CC BY

پژوهشی

پژوهش در برنامه‌ریزی درسی
سال بیستم، دوره دوم، شماره 50 (پیاپی 77)
تابستان 1402، صفحات 15-1

Research in Curriculum Planning
Vol 20. No 50(continus 77)
Summer 2023, Pages 1-15

کشف ابعاد تدریس مبحث ذرات زیراتمی درس شیمی، پایه دهم، براساس نظریه PCK، با روش دلفی

مهشید ترکمان اسدی*، مصطفی قادری، محبوبه خسروی، بهرام صالح صدق‌پور، علیرضا کرمی گزافی

[1] دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی درسی ، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
[2]دانشیار گروه برنامه‌ریزی درسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
[3]دانشیار گروه برنامه‌ریزی درسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
[4]دانشیار گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران
[5]استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران

چکیده

مقاله حاضر به بررسی و شناسایی ابعاد تدریس در مبحث ذرات زیراتمی کتاب شیمی، پایه دهم بر اساس مدل دانش محتوای تربیتی (PCK) مگنوسان، کراجکیک و بورکو (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999) می‌پردازد. در این پژوهش دو مؤلفه «دانش راهبردهای آموزشی» و «دانش نسبت به فهم دانش‌آموزان از علوم» انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. رویکرد پژوهشی این مطالعه بر مبنای پژوهش‌های آمیخته با طرح اکتشافی متوالی، با استفاده از روش دلفی در سه دور انجام شد. مجموعه مشارکت‌کنندگان پژوهش را 33 نفر از دبیران شیمی تشکیل دادند که ابتدا به روش نظری و سپس گلوله برفی انتخاب شده بودند. در دور اول، یک مصاحبه نیمه‌ساختاریافته انجام و نتایج مصاحبه از طریق کدگذاری باز و محوری تحلیل شد. در دور دوم، مبتنی بر نتایج حاصل از کدگذاری دور اول، یک پرسشنامه بسته‌پاسخ طراحی شد. سپس در اختیار متخصصان قرار گرفت و پاسخ‌های آنها، از طریق تحلیل عامل کیو بررسی گردید. در دور سوم، با حذف سؤالات اضافی، مجدداً پرسشنامه در اختیار متخصصان قرار گرفت. در پایان با استفاده از تحلیل عامل کیو، هشت بعد برای تدریس مبحث ذرات زیراتمی، بر اساس مفهوم دانش محتوای تربیتی (PCK)، بدین ترتیب بدست آمد: «نماد پردازی تصویری»؛ «فعالیت‌های یادگیری»؛ «تمرین مهارت‌های ریاضی»؛ «راهبردهای توضیحی – تعاملی در تدریس»؛ «منشأ بدفهمی‌ها»؛ «بدفهمی‌های ماهیت و پایداری»؛ «رفع بدفهمی‌ها» و «پیش‌نیازها» بدست آمد.

واژگان کلیدی: آموزش شیمی، بدفهمی، PCK، روش دلفی، مبحث ذرات زیراتمی

Discovering the dimensions of teaching the subject of subatomic particles in the tenth grade chemistry course, based on the PCK theory, with the Delphi method

Mahshid Torkaman Asadi, Mostafa Ghaderi, Mahboobe Khosravi, Bahram Saleh Sedkgpour, Alireza Karami Gazafi

[1]Phd student of Curriculum Planning, Faculty of Psychology and Educational sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
[2] Associate Professor in Department of Curriculum Planning, Faculty of Psychology and Educational sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
[3] Associate Professor in Department of Curriculum Planning, Faculty of Psychology and Educational sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
[4] Associate professor in Department of Educational Science, Faculty of Human sciences, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
[5] Assistant professor in Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

Abstract

The present article examines and identifies the dimensions of teaching in the subject of subatomic particles in the chemistry book, 10th grade, based on the pedagogical content knowledge model (PCK) of Magnuson, Krajcic and Burko (1999). In this research, two components "Knowledge of educational strategies" and "Knowledge of students' understanding of science" were selected and investigated. The research approach of this study based on mixed-methods sequential exploratory design is carried out using Delphi method in three rounds. The group of research participants is consisted of 33 chemistry teachers selected through “theoretical sampling” and then “Snowball sampling”. The first step involved semi-structured interview (round 1) and the acquired results of interview analyzed by “Open Coding” and “Axial Coding”. In the second round, a closed-answer questionnaire was designed according to the results obtained from the first round’s coding. Then the designed is provided for experts and the answers were investigated by means of Q factor analysis. In the third round, with the elimination of redundant questions, the edited questionnaire was assigned to the experts for the second time. Finally using the Q factor analysis, the following 8 dimensions were achieved: “Image symbolization"; "Learning activities"; "Practice of mathematical skills"; "Interactive-expository strategies of teaching"; "The origin of misunderstandings"; "Misunderstandings of the nature & stability"; "Resolving misunderstandings " and "prerequisites".

Keywords: Teaching chemistry, PCK, misunderstanding, subatomic particles, Delphi method

*. نویسندهٔ مسئول: Mahshid.Torkamanasadi@yahoo.com

DOI: 10.30486/JSRE.2024.1998967.2402

وصول: 1402/07/25 پذیرش: 1402/10/19

مقدمه

هر حرفه‌ای دارای پیکره دانشی است که آن را از حرفه‌های دیگر متمایز می‌سازد و باعث می‌شود فردی که به مهارت‌های موجود در آن پیکره دانشی تسلط می‌یابد، یک فرد حرفه‌ای تلقی شود. جالب اینجاست که درباره پیکره دانشی مورد نیاز برای معلم شدن، تقریباً توافق نظری وجود ندارد. هرچند، داشتن دانش نسبت به یک مفهوم ویژه (شیمی، زیست‌شناسی و...) نیاز بنیادی برای معلم شدن است، اما تنها قسمتی از آن است. در این رابطه، مونترو (Montero,2001) بیان می‌کند که « ... تدریس بسیار فراتر از آن چیزی است که درس می‌دهید و در برگیرنده فعالیت‌هایی است که کمتر مشهود بوده و از لحاظ اجتماعی کمتر شناخته شده است». شولمن در پژوهش‌های خود این فعالیت‌های کمتر شناخته شده را به عنوان نقطه کوری در ارتباط با موضوع درسی مطرح می‌کند. به گفته شولمن آنچه گم شده، سؤالاتی در مورد محتوای دروس تدریس شده، سؤالات مطرح شده و توضیحات ارائه شده است. بنابراین، ساختار دانش محتوای آموزشی PCK را به عنوان شکل خاصی از دانش محتوا معرفی می‌کند که فراتر از دانش موضوعی صرف رفته و به بعد «دانش موضوعی برای تدریس» می‌پردازد. این نوع جدید از دانش معلم، ترکیبی از محتوا و آموزش را در فهم چگونگی سازماندهی، بازنمایی و تطبیق موضوعات خاص با علایق و توانمندی‌های متنوع فراگیران و ارائه برای آموزش نشان می‌دهد (Barendsen, Henz,2017). این تعریف نشان می‌دهد که دانش محتوای آموزشی PCK دربرگیرنده فهم و نوع استدلال آموزشی، تغییر و عمل است (Shulman, 1987)، بنابراین، هم فهم معلمان و هم عمل آنها را پوشش می‌دهد. آن قسمت از PCK که فهم معلمان را دربرمی‌گیرد می‌تواند به عنوان یک پایگاه دانش در نظر گرفته شود که در برنامه‌ریزی و ارائه دستورالعمل‌های موضوعی خاص مورد استفاده قرار گیرد (Gess-Newsome, 2015). در ادبیات مربوط به PCK از این قسمت تحت عنوان «دانش بر عمل» نیز یاد می‌شود که از طریق «تأمل بر عمل»، بعد از اتمام عمل تدریس حاصل می‌شود. با تأمل بر عمل، معلمان لزوم اصلاح یا ادامه برنامه‌ریزی برای تدریس یک موضوع خاص را درمی‌یابند. در نتیجه، آنها برای تدریس یک مبحث مشخص، بدنه موجود PCK خود را اضافه، تعدیل و مجدداً سازماندهی می‌کنند. این بعد PCK، صریح است و می‌توان آن را از معلمان استخراج کرد و در برنامه‌های آموزشی اعمال نمود (Park & Oliver, 2008).

در همین راستا، می‌توان مدل اجماع پالایش شده (RCM) (Carlson & et al, 2019) را نیز مد نظر قرار داد. این مدل سه حوزه PCK را ارائه می‌دهد: PCK شخصی (pPCK)، اعمال شده (ePCK) و جمعی (cPCK). PCK شخصی «دانش تخصصی و مجموعه‌ای از مهارت‌ها برای تدریس موضوعات علمی خاص برای دانش‌آموزان خاص در زمینه‌های یادگیری خاص است». PCK اعمال شده، (ePCK) همان PCK شخصی است که در عمل و در یک موقعیت خاص اجرا شده است. PCK شخصی و اعمال شده در زمینه‌ی جو، محیط آموزشی، کلاس درس و در ارتباط با ویژگی‌های فردی دانش‌آموزان معنا پیدا می‌کنند. PCK جمعی (cPCK) ترکیبی از دانش جامعه آموزشی در تمام زمینه‌هاست که در میان زنجیره‌ای از گروه‌ها، از PCK معلمانی که در یک جامعه یادگیری حرفه‌ای کار می‌کنند تا PCK متعارفی که در ادبیات تحقیق قابل دسترسی است، قرار دارد. این سه جزء با یکدیگر ارتباط داشته و اطلاعات و داده‌ها در میان آنها در جریان می‌باشند.

مسلماً، دانش PCK دارای اجزایی نیز هست که باید به درستی تعریف شود. از آنجا که شیوه‌های متفاوتی برای مفهوم‌سازی PCK وجود دارد و نویسندگان مختلف، مدل‌های متفاوتی را پیشنهاد می‌کنند که در آن، برخی مهارت‌ها نسبت به مهارت‌های دیگر اولویت دارند، مهم است که محقق نسبت به این که از کدام مدل مربوط به PCK در تحقیق استفاده کرده است، آگاه باشد. فقدان چنین اطلاعاتی می‌تواند مشکلاتی را برای خواننده ایجاد کرده و نیز می‌تواند میزان انتقاداتی را که به این مفهوم

وارد شده است را افزایش دهد (Fernandez, 2014). نمی‌توان گفت تنها یک راه درست برای گنجاندن یک دانش در دانش پایه تدریس وجود دارد (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999) و البته، ارائه هر گونه طبقه‌بندی به عنوان PCK، تنها «یک موضوع برای تمرکز» است (Marks, 1990). بنابراین، نباید یک توضیح از PCK را به عنوان تنها توضیح درست از آن در نظر گرفت. با این حال، به هنگام توضیح هر یک از اجزای PCK، یک اصل اساسی – این که همه مؤلفه‌ها، ترکیبی از عناصر دانش موضوعی و دانش تربیتی یا دانش‌های دیگر مربوط به تدریس هستند – باید مد نظر قرار گیرد. در غیر این صورت، اصطلاح پیشنهادی، متناسب و مرتبط نخواهد بود (Jing-Jing,2014).

هدف این پژوهش، شناسایی ابعاد تدریس مبحث ذرات زیراتمی درس شیمی، پایه دهم بر اساس مؤلفه‌های PCK است. بدین معنی که آنچه معلمان متبحر و خبره در حوزه PCK شخصی و اعمال شده خود، از طریق تأمل بر عمل بر آن آگاه گشته‌اند را بررسی نماید تا از این طریق ذهنیت دبیران خبره را وارد PCK جمعی نماید. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به هرچه شفاف‌تر شدن PCK جمعی در جامعه آموزشی کمک کند.

با توجه به اهمیت تعریف مؤلفه‌های دانش محتوای تربیتی در یک موضوع درسی مشخص، موضوع درسی «ذرات زیراتمی» که در درس شیمی سال دهم آموزش داده می‌شود، انتخاب شد. و به تناسب آن، با توجه اهمیت انتخاب یک مدل مشخص، از مدل دانش محتوای تربیتی مگنوسان، کراجکیک و بورکو (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999) استفاده شد که متمرکز بر آموزش علوم است. این مدل شامل پنج مؤلفه جهت‌گیری نسبت به تدریس علوم، دانش برنامه درسی علوم، دانش راهبردهای آموزشی علوم، دانش نسبت به فهم دانش‌آموزان از علوم و دانش نسبت به روش‌های ارزشیابی در علوم است. از آنجا که محققان با بررسی مؤلفه‌های مختلف PCK و انواع متفاوت ادغام آنها، به این نتیجه رسیده‌اند که «دانش نسبت به درک دانش‌آموزان از علوم» و «دانش نسبت به راهبردهای آموزشی»، اساسی‌ترین و متداول‌ترین نوع ادغام است که برای توسعه دانش معلم حیاتی است و با یکدیگر بیشترین ارتباط را دارد (Akin & Uzuntiryaki,2018; Chan & Hume, 2019; Park & Chen, 2012; van Driel, Jong & Verloop 2002; van Driel, Berry, & Meirink, 2014; Bayram-Jacobs & et al, 2019). همچنین به دلیل حجم زیاد مصادیق 5 مؤلفه مدل مگنوسان در عمل تدریس که مطالعه‌شان را در این تحقیق غیرممکن می‌کند؛ در این پژوهش دو مؤلفه «دانش نسبت به درک دانش‌آموزان از علوم» و «دانش نسبت به راهبردهای آموزشی» انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد، دانش محتوای آموزشی چهارچوبی مفید برای بازگشایی پیچیدگی‌های دانش معلمان علوم است (Shulman, 1986)، همانطور که مشاهده می‌شود در طیف گسترده‌ای از تحقیقات با موضوعات مختلفی همچون پیشرفت‌های یادگیری معلم علوم (Friedrichsen, & Berry, 2015; Schneider, & Plasman, 2011)؛ جایگاه حرفه‌ای معلم (Park, & Oliver, 2008; Barenthien, Fiebranz, Todorova, & Möller; 2023)؛ منابع دانش حرفه‌ای معلمان (Kind, 2009; Nilsson, 2008)؛ نقش باورها در دانش و عملکرد معلم (Friedrichsen, van Driel, & Abell; 2011)؛ کیفیت تدریس معلم یا عملکرد معلم (Kulgemeyer, & Riese; 2018) با استفاده از این مفهوم انجام شده‌اند.

بنابراین، در این پژوهش سعی بر آن بود تا به صورت دقیق و کاملاً منطبق با تعریف دانش محتوای تربیتی یک نمونه عملی از آن ارائه گردد. دستیابی به چنین نتیجه‌ای و انجام پژوهش‌های این چنین علاوه بر این که به غنای هر چه بیشتر محتواهای مطرح در سرفصل‌های رشته آموزش شیمی برای تربیت معلمان شیمی کمک خواهد، در آموزش‌های ضمن خدمت نیز کاربرد خواهد داشت و معلمان به منظور رشد و ارتقای مهارت‌های خود نیز

خواهند توانست از آن استفاده نمایند. به منظور رسیدن به چنین نتیجه‌ای در این پژوهش تلاش شد تا به سؤالات زیر پاسخ داده شود:

1. «دانش معلم از راهبردهای تدریس» و «دانش معلم نسبت به فهم دانش‌آموزان از علوم»، در تدریس مبحث ذرات زیراتمی درس شیمی، پایه دهم، از نظر متخصصان در چه ابعادی مطرح می‌گردند؟
2. هر یک از ابعاد شناسایی شده چگونه تعریف می‌شود؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر دارای هدفی کاربردی؛ از نظر گردآوری داده‌ها، توصیفی_ پیمایشی؛ و از نظر ماهیت داده‌ها دارای رویکرد آمیخته با طرح اکتشافی متوالی (کیفی – کمی) است. این پژوهش با روش دلفی به منظور دستیابی به اجماع نظر دبیران خبره، انجام شد. روش دلفی، یک روش تحقیق آمیخته است. این روش از آن نظر کیفی است که برای رسیدن به اجماع، بر نظرات ذهنی گروهی از متخصصان تکیه دارد؛ و از آن نظر کمی است که از روش‌های آماری برای تحلیل نتایج و شناسایی روندها و الگوها استفاده می‌کند (Fink-Hafner, Dagen, Douˇsak, Novak, & Hafner-Fink, 2019). هنگامی که درباره اتفاق نظر یک جمع صاحب‌نظر، درباره یک موضوع خاص به بررسی بپردازیم می‌توان از روش دلفی استفاده کرد (Bazargan, Sarmad, Hejazi, 2023). برخی محققان، کاربرد همزمان روش‌شناسی دلفی و تکنیک کیو را نیز کارآمد می‌دانند (Wallis. Burns, & Capdevila; 2009; Rust, 2017; Kirschbaum, Barnett, Cross; 2019). در فاز اول، ادبیات نظری مربوط به موضوع بررسی شد. از میان مبانی نظری موجود، مدل دانش محتوای تربیتی مگنوسان، کراجکیک و بورکو (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999) انتخاب شد که متمرکز بر آموزش علوم است. این مدل شامل پنج مؤلفه «جهت‌گیری نسبت به تدریس علوم»، «دانش برنامه درسی علوم»، «دانش راهبردهای آموزشی علوم»، «دانش نسبت به فهم دانش‌آموزان از علوم» و «دانش نسبت به روش‌های ارزشیابی در علوم» است. از آنجا که محققان به این نتیجه رسیده‌اند که «دانش نسبت به درک دانش‌آموزان از علوم» و «دانش نسبت به راهبردهای آموزشی»، اساسی‌ترین و متداول‌ترین مؤلفه‌ها هستند که برای توسعه دانش معلم حیاتی است و با یکدیگر بیشترین ارتباط را دارند (Akin, & Uzuntiryaki-Kondakci, 2018; Chan, & Hume, 2019; Park & Chen, 2012; van Driel, & et al, 2002, 2014; Bayram-Jacobs, & et al, 2019). همچنین، به دلیل حجم زیاد مصادیق 5 مؤلفه مدل مگنوسان در عمل تدریس که مطالعه‌شان را در این تحقیق غیرممکن می‌کرد؛ در این پژوهش مؤلفه‌های «دانش نسبت به درک دانش‌آموزان از علوم» و «دانش نسبت به راهبردهای آموزشی» انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه، روش دلفی مورد استفاده قرار گرفت.

روش دلفی در این پژوهش در سه دور اجرا شد. در دور نخست، مؤلفه‌های بدست آمده از مطالعه ادبیات نظری، در قالب مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با متخصصان (دبیران خبره آموزش شیمی) بکار گرفته شد و آنها به تفصیل ذهنیت خود را درباره این مبانی در زمینه تدریس موضوع ذرات زیراتمی بیان کردند. این دور مربوط به بخش کیفی روش تحقیق بوده و هدف آن منطبق نمودن مبانی نظری با زمینه تدریس واقعی و PCK شخصی و اعمال شده دبیران خبره بود. تحلیل اطلاعات بدست آمده از مطالعه مبانی و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته (دور اول دلفی) در قالب کدگذاری باز و محوری انجام شد. در دور دوم دلفی، بعد از انجام کدگذاری باز و محوری و تشکیل جدول هدف – محتوا، سؤالات پرسشنامه‌ی دور دوم دلفی (به شکل بسته پاسخ) تنظیم گردید. در این مرحله، بعد از تعیین روایی ابزار تحقیق، آزمون در میان دبیران خبره شیمی اجرا شد. نتایج حاصل از دور دوم دلفی، از طریق تحلیل عامل کیو بررسی شد.

در دور سوم دلفی، به منظور سنجش تکرار پذیری پاسخ‌ها، پرسشنامه جدید با حذف برخی سؤالات مجدداً تنظیم شد و در میان همان دبیران باز آزمایی گردید. و تحلیل عامل کیو در مورد آن انجام شد. نتایج مشترک میان دور دوم و سوم دلفی، به عنوان ابعاد به دست آمده نتیجه‌گیری شد. بخش کمی پژوهش مربوط به دور دوم و سوم دلفی است. جدول شماره 1 نشان دهنده مراحل اجرای روش دلفی است.

جدول (1). مراحل اجرای روش پژوهش دلفی

روش تحقیق کیفی	1. مطالعه ادبیات نظری: تعیین مبانی نظری پژوهش	
	2. دور اول دلفی: مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با دبیران خبره از طریق مفاهیم به دست آمده از مرحله قبل	
	تحلیل مصاحبه‌ها با استفاده از کدگذاری باز و محوری روش گرندد تئوری	سنجش روایی ابزار تحقیق
	تشکیل جدول هدف – محتوا	
	تدوین پرسشنامه بسته پاسخ بر اساس داده‌های کیفی	
روش تحقیق کمی	3. دور دوم دلفی: مصاحبه ساختاریافته با دبیران خبره از طریق پرسشنامه بسته پاسخ اول	
	استخراج ابعاد از طریق تحلیل عامل کیو	سنجش روایی ابزار تحقیق و آزمون کفایت حجم نمونه
	تشکیل جدول هدف – محتوای دوم	
	حذف سؤالات غیرمرتبط با مفاهیم بدست آمده	
	تدوین پرسشنامه بسته پاسخ دوم	
	4. دور سوم دلفی: مصاحبه ساختاریافته با دبیران خبره از طریق پرسشنامه بسته پاسخ دوم	
	استخراج ابعاد از طریق تحلیل عامل کیو	سنجش پایایی ابزار تحقیق و آزمون کفایت حجم نمونه
	اشتراک‌گیری مفاهیم بدست آمده از میان نتایج دور دوم و سوم دلفی	

جامعه این پژوهش را کلیه دبیران متخصص و خبره در آموزش شیمی تشکیل می‌دهند. بنابر آنچه که پالمر، استوف، بوردنسکی و گونزالز (2005) با بررسی معیارهای تخصص در معلمان از دیدگاه پژوهشگران، بیان کرده‌اند، سال‌های تخصص در حرفه معلمی بین 5 تا 10 سال تجربه تدریس بود. اغلب پژوهشگران، حضور حداقل 3 سال در محیط‌های آموزشی را ضروری دانسته‌اند (Ghaderi, Nosrati, & Khosravi; 2018). از این رو، دبیرانی با داشتن 5 تا 10 سال سابقه تدریس در شیمی، جزو معلمان متخصص و جامعه پژوهشی این مطالعه قرار گرفتند.

از میان جامعه پژوهشی ابتدا نمونه‌گیری به روش نمونه‌گیری نظری انجام، و مطابق دیدگاه آنان مشارکت-کنندگان دیگر به روش گلوله‌برفی وارد گروه شدند. مشارکت‌کنندگان در این پژوهش را گروهی متشکل از 33 نفر از دبیران خبره آموزش شیمی تشکیل می‌دادند. نمونه‌گیری تا جایی ادامه پیدا کرد تا نتایج مصاحبه‌های اولیه به حالت اشباع برسد.

در اجرای روش دلفی، از دو ابزار «مصاحبه نیمه-ساختاریافته» در دور اول دلفی و «پرسشنامه بسته پاسخ» در دو مرحله بعدی روش دلفی استفاده شد. در

مصاحبه نیمه‌ساختاریافته بر اساس نتایج مطالعات نظری، دو مؤلفه «دانش راهبردهای آموزشی» و «دانش فهم دانش‌آموزان از علوم» از مدل مگنوسان، کراجکیک و بورکو (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999) مبنای کار قرار گرفت، زیرمؤلفه‌های هر یک از مقالات و منابع استخراج شد (جدول شماره 2). سپس، سؤالات مصاحبه نیمه‌ساختاریافته مبتنی بر جدول شماره 2 طراحی و اجرا شد.

جدول (2). مؤلفه ها و زیرمؤلفه های مدل مگنوسان، کراجکیک و بورکو (1999)

دانش راهبردهای آموزشی	دانش مربوط به راهبردهای کلی تدریس در علوم	راهبردهای اکتشافی (اکتشاف، معرفی اصطلاحات و کاربرد مفهوم)
		راهبردهای انتقالی(جلب توجه، بیان اهداف، فراخوانی یادگیری‌های گذشته، ارائه مواد آموزشی)
	دانش مربوط به راهبردهای تدریس مباحث مشخص در شیمی	بازنمایی‌ها برای تدریس مباحث مشخص (مثال‌ها، قیاس‌ها، مدل‌ها و تصاویر)
		نقاط قوت و ضعف هر بازنمایی
		فعالیت‌های یادگیری مباحث مشخص (مسئله، نمایش آزمایش، شبیه‌سازی، تحقیق یا آزمایش تجربی)
		نقاط قوت و ضعف هر فعالیت
دانش فهم دانش‌آموزان از علوم	دانش مربوط به شرایط یادگیری مفاهیم علمی مشخص	مهارت‌های پیش‌نیاز ضروری برای یادگیری موضوع جدید
		دانش معلمان از روش‌های متفاوت دانش‌آموزان برای یادگیری
	دانش مربوط به مباحثی که دانش‌آموزان در یادگیری آن مشکل دارند	مباحثی که دانش‌آموزان در فهم آن مشکل دارند
		دلایل مشکلات (انتزاعی بودن، ندانستن روش حل مسئله و تضاد با دانش قبلی)
		چگونگی کمک به دانش‌آموزان برای حل مشکلات یادگیری

«پرسشنامه بسته پاسخ» که در دو دور دلفی مورد استفاده قرار گرفت با استفاده از تحلیل متن مصاحبه‌ها در قالب کدگذاری باز و محوری، تدوین شد. این پرسشنامه دارای 50 سؤال است که در طیف لیکرت از 0 (بسیار مخالف) تا 9 (بسیار موافق) در اختیار دبیران قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل در بخش مصاحبه نیمه‌ساختاریافته به روش کیفی کدگذاری باز و محوری، و در دو مرحله دلفی به شیوه تحلیل عامل کیو انجام شد.

یافته‌های پژوهش

به منظور پاسخگویی به سؤال اول پژوهش: «دانش معلم از راهبردهای تدریس» و «دانش معلم نسبت به فهم دانش‌آموزان از علوم»، در تدریس مبحث ذرات زیراتمی درس شیمی، پایه دهم، از نظر متخصصان در چه ابعادی مطرح می‌گردند؟ از تحلیل عاملی کیو استفاده شد. به منظور انجام تحلیل عاملی کیو، یک پیش‌فرض اساسی این است که از مناسب بودن داده‌ها اطمینان حاصل شود. در این راستا، آزمون (KMO) برابر با 0.801 شد. همچنین مقدار کای اسکوئر برای آزمون کرویت بارتلت 817.810 که با درجه آزادی 496 معنی دار شد (P=0.001). بنابراین، با توجه به جدول شماره 3، داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی کیو مناسب هستند.

جدول (3). نتایج آزمون های تناسب داده ها

میزان اندازه KMO	0.801
کرویت بارتلت	817.810
DF	496
Sig	<0.001

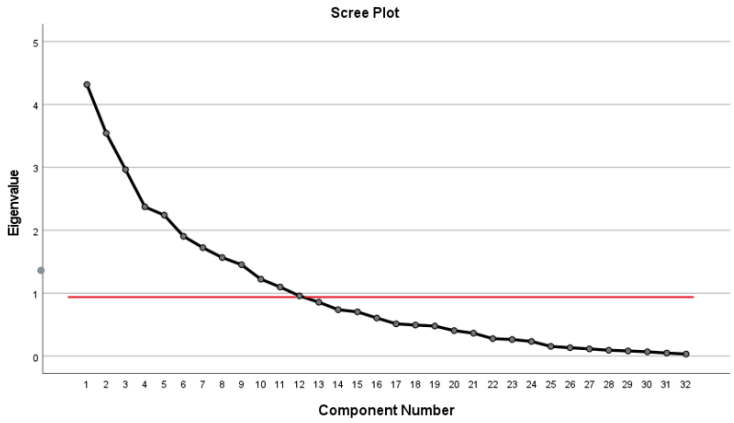
برای تفسیر و شناسایی عامل‌ها از نظر دبیران و انجام تحلیل عاملی، از ماتریس همبستگی که روش مرسومی است استفاده شد. عامل‌ها به روش واریماکس که نوعی چرخش متعامد است، چرخش یافتند. در واقع این روش به منظور تشخیص متغیرها به صورت مستقل برای تحلیل عاملی استفاده می‌شود (Mansourfar, 2001). مبتنی بر این روش، اعداد استخراج شده از تحلیل عاملی کیو به روش مؤلفه‌های اصلی بدست می‌آید. پس از چرخش در نرم‌افزار spss مشخص شد که از تحلیل داده‌های 33 دبیر شیمی، 11 عامل که مقادیر ارزش ویژه آنها بالاتر از 1 است بدست آمد (جدول شماره 4). اما در ادامه تحلیل، عامل ششم، دهم و یازدهم به دلیل این که بر اساس تکنیک کیو، فاقد اجماع نظر مشارکت‌کنندگان بود و تنها با یک نفر تشکیل شده بودند، حذف گردیدند. درصد تجمعی کل عوامل 76.249 درصد است که نشان می‌دهد در حدود 76 درصد از تفکر دبیران مشترک بوده و در حدود 24 درصد از آن به عوامل فردی همچون گرایش‌ها، رغبت‌ها و آگاهی‌های فردی مربوط است. این امر گویای آن است که واقعیتی بیرونی وجود داشته که توانسته دیدگاه حدود 76 درصد از مشارکت‌کنندگان را حول خود سازمان دهد. بر اساس نتایج بدست آمده عامل‌ها به ترتیب 9.863، 9.591، 8.282، 7.885، 7.873، 6.401، 6.388، 5.780، 5.344، 4.570، 4.275 درصد از واریانس کل را تبیین می‌کنند.

جدول (4). مقدار کل واریانس تبیین شده برای 11 عامل

مشارکت کنندگان	مقادیر ویژه اولیه			مجموع مجذور بارهای عاملی استخراجی			مجمع مجذور بارهای عاملی چرخش یافته		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
1	4.317	13.490	13.490	4.317	13.490	13.490	3.156	9.863	9.863
2	3.543	11.073	24.562	3.543	11.073	24.562	3.069	9.591	19.454
3	2.964	9.261	33.823	2.964	9.261	33.823	2.650	8.282	27.735
4	2.372	7.413	41.236	2.372	7.413	41.236	2.523	7.885	35.620
5	2.241	7.002	48.239	2.241	7.002	48.239	2.519	7.873	43.493
6	1.904	5.949	54.187	1.904	5.949	54.187	2.048	6.401	49.894
7	1.723	5.385	59.572	1.723	5.385	59.572	2.044	6.388	56.281
8	1.566	4.893	64.465	1.566	4.893	64.465	1.849	5.780	62.061
9	1.452	4.538	69.002	1.452	4.538	69.002	1.710	5.344	67.405

71.974	4.570	1.462	72.820	3.818	1.222	72.820	3.818	1.222	10
76.249	4.275	1.368	76.249	3.429	1.097	76.249	3.429	1.097	11

همانطور که در نمودار اسکری نیز مشخص است، خط فرضی نمودار از عامل یازده به بعد شکسته شده و به سمت مسطح شدن می‌رود. سه عامل اول بزرگ و معنادار است و بجز عامل 6، 10 و 11، عامل‌های 4، 5، 7، 8 و 9 نیز معنادار بوده و قابل تعریف هستند. بنابراین، عامل‌های با مقادیر ویژه بالای یک که نشان‌دهنده الگوهای ذهنی افراد هستند، کاملاً مشخص می‌باشد.



نمودار (1). نمودار اسکری برای تعیین عامل های تحلیل عامل کیو

در ادامه با توجه به اطلاعات مندرج در جدول شماره 5، این ماتریس نشان می‌دهد دو مؤلفه مورد بررسی در تحقیق، در چند بعد (عامل) وجود دارند. همچنین، به کمک این ماتریس مشخص شد که هر بعد از اجماع نظر کدام یک از مشارکت‌کنندگان ساخته شده است. یا کدام یک از مشارکت‌کنندگان، هر بعد را نمایندگی می‌کنند. با بررسی نتایج این ماتریس مشخص شد، مشارکت‌کنندگان (17، 16، 14، 26، 5) مشترکاً بعد اول را شناسایی نموده‌اند. مشارکت‌کنندگان (31، 15، 19، 3) بعد دوم؛ مشارکت‌کنندگان (32، 21، 33، 34) بعد سوم؛ مشارکت‌کنندگان (12، 29، 20) بعد چهارم؛ مشارکت‌کنندگان (22، 6، 23) بعد پنجم؛ مشارکت‌کنندگان (4 و 30) بعد ششم؛ مشارکت‌کنندگان (11، 7، 25) بعد هفتم و مشارکت‌کنندگان (35، 18، 24) بعد هشتم را به طور مشترک نمایندگی می‌کنند. بنابراین، می‌توان بیان کرد که مؤلفه‌های «دانش معلم از راهبردهای تدریس» و «دانش معلم نسبت به فهم دانش‌آموزان از علوم»، در تدریس مبحث ذرات زیراتمی درس شیمی، پایه دهم، از نظر دبیران خبره تحت عنوان هشت بعد مطرح می‌گردند.

جدول (5). ماتریس داده های چرخش داده شده و بار عامل هر یک از آنها

11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
0.251	-0.030	-0.001	0.095	-0.059	-0.179	0.051	0.057	-0.052	-0.163	0.788	17

-0.041	-0.242	0.033	0.005	0.140	-0.155	0.065	0.152	-0.028	0.016	0.785	16
-0.127	-0.395	0.052	-0.103	-0.083	-0.012	0.083	0.292	-0.078	-0.172	-0.643	14
-0.029	0.057	0.284	-0.113	0.135	0.112	0.092	-0.191	0.069	0.373	0.558	26
-0.144	0.036	-0.036	0.125	-0.144	0.482	0.199	0.052	-0.406	0.025	0.541	5
-0.223	0.062	0.096	-0.086	-0.179	0.201	0.360	0.390	0.210	0.049	0.473	10
-0.055	0.041	-0.058	-0.057	0.287	-0.020	-0.046	0.149	0.002	0.841	0.034	31
0.201	-0.163	0.053	-0.101	-0.109	0.014	0.070	0.108	0.009	0.794	-0.031	15
-0.076	0.464	0.219	-0.143	0.146	0.365	0.065	-0.069	-0.127	0.557	0.019	19
-0.339	-0.082	0.127	0.246	0.018	-0.361	0.018	0.346	-0.117	0.527	0.133	3
0.162	0.022	0.030	0.105	-0.066	0.067	0.033	-0.220	0.707	0.066	-0.381	32
0.103	0.044	-0.047	0.156	-0.014	-0.287	0.441	-0.309	0.645	0.125	0.169	28
0.066	0.327	-0.125	-0.120	-0.040	-0.005	0.219	0.396	0.614	-0.070	0.216	21
0.087	-0.135	0.119	-0.331	0.217	0.293	0.064	0.205	-0.564	0.273	-0.185	33
0.210	0.086	-0.038	0.208	-0.228	-0.028	0.240	0.166	-0.553	0.516	0.027	34
-0.140	-0.068	0.061	-0.157	-0.029	0.001	0.034	0.779	-0.085	0.126	0.026	12
0.132	0.014	-0.241	0.001	0.167	0.185	0.060	0.692	-0.064	0.298	-0.060	29
0.265	0.165	0.074	0.124	-0.151	-0.129	-0.234	0.628	-0.178	-0.068	0.039	20
0.054	-0.130	0.129	-0.099	0.099	-0.090	0.826	0.155	-0.073	0.143	0.004	22
-0.054	-0.039	-0.228	-0.044	-0.048	0.073	0.773	-0.099	0.129	-0.047	0.133	6
0.144	0.052	0.036	-0.041	0.566	0.073	0.633	-0.161	0.070	-0.026	0.056	23
0.037	-0.116	-0.039	0.115	0.072	0.898	-0.008	0.018	-0.026	-0.044	-0.155	8
0.151	-0.185	0.009	-0.048	0.810	0.071	-0.129	-0.025	0.131	0.203	0.152	4
-	0.155	0.035	0.086	0.759	-	0.265	0.047	-	-	-	30

	0.048	0.001	0.257			0.062					0.156
11	0.248	-0.060	-0.082	-0.099	-0.125	-0.143	-0.004	0.729	-0.144	-0.036	0.154
7	0.363	0.155	-0.239	-0.071	-0.067	-0.124	0.014	-0.701	-0.198	-0.067	-0.064
25	0.145	0.475	0.082	-0.200	0.062	-0.342	0.097	0.539	-0.150	-0.060	0.102
35	-0.095	0.066	0.021	0.103	0.084	-0.133	-0.074	-0.121	-0.860	-0.094	-0.180
18	0.094	0.242	-0.281	-0.134	-0.070	-0.400	-0.210	-0.120	0.542	-0.142	-0.116
24	-0.273	0.257	0.392	0.237	0.362	0.187	0.192	0.205	0.493	-0.159	-0.156
9	-0.075	-0.091	0.125	0.073	-0.125	-0.141	-0.042	0.014	0.009	0.814	0.053
13	0.120	0.119	0.091	0.061	0.053	0.001	0.054	0.191	0.107	0.051	0.815

در پاسخ به سؤال دوم پژوهش، هر یک از ابعاد شناسایی شده چگونه تعریف می‌شود؟به منظور پاسخ-دهی به این سؤال، باید مشخص می‌شد که هر یک از عوامل استخراج شده شامل کدام عبارات بوده‌اند. سؤالات مشترک در میان پاسخ دهندگان که دارای امتیاز 8 و 9 بودند، به عنوان عبارات مشترک تشکیل‌دهنده هر بعد در نظر گرفته شد. نتیجه در جدول شماره 6 نشان داده شده است.

جدول (6). جدول عبارات تشکیل دهنده ابعاد به دست آمده

ابعاد	عبارات تشکیل‌دهنده
1	10، 12، 13، 14
2	11، 14، 17، 18، 19، 21، 22، 23، 26، 28، 30، 32، 45
3	32، 45، 18، 20، 22، 23، 46
4	4، 5، 7، 9، 10، 25، 32، 46
5	3، 22، 23، 32، 34، 35، 43، 47
6	7، 10، 12، 22، 23، 24، 27، 29، 32، 33، 36، 38، 39، 41، 43، 46
7	12، 13، 16، 17، 19، 20، 22، 23، 35، 40، 41، 47
8	9، 14، 22، 30، 31، 32، 40، 49

در آخرین مرحله روش تحلیل عاملی کیو، پس از اینکه هر یک از عامل‌ها (ابعاد) و عبارات تشکیل‌دهنده آنها مشخص شد، با توجه به محتوای عبارات و مبانی نظری، ابعاد بدست آمده، تفسیر و بدین صورت نامگذاری شد: «نماد پردازی تصویری»؛ «فعالیت‌های یادگیری»؛ «تمرین مهارت‌های ریاضی»؛ «راهبردهای توضیحی-تعاملی در تدریس»؛ «منشأ بدفهمی‌های ذرات زیراتمی»؛ «بدفهمی‌های ماهیت و پایداری ذرات زیراتمی»؛ «رفع بدفهمی‌های ذرات زیراتمی» و «پیشنیازها».

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش شناسایی ابعاد تدریس

مبحث ذرات زیراتمی درس شیمی، پایه دهم، به کمک روش دلفی بوده است. بر این اساس، ابعاد PCK در 8 بعد شناسایی و استخراج شد: «نماد پردازی تصویری»؛ «فعالیت‌های یادگیری»؛ «تمرین مهارت‌های ریاضی»؛ «راهبردهای توضیحی - تعاملی در تدریس»؛ «منشأ بدفهمی‌ها»؛ «بدفهمی‌های ماهیت و پایداری»؛ «رفع بدفهمی‌ها» و «پیشنیازها». از میان آنها، ابعاد «نماد پردازی تصویری»؛ «فعالیت‌های یادگیری گزارش و آزمایش محور»؛ «تمرین مهارت‌های ریاضی»؛ «راهبردهای توضیحی - تعاملی در تدریس» بر اساس مدل مگنوسان، کراجکیک و بورکو (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999)، در قالب مؤلفه «دانش نسبت به راهبردهای آموزشی» قرار می‌گیرند. همینطور ابعاد «منشأ بدفهمی‌های ذرات زیراتمی»؛ «بدفهمی‌های ماهیت و پایداری ذرات زیراتمی»؛ «رفع بدفهمی‌های ذرات زیراتمی» و «پیش‌نیازها» در قالب مؤلفه «دانش نسبت به درک دانش‌آموزان» قرار می‌گیرند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت ابعادی که از نظر دبیران فرهیخته در تدریس مبحث ذرات زیراتمی کتاب دهم شیمی، مهم تلقی می‌شوند قسمتی از PCK شخصی آنها را تشکیل می‌دهد و در این تحقیق با استخراج و مدون نمودن آن بر غنای PCK جمعی مربوط به این مبحث افزوده خواهد شد. از این رو، نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان مرجعی برای تدریس این مبحث مورد استفاده قرار گیرد.در ادامه، این ابعاد به شرح ذیل تعریف می‌شوند:

نماد پردازی تصویری: راهبردهای آموزشی تعیین کننده وظایف معلم و زمینه‌ساز فعالیت‌های دانش‌آموزان در کلاس هستند (Fardanesh, 2019). همچنین، کیفیت آموزش را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهد (Jeck, 2010; Oakleaf, & Vanscoy, 2010) به این دلیل که به معلمان اجازه می‌دهد از برنامه‌های آموزشی متنوعی استفاده کنند و از این طریق دستاوردهای یادگیری دانش‌آموزان را نیز تغییر می‌دهند (Marzano, Debra, & Jane, 2001). و از آنجایی که همه محتواها را نمی‌توان به یک شیوه آموزش داد؛ چرا که هر محتوایی با توجه به اینکه در کدام سطح یادگیری قرار داشته باشد، مستلزم استفاده از شیوه آموزشی مناسب خود است. همچنین عوامل مختلفی مانند نوع یادگیری، فراگیر، محتوا، محیط در انتخاب نوع راهبردها و فنون آموزشی دخیل هستند (Leshin, C B. Pollock, J., Reigeluth, 2015). در این بعد دبیران شیمی اتفاق نظر دارند که بهتر است شروع تدریس مبحث ذرات زیراتمی با راهبرد معلم‌محور انجام شود. به نظر می‌رسد به دلیل انتزاعی بودن این مبحث و زیاد بودن احتمال بروز بدفهمی، این راهبرد، کارگشا باشد. در همین راستا دبیران استفاده از بازنمایی‌هایی همچون تشبیه و نمایش فیلم را نیز مفید دانسته‌اند، زیرا که به ملموس‌تر و تجسم‌پذیرتر شدن مبحث کمک می‌کند. حاجی عباسی و مرادی (Haji Abbasi, Moradi, 2023) نیز در بخشی از نتایج خود بیان می‌کنند که ترکیب روش تدریس توضیحی و نمایش علمی می‌تواند به حل بدفهمی‌های مربوط به پیوندهای یونی کمک نماید.

فعالیت‌های یادگیری: به طور کلی، مفهوم فعالیت‌های یادگیری اشاره به تکالیف، فرصت‌ها و تجاربی دارد که دانش‌آموزان برای یادگیری و دستیابی به مجموعه‌ای از نتایج قصد شده و قصد نشده در برنامه درسی با آن مواجه می‌شوند(Khosravi, 2022). در این بعد دبیران به فعالیت‌های یادگیری خاصی همچون انجام آزمایش تست شعله، تهیه گزارش کتبی، حل تمرین مستمر، و انجام پرسش‌های کلاسی اشاره نموده‌اند.

تمرین مهارت‌های ریاضی: از نظر دبیران، به منظور یادگیری مبحث ذرات زیراتمی، بهتر است دانش‌آموزان بر روابط ریاضی که در تمرینات موجود در این بخش وجود دارد مسلط گردند. در این راستا بر فعالیت یادگیری حل تمرین و مثالهایی درمورد محاسبه جرم اتمی میانگین تأکید می‌کنند. همچنین به منظور حل مشکل بدفهمی در این رابطه، تدریس دقیق را به همراه یادآوری مفصل مطالب گذشته در مورد ساختمان اتم مهم می‌دانند. اصدق جهرمی (Asdaghjahromi,2023)، ضعیف بودن دانش‌آموزان در محاسبات ساده ریاضی برای

حل مسائل شیمی در پایه دهم را یکی از مشکلاتی می‌داند که باید برطرف گردد.

راهبرد توضیحی - تعاملی در تدریس: چهارمین بعد که اشتراک نظر دبیران خبره را نشان می‌دهد استفاده از راهبرد توضیحی - تعاملی است. معلم با انجام پرسش از یک سو، از میزان دانش و آگاهی شاگردان کلاس آگاهی پیدا می‌کند و از سوی دیگر، بر اساس آن کلاس خود را اداره می‌نماید تا مطابق با سطح دانش شاگردان به ارائه مطالب بپردازد. در همین میان، زمینه علاقمندی دانش‌آموزان نیز مشخص می‌شود که این خود کمک مؤثری به تدریس می‌نماید (Maleki, 2019). در پژوهش مرتضوی، نعمت، ارشدی سهیل و آرمات (Mortazavi, Nemat, Arshadhi & Armat, 2005) نیز این نتیجه بدست آمده است که کاربرد روش‌های تدریس و یادگیری تعاملی در تدریس باعث ایجاد شور و نشاط در کلاس، مشارکت فراگیر در اداره کلاس، افزایش ضریب ماندگاری و کاهش غیبت از کلاس خواهد شد.

منشأ بدفهمی‌ها: در پنجمین بعد، دبیران بر بد فهمی‌های موجود در ذرات زیراتمی و منشأ پیدایش آنها تأکید کردند. برای سهولت یادگیری، فراگیر تلاش می‌کند میان دانش و دانش قبلی خود و آنچه معلم ارائه می‌کند، نوعی پیوند برقرار نماید. اگر سازه‌های دانش موجود در دانش قبلی وی با آنچه معلم ارائه می‌کند، مغایرت داشته باشد، آن سازه ذهنی ایجاد بدفهمی خواهد کرد (Allen, 2014). مشارکت‌کنندگان این تحقیق، منشأ بدفهمی‌های مربوط به مبحث ذرات زیراتمی را مربوط به دو عامل مهم انتزاعی بودن مبحث و عدم انسجام درونی محتوای کتاب درسی (حذف دو عدد از اعداد کوانتومی) می‌دانند. در پژوهش‌های دیگری نیز به نقش محتوا در بروز بدفهمی‌ها اشاره شده است (Shabani, Saberi, 2023; Ahmadabadi, 2020; Asghari Lalami, & Tabatabai Bafghi, 2015; Amani, 2021).

بدفهمی‌های ماهیت و پایداری: انواع بدفهمی‌های موجود در مبحث ذرات زیراتمی به دو دسته بدفهمی‌های مربوط به ماهیت و بدفهمی‌های مربوط به پایداری ذرات زیراتمی تقسیم می‌شوند. از نظر مشارکت‌کنندگان این پژوهش، بدفهمی‌هایی در موضوعات «تعریف بار الکتریکی»، «ساختمان اتم»، «ماهیت نوترون و پروتون»، «اتم‌های یک عنصر» که مربوط به ماهیت ذرات زیراتمی هستند، مطرح می‌گردد. همچنین، بدفهمی‌هایی در موضوع «نیروهای هسته‌ای» مطرح می‌شوند که مربوط به پایداری ذرات زیراتمی است. طباطبایی (Tabatabai,2015) یکی از بدفهمی‌های رایج درس شیمی را مربوط به ساختار اتم می‌داند.

رفع بدفهمی‌ها: در این بعد دبیران معتقدند که استفاده از بازنمایی‌هایی همچون تشبیه به رفع بد-فهمی‌های پیش آمده در مبحث ذرات زیراتمی کمک می‌نماید. بعنوان نمونه، استفاده از تشبیه اتم به یک استادیوم بزرگ فوتبال و هسته به توپ فوتبال را برای توضیح نسبت هسته به اتم، مفید می‌دانند. انجام فعالیت‌های یادگیری همچون حل تمرین در مورد درصد فراوانی ایزوتوپ‌ها و محاسبه جرم اتمی میانگین مهم است. و کاربرد جدول دوره‌ای عناصر برای درک بهتر موقعیت گروه‌ها و دوره‌های مختلف نیز اهمیت دارد. ناطقیان، یوسفی و یارمحمدیان (Natghi, Yousefi, Yarmohamedian, 2005) مطالعه جدول تناوبی عناصر، شناخت عناصر و خواص آنها و روابط نظام‌مند مطرح در این جدول را از اهداف برنامه درسی شیمی دوره متوسطه می‌دانند. برخی پژوهش‌ها نیز بر تدریس مبحث جدول تناوبی به شیوه بازی محور، متمرکز شده‌اند (Saleh Sedekpour, Karmi Ghazafi, Zabihi Fa, 2019; Seyfi, Rashidi, Amani, Oula, 2023).

پیشنیازها: در هشتمین و آخرین بعد، مشارکت-کنندگان به دو پیشنیاز مهم برای یادگیری مبحث ذرات زیراتمی اشاره کردند. قبل از تدریس مبحث ذرات زیراتمی، معلم باید مطمئن شود که دانش‌آموزان توانایی بیان نمادهای شیمیایی اتم‌ها را دارند. همچنین، آنها باید تعریف مفهوم اتم را بعنوان کوچکترین ذره سازنده ماده

به طور کامل بدانند.

این مقاله دارای دو محدویت اصلی است. اولین محدودیت ناشی از نوع روش نمونه‌گیری است. در روش دلفی، فرض بر این است که تمام شرکت‌کنندگان از نظر دانش و تجربه در یک سطح قرار دارند، اما هنگام انتخاب نمونه، این فرض اجرایی نشده است. برخی از شرکت-کنندگان دارای دانش عمیق درباره موضوع بوده، در حالی که سایرین این ویژگی را نداشتند ولی به دلیل روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی وارد تحقیق شده‌اند. این محدودیت می‌تواند بر نتایج بدست آمده تأثیرگذار باشد. دومین محدودیت، مربوط به اجرای پرسشنامه‌های دلفی در راند دوم و سوم است. در این راندها، پرسشنامه‌ها به صورت آنلاین اجرا شد. این نحوه اجرا باعث شد برخی مشارکت‌کنندگان با دقت کافی در تحقیق مشارکت نکنند. این موضوع می‌تواند ناشی از خستگی و پایین آمدن انگیزه مشارکت‌کنندگان نیز باشد. در نتیجه ممکن است نتایج از دقت کافی برخوردار نباشد. پیشنهاد می‌شود این پژوهش با روش‌های دیگری مجدداً اجرا شود. همچنین استفاده از نتایج این پژوهش در تحقیقاتی که منجر به تولید بسته‌های آموزشی کاربردی برای معلمان شود نیز مفید به نظر می‌رسد.

منابع

Ahmadabadi, Z. (2020). Study of Misunderstandings of Chemical Bonds Based on Johnston's Triangle Multilevel Thought Model. Research in Chemistery Education, 2(1), 40-45.

Asdaghjahromi, M. (2023). Pathology of the teaching process of 10th grade chemistry. Research in Chemistery Education, 4(3), 82-95.

Asghari Lalami, N., & Amani, V. (2021). Factors Influencing High School and University Students' Misconceptions about Chemical Bonding. Research in Chemistry Education, 3(2), 19-36.

Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? International Journal of Science Education, 30(10), 1405-1416.

Allen, M. (2014). Misconceptions in primary science (2nd ed.). New York, NY: Open University Press.

Akin, F. N., & Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2018). The nature of the interplay among components of pedagogical content knowledge in reaction rate and chemical equilibrium topics of novice and experienced chemistry teachers. Chemistry Education Research and Practice, 19(1), 80-105.

Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: what makes it special? Journal of Teacher Education, 59(5), 389–407.

Bayram-Jacobs, D.; Henze, I.; Evagorou, M.; Shwartz, Y.; Aschim, E.L.; Alcaraz-Dominguez, S.; Barajas, M.; Dagan, E (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. J. Res. Sci. Teach, 56, 1207–1233.

Barenthien, J.; Fiebranz, A.; Todorova, M.; Möller, K. (2023). Development of professional vision and pedagogical content knowledge during initial teacher education. International Journal of Educational Research.119, 102-186.

Bazargan, A., Sarmad, Z., Hejazi, A. (2023). research methods in behavioral sciences. Tehran: Agah.

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., Park, S., Rollnick, M., Sickel, A., Schneider, R. M., Suh, J. K., van Driel, J., & Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper, &

Haji Abbasi, M., & Moradi, S. (2023). Examining the weaknesses in understanding the concept of ion and formation of ion bond and providing solutions for educational improvement. Research in Chemistry Education, 5(2), 61-70.

Jeck, D. C. (2010). The relationship between levels of teacher efficacy and variability in instructional strategies (Unpublished doctoral dissertation). Alexandria, VA: University of Virginia.

Jing-Jing, H. (2014). A critical review of pedagogical content knowledge' components: nature, principle and trend. International Journal of Education and Research, 2(4), 411-424.

Khosravi, R. (2019). The concept, importance and place of the element of learning activities in the curriculum, https://www.daneshnamehicsa.ir/Default.aspx?PageName=fields

Kirschbaum, Melissa. Barnett, Tony. Cross, Merylin. (2019). 'Q sample construction: a novel approach incorporating a Delphi technique to explore opinions about codeine dependence'. BMC Medical Research Methodology. 19(101). pp.1-12.

Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. Studies in Science Education, 45(2), 169-204.

Kulgemeyer, C., & Riese, J. (2018). From professional knowledge to professional performance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. Journal of Research in Science Teaching, 55(10), 1393–1418.

Leshin, C B. Pollock, J., Reigeluth Ch. M. (2015). Instructional Design Strategies and Tactics. (translated by Hashem Fardanesh). Tehran: Samt.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. A. (EdBorowski Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science (pp. 77-94). Springer Nature.

Chan, K. K. H., & Hume, A. (2019). Towards a consensus model: Literature review of how science teachers' pedagogical content knowledge is investigated in empirical studies. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), Repositioning Pedagogical Content Knowledge in teachers' knowledge for teaching science (pp. 3-76). Springer Nature.

Fardanesh, H. (2005). Theoretical Foundations of Instructional Technology. Tehran: Samt.

Fernandez, C. (2014). Knowledge base for teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers' training. Problems of Education in the Twenty First Century, 60, 79-100.

Fink-Hafner, D., Dagen, T., Doušak, M., Novak, M., & Hafner-Fink, M. (2019). Delphi method. Advances in Methodology and Statistics.

Friedrichsen, P., & Berry, A. (2015). Science teacher PCK learning progressions: Promises and challenges. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), Re-examining pedagogical content knowledge in science education. (pp. 214-228). Routledge.

Friedrichsen, P., van Driel, J. H., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. Science Education, 95(2), 358-376.

Ghaderi, M., Nosrati, N., Khosravi, M., (2018). The history of practical discourse in curriculum studies (Schwab's practical perspectives, improving teachers' knowledge and teacher training, implementing and changing the curriculum. Tehran:Avaye Nour.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. In: A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), Re-examining pedagogical content knowledge in science education (pp. 28–42). New York.

how to reduce human– carnivore conflict on Namibian livestock farms? A novel Q-methodology and Delphi exercise'. Oryx. 51(2). pp.339–346.

Saleh Sedekpour, S. Karmi Ghazafi, A. Zabihi Far. Sh. (2019). Designing, implementing and evaluating the educational game for the subject of the periodic table in the 10th grade chemistry course. Research in Educational Sciences Education and Counseling, 6(13), 158-173.

Seyfi S., Rashidi, A., Amani, V., Oula, E. (2023). The effect of game-based teaching on the learning of the periodic table topic in teaching 10th grade chemistry, Research in Chemistry Education, 4(2), 14-24. magiran.com/p2597989.

Sæleset, J. & Friedrichsen, P. (2021). Pre-service Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Integration of

Students' Understanding in Science and Instructional Strategies. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 17(5), 1-18. https://doi.org/10.29333/ejmste/10859

Shabani. M, Saberi. S. (2023). Investigation and identification of four common missconceptions in 10th grade chemistry. Research in Chemistry Education, 4(2), 438-445.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of new reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1-22.

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.

Schneider, R. M., & Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: A review of science teachers' pedagogical content knowledge development. Review of Educational Research, 81(4), 530-565.

Tabatabai Bafghi, S. (2015). Investigation of seven common misunderstandings of chemistry lesson in high school students. Iran Chemistry Education Conference. SID.

Lederman (Eds.), Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education (pp. 95-132). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception.Journal of Teacher Education, 41 (3), 3–11.

Marzano, R. J. Debra. P., & Jane E. P. (2001). Classroom Instruction That Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development. docente (The teaching role). Madrid: Ed. Síntesis, 47-83.

Maleki, H. (2019). Basic teaching skills book. Tehran: Ayez.

Mansourfar, K. (2001). Statistical Methods. Tehran: University of Tehran.

Montero, L. (2001). La construción del conocimiento en la enseñanza. In: Marcelo, C. (Ed.) La función.

Mortazavi, H., Nemat, R., Arshadhi, S., and Armat, M. (2005). The effectiveness of the application of teaching methods and use in educational processes. Iranian Journal of Education in Medical Sciences, 5(14) (Special issue of the 7th Medical Education Conference).

Natghi, F., Yousefi, A., & Yarmohamedian, M. H. (2005). Designing the evaluation model of the Iranian high school chemistry curriculum. Research in curriculum planning, 5(20), 21-48.

Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. International Journal of Science Education, 30(10), 1281-1299.

Oakleaf, M. & Vanscoy, A. (2010). Instructional strategies for digital reference: methods to facilitate student learning. Reference & User Services Quarterly, 49(4), 380-390.

Rust, Niki A. (2017). 'Can stakeholders agree on

G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), Handbook of research on science education (Vol. 2, pp. 848-870). Routledge.

Vogelsang, Christoph, Christoph Kulgemeyer, and Josef Riese. (2022). Learning to Plan by Learning to Reflect?—Exploring Relations between Professional Knowledge, Reflection Skills, and Planning Skills of Preservice Physics Teachers in a One-Semester Field Experience. Education Sciences 12(7), 479.

Wallis, J. Burns, J. Capdevila, R. (2009). 'Q Methodology and a Delphi Poll: A Useful Approach to Researching a Narrative Approach to Therapy'. Qualitative Research in Psychology. 6(3).pp. 173-190.

https://sid.ir/paper/844421/fa

Park, S., & Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. Journal of Research in Science Teaching, 49(7), 922-941.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Research in Science Education, 38(3), 261–284.

Van Driel, J. H., Jong, O. D., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. Science Education, 86(4), 572-590. https://doi.org/10.1002/sce.10010

Van Driel, J. H., Berry, A., & Meirink, J. (2014). Research on science teacher knowledge. In N.