپلم علوم تجربی، ۳۲ نفر دیپلم علوم انسانی و ۷ نفر دارنده مدرک دیپلم علوم ریاضی و فیزیک بودند. سوالات و گویه‌های پرسش نامه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. سوالات و گویه‌های پرسش نامه

<p>یک میخ بزرگ و یک میخ کوچک را که دارای جرم و اندازه متفاوت اما دمای یکسان هستند در داخل یک اتاق گرم قرار داده و منتظر می‌مانیم:</p>	
<p>سؤال ۱. کدام میخ از میخ‌ها بیشتر گرم می‌شود؟</p> <p>الف. میخ کوچکتر بیشتر گرم می‌شود.</p> <p>ب. میخ بزرگتر بیشتر گرم می‌شود.</p> <p>پ. هر دو میخ دمای یکسانی دارند.</p> <p>ت. دمای آنها غیرقابل مقایسه است.</p> <p>زیرا</p>	<p>سؤال ۲. مقدار گرمای کدام میخ از میخ‌ها بیشتر است؟</p> <p>الف. میخ کوچکتر گرمای بیشتری از میخ بزرگتر دارد.</p> <p>ب. میخ بزرگتر گرمای بیشتری از میخ کوچکتر دارد.</p> <p>پ. هر دو میخ به یک اندازه گرما دارند.</p> <p>ت. مقدار گرمای آنها قابل مقایسه نیست.</p> <p>زیرا</p>
<p>یک قطعه چوب و یک قطعه آهن را که دارای جرم و دمای یکسانی هستند، در یک اتاق گرم قرار می‌دهیم و منتظر می‌مانیم:</p>	
<p>سؤال ۳. کدام جسم داغ‌تر می‌شود؟</p> <p>الف. قطعه چوبی داغ‌تر می‌شود.</p> <p>ب. قطعه آهنی داغ‌تر می‌شود.</p> <p>پ. هر دو قطعه چوب و آهن دمای یکسانی دارند.</p> <p>ت. دمای آنها قابل مقایسه نیست.</p> <p>زیرا</p>	<p>سؤال ۴. مقدار گرمای کدام بیشتر است؟</p> <p>الف. قطعه چوبی گرمای بیشتری از قطعه آهنی دارد.</p> <p>ب. قطعه آهنی گرمای بیشتری از قطعه چوبی دارد.</p> <p>پ. هر دو قطعه به یک اندازه گرما دارند.</p> <p>ت. مقدار گرمای آنها قابل مقایسه نیست.</p> <p>زیرا</p>
<p>یک لیوان آب سرد و یک لیوان آب گرم را در داخل یک جعبه در بسته قرار می‌دهیم:</p>	
<p>سؤال ۵. درباره انتقال گرما بین این دو لیوان چه نظری دارید؟</p> <p>الف. لیوان گرم گرما می‌گیرد.</p> <p>ب. لیوان سرد گرما می‌گیرد.</p> <p>پ. هر دو لیوان گرما می‌گیرند.</p> <p>ت. بین آنها انتقال گرما صورت نمی‌گیرد.</p> <p>زیرا</p>	

یافته های پژوهش

نتایج بدست آمده از اجرای آزمون تشخیصی و میزان درصد پاسخ‌های دانشجویان، برای هر سوال به صورت جداگانه در جدول های ۲-۶، تنظیم شدند. در هر جدول، درصد فراوانی پاسخ‌ها بر اساس نوع دیپلم، در چهار سطح درک کامل، کج فهمی، عدم درک و بدون پاسخ آمده است.

جدول ۲. فراوانی و درصد پاسخ‌های دانشجو معلمان به سوال اول

دیپلم علوم تجربی		دیپلم علوم انسانی		دیپلم ریاضی و فیزیک		سوال ۱
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	
۳۷/۱۴	۱۳	۳۱/۲۵	۱۰	۴۲/۸۶	۳	درک کامل
۶۲/۸۶	۲۲	۵۳/۱۲	۱۷	۵۷/۱۴	۴	کج فهمی
۰	۰	۹/۳۷	۳	۰	۰	عدم درک
۰	۰	۶/۲۵	۲	۰	۰	بدون پاسخ

از آنجایی که بین دمای جسم، اندازه و جرم آن رابطه‌ای وجود ندارد، پس، پاسخ درست سوال اول، برابر بودن دمای دو میخ است. بررسی پاسخ دانشجو معلمان به این سوال نشان داد، ۴۲/۸۶ درصد دارندگان دیپلم ریاضی و فیزیک درک کاملی از این مفهوم دارند و ۵۷/۱۴ درصد از آنها کج فهمی دارند؛ همچنین، در دو گروه دیپلم های علوم تجربی و علوم انسانی به ترتیب، ۳۷/۱۴ و ۳۱/۲۵ درصد درک کامل، ۶۲/۸۶ و ۵۳/۱۲ درصد کج فهمی را نشان داد؛ ۹/۳۷ درصد دیپلم های انسانی، درکی از این مفهوم ندارند و ۶/۲۵ درصد به این سوال جواب نداده اند؛ بر خلاف دو دسته دیگر که این شاخص‌ها در آنها صفر درصد مشاهده شد.

جدول ۳. فراوانی و درصد پاسخ‌های دانشجو معلمان به سوال دوم

دیپلم علوم تجربی		دیپلم علوم انسانی		دیپلم ریاضی و فیزیک		سوال ۲
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	
۴۵/۷۱	۱۶	۲۱/۸۷	۷	۴۲/۸۶	۳	درک کامل
۴۵/۷۱	۱۶	۶۲/۵۰	۲۰	۵۷/۱۴	۴	کج فهمی
۵/۷۱	۲	۱۲/۵۰	۴	۰	۰	عدم درک
۲/۸۶	۱	۳/۱۲	۱	۰	۰	بدون پاسخ

جواب صحیح سوال دوم، بیشتر بودن گرمای میخ بزرگتر نسبت به میخ کوچکتر است، زیرا، برخلاف دما میزان گرمای یک جسم با جرم آن رابطه مستقیم دارد. توجه به جدول ۳ نشان می دهد که ۴۲/۸۶ درصد، از دانشجو معلمان که دیپلم ریاضی دارند و ۲۱/۸۷ درصد، از دارندگان دیپلم علوم انسانی درک کاملی از این مفهوم دارند؛ در مقابل، ۴۵/۷۱ درصد، از افرادی که در رشته علوم تجربی تحصیل نموده اند درک کامل را نشان دادند. آمار کج فهمی مشاهده شده در این مفهوم ۶۲/۵۰ درصد، مربوط به دیپلمه های علوم انسانی؛ ۴۵/۷۱ درصد، علوم تجربی و ۵۷/۱۴ درصد، علوم ریاضی و فیزیک بود. در بین این دانشجویان ۲ نفر با دیپلم علوم تجربی و ۴ نفر با دیپلم علوم انسانی از این مفهوم درکی نداشته و ۱ نفر از هر کدام از این رشته‌ها سوال را بدون پاسخ گذاشته بودند.

چون همواره گرما از جسم گرم به سرد منتقل می‌شود؛ پس، جواب درست سوال پنجم، انتقال گرما از لیوان گرم به لیوان سرد می‌باشد. همان طور که جدول ۶ نشان می‌دهد، ۸۰/۱۰۰ درصد، از دانشجوی معلمان با دیپلم تجربی؛ ۷۱/۴۳ درصد، از دیپلمه های ریاضی و ۴۰/۶۲ درصد، با دیپلم انسانی درک کامل دارند؛ ۱۲/۵۰، ۵۰/۱۰۰ و ۲۸/۵۷ درصد، فراوانی کج فهمی را به ترتیب در دارندگان مدارک دیپلم علوم تجربی، انسانی و ریاضی فیزیک مشاهده می‌شود. همه‌ی دانشجویان به این پرسش پاسخ داده بودند و پاسخ های ۳ نفر، از علوم تجربی و ۳ نفر، از علوم انسانی بیانگر، عدم درک مفهوم فوق الذکر بود.

بحث و نتیجه گیری

در پرسش نامه‌ای که در این تحقیق بکار برده شد، هر کدام از سوالات بر مفهومی از گرما، دما و تبادل گرمایی دلالت داشته و سعی در شناخت برداشت و درک دانشجوی معلمان از آن واقعیت بود. به طوری که، در پرسش اول، هدف شناسایی درک مفهومی رابطه بین جرم ماده و دمای جسم بود. بررسی پاسخ های ارائه شده از سوی دانشجویان به این سوال نشان داد که صرف نظر از نوع دیپلم دانشجویان به طور متوسط ۳۵/۱۴ درصد، درک کاملی از آن داشته‌اند و دمای یک جسم را مستقل از اندازه و جرم آن می‌دانستند؛ بالای ۵۸/۱۱ درصد، از آنها در این مفهوم با کج فهمی مواجه‌اند و معتقدند، بین دمای جسم و جرم آن رابطه‌ای مستقیم وجود دارد؛ ۴/۰۵ درصد، عدم درک مشاهده شد و دمای دو میخ را قابل مقایسه نمی‌دانستند؛ ۲/۷۰ درصد، از کل دانشجویان سوال را بدون پاسخ گذاشته بودند. این نتایج، با یافته های لویس و لین (۱۹۹۴) و بدریان و همکارانش (۱۳۹۵) مطابقت دارد.

سوال دوم، به بررسی درک رابطه‌ی بین جرم ماده و گرمای جسم پرداخته بود؛ بطور میانگین ۳۵/۱۴ درصد، از کل دانشجویان درک کاملی از این رابطه داشتند و می‌دانستند هرچه جرم ماده بیشتر باشد، انرژی گرمایی بیشتری را در خود ذخیره دارد. ۵۴/۰۵ درصد، برداشت اشتباهی از مفاهیم گرما و دما داشتند و بعضاً آنها را مترادف هم در نظر می‌گرفتند و در توضیحی بر پاسخ‌شان برابری دمای دو میخ را دلیل آورده بودند. ۸/۱۱ درصد، هم با غیر قابل مقایسه بودن گرمای دو میخ عدم درک خود را نشان دادند. این نتیجه، مشابه نتایج گزارش شده از بدریان و همکارانش (۱۳۹۵) و اریکسون در سال ۱۹۷۹ بود. همچنین، تابرا^۱ (۱۹۹۵) نیز، در یافته‌های مطالعاتی خود صراحتاً اعلام می‌دارد علیرغم، آشنایی دانش آموزان با واژه های گرما و دما، اما، تفاوتی بین آنها قائل نبوده و بعضاً آنها را بجای هم بکار می‌برند.

پرسش سوم، به عدم وجود ارتباط بین جنس ماده و دمای ماده اشاره دارد؛ این موضوع، در مقایسه با دیگر موضوعاتی که در سایر سوالات مطرح شده بود بیشترین، کج فهمی را نشان داد بطوری که ۸۹/۱۰ درصد، کل دانشجویان را شامل می‌شد، این دسته از دانشجویان اعتقاد داشتند، نوع جنس ماده در میزان دمای آن می‌تواند موثر باشد و بعضاً در توجیه پاسخ خود رسانایی فلزات را دلیلی بر انتقال سریع تر گرما و در نتیجه داغ تر شدن قطعه‌ی آهنی ذکر کرده بودند. فقط پاسخ ۶ نفر، از دانشجویان نشان می‌داد که آنها درک کاملی از این موضوع دارند.

^۱ Taber

گرایسون و همکارانش (۱۹۹۵) و کسیدو^۱ و دوییت^۲ (۱۹۹۳) در مطالعات خود وجود این کج فهمی را تایید کرده بودند.

در سوال چهارم، درک وابستگی میزان گرمای ماده به جنس ماده؛ مورد پرسش قرار گرفته بود که ۵/۴۰ درصد، از کل دانشجویان این مفهوم را به درستی درک نموده بودند که قطعه‌ی چوبی، با توجه به نارسا بودن نسبت به قطعه‌ی آهنی رسانایی گرمایی بیشتری دارد؛ در مقابل، ۷۲/۹۰ درصد، بر این نظر بودند که قطعه‌ی آهنی گرمای بیشتری دارد و در این موضوع دچار کج فهمی بودند. در مطالعات چوی و همکارانش (۲۰۰۱) و گرایسون و همکارانش (۱۹۹۵) نیز مشابه این نتیجه مشاهده می‌شود، در مطالعات آنها، تقسیم بندی مواد به دسته‌های ذاتا گرم و سرد که به ترتیب به مواد چوبی و فلزی اطلاق می‌شود؛ از سوی شرکت کنندگان در پژوهش، گزارش شده است. در سوال پنجم از پرسش نامه، تبادل گرما بین دو جسم مورد پرسش بود. در بررسی پاسخ‌های دانشجویان به این سوال، در مقایسه با دیگر سوالات با متوسط ۶۲/۱۰ درصد، بیشترین درک کامل مشاهده شد که نشان از درک تبادل گرمایی از سوی آنها بود چرا که، به درستی انتقال گرما از لیوان گرم به سرد را به عنوان گزینه صحیح انتخاب نموده بودند. ولیکن، علیرغم این واقعیت، خصوصا در میان دانشجویانی که مدرک دیپلم آنها انسانی بود کج فهمی و تصور نادرست انتقال گرما، از لیوان آب سرد به گرم دیده شد. لازم به ذکر است که پرسش پنجم، تنها پرسشی در این مجموعه بود که همه دانشجوی معلمان آن را پاسخ داده بودند. این کج فهمی در دیگر مطالعاتی که درباره کج فهمی از سوی چوی و همکارانش (۲۰۰۱)، گرایسون و همکارانش (۱۹۹۵) و بدریان و همکارانش (۱۳۹۵) گزارش شد. برخی از دانش آموزان شرکت کننده، در مطالعات کسیدو و همکارانش (۱۹۹۳) معتقد به تقسیم بندی اجسام به دو دسته سرد و گرم بودند و اجسام سرد را فاقد توانایی گرم کردن اجسام گرم، تصور می‌کردند. در مجموع، بررسی یافته‌ها در این پژوهش نشان داد که در بین دانشجوی معلمان با رشته‌های تحصیلی دبیرستانی متفاوت کج فهمی و تصورات اشتباه درباره برخی از مفاهیم گرما، دما و تبادل گرمایی با درصد بالایی وجود دارد؛ چنانچه، در جدول ۷ نتایج پاسخ دهی به کل سوالات پرسش نامه به صورت مجموع درصد کل، در چهار سطح درک کامل، کج فهمی، عدم درک و بدون پاسخ آمده است، همچنین، در نمودار ۱ سطح درک دانشجوی معلمان با توجه به نوع مدارک دیپلم آنها نشان داده شده است.

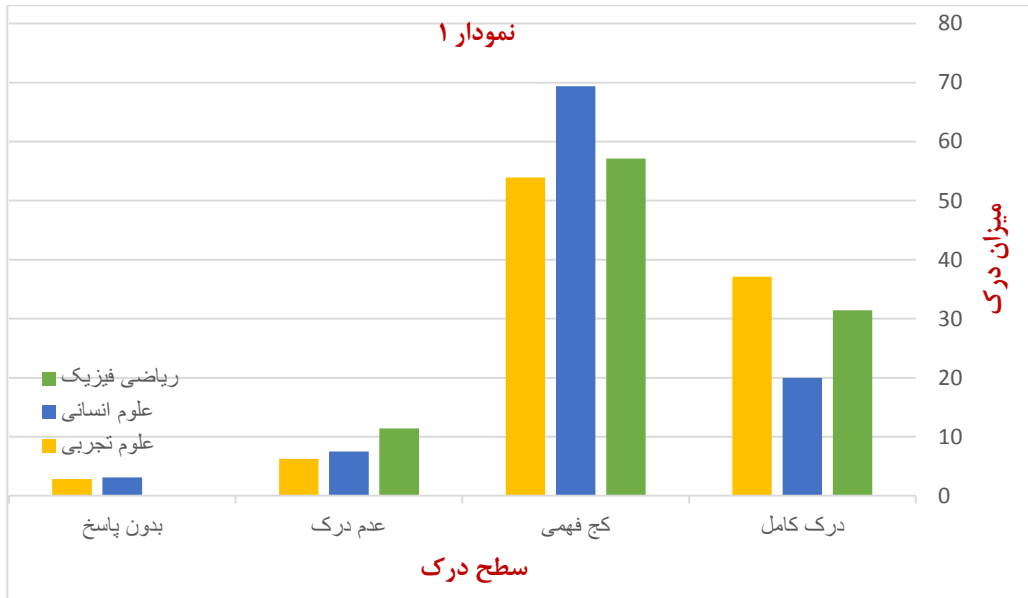
جدول ۷. مجموع درصد کل پاسخ‌های دانشجوی معلمان به کل سوالات پرسشنامه

ریاضی و فیزیک	علوم انسانی	علوم تجربی	مدرک دیپلم / برداشت از مجموع سوالات
۳۱/۴۳	۲۰/۰۰	۳۷/۱۴	درک کامل
۵۷/۱۴	۶۹/۳۸	۵۳/۹۳	کج فهمی
۱۱/۴۳	۷/۵۰	۶/۲۶	عدم درک
۰۰/۰۰	۳/۱۲	۲/۸۵	بدون پاسخ

^۱ Kesidou

^۲ Duit

توجه به جدول ۷، کج فهمی بالای ۵۰ درصد، در بین همه ی دانشجویان را نشان می دهد. از اینرو، می توان نتیجه گرفت: علیرغم، درک مفهومی گرما و دما از سوی برخی دانشجو معلمان، آموزش مفاهیم مرتبط با گرما و دما نیازمند توجه و دقت عمل بیشتری است. لذا، می طلبد در آموزش های دانشجو معلمان این مفاهیم مورد توجه قرار گیرند.



نمودار ۱. مقایسه سطح درک دانشجو معلمان براساس مدرک دیپلم

بر اساس نمودار ۱، دانشجو معلمان با دیپلم تجربی، بالاترین درک کامل را نشان دادند و بیشترین کج فهمی، در دیپلمه های علوم انسانی مشاهده شد؛ که این امر، می تواند ناشی از محدود بودن آموزش این مفاهیم به مقاطع ابتدایی و متوسطه اول باشد که سبب شده آنها پس از طی این مقاطع تحصیلی دیگر تحت آموزش رسمی در این رابطه قرار نگیرند.

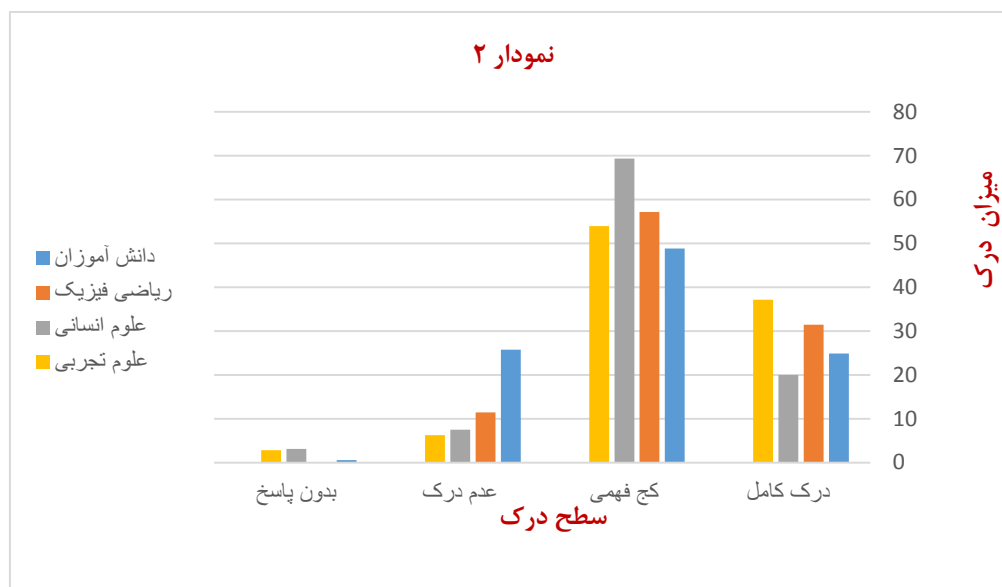
البته، تعداد کم دانشجو معلمان شرکت کننده در آزمون با مدرک دیپلم ریاضی فیزیک که در رشته علوم تربیتی مشغول به تحصیل بودند، می تواند در نتیجه ی این مقایسه موثر باشد و دلیل بالاترین، عدم درک مشاهده شده در این نمودار باشد.

در بخش دیگری از این مطالعه، یافته های گروه بدریان (۱۳۹۵) که با هدف بررسی کج فهمی های دانش آموزان پایه ی پنجم ابتدایی درباره ی مفهوم گرما و دما انجام شده بود با نتایج پژوهش حاضر، مقایسه و مورد بررسی قرار گرفت. جهت تخلص و تسهیل مطالعه ی خوانندگان جدول ۸ و نمودار ۲ تنظیم شده اند.

جدول ۸. مقایسه ی کج فهمی دانشجو معلمان و دانش آموزان درباره ی مفهوم گرما و دما

مدرک دیپلم / سطح درک	علوم تجربی	علوم انسانی	ریاضی و فیزیک	دانش آموزان
درک کامل	۳۷/۱۴	۲۰/۰۰	۳۱/۴۳	۲۴/۸۵
کج فهمی	۵۳/۹۳	۶۹/۳۸	۵۷/۱۴	۴۸/۸۲
عدم درک	۶/۲۶	۷/۵۰	۱۱/۴۳	۲۵/۷۴
بدون پاسخ	۲/۸۵	۳/۱۲	۰۰/۰۰	۰/۵۹

بر اساس جدول ۸، از نظر سطح درک مفاهیم گرما و دما دانشجوی معلمان نسبت به دانش آموزان وضعیت بهتری دارند؛ اما، با توجه به نقش خطیری که در آموزش و انتقال مفاهیم به جمع کثیری از دانش آموزان در طول دوره خدمتی خود دارند کج فهمی یا عدم درک آنها از این واقعیت ها می تواند، سبب انتقال آنها به فراگیران خود و دادن آموزش های غلط و نادرست به آنها شود.



نمودار ۲. مقایسه سطح درک دانشجوی معلمان بر اساس مدرک دیپلم و دانش آموزان

از نمودار ۲ می توان دریافت که دانشجویان با دیپلم های ریاضی و تجربی نسبت به دانش آموزان، درک کامل بیشتری دارند که این طبیعتاً، از آموزش بیشتر و سطح شناختی بالاتر آنها ناشی می شود. اما، دانشجوی معلمان با رشته های دبیرستانی علوم انسانی نسبت به دانش آموزان، درک کامل پایین تر و کج فهمی بیشتری را نشان دادند؛ این امر احتمالاً، از فراموشی برخی آموخته ها در این زمینه پیش آمده است. نگارنده معتقد است، عدم درک تقریباً بالای دانش آموزان نسبت به دانشجویان به سطح شناختی کمتر آنها برمی گردد.

در یک جمع بندی کلی، از یافته های این پژوهش می توان نتیجه گرفت که علیرغم، وجود آموزش هایی درباره گرما، دما و تبادل گرمایی در کتب علوم تجربی ابتدایی اما، کج فهمی و برداشت های اشتباهی از این مفاهیم، در بین دانشجوی معلمان علوم تربیتی با درصد قابل توجهی مشاهده شد که لازم است این موارد و موارد مشابه دیگر شناسایی شوند و در جهت رفع آنها اقدام نمود. نکته قابل تامل دیگر، آگاهی یافتن از عوامل ایجاد کننده ی این کج فهمی هاست که می توان به مواردی اشاره نمود همچون، پیش دانسته ها و تجارب قبلی دانشجوی معلمان در سال های گذشته، سازمان دهی نامناسب و عدم استفاده از آنالوگ ها و شبیه سازی های مناسب در آموزش های مدرسه ای آنها، رعایت نکردن تناسب محتوای علمی ارائه شده با رشد شناختی فراگیران و همچنین تحت آموزش قرار گرفتن به وسیله معلمانی که خود نیز شناخت درستی از این مفاهیم نداشتند.

بر اساس یافته های این پژوهش، پیشنهاد می شود: شناسایی مفاهیم چالشی، کج فهمی های رایج و موضوعاتی که مستعد برداشت های اشتباه و ایجاد عقاید نادرست در افراد هستند، در دستور کار برنامه ریزان و تدوین کنندگان سرفصل ها و واحدهای درسی دانشگاه فرهنگیان و همچنین مولفان کتب درسی قرار گیرد تا ضمن تعریف آموزش هایی خاص

در این رابطه از یک سو، بتوان به رفع این کج فهمی‌ها کمک نمود و از دیگر سو، با برجسته نمودن آنها اقدام به معرفی و آموزش روش‌های تدریس و ارزشیابی جهت جلوگیری از شکل‌گیری آنها در دانش‌آموزان به دانش‌جو معلمان داشت. همچنین، شایسته است، مولفان کتاب‌های علوم تجربی دوره‌های عمومی به آموزش و چگونگی آموزش مفاهیم گرما، دما، تبادل و تعادل گرمایی در راستای ارتقای فرآیند یاددهی - یادگیری عنایت بیشتری نشان دهند.

منابع

۱. آذر ناصری، اکبر. (۱۳۹۱). بررسی شبکه مفهومی کتاب بهای درسی علوم تجربی دوره ابتدایی براساس مشکلات یاددهی و یادگیری (گزارش طرح پژوهشی). تهران، وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی.
۲. فیزیک (۱) پایه دهم. (۱۳۹۸). تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران
۳. شیمی (۱) پایه دهم. (۱۳۹۸). تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران.
۴. بدریان، عابد. (پاییز ۱۳۹۵). بررسی کج فهمی های دانشجومعلمانی رشته ی علوم تجربی درباره ی ماهیت تبخیر، سرعت تبخیر سطحی و فشار بخار. فصلنامه نوآوری های آموزشی، ۵۹، ۱۲۵-۱۴۶.
۵. بدریان، عابد، شکرباغانی، اشرف السادات، پوراسکندری، رامین. (۱۳۹۲). بررسی کجفهمی های دانش آموزان پایه پنجم ابتدایی درباره مفهوم گرما و دما. فصلنامه نوآوری های آموزشی، ۴۸، ۹۳-۱۱۰.
۶. سرمد، زهره، بازرگان، عباس، حجازی، الهه. (۱۳۹۳). روش های تحقیق در علوم رفتاری. تهران. انتشارات آگاه.
۷. سعادت، مسعود. (۱۳۹۷). مطالعه و بررسی میزان درک دانشجومعلمانی رشته آموزش شیمی درباره مفاهیم مربوط به الکتروشیمی و مقایسه نتایج آن با دانش آموزان دوره متوسطه. پویش در آموزش علوم پایه، ۴(۱۰)، ۷۱-۸۵.
۸. علوم تجربی چهارم دبستان. (۱۳۹۸). تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران.
۹. Åberg-Bengtsson, L., Karlsson, K. G. & Ottosson, T. (۲۰۱۷). *Can There be a Full Moon at Daytime?* Young
۱۰. Students Making Sense of Illustrations of the Lunar Phases. *Science Education*, ۱۰۱, ۶۰۶-۶۳۸.
۱۱. Maskiewicz, A.C. & Lineback, J.E. (۲۰۱۳). Misconceptions are "so yesterday!". *CBE Life Sci Educ*, ۱۲(۳), ۳۵۲-۳۵۶.
۱۲. Adadan, E. & Oner, D. (۲۰۱۴). Exploring the Progression in Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge Representations. The Case of "Behavior of Gases" *Research in Science Education*, ۶(۴۴), ۸۲۹-۸۵۸.
۱۳. Allen, M. (۲۰۱۰). *Misconceptions in primary science*. England, Maidenhead: McGraw-Hill/Open University Press.
۱۴. Alwan, A.A. (۲۰۱۱). Misconception of heat and temperature among physics students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, ۱۲, ۶۰۰-۶۱۴.
۱۵. Bar, V, Brosh, Y. & Sneider, C. (۲۰۱۶). Weight, mass, and gravity: threshold concepts in learning science. *Science Educator*, ۱(۲۵), ۲۲-۳۴.
۱۶. Bayraktar, Ş & Kuvvet, Z. (۲۰۱۷). Preschool Children's Ideas about Living Things. *Paper presented at the 7nd International Baltic Symposium on Science and Technology Education: BalticSTE ۲۰۱۷, Siauliai, Lithuania*.
۱۷. Brook, A, Briggs, H, Bell, B & Driver, R. (۱۹۸۴). *Aspects of secondary students' understanding of heat: Full report, children's learning in science project*. England, Leeds: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
۱۸. Brulé, L, Labrell, F, Megalakaki, O, Fouquet, N. & Caillies, S. (۲۰۱۴). Children's justifications of plants as living things between ۵ and ۷ years of age. *European Journal of Developmental Psychology*, ۱۱(۵), ۵۳۲-۵۴۵.
۱۹. Cakir- Olgun, O.S. (۲۰۰۸). Examining the fifth graders' understanding of heat and temperature concepts via concept mapping. *Hacettepe University Journal of Education*, ۳۴, ۵۴-۶۲.

۲۰. Choi, H, Kim, E, Paik, S, Lee, K & Chung, W. (۲۰۰۱). Investigating elementary students' understanding levels and alternative conceptions of heat and temperature. *Elementary Science Education*, ۲۰, ۱۲۳-۱۳۸.
۲۱. Chou, C. Y. (۲۰۰۲). Science teachers' understanding of concepts in chemistry. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(D)*, ۱۷(۷), ۴۱-۴۸.
۲۲. Erickson, G. L. (۱۹۸۵). *Heat and temperature. Part A. In R. Driver Children's Ideas in Science (E. Guesne & A. Tiberghien Eds.)*. Philadelphia, PA: Open University Press. ۵۵-۶۶.
۲۳. Erickson, G.L. (۱۹۷۹). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, ۶۳, ۲۲۱-۲۳۰.
۲۴. Gonen, S & Kocakaya, S. (۲۰۱۰). A Cross-Age Study on the Understanding of Heat and Temperatures. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, ۳(۱), ۱-۱۵.
۲۵. Grayson, D.J, Harrison, A.G & Treagust, D.F. (۱۹۹۵). A multidimensional study of changes that occurred during a short course on heat and temperature. In A. Hendricks (Ed), *Proceedings of Southern African Association for Research in Mathematics and Science Education ۳rd Annual Meeting*, Cape Town, South Africa, ۱, ۲۷۳-۲۸۳.
۲۶. Harrison, A. G, Graison, D. J & Treagust, D. F. (۱۹۹۹). Investigating a grade ۱۱ student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, ۳۶(۱), ۵۵-۸۷. <http://newyorkscienceteacher.com/sci/pages/miscon/index.php>.
۲۷. Jasian, P. G & Oberem, G. E. (۲۰۰۲). Understanding of elementary concepts in heat and temperature among college students and K-۱۲ teachers. *Journal of Chemical Education*, ۷۹(۷), ۸۸۹-۸۹۵.
۲۸. Karabulut, A & Bayraktar, Ş. (۲۰۱۸). Effects of Problem Based Learning Approach on ۵th Grade Students' Misconceptions about Heat and Temperature. *Journal of Education and Practice*, ۹(۳۳), ۱۹۷-۲۰۶.
۲۹. Kesidou, S & Duit, R. (۱۹۹۳). Students' conceptions of the second law of thermodynamics - An interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, ۳۰, ۸۵-۱۰۶.
۳۰. Kirikkaya, E. B. & Gullu, D. (۲۰۰۸). Fifth Grade Students' Misconceptions about Heat - Temperature and Evaporation – Boiling. *Elementary Education Online*, ۷(۱), ۱۵-۲۷.
۳۱. Fisher, K.M., Williams, K.S & Lineback, J.E. (۲۰۱۱). Osmosis and diffusion conceptual assessment. *CBE Life Sci Educ*, ۱۰(۴), ۴۱۸-۴۲۹.
۳۲. Lewis, E. L & Linn, M. C. (۱۹۹۴). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, (۳۱), ۶۵۷-۶۷۷.
۳۳. Lewis, E. L, & Linn, M. C. (۱۹۹۴b). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, ۳۱(S1), S1۵۵-S1۷۵.
۳۴. Mulford, D. R, & Robinson, W. R. (۲۰۰۲). An inventory for alternate conceptions among first semester general chemistry students. *Journal of Chemical Education*, ۷۹, ۷۳۹-۷۴۴.
۳۵. Nielsen, W & Hoban, G. (۲۰۱۵). Designing a digital teaching resource to explain phases of the moon: A case study of preservice elementary teachers making a slowmation. *Journal of Research in Science Teaching*, ۹(۵۲), ۱۲۰۷-۱۲۳۳.
۳۶. Paik, S. H, Cho, B. K & Go, Y. M. (۲۰۰۷). Korean ۴- to ۱۱-year-old student conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, ۴۴(۲), ۲۸۴-۳۰۲.
۳۷. Savinainen, A, Mäkynen, A, Nieminen, P & Viiri, J. (۲۰۱۷). The Effect of Using a Visual Representation Tool in a Teaching-Learning Sequence for Teaching Newton's Third Law. *Research in Science Education*, ۴۷(۱), ۱۱۹-۱۳۵.
۳۸. Andrews, T. M., Leonard, M. J., Colgrove, C.A. & Kalinowski S.T. (۲۰۱۱). Active learning not associated with student learning in a random sample of college biology courses. *CBE Life Sci Educ*, ۱۰(۴), ۳۹۴-۴۰۵.
۳۹. Yeo, S & Zadnik, M. (۲۰۰۱). Introductory thermal concept evaluation: assessing students' understanding. *Physics Teacher*, ۳۹(۸), ۴۹۶-۵۰۴.