

Designing a Model in Chemistry Education for Sustainable Development in the Secondary School Curriculum

Leila Habibi^{1*}, Parvin Ahmadi², Parvin Samadi³

- 1. Ph.D. in Curriculum, Department of Educational Administration and Planning, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran*
- 2. Associate Professor, Department of Educational Administration and Planning, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran*
- 3. Associate Professor, Department of Educational Administration and Planning, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran*

(Received: February 20, 2021; Accepted: February 12, 2023)

Abstract

The current research aims to design a model of chemistry education for sustainable development in the curriculum of in the secondary, by using the views of experts and experts related to the subject. In terms of nature, the current research is a type of mixed research, in terms of the degree of control of variables, it is non-experimental, and in terms of its purpose, it is among developmental research. The statistical population in this research included: high school chemistry textbooks, curricula, documents related to chemistry education for sustainable development and global documents. In the qualitative part, the study of the curricula of different countries (America, Australia, England, Canada, Hong Kong, Finland, Nigeria, Brazil and Iran) on the one hand and the descriptive-analytical method on the other hand led to the identification of the main elements of the curriculum, including Logic, purpose, content, teaching-learning methods and evaluation methods, components and recognition of appropriate curriculum characteristics for chemistry education for sustainable development. Finally, using the findings of the research, a model in chemistry education for sustainable development was developed in the curriculum of current chemistry textbooks. The quantitative results obtained indicate the validity of the designed curriculum.

Keywords: Chemistry education for sustainability, Curriculum, High school, Sustainable development.

* Corresponding Author, Email: lhabibi@alzahra.ac.ir

تلفیق برنامه درسی آموزش شیمی برای توسعه پایدار در دوره دوم متوسطه

لیلا حبیبی*، پروین احمدی^۱، پروین صمدی^۲

۱. دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
۲. دانشیار، گروه مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
۳. دانشیار، گروه مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳)

چکیده

هدف پژوهش حاضر طراحی برنامه درسی آموزش شیمی برای توسعه پایدار در دوره دوم متوسطه است. پژوهش حاضر از نظر ماهیت از نوع پژوهش‌های ترکیبی، از نظر میزان کنترل متغیرها از نوع غیر آزمایشی، از نظر هدف در زمره پژوهش‌های توسعه‌ای است. جامعه آماری در این تحقیق عبارت بودند از: کتاب‌های شیمی درسی دوره متوسطه، برنامه‌های درسی، اسناد مربوط به آموزش شیمی برای توسعه پایدار و اسناد جهانی. در بخش کیفی با روش تطبیقی و به کمک الگوی بردی برنامه درسی کشورهای مختلف (آمریکا، استرالیا، انگلستان، نیجریه، چین، کانادا، فنلاند، برزیل و ایران) را بررسی کرده است. تحقیق حاضر سعی می‌کند، عناصر اصلی برنامه درسی از جمله منطق، هدف، محتوا، روش‌های یاددهی-یادگیری و شیوه‌های ارزشیابی آموزش شیمی برای پایداری را در کشورهای مورد مطالعه بررسی کند. از نتایج بدست آمده برنامه درسی جهت آموزش شیمی برای توسعه پایدار پیشنهاد شد. در بخش کمی به منظور اطلاع از اعتبار الگوی طراحی شده از نظر متخصصان از آزمون تی تک‌نمونه‌ای استفاده شد.

واژگان کلیدی: آموزش شیمی برای پایداری، برنامه درسی، توسعه پایدار، دوره متوسطه.

مقدمه

امروزه تحولات علمی در دهه‌های اخیر به پیشرفت‌های اقتصادی، فناوری، اجتماعی و در نتیجه باعث تغییرات بسیاری در جهان و زندگی انسان منجر شده است. بنابراین، نقش آموزش و پرورش در آماده‌سازی افراد یک جامعه جهانی بسیار مهم است. زیرا ما نیاز به شهروندانی مسئولیت پذیر داریم که هم از مشکلات موجود در جهان آگاه باشند و هم قادر به گرفتن تصمیم‌های درست برای زندگی خود، محیط زیست و جامعه شان باشند (کارارسالان و تکزوب^۱، ۲۰۱۶). از آنجا که بسیاری از چالش‌های بزرگ قرن که ایران با آن روبه‌رو است؛ به طور کامل به شیمی مربوط است. مسائلی از قبیل آب و هوای پاک، تامین آب آشامیدنی، تولید و مصرف کارآمد انرژی و غیره. بنابراین، برای ایجاد جامعه‌ای آرمانی و همگام‌شدن با علم روز دنیا ما به ایده‌های جدیدی در آموزش توسعه پایدار در شیمی نیاز داریم. زیرا دانش‌آموزان و یا شهروندان آینده، برای حل چالش‌های متعدد جهان آینده نیاز به آموزش شیمی در ارتباط با مسائل اجتماعی و علمی، اقتصادی دارند. توسعه پایدار یکی از به‌روزترین مباحث در کنفرانس‌های جهانی برای حل چالش‌های کنونی و آینده جهان است که بیش از ۳۰۰ تعریف مختلف از مفهوم آن وجود دارد (جنسن و شنک^۲، ۱۹۹۷). کامل‌ترین تعریف توسط گزارش کمیسیون براتلند ارائه شد: «توسعه پایدار رفع نیازهای نسل حاضر بدون به خطر انداختن نیازهای نسل‌های آینده است» (گارنر، سیول و ایلکس^۳، ۲۰۱۵). تصویب دستورالعمل آموزش برای توسعه پایدار در سازمان ملل (۲۰۱۵) بود. این دستور کار شامل ۱۷ هدف کلان شامل ترکیبی از اهداف توسعه پایدار^۴ و اهداف توسعه هزاره است (یونسکو، ۲۰۱۷). در دستیابی به این اهداف آموزش نقش مهمی ایفا می‌کند (ایلکس، هافستین و سیاستروم، ۲۰۱۷). طی این نشست ۱۷۸ کشور به این نتیجه رسیدند که آموزش توسعه پایدار برای ایجاد جامعه دموکراتیک یک ضرورت است. از آن پس تلاش‌های جدی برای جای دادن مسائل پایداری در علوم مختلف به منظور ایجاد صلح،

1. Karaarslanab & Teksöz
2. Jensen & Schnack
3. Garner, Siol & Eilks
4. Sustainable Development Goals (SDGs)

امنیت، سلامتی و رفاه در دنیا آغاز شد (گارنر، سیول وایلکس، ۲۰۱۵). در نتیجه آموزش توسعه پایدار در اکثر کشورهای جهان تبدیل به یک هدف اصلی آموزشی شد (جونتونن^۱، ۲۰۱۵). با توجه به این نکته که فلسفه علم در قرن بیست و یکم تغییر کرده و مرز بین دانش‌ها از بین رفته است. ما به آموزش جدیدی به نام آموزش توسعه پایدار نیاز داریم (جیکوبز^۲، ۲۰۰۹؛ ایلکس، هافستین و سیاستروم^۳، ۲۰۱۷). ذکر این نکته حائز اهمیت است که آموزش توسعه پایدار با سه اصطلاح آموزش برای توسعه پایدار^۴، آموزش برای پایداری^۵ و آموزش پایدار^۶ مترادف است. آموزش برای توسعه پایدار که یونسکو نقش متولی آن را برعهده دارد، اصطلاحی است؛ که بیشتر در سطح بین‌المللی و اسناد سازمان ملل متحد از آن استفاده می‌شود، این آموزش به دنبال تلفیق دانش‌ها، ارزش‌ها و مهارت‌های ضروری زندگی است. یک رویکرد جامع برای اصلاحات آموزشی مورد نیاز معلمان، مدیران، برنامه‌ریزان و سیاستگذاران ارائه می‌دهد (جونتونن، ۲۰۱۵). پایداری یک اصل و توسعه پایدار یک فرایند است که شامل انتخاب و تصمیم‌گیری درباره پایداری است. به عبارت دیگر، توسعه پایدار وسیله‌ای برای دستیابی به پایداری و هدفی بلندمدت است (سانتون، ساندرز و سگوین^۷، ۲۰۱۷).

با آنکه تلاش شیمیدانان همواره برای بهبود شرایط مادی زندگی به نفع بشریت بوده؛ اما اثرات منفی عملکرد آن‌ها به طبیعت و انسان‌ها را نمی‌توان نادیده گرفت. تغییرات آب و هوا یکی از پیامدهای حاصل از مصرف تولید مواد شیمیایی است، که این تغییرات با بسیاری از مسائل جهانی، از جمله ازدست‌رفتن تنوع زیستی، فقر و امنیت جهانی مرتبط است (برمستر و ایلکس^۸، ۲۰۱۳). به دلیل ارتباط و همپوشانی قوی که بین شیمی با توسعه پایدار وجود دارد، یونسکو برای رسیدن به

-
1. Juntunen
 2. Jikubz
 3. Eilks, Sjöström & Hofstein
 4. Education for Sustainable Development (ESD) (ES)
 5. Education For Sustainability (Efs)
 6. Sustainable Education
 7. Santone, Saunders & Seguin
 8. Burmeister & Eilks

توسعه پایدار، شیمی را به عنوان یک هدف اصلی معرفی کرد (ویچز و گیل - پرز،^۱ ۲۰۱۱). آموزش شیمی برای توسعه پایدار به دانش‌آموزان کمک می‌کند، تا به درک بزرگتری در رابطه با علم، جامعه و محیط زیست دست یابند (هیل، درماج کومار و ورمار،^۲ ۲۰۱۳). از این رو، دردنیای پیشرفته امروزی شیمی را هرگز نمی‌توان بدون آموزش پایدار در نظر گرفت. فلسفه اصلی آموزش آن تغییر جامع در شیوه تفکر به جای تمرکز بر جمع‌آوری مقادیر عظیمی از اطلاعات (هاولی،^۳ ۲۰۱۶) و اصلاح این تفکر نادرست متداول در میان بسیاری از دانشمندان و شهروندان است که شیمی یا هر علم دیگر برای افزایش دانش است و هیچ ارتباطی با اخلاق ندارد و حل مشکلات اخلاقی فقط باید در ارتباط با علوم انسانی ظاهر شود. در حقیقت، دستیابی به دانش از نظر اخلاقی خنثی نیست و تولید دانش علمی را نمی‌توان از مسئولیت‌های اخلاقی دانشمندان جدا کرد. در تدوین هدف‌های آموزش شیمی برای پایداری برنامه‌ریزان باید به این نکته توجه کنند که شیمی باید آن‌چنان آموزش داده شود که ارتباط با زندگی، صنعت، فناوری و جامعه مورد تأکید قرار گیرد و دانش‌آموزان بتوانند آموخته‌های خود را در فعالیت‌های زندگی مورد استفاده قرار دهند (ایلکس، هافستین و سیاستروم، ۲۰۱۷). بسیاری از متخصصان برنامه‌ریزی درسی، بر این باورند که برنامه‌ها باید با نیاز جامعه تغییر کرده و به‌روز شود، یعنی برنامه‌ای که در حال اجرا است، ممکن است در آینده کارایی نداشته باشد. هر دوره، برنامه آموزشی مخصوص به خود را می‌طلبد و معیارهای برنامه درسی از کشوری به کشور دیگر متفاوت است (یونسکو، ۲۰۱۴). اما مطالعات نشان می‌دهند که مضامین کلیدی مرتبط با توسعه پایدار به‌ندرت در برنامه درسی شیمی وجود دارد. به این معنا که آموزش توسعه پایدار دارای ضعف است. به طور کلی، فراگیران شیمی درک پایه‌ای کمی درباره مفاهیم توسعه پایدار دارند درک آن‌ها تنها بر بعد محیط زیستی متمرکز است (کاناپاتی^۴ و ارن لی^۵، ۲۰۱۸). این پژوهش به این منظور انجام گرفته است، تا ابتدا به شناسایی مؤلفه‌های آموزش شیمی برای توسعه پایدار که روشن نیست، بپردازد. این پژوهش بر آن است که عناصر برنامه درسی (منطق، اهداف، محتوا، روش‌های یاددهی -

1. Vilches & Gil-Perez
2. Hill, Devraj Kumar & Verma
3. Hawley
4. Kanapathy
5. Ern Lee

یادگیری و ارزشیابی) آموزش شیمی برای توسعه پایدار در کشورهای منتخب مورد مطالعه قرار داده تا بتوان جایگاه آن را در برنامه‌های درسی سایر کشورهای جهان و ایران مشخص کند در ادامه با توجه به نتایج حاصله برنامه درسی شیمی برای توسعه پایدار در دوره متوسطه تدوین کند. این تحقیق به دنبال پاسخ‌گویی به سؤالات زیر است:

۱. در برنامه درسی کشورهای مختلف دنیا آموزش شیمی برای توسعه پایدار چه جایگاهی دارد؟
۲. ویژگی‌های برنامه درسی آموزش شیمی برای توسعه پایدار در دوره متوسطه چیست؟
۳. اعتبارسنجی برنامه پیشنهادشده آموزش شیمی برای توسعه پایدار چگونه است؟

روش‌شناسی پژوهش

این طرح براین پیش‌فرض بنا شده است، که موضوع تحقیق مبهم و نامشخص است. چارچوبی مشخصی برای راهنمایی وجود نداشته است، یا در رابطه با تحقیق مورد نظر ابزار سنجشی موجود نیست. محقق ابتدا از طریق روش تحقیق کیفی برنامه‌های درسی و گزارش‌های سایر کشورهای موفق در زمینه آموزش شیمی برای پایداری داده‌ها را جمع‌آوری و بررسی کرده، که منجر به توصیف جنبه‌های بیشماری از پدیده شد. در این مرحله محقق مؤلفه‌های آموزش شیمی برای پایداری شناسایی شدند، و در مرحله بعد فرم تحلیل محتوا توسط محقق ساخته شد، در مرحله بعد روایی صوری و محتوایی این ابزار توسط ۸ تن از اساتید شیمی تأیید شد. در مرحله بعد تحقیق با تکیه بر روش تطبیقی به کمک الگوی بردی از یک طرف و نیز روش توصیفی-تحلیلی انجام شده است. الگوی بردی^۱ شامل چهار مرحله؛ توصیف^۲، تفسیر^۳، همجواری^۴ و مقایسه^۵ است. این پژوهش قصد دارد تا با استفاده از روش تطبیقی برنامه‌های درسی کشورها را با هم مقایسه کند و از مقایسه به پاسخگویی به طراحی برنامه درسی شیمی برای توسعه پایدار برای ارائه به مدارس متوسطه بپردازد. از طرفی دیگر، به منظور اعتبار بخشی الگوی به دست آمده، با استفاده از روش دلفی درباره اینکه

-
1. Bereday
 2. Description
 3. Interpretation
 4. Juxtaposition
 5. Comparison

برنامه پیشنهاد شده برای آموزش شیمی برای توسعه پایدار مناسب است، از ۹ نفر از متخصصان شیمی و تعلیم و تربیت و ۶ نفر از دبیران با سابقه بالای پنج سال کمک گرفته شده است.

یافته‌های پژوهش

پاسخ به سؤال اول در برنامه درسی کشورهای پیشرفته دنیا آموزش شیمی برای پایداری چه جایگاهی دارد؟

امروزه آموزش پایداری به رکن اساسی در آموزش علوم در اکثر کشورهای تبدیل شده است. آموزش شیمی برای پایداری هم در اکثر کشورهای مطالعه شده یک فرایند ملی و حتی بین‌المللی به شمار می‌رود و سازمان‌های مختلفی به منظور ترویج این امر با مدارس همکاری می‌کند. در این تحقیق به برای پرهیز از هرگونه تصمیم عجولانه، به مطالعه تطبیقی برنامه درسی آموزش شیمی برای پایداری در کشورهای مختلف دنیا (آمریکا، استرالیا، انگلستان، کانادا، چین، فنلاند و ایران) پرداخته شد، زیرا توجه جهانی به این مبحث نوین آموزشی در پیشبرد اهداف توسعه پایدار بااهمیت است. با توجه به مطالعه تطبیقی مشخص شد:

نحوه اجرای برنامه‌های درسی مطالعه شده: اکثر کشورهای مطالعه شده در تمام دوره‌های تحصیلی از دبستان تا دانشگاه آموزش برای توسعه پایدار را مورد توجه قرار می‌دهند. آموزش‌ها و برنامه‌های درسی در دوره متوسطه محتوایی را در بر می‌گیرد که پایه آموزش‌های بعدی در دانشگاه را فراهم کند. به عبارت دیگر، ارتباط طولی برنامه درسی واصل تداوم در یادگیری رعایت شده است. همچنین، کشورهای مورد مطالعه در دهه اخیر تغییرات و اصلاحات قابل ملاحظه‌ای در برنامه‌های درسی خود داشته‌اند. اطلاعات به دست آمده نشان می‌دهد، نیازهای وسیع و جدید قرن بیست و یکم دوره بازننگری و اصلاح در برنامه‌های درسی را کوتاه کرده است. به نظر می‌رسد که ضرورت تغییر در شیمی امروز بیشتر از گذشته جلوه می‌کند.

منطق: وسعت این حوزه از برنامه درسی مربوطه سبب شده هر یک از کشورها موضوعات این حوزه را با توجه به امکانات، نیازهای توسعه ملی و انتظارات فرهنگی و شهروندی که از افراد جامعه دارند، اولویت‌بندی کنند. به طوری که:

برنامه درسی آموزش شیمی برای پایداری در آمریکا یک برنامه درسی آزمایشگاهی است که با قصد افزایش فارغ التحصیلان در شیمی و رسیدگی به شکایت سازمان محیط زیست آمریکا از مدارس و اصلاح الگوی مصرف طرح ریزی شده است (هولم^۱، ۲۰۱۹).

منطق آموزشی در استرالیا بنا بر دستور دولت استرالیا به آموزش و پرورش برای حل چالش‌ها بزرگ استرالیا و منطقه آسیا، اصلاح آموزش و پرورش و کم‌اطلاعی معلمان و دانش‌آموزان به مسئله پایداری است (اکانر^۲، ۲۰۱۴).

در انگلستان اهمیت اقتصادی صنایع شیمیایی، عمل به قطعنامه شورای اتحادیه اروپا به شیمی، سرمایه‌گذاری در پرورش نیروی کار آینده در این کشور منطق مورد تأکید است (راهنمای برنامه درسی انگلستان، ۲۰۱۶).

منطق برنامه درسی در هنگ‌کنگ اصلاح برنامه‌های درسی به سمت پایداری و محیط زیست، اجرای پروژه امید و سوق‌دادن آموزش به مهارت‌پروری مهم است (آموزش و پرورش هنگ‌کنگ، ۲۰۱۷).

کم‌توجهی شیمی به مسائل جهانی و فرهنگی، نقش مهم شیمی در کانادا، چالش‌های انرژی بر اقتصاد منطقه و ایجاد ارزش‌های جدید در دانش‌آموزان نسبت به طبیعت و انرژی در منطق کانادا قابل اهمیت است (برنامه درسی علوم انتاریو^۳، ۲۰۰۸).

در منطق فنلاند آموزش برای پایداری به منظور اجرای قانون اساسی فدرال، جلوگیری از مصرف، مرتبط کردن شیمی به بسیاری از مسائل اخلاقی، اجتماعی و درک معلمان از آموزش اخلاق در شیمی مهم است (جونتونن، ۲۰۱۵).

آموزش شیمی برای پایداری در ایران منطقی مبتنی بر عمل به اصل ۵۰ قانون اساسی به منظور حفظ محیط زیست، سوق‌دادن آموزش به مهارت‌پروری و ارزش‌های آرمانی فرهنگی در عصر تکنولوژی داشته باشد (کتاب‌های درسی شیمی دوره متوسطه دوم، ۱۳۹۸).

1. Holme

2. O'Connor

3. The Ontario Curriculum Science (Grades 10, 11 and 12)

اهداف: منطبق برنامه‌ها بر تعیین اهداف مستقیماً اثرگذار بوده است. در همه کشورهای سه هدف دانشی، مهارتی و نگرشی دیده می‌شود، لیکن نوع پرداختن به این هدف‌ها متفاوت است. در مدارس ایران به علت توجه نکردن به فعالیت‌های عملی، آزمایشگاهی دانش‌آموزان در بخش اهداف مهارتی و نگرشی ضعیف عمل کرده‌اند که کسب امتیاز ضعیف بین‌المللی از جمله تیمز، گویای این امر است. در کشورهای بر اساس اولویت‌های اهداف هر کشور متفاوت است.

محتوا: منطبق برنامه‌ها بر تعیین اهداف مستقیماً اثرگذار بوده است. محتوا در همه کشورهای بر اساس اهداف آموزشی از قبل تعیین شده، انتخاب، سازماندهی و تدوین شده است، لیکن میزان و نوع پرداختن به محتوا متفاوت بوده است. سازماندهی کلی محتوا براساس رویکرد *STSE* است. رویکرد آزمایشگاه-محوری در آمریکا سازماندهی محتوایی شیمی غالب می‌باشد. هر چند با توجه به نظام برنامه‌ریزی در برخی کشورهای حتی انتخاب محتوا در کلاس‌های درس به معلمان واگذار شده، اما خطوط راهنمای کلی از طرف سیاست‌گذاران ارائه می‌شود. در مدارس ایران به علت نوع نظام متمرکز، انتخاب محتوا توسط دفتر تألیف کتب درسی انجام شده و معلمان در این زمینه اختیاری ندارند.

روش‌های یاددهی-یادگیری: در کشورهای پیشرفته جهت‌گیری آموزش به سمت رویکردی فرایندی و در ایران و نیجریه رویکرد غیر فرایندی است. در برنامه درسی آمریکا آموزش با تأکید بر فعالیت‌های آزمایشگاهی است. در فنلاند تدریس انعطاف‌پذیرتر و آموزش الکترونیکی و تخته‌های هوشمند اساس کار معلمان در کشورهای پیشرفته است.

ارزشیابی: در برنامه درسی کشورهای سه حیطه ارزشیابی (شناختی، عاطفی و مهارتی) تأکید شده است. کشورهای توسعه‌یافته بین ارزیابی نظری و عملی تفکیکی ایجاد نکرده‌اند. ارزیابی توصیفی با طبیعت این نوع دروس سازگاری بیشتری دارد، زیرا ارزشیابی این درس وابسته به نظرات معلم در مورد چک‌لیست مشاهدات، پوشه کار و نتایج آزمایش‌های انجام‌شده دانش‌آموزان است و استفاده از مقیاس‌های درجه‌ای متداول در ایران می‌تواند موجب ایجاد رقابت‌های نامطلوب دانش‌آموزان برای کسب نمره و در نتیجه، تحت فشار قراردادن معلم شود. بنابراین، می‌توان از

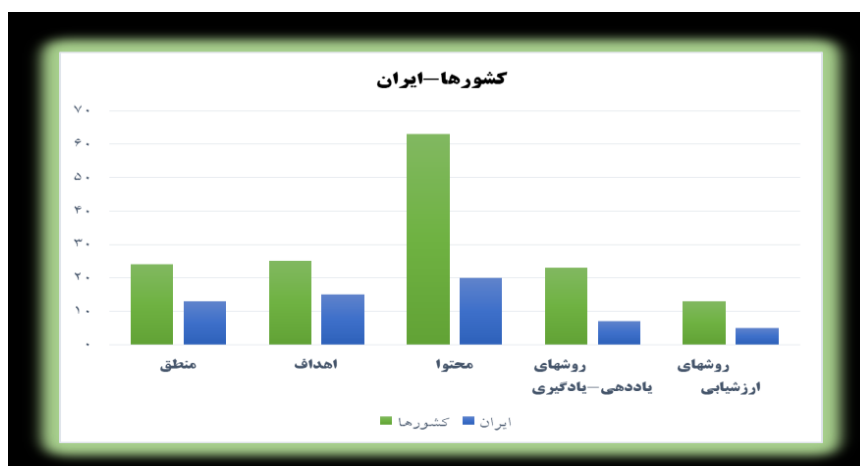
ارزشیابی توصیفی استفاده کرد. در تمامی برنامه‌های درسی ارزیابی نگرشی نسبت به محیط زیست و آینده بشر مشترک است. در کشورهای آمریکا، انگلستان و استرالیا سنجش ارزیابی براساس استانداردها آموزشی صورت می‌گیرد. در فنلاند بر خودارزیابی و در ایران بر ارزیابی پایانی بیشتر تأکید شده است.

جدول ۱. برنامه درسی آموزش شیمی برای پایداری در ایران و مشابه با آن در کشورهای مورد مطالعه، در یک نگاه.

کشورهای دیگر این پژوهش	ایران (وجه مشترک با کشورها)	موارد
عمل به دستورالعمل یونسکو-اقدامی ملی و دولتی سوق‌دادن آموزش به مهارت‌پروری-بی‌میلی دانش‌آموزان به شیمی-کندی حرکت و شوق در آموزش پایداری - پرمصرف‌بودن-اهمیت اقتصادی صنایع شیمیایی-پروژه امید -چالش‌های انرژی بر اقتصاد منطقه-کم‌توجهی شیمی به مسائل جهانی و فرهنگی- افزایش درک معلمان از آموزش اخلاق در شیمی.	تغییرات آب و هوا-تخریب محیط زیست- بهبود کیفیت آموزش-توسعه علم و تکنولوژی-پرورش شهروندان مسئول- بهبود وضعیت اقتصادی، محیط زیستی و جامعه-مرتبط کردن شیمی به مسائل اخلاقی و اجتماعی-پایان پذیر بودن منابع طبیعی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف- پرورش ارزش‌ها در نسل آینده- حل مسائل زندگی با شیمی-رشد صنایع شیمیایی.	منطق
توسعه فرهنگ بومی در شیمی-اصلاح تصورات غلط عموم مردم از شیمی-تولید ایده‌های جدید در شیمی-ساده کردن موضوع علمی انتزاعی-قدردانی از نقش بومیان در توسعه شیمی-به دست آوردن مهارت‌های ارتباطی برای قرن بیست و یکم-افزایش همکاری بین دولت، آموزش و پرورش و سایر گروه‌های ذی‌نفع به سمت رویکرد پایدار نقش آژانس‌های بین‌المللی در کنترل شیمی-درک نقش شیمی در کشاورزی و جنگلداری پایدار.	درک محدودیت منابع طبیعی-جلوگیری از آلوده شدن آب و هوا- توسعه مسائل اخلاقی در شیمی- کاهش مصرف انرژی- کاهش تولید زباله-توجه به رابطه شیمی با محیط زیست و جامعه- استفاده از دانش شیمی برای تصمیم‌گیری- ارزیابی پیامدهای اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی با تکنولوژیکی- درک خطر مواد شیمیایی برای کره زمین- حس مسئولیت در قبال خود و دیگران- قدردانی از علم شیمی و کاربردهای آن- ارج نهادن به علم شیمی و نقش شیمی‌دانان- علاقه‌مندی به شیمی- استفاده از منابع تجدیدپذیر- توجه به نکات ایمنی در فعالیت‌های شیمیایی.	اهداف

کشورهای دیگر این پژوهش	ایران (وجوه مشترک با کشورها)	موارد
<p>اصول شیمی سبز-نانومواد-سیستم های خورشیدی- داروهای مسکن - محاسبه اقتصاد اتمی در واکنش ها - شیمی پزشکی قانونی- تصفیه آب -کاتالیست سبز- رادیو داروها- شیمی تجزیه - کامپوزیت های نانولوله-تحقیقات درباره سلاح های شیمیایی کشنده - برقراری ارتباط بین شیمیدانان در مناطق مختلف جهان با استفاده از کنوانسیون های جهانی-آشنایی با طیف سنجی- کاربرد رادیویازوتوپ ها در پزشکی هسته ای-عوارض جانبی استفاده از شیرین کننده مصنوعی - کاربرد نانوذرات در پزشکی در جراحی - خطرات استفاده از انرژی هسته ای- استفاده از آنزیم ها درمواد شوینده بیولوژیکی با استفاده از شیمی سبز-جنگل زدایی، فرسایش خاک- محصولات کشاورزی به سمت پایداری- شیمی در تحقیقات پلیس- شبیه سازی اصول شیمی سبز با زندگی روزمره-تأمین آب شیرین -ارزیابی مواد سمی موجود در محصولات آرایشی و بهداشتی-فن آوری های جدید در تولید محصولات آرایشی و بهداشتی- تجزیه و تحلیل مواد مخدر- استفاده از چوب برای گرمایش خانه ها-تأثیرات باران اسیدی بر محیط و اشیاء فرهنگی-استانداردهای کار را برای کارگران- پلاستیک ها قبل از جنگ جهانی دوم-تأثیر حوادث هسته ای در جهان-اخلاق حاکم بر سنتز داروها-صنعت فولاد- فولرن ها در وسایل الکترونیکی-مدلسازی رایانه ای برای مطالعه فرایند صنعتی و کنترل تولید کارخانه شیمیایی- جیوه در آب و تأثیر آن بر محیط و زندگی افراد بومی- گسترده مواد شیمیایی در کشاورزی-مزایای استخراج الماس-بررسی تاریخی آلودگی آب-میکروشیمی- کارآفرینی-چرخه عمر محصول.</p>	<p>کشاورزی و شیمی- گازهای گلخانه ای - باران اسیدی - وضعیت گرمایش جهانی در آینده- تولید پلاستیک تخریب پذیر - کاربرد پلیمر ها -غذای سالم - سوخت های سبز - استرها- پلیمرها، ماندگار- شوینده ها - ورود فاضلاب های صنعتی به محیط- مقایسه سوخت های فسیلی و با زیستی- آسایش و رفاه در سایه شیمی- نقش الکتروشیمی در تأمین انرژی پاک -کاربرد فلزات- استفاده نادرست از دانش و فناوری- آمونیاک و کشاورزی- شیمی سبز - جنبه منفی آلودگی های شیمیایی آب و اثرات آن بر انسان، گیاهان و جانوران.</p>	محتوا
<p>کاوشگری- بحث درباره پیامدهای شیمی بر محیط زیست، اجتماع و اخلاق علم و فناوری- فعالیت های آزمایشگاهی- نرم افزارها- معلم نقش راهنما و مشاور عمل - تحقیقات سبز-نمایش فیلم -آموزش خود راهبر- انجام پروژه های گروهی - مهارت های تفکر سیستمی - وب سایت- مجلات- حضور شیمی دانان در مدارس-آموزش الکترونیک و تخته های هوشمند اساس کار معلمان-آزادی عمل بسیار معلم-حضور کارآفرین ها در مدارس.</p>	<p>سخنرانی- نمایشی- تحقیقات اینترنتی- حل مسئله- پرسش و پاسخ- گفت وگوهای کلاسی و تفکر نقاد.</p>	روش تدریس

کشورهای دیگر این پژوهش	ایران (وجه مشترک با کشورها)	موارد
نتایج فعالیت‌های آزمایشگاهی - نوشتن مقاله - فعالیت‌های اجتماعی - پروژه‌های کلاسی - توانایی بحث و کار گروهی - گزارشات تحقیق - مشاهدات دقیق در استفاده از دستگاه‌ها و نرم‌افزارها - تأکید بر خودارزیابی (برنامه درسی واشینگتن ^۱ ، ۲۰۱۷؛ واتسون ^۲ ، ۲۰۱۷؛ راهنمای برنامه درسی مدارس واشنگتن و مرت و کتاب آزمایشگاه شیمی، ۲۰۱۸؛ برنامه درسی آنتاریو ^۳ ، ۲۰۱۷؛ راهنمای برنامه درسی انگلستان، ۲۰۱۶؛ برنامه درسی هنگ کنگ، ۲۰۱۷).	گزارش فعالیت‌ها-مشاهده کارهای عملی - پرسش کلاسی آزمون‌های کتبی و تستی (کتاب‌های درسی شیمی دوره متوسطه دوم، ۱۳۹۸).	ارزشیابی



شکل ۱. میزان وجوه مشترک و متفاوت عناصر برنامه درسی شیمی برای پایداری در ایران با سایر کشورهای مطالعه شده

پاسخ به سؤال دوم: ویژگی‌های برنامه درسی مناسب آموزش شیمی برای توسعه پایدار چیست؟

۱. ارائه الگویی پنج‌گانه برای آموزش شیمی برای توسعه پایدار

شیمی در محتوا (افزودن پایداری در کتاب‌های درسی): این مدل بر اصلاح و توسعه دانش در برنامه درسی حاضر مطابق با علوم روز و تکنولوژی تأکید دارد. این مدل تعادل بین مسائل دانشی از محیط

1. Washington Curriculum
2. Watson
3. The Ontario Curriculum

زیست، تکنولوژی و صنعت نزدیک شدن به پایداری را فراهم می‌کند. محتوا در کتاب‌های درسی باید به نحوه‌ای باشد، که دانش‌آموزان را درگیر و تشویق به بحث و تفکر و انتقاد کند. دانش محتوای شیمی بر موضوعات برای توسعه پایدار تأکید می‌کند.

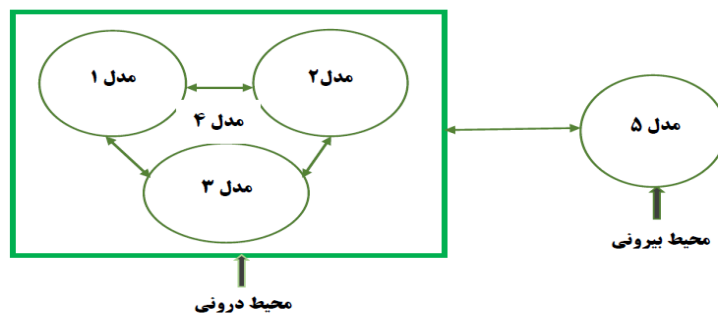
شیمی در فعالیت‌ها (گنجاندن اصول شیمی سبز در فعالیت‌های آزمایشگاهی): مدل دوم به منظور پرورش مهارت‌های تفکر بالاتر در شیمی است. استفاده از روش‌های پایدار در سطح کلان نیاز به توصیف مواد شیمیایی و انجام آزمایشات دارد. از این رو، در آموزش شیمی برای پایداری آزمایشگاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ساده‌ترین روش تلفیق شیمی برای پایداری در برنامه درسی آزمایشگاه این است؛ که تکنیک‌های جدید شیمی سبز جایگزین روش‌های سنتی در آزمایشگاه‌ها شود.

توسعه صلاحیت‌های فردی (بعد درونی آموزش شیمی برای پایداری): این مدل بیشتر از مدل‌های دیگر بر تربیت علمی تأکید دارد. با این مدل می‌توان ابعاد فردی را از طریق مهارت‌های تفکر برای زندگی شخصی تقویت کرد. نتیجه مهم آن توسعه شایستگی‌هایی است که برای کمک به آینده‌ای پایدار در نظر گرفته می‌شود. رویکردی مبتنی بر شایستگی به سواد علمی که بر صلاحیت اخلاقی، و سایر شایستگی‌های تصمیم‌گیری اجتماعی-علمی تأکید می‌کند. آموزش شیمی پایداری این امکان را می‌دهد؛ که بتوان جامعه را به روشی پایدار شکل داد. مهارت‌های قرن بیست‌ویکم عبارت‌اند از: تفکر سیستمی، حل مسأله، خلاقیت، تفکر انتقادی، صلاحیت در عمل، تفکر و باور آینده، صلاحیت هنجاری و ارتباط همکاری. بنابراین، صلاحیت‌های ذکر شده پایه‌ای در آموزش شیمی است، که موقعیت‌هایی را که دانش‌آموزان در خارج از کلاس شیمی به آن نیاز دارند، پوشش می‌دهد، که می‌تواند دانش‌آموزان را به سمت یادگیری خودتنظیمی سوق دهد.

شیمی در بافت (فرهنگ کلاس و مدرسه): آخرین مدل چگونگی تحقق اصول *ESD* را در فرهنگ کلاس و مدرسه بیان و به دانش‌آموزان فرصتی می‌دهد تا زندگی پایدار را تجربه کنند، که نشان می‌دهد، همه تجربیات آموزشی، چه به صورت فردی و چه اجتماعی تحت تأثیر فرهنگ مدرسه قرار می‌گیرد. احترام به محیط زیست و اصول دموکراتیک در فرهنگ مدرسه جاری می‌شود. نقش معلم به عنوان یک الگوی نقش نیز مهم است و تأثیر شایان توجهی در تفکر دانش‌آموزان نسبت به

محیط دارد. آنچه دانش‌آموزان در محیط مدرسه می‌آموزند، می‌تواند از مرزهای مدارس عبور کرد تا پایداری را به جامعه بزرگتر وصل کند. در واقع، محیط مدرسه مقدمه‌ای برای جامعه است. شیمی در جامعه (بعد بیرونی آموزش برای پایداری): شناخت روابط و وابستگی متقابل طبیعت، جامعه و اقتصاد برای دستیابی به پایداری بسیار مهم است. بنابراین، موضوع شیمی باید در یک زمینه مرتبط آموزش داده شود تا درک کاملی از موضوعات پایداری کنونی ترویج شود. این مدل یادگیری تأکید بر چگونگی رفتار در جامعه به عنوان شهروندان مسئول است. که از درگیر کردن دانش‌آموزان در مسائل پایداری مربوط به جامعه و محیط حاصل می‌شود.

در ۵ مدلی که برای تلفیق مسائل پایداری در آموزش شیمی ارائه شد. هیچ مدلی به تنهایی دربردارنده کامل معنایی از آموزش شیمی برای پایداری نیست. غیر ممکن است تنها یک مدل را بتوان مدل بهتر نامید. تمامی این مدل‌ها حائز اهمیت و بهم مرتبط هستند. نکته مهم دیگر در همه مدل‌ها پافشاری معلمان به مسائل پایداری است و اینکه بسیاری از پداگوژی‌ها برای آموزش محیط زیست و پایداری اغلب به صورت سنتی عمل می‌کنند. در صورتی که شامل فعالیت‌های خارج و یادگیری نیاز به تجهیزات و تکنولوژی هم دارد. برای مثال، در مدل اولی دانش‌آموزان در معرض دانش مسائل پایداری قرار می‌گیرند. در مدل دومی دانش را در آزمایشگاه به کار می‌گیرند. در مدل سوم تغییر مهارت‌های فکری و انگیزشی برجسته می‌شود. در مدل چهارم دانش‌آموزان به طور پنهان دانش و مهارت‌های آموخته خود را به کار می‌گیرند و در مدل آخر دانسته‌های خود را به جامعه بزرگتری متصل می‌کنند. واضح است که مدل‌های مختلف اهداف متفاوتی دارند. اگر آموزش برای شیمی پایدار را به عنوان سیستمی باز و منعطف در نظر بگیریم، این سیستم داخل محیطی به نام مدرسه قرار می‌گیرد، که دارای سه جزء درونی است و جامعه یک محیط بعد بیرونی برای این سیستم محسوب می‌شود. اگر آموزش برای شیمی پایدار را به عنوان سیستمی باز و منعطف در نظر بگیریم، این سیستم داخل محیطی به نام مدرسه قرار می‌گیرد، که دارای سه جزء درونی است و جامعه یک محیط بعد بیرونی برای این سیستم محسوب می‌شود. در شکل این ارتباط نشان داده شده است.



شکل ۲. ارتباط مدل‌های آموزش شیمی برای توسعه پایدار

۲. عناصر برنامه درسی آموزش شیمی برای توسعه پایدار

به منظور طراحی برنامه درسی مبتنی بر آموزش شیمی برای پایداری در دوره متوسطه، عناصر برنامه درسی مشخص شد:

منطق: ایجاد چارچوبی برای آینده‌ای پایدار و عادلانه- جلوگیری از تخریب محیط زیست- جلوگیری از مصرف بیش از حد منابع انرژی- رعایت کردن حقوق شهروندی- بهبود مهارت‌های تفکر و پرورش ارزش‌ها در نسل آینده- بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نو در مدارس- حل چالش‌های بزرگ در ایران و منطقه آسیا- شکست شیوه‌های سنتی در آموزش و پرورش ایران- کاهش علاقه دانش‌آموزان به علوم- کمبود نیروی متخصص ماهر- بهبود وضعیت اقتصادی، محیط زیستی و جامعه- درک نگرانی‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی برای حفظ محیط زیست- اهمیت اقتصادی صنایع نفت برای ایران- مشارکت فعالانه دانش‌آموزان در جامعه- پاسخگویی به سازمان ملل برای توسعه پایدار - بالا بردن درک معلمان از آموزش اخلاق در شیمی.

اهداف: تبدیل شدن به یک شهروند آگاه و مسئول با احساس هویت ملی و جهانی- ترویج آموزش باکیفیت برابر برای همه- ترویج فرهنگ صلح و زندگی عادلانه- آموزش مهارت‌های تفکر سیستمی- افزایش عملکرد دانش‌آموزان در آزمایشگاه- توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات آن در شیمی- تدارک فعالیت‌های شیمی مرتبط با جامعه- افزایش همکاری بین شیمیدانان و سایر گروه‌های ذی‌نفع به سمت رویکرد پایدار- استفاده از فن‌آوری‌ها و دستگاه‌های جدید در شیمی- انجام

تحقیقات سبز- درک ارزش‌ها و دیدگاه‌های مختلف - افزایش ایمنی و بهداشت در آزمایشگاه‌ها- درک نقش مهم شیمی در پزشکی، دارو و صنایع- مصرف و تولید پایدار- درک نقش و تولید ایده‌های جدید در شیمی- قدردانی از نقش بومیان در توسعه شیمی-درک چالش‌های آینده در ایران- افزایش همکاری بین آموزش و پرورش، و سایر گروه‌ها به سمت رویکرد پایدار- احترام به فرهنگ ایرانی و به تکرگرای در جامعه- تصمیم‌گیری و داوری آگاهانه درباره مسائل مربوط به شیمی- درک نقش شیمی در کشاورزی و جنگلداری.

محتوا: استوکیومتری-ساختار اتمی (هسته اتم-آرایش الکترونی- پزشکی هسته‌ای)-واکنش‌ها شیمیایی (پیوندهای فلزی-نیروهای بین مولکولی-کمیت در شیمی)- انرژی (منابع انرژی- سوخت‌های فسیلی- همجوشی و شکافت هسته‌ای-انرژی خورشیدی-گرمای جهانی)- اسید و بازها-حلال‌ها و حلالیت-اکسیداسیون/احیا- شیمی آلی (کاربرد در صنعت-پلاستیک‌ها-پلیمرها)- شیمی محیط زیست (تغییرات آب و هوا-گازها و شیمی جو)- مواد (شیمی چرم-شیمی و خودروسازی-تولید عطرها و لوازم آرایش-تهیه رنگ‌ها-نانو-پلیمر-کاتالیست‌ها-محیط زیست)- بیوشیمی (لپید-آنزیم)-شیمی دارویی (داروهای طبیعی- مسکن‌ها-تاکسول-عوارض داروها-مواد مخدر).

روش‌های یاددهی- یادگیری: آموزش دانش علمی در یک بستر اجتماعی- تعامل دانش‌آموزان در گروه‌هایی با یکدیگر- کاوشگری- تشویق دانش‌آموزان به بحث درباره مشکلات مربوط به مسائل اجتماعی و علمی اطراف خود و جهان و توجیه ادعاهای خود و توجه به نظرات مخالف- آموزش مهارت‌های تفکر- حضور کارآفرین‌های در مدارس و همکاری آن‌ها با دانش‌آموزان- آموزش در دو بخش کلاس و آزمایشگاه همزمان- انجام خدمات اجتماعی و محیط زیستی- یادگیری مشارکتی- نمایش فیلم-نوشتن مقاله- انجام پروژه‌های گروهی به منظور ارتباط شیمی با جامعه و بحث درباره پیامدهای شیمی بر محیط زیست، اجتماع و اخلاق علم و فناوری.

روش‌های ارزشیابی: انجام تحقیق- میزان مشارکت در بحث درباره پیامدهای اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و فناوری کاربردهای شیمی- انجام پروژه‌های کلاسی- مقاله‌نویسی-روش جمع‌آوری

اطلاعات و داده‌ها و بررسی راه‌های احتمالی خطا حاصل از فعالیت- قابلیت تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌های به‌دست‌آمده از تحقیق- قابلیت برای برقراری ارتباط در انجام تحقیق با هم‌سالان- مشاهدات دقیق در حین آزمایش و استفاده از دستگاه‌ها و نرم‌افزارها.

۳. برنامه پیشنهادی: چگونگی تلفیق شیمی برای پایداری در برنامه درسی شیمی حاضر

نتایج مطالعه تطبیقی نظرخواهی و آماری مصاحبه‌شوندگان درباره چگونگی ورود محتواهای پیشنهادی به برنامه درسی شیمی حاضر نشان می‌دهد که:

جدول ۲. تلفیق شیمی برای پایداری در برنامه درسی شیمی حاضر

پایه	فصل	اهداف	مؤلفه‌ها	بعد
دهم	فصل اول (کیهان زادگاه الفبای هستی)	کاربردهای رادیوایزوتوپ‌ها در پزشکی و صنعت - بمب هیدروژنی.	شیمی هسته‌ای	شیمی مدرن
	فصل اول (کیهان زادگاه الفبای هستی)	نقش آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای در صلح- حوادث جهانی هسته‌ای- سلاح‌های و بمب‌های هسته‌ای و شیمیایی- حقوق بشر (حقوق برای محیط زیست تمیز)-حقوق سیاسی و شهروندی.	ترویج صلح	شیمی در جامعه
	فصل دوم (ردپای گازها در زندگی)	شاخص کیفیت هوا و گرم‌شدن کره زمین.	هوا	زیست محیطی
	فصل سوم (آب آهنگ زندگی)	کیفیت آب- مواد سمی موجود در آب- تصفیه آب.	آب	زیست محیطی
یازدهم	فصل اول (قدر هدایای زمینی را بدانیم)	کاربرد فلزات در صنایع و پزشکی-افزایش عمر فلز.	فلزات	شیمی مدرن
	فصل اول (قدر هدایای زمینی را بدانیم)	زباله‌های تجدیدپذیر-زباله‌های تجدیدنپذیر مکان مناسب احداث کارخانه شیمیایی.	زباله و مواد زائد	زیست محیطی
	فصل اول (قدر هدایای زمینی را بدانیم)	آشنایی با کاربرد اصول شیمی سبز در آزمایشگاه - انرژی خورشیدی.	شیمی سبز	شیمی مدرن
	فصل دوم (در پی غذای سالم)	کیفیت خاک-مواد شیمیایی در کشاورزی- کودهای شیمیایی.	خاک	زیست محیطی

پایه	فصل	اهداف	مؤلفه ها	بعد
	فصل دوم (در پی غذای سالم)	شیرین کننده های مصنوعی - الگوی مصرف و تولید پایدار.	غذا	زیست محیطی
	فصل دوم (در پی غذای سالم)	نقش شیمی در کاهش فقر و گرسنگی - نقش محصولات شیمیایی در رفاه مردم جامعه - استانداردهای حقوق کارگران.	علم به عنوان یک تلاش جهانی	شیمی در جامعه
	فصل دوم (در پی غذای سالم)	اصول برابری و احترام به دیگران.	ارزش های فرهنگی و مذهب	شیمی در جامعه
	فصل سوم (پوشاک، نیازی پایان ناپذیر)	خطرات مربوط به استفاده از نانو مواد - نکات ایمنی کار برای کارگران - رعایت نکات ایمنی در آزمایشگاه.	ارتقای زندگی سالم و تندرستی	شیمی در جامعه
دوازدهم	فصل اول (مولکول ها در خدمت تندرستی)	منابع طبیعی تهیه دارو ها - منابع شیمیایی تهیه دارو ها - عملکرد مسکن های - مواد مخدر اخلاق حاکم بر سنتز دارو ها.	شیمی دارویی	شیمی مدرن
	فصل اول (مولکول ها در خدمت تندرستی)	دیدگاه ها فرهنگ های مختلف از مواد مخدر و انرژی هسته ای.	ارزش های فرهنگی و مذهب	شیمی در جامعه
	فصل اول (مولکول ها در خدمت تندرستی)	کشت و تولید مواد مخدر غیر قانونی در برخی از کشورها.	ترویج صلح	شیمی در جامعه
	فصل اول (مولکول ها در خدمت تندرستی)	رعایت کردن میزان مصرف دارو - مواد سمی موجود در محصولات آرایشی و بهداشتی - اهمیت محافظت از پوست.	ارتقای زندگی سالم و تندرستی	شیمی در جامعه
	فصل دوم (آسایش و رفاه در سایه شیمی)	زباله های تجدید پذیر - زباله های تجدید ناپذیر - مکان مناسب احداث کارخانه شیمیایی.	زباله و مواد زائد	زیست محیطی
	فصل چهارم (شیمی راهی به سوی آینده روشن)	شناسایی مواد مخدر - شیمی و کشف جرم - دستگاه های طیف سنجی برای شناسایی مواد	شیمی پزشکی قانونی	شیمی مدرن
	فصل چهارم (شیمی راهی به سوی آینده روشن)	آشنایی با نانو ذرات - کاربرد نانو ذرات در پزشکی و صنعت.	نانو شیمی	شیمی مدرن

پاسخ به سؤال سوم: اعتبارسنجی درباره برنامه پیشنهادشده برنامه درسی آموزش شیمی برای توسعه پایدار چگونه است؟

پس از مقایسه برنامه‌های درسی آموزش شیمی برای توسعه پایدار در کشورهای مختلف و تعیین ویژگی‌های برنامه درسی پیشنهادی به منظور اعتباربخشی تصمیم گرفته شد که با استفاده از روش دلفی درباره اینکه برنامه پیشنهادشده مناسب است، از ۹ نفر از متخصصان شیمی و برنامه درسی ۶ نفر از دبیران با سابقه بالای پنج سال کمک گرفته شود. ابتدا پرسشنامه تهیه شده در اختیار شرکت‌کنندگان قرار داده شد، و نتایج پرسشنامه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. داده‌های به‌دست‌آمده از نظر متخصصان و دبیران نشان داد که بین نظرات اکثر آن‌ها توافق وجود داشت.

همچنین، در انجام مصاحبه‌های نیمه‌سازمان‌یافته از ۸ تن از کارشناسان آموزش شیمی و دبیران آموزش شیمی سعی شد، تا جنبه‌های دیگری از برنامه درسی پیشنهادی، مورد بحث و بررسی قرار گیرد. ولی پژوهشگر اصراری نداشت که به همه محورهای ذکرشده پاسخ دهد. در ضمن، سعی شد از طرح سؤالات مستقیم درباره برنامه درسی شیمی برای توسعه پایدار خودداری کرده و با طرح سؤالات غیر مستقیم درباره علایق و تجارب مصاحبه‌شوندگان، نظرات آن‌ها در این زمینه استخراج شود. در واقع، سؤالات غیر مستقیم ابزاری بودند که مصاحبه‌شوندگان را وادار به بحث و گفت‌وگو درباره جنبه‌های گوناگون آموزش شیمی برای توسعه پایدار می‌کرد، بدون آنکه نظراتی را به آنان القاء کند. از نظرات مصاحبه‌شوندگان روشن شد که:

مصاحبه‌شوندگان درباره شکاف بین وضعیت مطلوب و موجود برنامه درسی مبتنی بر آموزش توسعه پایدار و ضرورت آموزش آن در برنامه درسی توافق داشتند. نظر اکثر آن‌ها بیان‌کننده این امر بود، که به طور کلی، در برنامه‌های درسی به اهداف آموزش توسعه پایدار در تمام مقاطع کم‌توجه شده است.

مصاحبه‌شوندگان بیان کردند؛ آموزش توسعه پایدار در برنامه درسی شیمی دوره متوسطه ضرورت بالایی دارد. اکثراً موافق بودند؛ که باید کتاب‌های درسی علوم مقطع متوسطه براساس آموزش برای توسعه پایدار نوشته شود تا اینکه تنها در برنامه درسی شیمی انجام شود. اکثر

مصاحبه‌شوندگان منطق، اهداف، محتوا و روش‌های یاددهی و یادگیری و ارزشیابی را در برنامه درسی پیشنهادشده را تأیید کردند.

یکی از اساتید بیان کرد؛ از آنجا که روش ارائه این برنامه بر اساس رویکرد فعال است، این برنامه درسی در علاقمند کردن دانش‌آموزان به شیمی، پرورش خلاقیت‌های آن‌ها بسیار مؤثر است و درک آن‌ها را از جنبه‌های کاربردی علوم در زندگی آسان می‌کند.

یکی از کارشناس آموزش شیمی بیان داشت که در نوشتن کتاب دو دغدغه مد نظر است. یکی دغدغه کسانی که می‌خواهند در دانشگاه در رشته شیمی ادامه تحصیل دهند و نیاز به مفاهیم علمی دارند. دوم، دغدغه تربیت شهروند آگاه و مسئولیت‌پذیر و پاسخگو به در جامعه. البته توجه به هر دو گروه ضروری به نظر می‌رسد. دسته اول دانشمندان آینده هستند که کشور را به سمت رشد و تعالی ارتقا می‌دهند و دسته دوم خیل عظیم شهروندان کشور هستند که در جهت زندگی بهتر و حرفه‌های متفاوت، نیاز به آگاهی از فناوری‌های زمانه خود دارند. پس باید در نگارش کتاب درسی این مهم را لحاظ کرد. برای اجرای آموزش شیمی برای توسعه پایدار می‌توان دو صورت را در نظر گرفت: ۱. برنامه درسی جدیدی برای تمام علوم نوشته شود؛ ۲. در برنامه‌های درسی کنونی اصلاحات انجام شود. همچنین، ایشان خاطر نشان کردند، بهتر است؛ مفاهیم آموزش توسعه پایدار در کل کتاب‌های درسی سه مقطع مد نظر قرار گیرد و برای اجرای آن به صورت پله‌پله از دوره ابتدایی شروع و در دوره راهنمایی و بعد متوسطه انجام گیرد.

به گفته دبیری: به نظر من باید آموزش توسعه پایدار تفاوت را با رویکرد موضوع‌محور نشان می‌دهد، در نتیجه، این نگرش ظرفیت‌ها و قابلیت‌های زیادی به کتاب می‌دهد و یادگیری مفاهیم شیمی را معنادارتر می‌کند. اگر دانش‌آموزان بتوانند برای آنچه آموزش داده می‌شوند، دلیل و معنایی در محیط اطراف بیابند یادگیری بسیار راحت صورت می‌گیرد. یادگیری در خلاء نمی‌تواند معنادار باشد و آموزش نیازمند بافت و زمینه است. بیشتر مفاهیم آموزش توسعه پایدار با زندگی روزانه ارتباط دارد. بر این باورم، تا هنگامی که یک معلم خود، از ساختار و محتوای کتاب درسی لذت نبرد نمی‌تواند آن را با لذت به دانش‌آموزان خود تدریس کند و آموزشی لذت‌بخش را در کلاس رقم بزند. به نظر من آموزش توسعه پایدار از این لحاظ که حرف تازه‌ای برای گفتن دارد، جالب است.

به گفته دبیری: به نظر من مشکل اساسی در تدوین کتاب‌ها بدون در نظر گرفتن نظر همکاران است و دیگر اینکه حجم کتاب، مناسب مناطق محروم نیست. باید به دبیران در انتخاب دروس اختیاراتی داده شود. همچنین، نیازی به مباحث گوناگون در خیلی از جاهای کتاب نیست مگر آنکه دانش‌آموزی بخواهد در رشته شیمی ادامه تحصیل دهد؛ کتاب لانگمن شیمی را یک سال تدریس کردم. واقعاً فرق کتاب‌های خارجی و داخلی از نظر تدوین بسیار زیاد است؛ فعالیت آزمایشگاه‌های شیمی در اکثر مدارس غیر از مدارس غیر انتفاعی بسیار ضعیف است و قابل استفاده نیست. گنج‌شدن دانش‌آموز با توجه به تنوع مطالب درسی باعث دور شدن وی از درس شیمی می‌شود. می‌توانم به صورت جزئی‌تر عنوان کنم در مدارس قرار است به دانش‌آموزان ارتباط علوم با هم و کاربرد آن‌ها را در زندگی را آموزش دهیم نه موضوعات دور از ذهن و فراموش‌شدنی که به نظرم آموزش توسعه برای شیمی تا حدی این هدف را محقق می‌کند.

به گفته دبیری: انتظار می‌رفت کتاب شیمی دهم از نظر محتوایی، سازماندهی علمی و نگارشی بهتری را در اختیار دانش‌آموزان و معلمان شیمی بگذارد، اما از نظر من هرچند نسبت به کتاب سال دوم دبیرستان از نظر ارتباط مطالب آموزشی، ارتباط متن کتاب با کیفیت زندگی روزمره مفید است، ولی از نظر بار علمی و کیفیت نکات تخصصی شیمی و تقدم و تأخر مطالب ارائه‌شده در متن کتاب، کاستی‌هایی وجود دارد. تعداد فصل‌های کتاب‌ها مشکلاتی را برای دبیر از نظر تدریس ایجاد می‌کند. متأسفانه شاهد پراکنده گویی مؤلفان محترم در فصل‌های کتاب هستیم.

به گفته دبیری: به خاطر تکه‌تکه شدن مطالب دانش‌آموزان دچار سردرگمی می‌شوند. ارتباط دادن مطالب به هم سخت است. در کتاب پایه دهم به یادگیری فعال و اکتشافی، حل مسئله و زیست‌محیطی، یادگیری معنادار توجه داشته و صرف توجه به این موارد کافی نیست. استفاده درست، به‌جا، بهینه و ثمربخش، از اهمیت بیشتری برخوردار است. در ضمن فراموش نکنید که تعادل محتوا از نکته‌های بسیار مهمی است که باید در تألیف کتاب و تدریس آن، مد نظر قرار داد. این ویژگی‌ها، روش تدریس را تشکیل می‌دهند. هم کتاب و هم معلم در ایجاد این تعادل نقش دارد. آموزش توسعه پایدار اگر به درستی به تدوین و اجرا شود به ثمربخشی آموزش نزدیک می‌شود، البته که در ابتدا باید مهارت معلمان برای آموزش فراهم شود.

به گفته دبیری: به نظر من شیمی دهم و یازدهم دریایی از بی‌نظمی‌هاست و باعث سردرگمی‌هایی میان دبیران و دانش‌آموزان شده است. فارغ‌التحصیلان این دوره، از شیمی چیزی متوجه نمی‌شوند و اهداف آموزشی مورد نظر پیاده نخواهد شد. مؤلفان کتاب باید نظر دبیران را که نقش اصلی تدریس و تفهیم مطالب را دارند بیشتر به کارگیرند. اصرار مؤلفان در آوردن شیمی عمومی کتاب دانشگاهی بدون توجه به حجم زیاد آن و توان یادگیری دانش‌آموز و پرداختن ضعیف به برخی مطالب علمی در مقایسه با کتاب قبلی از ضعف‌های اصلی کتاب‌ها به شمار می‌آید که انتظار می‌رفت در چاپ جدید اصلاح شود، اما متأسفانه اینگونه نشد. متأسفانه ضعف محتوایی کتاب باعث ایجاد شکاف بین مدرسه و جامعه شده این به نظر من یک ضعف برای کتاب است. آموزش‌های سنتی علمی مثل شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی یادگیری را برای دانش‌آموزان خسته‌کننده می‌کند. اما در نگارش کتاب درسی پرداختن به زندگی واقعی آنچه در اطراف ما می‌گذرد، یادگیری را جذاب‌تر می‌کند. تنوع زیاد مطالب درسی و کم‌بودن ساعت آموزشی دغدغه اصلی معلمان در سطح کشور بوده است. رویکرد آموزش توسعه‌یاب‌دار به نظر نگاه نویی است. آموزشی که مبتنی بر تربیت شهروند علمی، تقویت مهارت‌های زندگی و ایجاد انگیزه به یادگیری علوم تأکید دارد و از ارائه انبوه دانش علمی بپزدازد، بسیار بااهمیت است.

به گفته دبیری: من کتاب‌های فعلی را تا ۳۰ درصد و حتی کمتر موفق می‌دانم. علت آن را هم که اختلاف بسیار زیاد بین سطح شیمی دهم با شیمی دوره متوسطه ۱، عدم پیوستگی مطالب و پراکنده‌گویی در کتاب، مشخص نبودن عمق مطلب مورد تدریس و وجود ابهام در آن، کم‌بودن ساعت تدریس، نبود امکانات زیربنایی، نبود آموزش درست در کلاس‌های ضمن خدمت، اجرای سنتی تدریس به شیوه سخنرانی و رهاکردن کتاب به دلیل نبود انسجام آن. همین اختلاف نظری است که میان حامیان حفظ ساختار مفهومی دانش شیمی و علاقه‌مندان به آموزش مبتنی بر معنابخشی به شیمی، در بستر زندگی شهروندی است. شما بهتر از من می‌دانید که برنامه‌های درسی در دنیا پیوسته در حال تغییر است و ممکن است هر لحظه نیاز به تغییر احساس شود و نمی‌توان تمام دانش‌های روز را در کتاب‌ها منتقل کرد پس به قول ضرب المثلی باید به دانش‌آموزان ماهیگری یا همان

مهارت‌ها را آموزش داد که به نظرم آموزش توسعه پایدار سعی دارد آموزش را به این هدف نزدیک کند.

به منظور اطلاع از اعتبار الگوی طراحی شده از نظر متخصصان از آزمون تی تک‌نمونه‌ای استفاده شد، که نتایج تحقیق در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای به منظور اعتباربخشی الگوی طراحی شده

شماره	گویه‌ها	فراوانی	جمع	میانگین تجربی	انحراف معیار
۱	تا چه اندازه با منطق پیشنهاد شده موافقت می‌کنید.	۱۵	۶۱	۳٫۹	۰٫۶۸
۲	اهداف در نظر گرفته شده با اهداف آموزش برای توسعه پایدار دوره متوسطه انطباق دارند.	۱۵	۶۳	۴٫۱	۰٫۷۷
۳	اهداف پیش‌بینی شده قابلیت تحقق دارند.	۱۵	۶۶	۴٫۴	۰٫۶۳
۴	محتوای در نظر گرفته شده برای تحقق اهداف آموزش توسعه پایدار مناسب است.	۱۵	۶۰	۴	۰٫۷۴
۵	روش‌های یاددهی-یادگیری پیشنهادی مناسب است.	۱۵	۶۱	۳٫۹	۰٫۸۳
۶	نقش معلم با توجه به روش‌های پیشنهادی مناسب است.	۱۵	۶۱	۳٫۹	۰٫۸۲
۷	به ارزشیابی همه‌جانبه عملکرد دانش‌آموزان توجه شده است.	۱۵	۶۳	۴٫۱	۰٫۸۱
۸	در برنامه درسی پیشنهاد شده اولویت‌بندی مفاهیم اساسی برای تلفیق مؤلفه‌های تهیه شده تا چه اندازه مناسب است؟	۱۵	۶۵	۴٫۳	۰٫۸۲
۹	در برنامه درسی پیشنهاد شده تا چه اندازه مؤلفه‌ها مفاهیم اصلی را پوشش می‌دهد؟	۱۵	۶۳	۴٫۱	۰٫۷۹
۱۰	در برنامه درسی پیشنهاد شده تا چه اندازه اهداف مؤلفه‌هایشان را پوشش می‌دهد؟	۱۵	۶۱	۳٫۹	۰٫۷۹
۱۱	برنامه درسی پیشنهاد شده برای تحقق اهداف دانشی آموزش شیمی برای توسعه پایدار در دانش‌آموزان قابل دفاع است.	۱۵	۶۲	۴	۰٫۶۸

شماره	گویه‌ها	فراوانی	جمع	میانگین تجربی	انحراف معیار
۱۲	برنامه درسی پیشنهادشده برای تحقق اهداف نگرشی آموزش شیمی برای توسعه پایدار در دانش‌آموزان قابل دفاع است.	۱۵	۶۵	۴٫۳	۰٫۳۳
۱۳	برنامه درسی پیشنهادشده برای تحقق اهداف مهارتی آموزش شیمی برای توسعه پایدار در دانش‌آموزان قابل دفاع است.	۱۵	۶۵	۴٫۳	۰٫۶۱
۱۴	میزان سازگاری و همخوانی درونی عناصر و الگو را چگونه ارزیابی می‌کنید؟	۱۵	۶۳	۴٫۱	۰٫۷۷
۱۵	قابلیت اجرای برنامه پیشنهادی را چگونه ارزیابی می‌کنید؟	۱۵	۶۴	۴٫۲	۰٫۶۱
	کل	۱۵	۶۲٫۸۷	۴٫۱	۰٫۷۳۸

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میانگین همه گویه‌های مربوط به پرسشنامه بالاتر از ۴ است و میانگین نظرات متخصصان در این الگو ۴٫۱ است و نشان‌دهنده این است که الگوی طراحی شده از نظر متخصصان از اعتبار بالایی برخوردار است و این الگو قابلیت اجرا دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در دنیای کنونی علم و تکنولوژی ابزار قدرتمندی برای حل مشکلات جهان شده است. آموزش و پرورش نباید تنها به دنبال انتقال اطلاعات و تأمین نیروی انسانی موردنیاز جامعه باشد؛ اگر به این هدف محدود شود، منجر به کم‌رنگ شدن سواد علمی دانش‌آموزان خواهد شد. ما می‌توانیم با آموزش برای توسعه پایدار در حل چالش‌ها و ایجاد فرصت‌ها در دستیابی به اهداف، استفاده نماییم. از آنجا که توسعه هر کشوری مستلزم سطح سواد علمی است. آموزش علوم اگر به طور کامل اجرا شود، بستر اصلی توسعه پایدار را تسریع خواهد کرد. با توجه به آسیب‌های عظیم به محیط زیست به علت فعالیت‌های صنایع شیمیایی، آموزش شیمی پایدار یک جزء اصلی آموزش درباره مسائل توسعه پایدار است، بنابراین، ارتقای برنامه درسی شیمی برای توسعه پایدار به عنوان یک مسئله

حیاتی برای پیشرفت اقتصادی و بهبود سلامتی در آینده کشورها محسوب می‌شود. هدف این پژوهش بر آن بود که برای بهبود نظام آموزشی ایران راهکارهایی برای آموزش شیمی برای توسعه پایدار در برنامه درسی دوره دوم متوسطه ارائه دهد. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است آموزش و پرورش در کشورها به این نتیجه رسیده‌اند، که با توجه به اینکه عصر جدید عصری است، که در آن جریان آزاد اطلاعاتی به آنارشیسم انجامیده و انبوه دانش و اطلاعات به جای فرصت به تهدید می‌انجامد اگر تربیت علمی در دستور کار قرار نگیرد. بنابراین، تربیت شهروندان آینده یعنی تربیت افرادی که دارای شایستگی‌های دانشی، نگرشی و مهارتی در یادگیری علوم دست یابند. پایداری به عنوان بخشی جدایی‌ناپذیری از اصلاحات آموزشی در اکثر کشورها مطرح شد. نتایج مقایسه عناصر برنامه درسی آموزش شیمی برای توسعه پایدار حاکی از آن بود که منطق اصلی آموزش شیمی برای توسعه پایدار در اکثر در تمام کشورها یک اقدامی جهانی و ملی به منظور برقراری دموکراسی، بهبود و ارتقای آینده پایدار است. دوم آنکه در توجه به ارزش‌ها در اهداف آموزش شیمی کشورها در گذشته کم‌رنگ بوده، به همین منظور آموزش برای پایداری به منظور اهمیت‌دادن به نقش ارزش‌ها در اهداف آموزشی کشورها بر اساس رویکرد انسان‌گرایانه مشخص شدند. در واقع، در کشورهای لزوم اهمیت به پایداری به‌خوبی درک شده است به همین دلیل، برحسب موقعیت جغرافیایی، سیاسی، مذهبی، صنعتی و اقتصادی خود شروع به بسط آن در برنامه درسی مدارس خود کرده‌اند. مطلب دیگر در برای تدریس پایداری هیچ رهنمود کاملی وجود ندارد. می‌توان رویکرد ساختارگرایانه در آموزش شیمی برای توسعه پایدار نتیجه‌گیری کرد. نکته مهم دیگری که بررسی رویکردهای تدریس در آموزش شیمی برای توسعه پایدار فعال و در برنامه‌های درسی هیچ رهنمود واحدی برای تدریس وجود ندارد. از بررسی روش‌های تدریس کشورهای مورد مطالعه حاصل شد؛ این بود که نظام آموزشی کشورها روش‌های انتظارات تدریس را کاملاً کنترل می‌کنند. با این تفاوت که در کشورهایمانند فنلاند و آمریکا آزادی معلمان در انتخاب محتوا و تدریس بسیار بیشتر است و کتاب‌های درسی تنها اصالت ندارد. شیوه ارزشیابی بر اساس نظام آموزشی، نقش معلم، روش تدریس، محتوا و اهداف آموزشی در هر کشور متفاوت است. در تمامی برنامه‌های درسی کشورها به هر سه حیطه ارزشیابی (شناختی، عاطفی و مهارتی) دانش‌آموزان توجه می‌شود؛ اما سهم این سه

حیطه ارزشیابی در کشورها متفاوت است. همچنین، مشخص شد که هیچ مدلی به تنهایی دربردارنده معنای کامل از آموزش شیمی برای پایداری نمی‌باشد. غیرممکن است، تنها یک مدل را بتوان مدل بهتر نامید. نتایج این تحقیق ارتباط قوی میان برنامه درسی مکتوب و اجرا شده را در کشورها نشان داد. به عبارت دیگر، برای آنکه دانش شیمی برای توسعه پایدار خود را به صحنه عمل که همان تدریس است، نزدیکتر کند؛ این امر جز با تسلط معلمان در حوزه دانش موضوعی و هنر آن‌ها در به‌کارگیری از مدل‌های مختلف در تدریس ممکن نیست. لذا؛ یادگیرنده بودن معلمان حائز اهمیت است چرا که یک معلم برای آموزش شیمی برای پایداری بیشتر مجبور به خلق و تدریس هنرمندانه و نوآورانه است. بنابراین، معلم صرفاً یاددهنده و دانش‌آموزان صرفاً یادگیرندگان نیستند؛ بلکه هر دو یاددهندگان و یادگیرندگان مطرح هستند و فرایند تدریس کاملاً چندجانبه و پویا است. شایان ذکر است به غیر از تسلط و مهارت معلم بر حوزه دانش ایجاد بستر و محیط اجتماعی، سیاسی و اقتصادی فضایی مناسب برای دانش‌آموزان ضروری است. این نکته لازم به ذکر است که تدریس آموزش شیمی برای پایداری به نوعی احیای بعد اخلاقی تدریس در کنار بعد اقتصادی است که به فراموشی سپرده شده است. مدل‌هایی که برای آموزش ذکر شد، نشان‌دهنده اهمیت بعد انسانی و اخلاقی تدریس در کنار سایر ابعاد اقتصادی، سیاسی و اجتماعی است. مدل‌های معرفی بعد اخلاقی و اقتصادی با دانش پیوند می‌خورد که مهمترین پیامد آن یادگیری معنا دار است.

در ادامه، نتایج روشن کردند از آنجا که علوم به هم مرتبط هستند، و نمی‌توان آموزش شیمی برای پایداری را بدون علوم دیگر در نظر گرفت، ما به دلایل مختلفی نیاز به بهبود و بازنگری آموزش برای پایداری در تمام برنامه‌های علوم داریم زیرا که موضوعات زیست‌شناسی، شیمی، زمین‌شناسی و فیزیک فرصت‌های زیادی برای پیوند دانش با ابعاد محیط زیست، اقتصاد، اجتماع و سیاست و تقویت توانایی‌هایی فراهم می‌آورند. علوم وجوه مشترک بسیاری دارند، اما در محتوای کلی متفاوت‌اند، پس مناسب‌ترین ارائه آموزش توسعه پایدار ایجاد ارتباط محتوایی مشترک میان رشته‌های علوم با استفاده از رویکرد *STSE* است. این رویکرد دانش‌آموزان را قادر می‌کند، تا به طور یکپارچه مضامین مربوط به توسعه پایدار درک کنند و دانش خود را از علم در موقعیت‌های روزمره به کار

گیرند. همچنین، به آن‌ها فرصت داده می‌شود، مهارت‌های عملی خود را توسعه دهند. برنامه‌ریزی علوم آموزش توسعه پایدار به دلیل ماهیت خود نیاز به الگویی هماهنگ با سایر علوم دارد، که در ایران چنین الگویی بیان نشده است. استفاده از رویکرد *STSE* در سازماندهی محتوایی علوم سبب می‌شود تا مفاهیم ارائه‌شده از جذابیت بیشتری برخوردار بوده و دانش‌آموزان مفاهیم آموخته‌شده در زندگی واقعی، انگیزه و رغبت بیشتری برای مطالعه علوم نشان دهند. این تحقیق می‌تواند مورد توجه مؤلفان کتب درسی قرار گیرد. برنامه‌نویسان دوره متوسطه را با توجه به مؤلفه‌های آموزش برای توسعه پایدار بازنگری و اصلاح کنند.

منابع

- American Chemical Society Web Site on Chemistry and Sustainability.* <http://acswebcontent.acs.org/sustainability/index.html>. (Accessed Dec 2018).
- Australasian Campuses towards Sustainability.* (2013). Education Alliance calls for renewed commitment on education for sustainability at RIO+20. Retrieved June, 3, 2014, from <http://www.acts.asn.au/blog/2012/06/19/education-alliance-calls-for-renewed-commitment-on-education-for-sustainability-at-rio20/>
- Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority (ACARA).* (2019). Sustainability, a cross-curriculum priority in the Australian Curriculum [www.australiancurriculum.edu.au/ Cross Curriculum Priorities/Sustainability](http://www.australiancurriculum.edu.au/Cross-Curriculum-Priorities/Sustainability)
- Australian Education for Sustainability Alliance.* (2012). The Australian Education for Sustainability Alliance: Policy Platform. www.educationforsustainability.org.au
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2013). An understanding of sustainability and education for sustainable development among German student teachers and trainee teachers of chemistry. *Science Education International*, 24(2), 167-194.
- Chemistry curriculum & training at the k-12 level.* (2011). Skyline High School. www.michigan.gov/deq-p2ca-chemistry-cannon_29.pdf.
- Chemistry Guide.* (2016). United Kingdom. www.ibo.org.
- Curriculum Framework Education for Sustainable Development.* (2016). Engagement Global gGmbH, Bonn. www.kmk.org.
- Education for Sustainable Development (ESD). (2012). *Council of Ministers of Education in Canadian Faculties of Education.* [www.iisd.org › pdf › esd_canadian](http://www.iisd.org/pdf/esd_canadian).
- Eilks, I., Sjöström, J., & Hofstein, A. (2017). Relevant Chemistry Education for Sustainability. *Science Education Research and Education for Sustainable Development*, 3-14.
- Garner, N., Siol, A., & Eilks, I. (2015). The potential of non-formal laboratory environments for innovating the chemistry curriculum and promoting secondary school level students education for sustainability. *Sustainability*, 7, 1798-1818.
- Hawley, T. (2016). New chemistry: Solutions for the 21st Century. *The National Conference on Undergraduate Research (NCUR)*. University of North Carolina Asheville Asheville, 1553-1563.
- Hill, J., Devraj, K. D., & Verma, R. (2013). Challenges for Chemical education: Engaging with Green Chemistry and Environmental Sustainability. *The Chemist*, 86(1), 24-31.
- Holme, Th. (2019). *Integrating Green and Sustainable Chemistry Principles into Education: Incorporating Elements of Green and Sustainable Chemistry in General Chemistry via Systems Thinking.* <https://www.sciencedirect.com/science/article>.
- Jensen, B. B., & Schnack, K. (1997). The action competence approach in environmental education. *Environmental Education Research*, 3(2), 163-178.
- Jikubz, A. (2009). *Integrating Education on Sustainability into Teacher's Education.* Good Practices No. 3. Paris, UNESCO.
- Juntunen, M. (2015). *Holistic and inquiry based education for sustainability development*

- in chemistry*. Doctoral Disertaion, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Helsinki.
- Kanapathy, S., & Ern Lee, K. (2018). Sustainable development concept in the chemistry curriculum. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 1, 2-22.
- Karaarslanab, G., & Teksözb, G. (2016). Integrating sustainable development concept into science education program is not enough; we need competent science teachers for education for sustainable development. *Environmental and Science Education*. 11(15), 8403-8424.
- National Core Curriculum for Upper-secondary Education* (2015). The Finnish National Agency of Education. <https://www.oph.fi/en>.
- Nigerian educational research and development council (nerdc)*. (2020). Federal Ministry of Education – Senior Secondary Education Curriculum Chemistry for SS1-3. <http://nerdc.org.ng/curriculum/CurriculumView.aspx>.
- O'Conno, H. (2015). Sustainability across the Australian Curriculum: Will It Remain a priority?. *Sustainability Education*, 7, 1-24.
- Santone, S., Saunders, S., & Seguin, C. (2017). Initial Findings from the IEA International Civic and Citizenship Education Study. Amsterdam, The Netherlands. Retrieved from https://www.iea.nl/sites/default/files/2019-04/ICCS_2009_Initial_Findings.pdf.
- Sustainable development goals*. (2019). <https://www.un.org/sustainabledevelopment>.
- The Australian Curriculum Chemistry*. (2016). <http://www.australiancurriculum>.
- The Ontario Curriculum (Science), GRADES 9, 10, 11 AND 12*. (2008). Ministry of Education. <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/secondary/grades.html>.
- UNESCO. (2017). *Rethinking Schooling for the 21st Century: The State of Education for Peace, Sustainable Development and Global Citizenship in Asia Mahatma Gandhi Institute of Education for Peace and Sustainable Development, India*.
- Vilches, A., & Gil-Perez, D. (2011). Creating a Sustainable Future: Some Philosophical and Educational Considerations for Chemistry Teaching. *Science & Education*, 22(7), 1-16.
- Victorian curriculum & assessment authority VCE chemistry study design*. (2007). Victorian Certificate of Education Study Design. <http://www.vcaa.vic.edu.au/Documents/vce/chemistry/ChemistrySD-2013.pdf>.
- Watson, A. (2017). *Sustainability education in primary and secondary schools: Great needs and possible solutions*. Doctoral Dissertation, University of Tennessee, Honor Thesis.