

# مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته)

■ محمدرضا امام جمعه<sup>\*\*\*</sup>

■ مریم صباغان<sup>\*\*</sup>

■ لیلا حبیبی<sup>\*</sup>

## چکیده:

باور عمومی این است که تکلیف شب بر یادگیری و عملکرد تحصیلی اثرگذار است، ولی در تحقیقات این مقاله حاصل یک پژوهش کیفی است که با روش تطبیقی و به کمک الگوی بردی، برنامه درسی آموزش شیمی سبز در کشورهای آمریکا، استرالیا، چین و انگلستان را بررسی کرده است. مقاله حاضر تلاش می‌کند، عناصر اساسی برنامه درسی آموزش شیمی سبز را در کشورهای مورد مطالعه بررسی کند. نتایج به دست آمده، شباهت‌ها و تفاوت‌های بین منطق، اهداف، محتوا، روش‌های تدریس و شیوه‌های ارزشیابی در بین کشورهای مورد مطالعه و ایران را نشان می‌دهد. شباهت‌ها بیشتر در منطق و اهداف برنامه درسی قصد شده موجود دارد، اما تفاوت‌ها بیشتر در محتوا، روش‌های تدریس و شیوه‌های ارزشیابی دیده می‌شود. نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌تواند به برنامه‌ریزان آموزشی و مؤلفان کتاب‌های درسی کمک کند تا با دید وسیع‌تری نسبت به بهبود برنامه درسی شیمی سبز اقدام نمایند.

آموزش شیمی سبز، توسعه پایدار، برنامه درسی، مدارس متوسطه، مطالعه تطبیقی

کلید واژه‌ها:

□ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۱/۱۳

□ تاریخ شروع بررسی: ۹۵/۳/۱۰

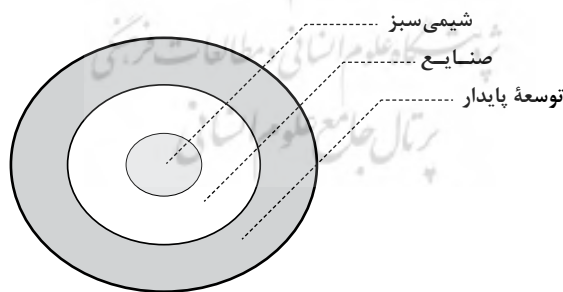
□ تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۲/۱۸

\* کارشناسی ارشد شیمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی (نویسنده مسئول)..... Leila\_habibi112@yahoo.com  
\*\* استادیار، دکترای شیمی عالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی..... Msabal6us@yahoo.com  
\*\*\* استادیار، دکترای برنامه‌درسی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی..... m\_r\_imam@yahoo.com

## مقدمه

در دهه‌های اخیر، علم شیمی به‌طور چشم‌گیری پیشرفت داشته و یکی از مهیج‌ترین تحولات آن در سال‌های اخیر گسترش شیمی سبز در جهان است. این علم عوامل زیست‌محیطی، آموزشی، اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و سیاسی کشورها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کن، ۲۰۰۹). شیمی و محصولات شیمیایی بخش جدایی‌ناپذیری از اقتصاد کشورها می‌باشند، ولی با پیشرفت کشورهای در حال رشد آسیب‌پذیری مردم و محیط‌زیست افزایش یافته است (واردنچکی، ۲۰۰۵). نخستین بار ایده شیمی سبز به‌عنوان قانونی برای پاسخ به پیشگیری از آلودگی و به دنبال آن طراحی برای بهبود، حذف و یا کاهش مواد زائد توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا مطرح شد (لانگ<sup>۱</sup> و کرشوف<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). در واقع «شیمی سبز» یعنی استفاده از علم شیمی برای حفاظت از آلودگی و به‌طور خاص به معنی طراحی فرایندهایی شیمیایی، که در آن بتوان به‌کارگیری و تولید مواد آسیب‌رسان به سلامت آدمی و محیط‌زیست را کاهش داد (آناستاز<sup>۳</sup> و بیچ<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹). همچنین شیمی سبز شیمی محیط‌زیست نیست، زیرا هدف شیمی سبز پیشگیری از آلودگی در مرحله طراحی محصول یا فرآیند شیمیایی قبل از شروع آن است، درحالی‌که شیمی محیط‌زیست شناسایی منابع و مشکلات آلودگی در محیط‌زیست می‌باشد (می، ۲۰۰۶).

بین شیمی سبز و توسعه پایدار اهداف مشترک بسیاری وجود دارد. زیرا، توسعه پایدار یعنی تعادل میان منافع اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی که در ایجاد ارتباط میان آن‌ها آموزش جایگاه ویژه‌ای دارد. بنابراین شیمی سبز و صنعت و توسعه پایدار مکمل یکدیگرند. در شکل ۱ رابطه بین شیمی سبز، صنایع و توسعه پایدار مشخص گردیده است (الرتنگ<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰).



شکل ۱. رابطه بین شیمی سبز، صنایع و توسعه پایدار

دانشمندان شیمی سبز برای این رشته ۱۲ اصل تعریف نموده‌اند که عبارت است از:

۱. پیش‌گیری: به‌جای اینکه بعد از تولید مواد زائد راهی برای از بین بردن آن‌ها یا پاک کردنشان پیدا کنیم، از به وجود آمدن آن‌ها پرهیز نماییم.
۲. اقتصاد اتمی: با کاهش میزان تولید فرآورده‌های بهبوده و مازاد، بازده و اکشن‌ها را افزایش دهیم.

۳. ساخت ترکیبات شیمیایی کم‌خطر: در هنگام اجرا باید روش‌هایی طراحی کرد که از موادی استفاده شود، که تولیدات آن‌ها برای سلامتی انسان و محیط خطر کمتری داشته و یا اصلاً خطری نداشته باشد.
۴. طراحی مواد شیمیایی ایمن‌تر: تولید مواد شیمیایی باید طوری طراحی شود، که بهترین عملکرد و در ضمن کمترین سمیت را داشته باشد.
۵. حلال‌ها و مواد کمکی ایمن‌تر: بهره‌گیری از حلال‌های ارزان و بی‌خطر هر زمان که نیاز باشد.
۶. طراحی برای بازدهی بیشتر انرژی: در فرایندهای شیمیایی نیاز به انرژی را باید بر اساس تأثیرات محیطی و اقتصادی تشخیص داد تا به حداقل برسد، در صورت امکان روش‌های سنتز مواد را باید در دما و فشار محدود اجرا کرد.
۷. استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر و قابل بازگردانی: واکنش‌های شیمیایی باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوان از مواد اولیه‌ای که قابلیت بازگردانی دارند نیز بهره گرفت.
۸. کاهش مشتقات شیمیایی: مشتقات غیرضروری و استفاده از گروه‌های بازدارنده یا تغییرات فیزیکی و شیمیایی حد واسط به حداقل برسند.
۹. کاتالیزگر: کاتالیزگر باید تا حد امکان گزینشی باشد و سریع انجام پذیرد که نسبت به واکنشگرهای استوکیومتری برتری دارند.
۱۰. طراحی برای تخریب: تولید مواد شیمیایی را باید طوری طراحی کرد، که در انتهای عملکردشان به محصولات تخریبی بی‌ضرری تجزیه شوند و در محیط باقی نمانند.
۱۱. تخمین زمان واقعی یک واکنش: برای پیش‌گیری از آلودگی، بسیار بااهمیت است که پیشرفت واکنش را همواره پیگیری کنیم تا بدانیم چه هنگام واکنش کامل می‌شود، زیرا پس از کامل شدن واکنش، فرآورده‌های جانبی ناخواسته‌ای تولید می‌شوند که باید با روش‌های آنالیز در زمان واقعی به کار گرفته شوند تا از به وجود آمدن مواد آسیب‌رسان پیش‌گیری شود.
۱۲. کاهش احتمالی رویدادهای ناگوار: بهره‌گیری از گرما در واکنش‌ها و حلال‌هایی مجاز است که احتمال انفجار آتش‌سوزی و رها شدن ناخواسته مواد شیمیایی را کاهش می‌دهند (وارنر<sup>۱</sup> و آناستاز<sup>۱۱</sup>، ۱۹۹۸).

صاحب‌نظران آموزش و پرورش بر این باورند که برنامه‌ریزی و اصلاحات آموزشی باید با توجه به آخرین روش‌های آموزشی و پیشرفت‌های علمی انجام گیرد تا بتواند نیازمندی‌های جامعه را در سطح ملی و جهانی به نحو احسن تأمین نماید. برای تأمین این هدف از مطالعات تطبیقی به‌عنوان ابزاری ضروری برای برنامه‌ریزی آموزشی نام‌برده شده است (آقازاده، ۱۳۸۶).

این پژوهش بر آن است که برای بهبود نظام آموزشی کشور در حوزه آموزش شیمی سبز به

بررسی و مقایسه برنامه‌های درسی شیمی کشورهای آمریکا، استرالیا، انگلیس، چین، و ایران پردازد. پژوهش حاضر پنج عنصر برنامه درسی آموزش شیمی سبز (منطق، اهداف، محتوا، روش‌های تدریس و ارزشیابی) را در چهار کشور آمریکا (ایالت نیویورک و اورگان)، استرالیا (ایالت ویکتوریا)، انگلیس و چین مورد مطالعه قرار داده و سپس اطلاعات به‌دست‌آمده را با یکدیگر و با ایران مقایسه می‌کند. در واقع کار این پژوهش آماده‌سازی اطلاعات و آگاهی‌های لازم برای تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان نظام آموزشی ایران در خصوص بهبود آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس ایران است. نتایج این تحقیق باعث تشویق و ایجاد انگیزه در معلمان و دانش‌آموزان برای مطالعه و پژوهش در زمینه شیمی سبز و همچنین موجب تقویت خلاقیت، کشف استعدادها و احساس مسئولیت در قبال محیط‌زیست می‌شود و در نهایت به طراحی جامعه‌ای امن‌تر و سالم‌تر که شعار آن رسیدن به توسعه پایدار است و نیز تربیت شهروندانی مسئول و آگاه، کمک می‌نماید.

## هدف پژوهش

مقایسه آموزش شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

## سؤال پژوهش

بین برنامه درسی آموزش شیمی سبز در کشورهای مورد مطالعه چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی وجود دارد؟

## پیشینه موضوع پژوهش

در سال ۱۹۶۲ ایده و مفهوم شیمی سبز برای اولین بار توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا توسط راشل کارسن<sup>۱۲</sup> مطرح شد و آموزش آن در سال ۱۹۹۰ برای نخستین بار در برنامه درسی آمریکا (نیویورک) به اجرا درآمد (انجمن شیمی آمریکا<sup>۱۳</sup>، ۲۰۱۲). پولیاکوف<sup>۱۴</sup> و فیتزپاتریک<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۲) در مقاله‌ای تحت عنوان «شیمی سبز: تغییر علم و سیاست» نتیجه گرفتند که شیمی سبز علاوه بر اینکه علم روز دنیا است، در سیاست‌گذاری‌ها و اقتصاد کشورها نقش مهمی دارد. کرشوف (۲۰۰۵) در تحقیقی تحت عنوان «نقش برنامه درسی شیمی سبز در پایداری» لزوم برنامه درسی پایدار در شیمی را در مدارس تأکید می‌نماید. ایلینا<sup>۱۶</sup> (۲۰۰۸) در مقاله‌ای تحت عنوان «تلفیق توسعه پایدار در برنامه درسی شیمی در روسیه» به نقش مؤثر شیمی سبز در توسعه پایدار می‌پردازد. دنیس<sup>۱۷</sup>، و بوئس<sup>۱۸</sup> (۲۰۱۲) در تحقیقی با عنوان «شیمی سبز و آموزش» که در مورد دانشجویان شیمی می‌شیکان انجام دادند، متوجه شدند که بسیاری از آن‌ها نسبت به افزایش آلودگی‌های شیمیایی به‌وجودآمده برای انسان و محیط‌زیست احساس نگرانی می‌کنند. میجسوری<sup>۱۹</sup> و اسماعیل<sup>۲۰</sup> (۲۰۱۲) در مالزی برای آزمایش‌های سال اول شیمی (تعادل و مفاهیم شیمیایی) در چارچوب فلسفه شیمی سبز ساختاری طراحی کردند. یافته‌های تحقیقاتی آن‌ها نشان داد که این امر موجب بهبود یادگیری و توانایی مهارت تجزیه و تحلیل داده‌ها در دانش‌آموزان می‌گردد. حبیبی، صباغان و امام‌جمعه (۲۰۱۳) در مقاله‌ای با عنوان «مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در آمریکا

و چین» به مقایسه آموزش شیمی سبز در دو کشور مذکور پرداختند. تارسوا<sup>۲۱</sup>، لاکتو<sup>۲۲</sup> و لونین<sup>۲۳</sup> (۲۰۱۵) در تحقیقی با عنوان «آموزش شیمی سبز در روسیه» به ارائه راهکارهای مناسب برای آموزش شیمی سبز در این کشور پرداخته‌اند. گومز<sup>۲۴</sup> و مارکز<sup>۲۵</sup> (۲۰۱۵) به لزوم آموزش شیمی سبز در مقطع متوسطه کشور برزیل پرداختند و روش‌های ممکن را برای ارائه آن تشریح نموده‌اند.

مستشاری (۱۳۸۳) در مقاله‌ای با دیدگاه‌های آموزشی و پژوهشی شیمی سبز به بیان ضرورت آموزش شیمی سبز در آموزش عالی می‌پردازد. همچنین فردوس فر و فتحی (۱۳۹۳) در مقاله‌ای تحت عنوان «آموزش نوین شیمی با رویکرد ورود آزمایش‌های شیمی سبز در کتب شیمی متوسطه» با ارائه آزمایش‌هایی، به‌کارگیری اصول شیمی سبز را در کتب درسی شیمی متوسطه معرفی پیشنهاد دادند.

## ■ روش پژوهش

این پژوهش یک مطالعه کیفی است که با روش تطبیقی به کمک الگوی بردی انجام شده است. الگوی بردی شامل چهار مرحله؛ توصیف<sup>۲۶</sup>، تفسیر<sup>۲۷</sup>، هم‌جواری<sup>۲۸</sup> و مقایسه<sup>۲۹</sup> است. در توصیف، پدیده‌های تحقیق بر اساس شواهد و اطلاعات، یادداشت‌برداری و تدارک یافته‌های کافی برای بررسی و نقادی در مرحله بعد آماده می‌شود. در تفسیر، اطلاعات توصیف‌شده در مرحله اول، واری و تحلیل می‌شود. در مرحله هم‌جواری، اطلاعاتی که در دو مرحله قبل آماده‌شده برای ایجاد چارچوبی برای مقایسه شباهت‌ها و تفاوت‌ها، طبقه‌بندی و کنار هم قرار داده می‌شود. در مرحله بعد مقایسه، مسئله تحقیق با توجه به جزئیات در زمینه شباهت‌ها و تفاوت‌ها و دادن پاسخ به سؤال‌های تحقیق بررسی و مقایسه می‌شود (آقازاده، ۱۳۸۶). کشورها به‌صورت هدفمند انتخاب شده‌اند، در این نوع نمونه‌گیری پژوهش‌گر نمونه‌های مورد مطالعه را بر اساس یک سری معیارها و دلایل مشخص انتخاب می‌کند (دلاور، ۱۳۸۸). همچنین، انتخاب پنج کشور که انتخاب چهار کشور به غیر از ایران به سه دلیل: ۱. مطرح بودن در دنیا در زمینه آموزش شیمی سبز، ۲. موفق بودن در آزمون‌های بین‌المللی مثل تیمز<sup>۳۰</sup>، ۳. قرار داشتن در قاره‌های مختلف، انجام گرفته است. از طرف دیگر به‌منظور اعتباربخشی الگوی مقایسه‌ای به‌دست‌آمده، با استفاده از روش مصاحبه نیمه ساختاریافته، از نظرات ده تن از متخصصان استفاده گردید.

## ■ یافته‌های تحقیق

یافته‌ها بر اساس روش بردی طی فرایندی چهار مرحله‌ای تحقیق ارائه شده است. ابتدا نظام آموزشی و برنامه‌های درسی آموزش شیمی سبز در دو ایالت آمریکا (نیویورک و اورگان)، استرالیا (ایالت ویکتوریا)، چین، انگلستان، و ایران از نظر اجرا، منطق، محتوا، و ارزشیابی توصیف گردید. سپس این توصیف طبقه‌بندی و تفسیر شد، آنگاه اطلاعات تلخیص شد و در جداولی کنار هم جای گرفت. در نهایت از مقایسه عناصر اصلی برنامه درسی آموزش شیمی سبز در کشورهای مطالعه شده نتایج زیر حاصل گردید که دربرگیرنده پاسخ به سؤال این پژوهش می‌باشد.

## ۱. توصیف

در این مرحله از تحقیق اطلاعات مربوط به برنامه‌های درسی، مطابق با اسناد معتبر و شواهدی که حاوی اطلاعاتی از برنامه‌های درسی بوده ارائه شده است.

### ۱-۱. آمریکا

جدول ۱. عناصر برنامه درسی شیمی سبز در مدارس آمریکا

| موارد     | توصیف   |
|-----------|---|
| منطق      | ادغام شیمی سبز نخستین بار در برنامه درسی مدارس نیویورک به منظور حل مشکلات به وجود آمده برای انسان و محیط زیست، رسیدگی به شکایت سازمان محیط زیست آمریکا از مدارس، کم توجهی روش های سنتی به مسائل اجتماعی و محیط زیستی و گسترش اهداف توسعه پایدار انجام گرفت (وایر <sup>۳۱</sup> ، ۲۰۰۱، وِیلند <sup>۳۲</sup> ، ۲۰۰۸).  |
| اهداف     | اهداف آموزش شیمی سبز در سطح دبیرستان شامل اهداف عمومی و ویژه است. اهداف عمومی عبارت است از پرورش خلاقیت و نوآوری در دانش آموزان، بالابردن ایمنی در مدارس، فعالانه درگیر کردن دانش آموزان با موضوع، علاقمند کردن دانش آموزان به شیمی، تشویق دانش آموزان برای ادامه تحصیل در این رشته و آماده سازی آن‌ها برای مشاغل مرتبط با شیمی. اهداف ویژه آموزش شیمی سبز شامل درک خطر مواد شیمیایی برای کره زمین و ایجاد انگیزه برای حفظ محیط زیست، ساده نمودن موضوع این علم که درک آن از لحاظ انتزاعی برای دانش آموزان دشوار است، به حداقل رساندن هزینه‌ها و زیاده‌ها، اصلاح تصورات غلط عموم مردم از شیمی دانان، جایگزین ساختن روش های موجود با روش های سبز، الهام بخش این رشته برای سبز نمودن سایر رشته های علوم، طراحی و ساخت محصولات شیمیایی کم خطر با استفاده از منابع می باشد (کلینگ شری <sup>۳۳</sup> و گری <sup>۳۴</sup> ، ۲۰۰۹). |
| محتوا     | محتوا در قلب سه هدف کلی ۱. آشنایی با شیمی سبز: اثرات شیمی بر محیط زیست، تعریف شیمی سبز، معرفی اصول شیمی سبز، اقتصاد اتمی، چرخه حیات و توسعه پایدار ۲. شیمی سبز در صنعت: پلیمرهای زیستی، استخراج اسانس میوه‌ها، تغییرات آب و هوا، بازیافت پلی لاکتیک اسید، شیمی سبز و نیروهای بین مولکولی، ارزیابی و لوازم آرایشی و بهداشتی، سنتز بیودیزل ۳. جایگزینی فعالیت های آزمایشگاهی با رویکرد سبز: اسیدها و بازها، کاتالیست ها و ... می باشد (کتاب شیمی در مفهوم و شیمی در جامعه <sup>۳۵</sup> ، ۲۰۱۴)   |
| روش تدریس | در تدریس علوم، همه معلم‌ها ملزم به رعایت یک رشته استانداردهای تدریس هستند. از بین انواع رویکردهای آموزشی، رویکرد کاوشگری در صدر قرار دارد. روش آموزش شیمی سبز بر اساس رویکرد فرایندی و دانش آموز محور است (برنامه آموزش شیمی سبز سطح دوازدهم <sup>۳۶</sup> ، ۲۰۱۴).   |
| ارزشیابی  | در استانداردهای ملی آموزش علوم آمریکا، ارزشیابی اهمیت خاصی دارد. در نظام آموزشی آمریکا، انجام دادن فعالیت های عملی و کسب سواد علمی و فناورانه و آموزش مادام العمر اهمیت به سزایی دارد و همه ارکان نظام در به کارگیری جدیدترین روش های سنجش برای رشد دانش علمی، انواع مهارت ها و نگرش های علمی شاگردان تلاش می کنند (شیمی سبز در مدارس نیویورک <sup>۳۷</sup> ، ۲۰۱۳).  |

۱-۲. استرالیا

جدول ۲. عناصر برنامه درسی شیمی سبز در مدارس استرالیا

| موارد     | توصیف  |
|-----------|--|
| منطق      | در برنامه‌های درسی حاضر توجه به پایداری مورد غفلت قرار گرفته است، در صورتی که این مسئله بسیار مهم است. ارائه اصول شیمی سبز، در برنامه درسی یک فرصت فوق‌العاده برای معلمان علوم در افزایش ایمنی، بهبود آموزش علوم و انتقال ارزش‌ها و مزایای علم به نسل بعدی می‌باشد.  |
| اهداف     | سازمان‌دهی مجدد مدارس، جایگزین نمودن دانش‌های جدید با دانش‌های قدیمی، تجدیدنظر در سرفصل‌های کتب و گنجانیدن مباحث جدید در کتاب‌های درسی، ایجاد حس مسئولیت نسبت به محیط‌زیست، آموزش تفکر برای حل مشکلات زیست‌محیطی، آموزش توسعه پایدار و شیمی سبز به صورت میان‌رشته‌ای، افزایش آگاهی مردم و درک آن‌ها از شیمی سبز، درک متقابل شیمی سبز و پایداری، افزایش عملکرد دانش‌آموزان در آزمایشگاه، کاهش (هزینه‌ها، مواد آزمایشگاهی، ظروف و کاهش زیاده‌های آزمایشگاهی)، استفاده از منابع تجدیدپذیر، رفع مشکلات زیست‌محیطی با استفاده از شیمی سبز، انجام تحقیقات سبز و تجزیه و تحلیل داده‌ها، علاقمندساختن دانش‌آموزان برای ادامه تحصیل در شیمی و توسعه مسائل اخلاقی در شیمی و تربیت شهروندانی مسئول. |
| محتوا     | محتوا در قالب دو هدف کلی ۱. کاربرد مواد شیمیایی در صنعت: توسعه پایدار، مهندسی سبز، اصول مهندسی سبز انرژی، سوخت بیودیزلی، گازهای گلخانه‌ای، کاهش سمیت و ساخت باتری‌های بهینه؛ و ۲. تأثیر مواد شیمیایی بر محیط‌زیست گرم شدن کره زمین: شیمی سبز، اصول شیمی سبز، اقتصاد اتمی، آب، هوا، کاتالیست می‌باشد.   |
| روش تدریس | با توجه به اینکه برنامه درسی آموزش علوم در استرالیا یک برنامه تلقیقی و درهم‌تنیده است، لذا به روش‌های تدریس یادگیری مثل روش پژوهش یا حل مسئله بیشتر توجه شده است. تدریس شیمی سبز بر اساس رویکرد فعال و یادگیری مبتنی بر حل مسئله است، تا یادگیرنده با استفاده از تفکر تحلیلی به جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل مشکلات بپردازد. جهت پشتیبانی از وسایل کمک‌آموزشی و کارگاه‌های آموزشی نیز استفاده می‌شود.  |
| ارزشیابی  | در کشور استرالیا مناطق مختلف کشور از نظام ارزشیابی مخصوص به خود برخوردار می‌باشند. ارزیابی طراحی شده منطبق با دستورالعمل‌های آموزش و پرورش صادر شده توسط دولت ایالتی ویکتوریا است، که انعطاف‌پذیری لازم با علاقه دانش‌آموزان را دارد. در فرایند ارزشیابی از آموخته‌های فراگیران، از پرسش‌های عینی و انشائی، ابزارهای «سنجش عملکردی» و «چک‌لیست‌های پیشرفت تحصیلی» استفاده می‌شود. مسئولیت خود ارزشیابی گروهی بر عهده فراگیر است، ولی معلم نیز وظیفه دارد همگام با فرایند یاددهی - یادگیری دانش‌آموزان نحوه پیشرفت تحصیلی آن‌ها را مورد اندازه‌گیری و سنجش قرار دهد (راهنمای برنامه درسی ایالت ویکتوریا <sup>۳۸</sup> ، ۲۰۱۳).  |

۳-۱. چین

جدول ۳. عناصر برنامه درسی شیمی سبز در مدارس هنگ کنگ (چین)

| موارد     | توصیف   |
|-----------|---|
| منطق      | هدف از یادگیری شیمی سبز به منظور پیشگیری از تخریب محیط‌زیست به علت رشد صنایع شیمیایی در این کشور است. در مدارس چین سالانه هزاران دلار صرف دور ریختن مواد شیمیایی می‌شود. از طرفی، معلمان مایل به افزایش ایمنی و بهداشت در آزمایشگاه‌های خود با آزمایش‌های سبز می‌باشند. از این روی، تغییر مواد آموزشی در جهت تطبیق با زندگی واقعی امروزی الزامی است.  |
| اهداف     | اهداف آموزش شیمی سبز شامل: درک رابطه شیمی با سایر علوم (شکل ۲)، فراهم نمودن فرصت‌هایی برای دانش‌آموزان برای درک اصول اساسی شیمی سبز، درک این مطلب که یک شیمی‌دان چگونه می‌تواند زمین را کنترل کند، اتخاذ تصمیمات آگاهانه و قضاوت در مورد مسائل مربوط به شیمی، بررسی راه‌های سازگار با محیط‌زیست و کنترل و مدیریت اثرات نامطلوب فرایندهای صنعتی بر محیط‌زیست، افزایش ایمنی در مدارس، کاهش ضایعات در آزمایشگاه‌ها و کاهش هزینه‌ها، علاقه‌مند کردن دانش‌آموزان به شیمی و ادامه تحصیل در این رشته، استفاده از دانش میکرو در آزمایشگاه‌ها، توسعه کنج‌کاوی و علاقه به تحقیقات سبز، تمایل به برقراری ارتباط از طریق تصمیم‌گیری در مورد مسائل مربوط به شیمی، آگاهی از تأثیر شیمی در اجتماع، اقتصاد، محیط‌زیست و زمینه‌های فناوری، نگرانی برای محیط‌زیست و ایجاد حس مسئولیت برای توسعه پایدار در جامعه، سبز نمودن مواد الکترونیکی، درک اهمیت فرایندهای بازیافت و محدودیت منابع طبیعی، به رسمیت شناختن اهمیت شیمی سبز در صنایع شیمیایی و توسعه فرایندهای سنتز به سمت روش‌های مدرن و جایگزین ساختن روش‌های سنتی با روش‌های جدید می‌باشد. |
| محتوا     | محتوا در قالب دو هدف کلی ۱. صنایع شیمیایی: پلاستیک زیست تخریب‌پذیر، شیمی سبز، فرایندهای صنعتی ۲. شیمی مواد: اصول شیمی سبز، توسعه پایدار، اقتصاد اتمی.   |
| روش تدریس | فرایند یاددهی- یادگیری علوم در چین از نوع فعال است و معلم نقش راهنما، مشاور و ناظر را ایفا می‌کند. آموزش با تکیه بر اینکه دانش‌آموز به یادگیرنده مادام‌العمر تبدیل شود، انجام می‌گیرد. تدریس شیمی سبز بر ترویج الگوهای تفکر و آموزش خود راهبر تکیه دارد.  |
| ارزشیابی  | ارزشیابی نه تنها وسیله‌ای برای عملکرد، بلکه برای بهبود یادگیری است. امتحانات و ارزیابی پایانی توسط شورای برنامه درسی و اداره ارزشیابی و امتحانات هنگ کنگ (چین) تعیین می‌گردد. ارزشیابی از مشاهده، فعالیت‌های کلاسی- آزمایشگاهی، تحقیق/ گزارش، چک‌لیست، پرسش و پاسخ و امتحانات پایانی آن‌ها انجام می‌گیرد (راهنمای برنامه درسی شیمی هنگ کنگ ۳، ۲۰۱۴).  |



۴-۱. انگلستان

جدول ۴. عناصر برنامه درسی شیمی سبز در مدارس انگلیس

| موارد     | توصیف   |
|-----------|---|
| منطق      | در دنیای رقابتی امروز دانش‌آموزان باید، از دانش‌های نو در امر آموزش بهره ببرند و فرصت‌های مناسب آموزشی برای کلیه شهروندان انگلیسی فراهم گردد. آموزش شیمی سبز چارچوبی برای آینده‌ای پایدار فراهم می‌کند، لذا از دانش‌آموزان انتظار می‌رود نگرانی‌های ملی، منطقه‌ای، و بین‌المللی را برای حفظ محیط‌زیست و ترویج «شیمی سبز» درک نمایند.  |
| اهداف     | از جمله اهداف آموزشی وزارت آموزش و پرورش انگلستان در آموزش شیمی می‌توان موارد زیر را نام برد: ۱. پیامدهای فرهنگی و اجتماعی، اخلاقی و معنوی ۲. آموزش محیطی ۳. درک اقتصاد صنعتی اشاره نمود. در برنامه درسی مقدماتی و پیشرفته آموزش شیمی سبز انگلستان اهداف شامل حرکت در جهت رفع نیازهای جامعه، افزایش آگاهی و درک شیمی سبز در رسیدن به آینده‌ای پایدار و سبز، حفظ سلامتی انسان و محیط‌زیست، درک متقابل بین شیمی سبز و پایداری، افزایش همکاری بین دولت و آموزش و پرورش به سمت رویکرد سبز، حمایت از اقتصاد جدید، سرمایه‌گذاری در مشاغل سبز، پرورش نیروی کار آینده و افزایش مشاغل از طریق نوآوری‌های سبز، ارزیابی مواد شیمیایی و داروها و جایگزین کردن آن‌ها با مواد شیمیایی سبز، افزایش تمایل سیاسی و اجتماعی به کاهش تولید زباله، و بازیافت و اهمیت توسعه سوخت‌های تجدیدپذیر به‌عنوان یک نیاز جهانی. |
| محتوا     | محتوا شامل شش هدف کلی است ۱. آب‌وهوا: آلاینده‌های هوا، کاتالیزها، گرم شدن هوا، کودها ۲. شیمی آلی و نفت: سوخت‌ها، پلاستیک‌ها ۳. پایداری: توسعه پایدار، صنایع شیمیایی، معاهده‌های جهانی ۴. مقدار ماده: موازنه شیمیایی و درصد اقتصاد اتمی، فرایند هابر، آلکان‌ها، الکل‌ها ۵. انرژی: پتانسیل الکتروشیمیایی و سل‌های سوختی در آینده ۶. کاربرد مفاهیم: اقتصاد اتمی، صنایع شیمیایی گرم شدن زمین، فلزات واسطه.  |
| روش تدریس | رویکرد آموزش شیمی سبز در این کشور بر اساس رویکرد فرایندی است. در آموزش شیمی سبز معلمان علاوه بر کتاب‌های درسی و آزمایشگاه از مواد کمک‌آموزشی همانند استفاده از اینترنت برای تشویق دانش‌آموزان به تحقیق و توسعه در شیمی سبز، مجلات نیز بهره می‌گیرند.  |
| ارزشیابی  | انگلستان در مقاطع تحصیلی نظام سنجش متمرکز و ملی دارد. دولت انواع مختلفی از شیوه‌های ارزشیابی را معرفی کرده است که دامنه آن در یک طرف آزمون‌های استاندارد و پایانی است. ارزیابی مستمر پیشرفت تحصیلی شاگردان و آزمون‌های داخلی توسط معلمان طراحی و اجرا می‌شود. علاوه بر آزمون، ارزشیابی کار کلاسی یا امتحان عملی ملاک سنجش دانش‌آموزان می‌باشد که مباحث مربوط به شیمی سبز ۳۳٪ نمره پایانی را به خود اختصاص می‌دهد (نورس، ۲۰۰۹، لیستر <sup>۱۱</sup> و هریسون <sup>۱۲</sup> ، ۲۰۱۰).   |

۵-۱. ایران

جدول ۵. عناصر برنامه درسی شیمی سبز در مدارس ایران

| موارد     | توصیف   |
|-----------|---|
| منطق      | <p>اکنون که ایران نخستین گام‌ها را در مسیر توسعه صنعتی به پیش گذاشته است، آلودگی هر چه بیشتر محیط‌زیست به‌ویژه در شهرهای بزرگ که از جمله چشم‌اندازهای نگران‌کننده این توسعه‌یافتگی به شمار می‌رود. همچنین پایان‌پذیر بودن منابع و ذخایر طبیعی کشور و لزوم صرفه‌جویی در مصرف آن‌ها و فکر کردن درباره راه‌های استفاده دوباره از آن‌ها با یافتن جایگزینی مناسب را به نیازی مبرم‌تر از گذشته برای جامعه امروز ایران تبدیل کرده است. به این علت برنامه درسی شیمی دوره دوم متوسطه بر این اساس اصل طراحی شده است.</p>  |
| اهداف     | <p>از مجموع اهداف آموزش شیمی در برنامه درسی شیمی دوره متوسطه، اهداف زیر را می‌توان تا حدودی در راستای اهداف آموزش شیمی سبز دانست: به رابطه فناوری و علم، محیط‌زیست و جامعه (توسعه پایدار) اشاره داشته باشد، بر استفاده مناسب از ذخایر خدادادی و حفظ محیط‌زیست تأکید کند، فعالیت‌هایی داشته باشد که در طراحی آن‌ها به نکات ایمنی توجه شده باشد، شامل مطالبی باشد که شیمی را درسی جالب معرفی کند، با نیازها و سیاست‌های کلی کشور در حال و آینده هماهنگ باشد، دانش آموز با اثرهای نامطلوب برخی مواد شیمیایی مصرفی در زندگی روزانه و برخی فرآورده‌های صنایع شیمیایی بر انسان و محیط‌زیست، آگاه و با راه‌های کاهش تولید زیاده، و بازیافت آشنا شود، اهمیت توسعه پایدار و سوخت‌های تجدیدپذیر را درک نماید و به نقش شیمی‌دانان و تلاش آن‌ها در ارتقای کیفیت زندگی و دانش بشری ارجح دهد.</p> |
| محتوا     | <p>در دوره متوسطه و پیش‌دانشگاهی شیمی سبزی در دوره دوم متوسطه معرفی شده و شامل مطالبی است که به ارتباط میان مفاهیم شیمی با انسان و محیط‌زیست و راه‌های جلوگیری از آلودگی آن می‌پردازد. محتوا با عنوان ردپای گازهای زیان‌آور در زندگی شامل: درک خطر ناشی از آلاینده‌های هوا، شناخت راه‌های محافظت از هواکره و معایب و مزایای آن‌ها، شیمی سبز، سوخت سبز، تولید پلاستیک‌های سبز، روش دفن کردن کرین دی‌اکسید، توسعه پایدار و اهمیت توسعه پایدار در برخی از کشورها امروزی است.</p>   |
| روش تدریس | <p>معلمان علوم در تدریس خود بیشتر از روش‌های سخنرانی، حل مسئله و پرسش و پاسخ بهره می‌گیرند. هرچند اهداف آموزشی و محتوا بر پایه رویکرد فعال تهیه شده و تلاش می‌شود تا معلمان از روش‌های سنتی تدریس پرهیز کنند، اما در عمل، رویکردهای نوین تدریس توسط معلمان به‌خوبی توسط آن‌ها درک نشده است.</p>   |
| ارزشیابی  | <p>ایران در مقاطع تحصیلی نظام سنجش متمرکز و ملی دارد. به‌طورکلی در برنامه درسی شیمی ایران به این موضوع پرداخته شده است که از آنجایی که شیوه یادگیری دانش‌آموزان با هم تفاوت دارد، باید به سه شیوه نگرشی، نوشتاری و عملکردی آنان را مورد ارزشیابی قرار داد. اما عملاً در مدارس آزمون‌های نوشتاری پایانی را ملاک عمده ارزشیابی قرار می‌دهند (راهنمای برنامه درسی شیمی ایران، ۱۳۷۸ و کتاب درسی پایه دهم، ۱۳۹۵).</p>  |

## ۲. تفسیر اطلاعات

بر اساس روش بردی، دومین مرحله تحقیق حاضر کار تفسیر و تحلیل اطلاعات است. در این مرحله محقق اطلاعاتی را که در مرحله اول بدون کمترین دخل و تصرفی آن‌ها را از مدارک و منابع مختلف گردآورنده است برای پاسخ‌گویی به سؤالات مطرح‌شده در تحقیق تفسیر، تحلیل و مرتب می‌نماید. نکته مورد توجه این است که در این پژوهش در همه موارد تفسیر انجام نگرفته؛ بلکه در مواردی که از نظر نویسنده نیاز به شفاف نمودن اطلاعات نبوده کار تحلیل و تلخیص داده‌ها برای نتیجه‌گیری بهتر انجام گرفت که خلاصه نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

برنامه‌های درسی در ایالات متحده بر اساس استانداردهای توصیه‌شده ملی تدوین می‌شوند و ایالت‌ها در اجرای استانداردها مختارند. آمریکا در زمینه آموزش شیمی سبز از سایر کشورها جلوتر است و این برنامه درسی در تمام سطوح اجرا می‌شود. کتاب‌های دانش‌آموزان در سال دوازدهم دبیرستان نشان می‌دهد که در حدود ۲۵٪ از محتوا به شیمی سبز اختصاص یافته و به لحاظ اهمیت اصول شیمی سبز ۶ اصل از ۱۲ اصل شیمی سبز در کتاب‌های درسی این کشور ادغام شده و ۶ اصل باقی‌مانده آن در سطوح دانشگاهی عرضه می‌شود. ۶ اصل ادغام‌شده در کتاب‌های دبیرستان عبارتند از: ۱. پیش‌گیری بهتر از درمان است. ۲. از حداقل مقدار ممکن مواد در آزمایش‌ها استفاده نمود. ۳. از موادی استفاده نمود که سمی نباشند. ۴. از حداقل انرژی استفاده کرد. ۵. از مواد تجدیدپذیر استفاده کرد. ۶. از موادی استفاده کرد که در پایان به مواد مفید تبدیل گردد. شیمی محیط‌زیست بارزترین مکان برای گنجاندن مباحث مربوط به شیمی سبز بوده است. ادغام شیمی سبز در برنامه درسی آزمایشگاه با تغییر یا تعویض آزمایش‌های جدید با آزمایش‌های سنتی انجام گرفته است. بنابراین تدریس شیمی سبز در کلاس و آزمایشگاه به‌طور هم‌زمان پیش می‌رود. (وارنر و آناستاز، ۲۰۱۲).

در برنامه درسی شیمی سبز، بخش اعظم برنامه درسی علوم در ایالت ویکتوریا بر حفظ محیط‌زیست متمرکز شده است. از این رو جنبه‌های مهم آموزش و پرورش به سمت توسعه پایدار با رویکرد میان‌رشته‌ای است. این برنامه اجرای شیمی سبز را نه فقط در کلاس‌های شیمی بلکه در سراسر علوم ضروری می‌داند. با ادغام اصول شیمی سبز در برنامه درسی شیمی می‌توان پیام مثبتی را به دانش‌آموزان ارائه نمود. از آنجاکه جداسازی علوم از هم کار ساده‌ای نیست، کتاب راهنمای آزمایش‌های شیمی سبز به نام موضوع شیمی<sup>۳۳</sup> شامل آزمایش‌های شیمی سبز، برای دانش‌آموزان دبیرستانی تألیف شده است. همچنین، به‌منظور توسعه راه‌حل‌های جدید شیمی سبز در برنامه درسی برای تغییر نگرش در دانش‌آموزان و پوشش مسائل جامعه با شیمی سبز به‌صورت ادغام‌شده در ۲ واحد شیمی به دانش‌آموزان سال دهم و یازدهم در دبیرستان ارائه می‌شود. این واحدها باید به ترتیب گذرانده شوند. هر واحد در پنجاه ساعت برنامه‌ریزی شده و دانش‌آموزان با تأثیر مواد شیمیایی بر محیط‌زیست، کاربرد مواد شیمیایی در صنعت، تکنیک‌های سبز و ... آشنا می‌شوند (سازمان برنامه‌ریزی دولت استرالیا<sup>۳۴</sup>، ۲۰۱۴).

وزارت آموزش و پرورش چین، در سال ۲۰۰۵ به منظور به روز نمودن اطلاعات آموزشی، اصلاح کتب درسی و آموزشی مدارس مبادرت به تغییر برنامه درسی خود نمود. به علت اینکه برنامه فعلی خود را با نیاز و توسعه سریع اقتصادی و اجتماعی کشور هماهنگ نمی دانست و ساختار جدید آموزشی در ۲۰۰۷ اجرا شد. لازم به ذکر است که چین دارای برنامه درسی ملی می باشد. این برنامه انعطاف پذیر، منسجم و متنوع با در نظر گرفتن نیازها و توانایی برنامه ریزی شده است. برنامه درسی شیمی برای دانش آموزان دبیرستان متشکل از بخش های اجباری و انتخابی است. بخش های اجباری طیف وسیعی از مطالب را پوشش می دهد که دانش آموزان را قادر به درک اصول و مفاهیم و مهارت های عملی می نماید. هدف از بخش های انتخابی کمک به درک بیشتر مباحث اجباری است. شیمی سبز در تمام بخش های اختیاری ادغام شده و جزو دروس انتخابی در سال دهم، یازدهم و دوازدهم می باشد. از دانش آموزان انتظار می رود به درک استفاده از مفاهیم شیمی سبز در فرایندهای تولید مواد مصنوعی برسند تا بدین وسیله آسیب هایی که به انسان و یا محیط زیست می رسد کاهش یابد یا حتی حذف گردد (راهنمای برنامه درسی شیمی هنگ کنگ، ۲۰۱۴).

انگلستان دارای برنامه درسی ملی است و کتاب های درسی برای تمام کشور یکسان است. آموزش شیمی سبز جزو دروس اصلی در کتاب های شیمی پایه های آموزش شیمی در سال های ۱۱ و ۱۲ دبیرستان می باشد. در برنامه درسی انگلستان اغلب مسائل شیمی زیست محیطی و شیمی سبز در هم تنیده شده اند. البته مفاهیم شیمی سبز علاوه بر اینکه به طور مستقل در محتوا معرفی شده اکثر مفاهیم شیمی را نیز پوشش می دهد. در برنامه درسی شیمی پایه یازدهم، شیمی سبز در بخش «منابع» به طور جداگانه و با عنوان «پایداری» بعد از شیمی هوا آورده شده است. در برنامه درسی پایه دوازدهم نیز در بخش «کاربرد» مفاهیم اصلی در شیمی با عنوان «شیمی سبز» عنوان شده است (کتاب شیمی پایه یازدهم و پایه دوازدهم، ۲۰۰۹).

### ۳. مرحله مجاورت و مقایسه

در این مرحله برای هموار کردن راه نتیجه گیری پایانی مقایسه انجام می شود. هدف از مجاورت اطلاعات آسان کردن کار مرحله بعد یعنی همان کار مقایسه است. بنابراین در این تحقیق اطلاعات تحلیل شده در مرحله مجاورت، در جداولی که بر اساس سؤالات تحقیق و کشورهای مورد مطالعه تنظیم شده در کنار هم قرار گرفته اند. مقایسه با توجه به اطلاعات جمع آوری شده انجام گرفته است.

۳-۱. سؤال: آموزش شیمی سبز در کشورهای مورد مطالعه، از نظر نحوه اجرای برنامه درسی، چه شباهت ها و تفاوت هایی وجود دارد؟

● **شباهت:** کشورهای مورد مطالعه درس شیمی سبز را به صورت مستقیم در جدول برنامه های درسی شیمی خود معرفی نموده اند.

مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته)

● **تفاوت:** پایه‌های اجرای برنامه درسی مورد مطالعه در کشورهای مورد مطالعه متفاوت می‌باشد. در مدارس متوسطه آمریکا شیمی سبز در تمام مقاطع اجرا می‌شود. در استرالیا و انگلستان این درس در مقاطع تحصیلی پایه‌های ۱۱ و ۱۲ برای ورود به دانشگاه به دانش‌آموزان تدریس می‌شود. در چین این درس جزو دروس انتخابی در پایه‌های ۱۱، ۱۰ و ۱۲ است. در ایران، در شیمی پایه دهم دوره دوم دبیرستان به صورت مستقیم به این موضوع پرداخته شده است.

جدول ۶. مجاورت منطق آموزش شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | منطق  |
|----------|---|
| آمریکا   | رسیدگی به شکایت سازمان محیط‌زیست آمریکا از مدارس، حل مشکلات به‌وجودآمده برای انسان و محیط، گسترش اهداف توسعه پایدار، کم‌توجهی روش‌های سنتی به مسائل اجتماعی و محیط‌زیستی، کاهش دانش‌آموزان راغب به ادامه تحصیل در شیمی، تغییر نگرش عمومی مردم به واژه شیمی، پایان‌پذیر بودن منابع و ذخایر طبیعی کشور، لزوم صرفه‌جویی در مصرف و نیاز به تغییر در برنامه‌های درسی (وارنر، ۲۰۰۱، ویلند، ۲۰۰۸).     |
| استرالیا | تغییر نگرش عمومی مردم به شیمی، صرفه‌جویی منابع، رسیدن به حداکثر بهره‌وری با حداقل انرژی و کاهش تولید زباله، افزایش ایمنی، بهبود آموزش، کم‌توجهی و کم‌اطلاعی دانش‌آموزان و معلمان به مسئله پایداری، تربیت شهروندانی مسئول و باسواد در جامعه و رسیدن به آینده‌ای پایدار (الرونتگ، ۲۰۱۰).  |
| چین      | پاسخ‌گویی به چالش‌های ناشی از ظهور یک اقتصاد شدیداً رقابتی، توسعه سواد علمی، جلوگیری از تخریب محیط‌زیست، هزینه‌های گزاف دولت، افزایش ایمنی، گسترش توسعه پایدار در جامعه، تربیت شهروندانی مسئول، لزوم صرفه‌جویی در مصرف و اصلاح سیستم آموزشی و سوق دادن آموزش و پرورش از حالت محتوا محور به مهارت پروری (راهنمای برنامه درسی شیمی هنگ‌کنگ، ۲۰۱۴).  |
| انگلیس   | بهره‌گیری از دانش‌های نو، رسیدن به آینده‌ای پایدار، رویکرد گسترده شورای اتحادیه اروپا به شیمی سبز، بازنگری در آموزش، بالابردن ایمنی در آزمایشگاه، پایان‌پذیر بودن منابع و ذخایر طبیعی کشور و لزوم صرفه‌جویی در مصرف، بالا بردن درک دانش‌آموزان درباره نگرانی‌های برای حفظ محیط‌زیست، تربیت شهروندانی آگاه و اهمیت اقتصادی صنایع شیمیایی برای منطقه بریتانیا (نوریس، ۲۰۰۹، لیستر و هریسن، ۲۰۰۹). |
| ایران    | پیشرفت دانش و فناوری، نگرانی در مورد آلودگی محیط‌زیست، اندیشیدن درباره جایگزینی مناسب، سوق دادن آموزش و پرورش به مهارت پروری، اهمیت توسعه پایدار، تربیت شهروندانی آگاه، مسئول، پایان‌پذیر بودن منابع و ذخایر طبیعی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف (راهنمای برنامه درسی شیمی ایران، ۱۳۷۸، و کتاب درسی شیمی پایه دهم).  |

مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته)

۲-۳. نقاط عمده تشابه و تفاوت در منطق و چرایی برنامه درسی آموزش شیمی در کشورهای مورد مطالعه کدام است؟

جدول ۷. مقایسه منطق آموزش شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | تشابه   | تفاوت   |
|----------|---|---|
| آمریکا   | حل مشکلات به‌وجودآمده برای انسان و محیط‌زیست، تغییر نگرش عموم مردم به شیمی و صنایع شیمیایی، گسترش اهداف توسعه پایدار، پایان‌پذیر بودن منابع طبیعی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف، تربیت شهروندان مسئول و کاهش زیاده‌های سمی و خطرناک. | کاهش دانش‌آموزان راغب به ادامه تحصیل در شیمی و ناآگاهی آن‌ها به شیمی سبز، رسیدگی به شکایت سازمان محیط‌زیست. |
| استرالیا |   | کم‌توجهی و بی‌اطلاعی دانش‌آموزان و معلمان نسبت به مسئله پایداری.  |
| چین      |   | توسعه سواد علمی از طریق آموزش شیمی سبز.   |
| انگلیس   |   | رویکرد گسترده شورای اتحادیه اروپا به شیمی سبز.  |
| ایران    |   |   |

۳-۳. اهداف مشترک و متفاوت برنامه درسی آموزش شیمی سبز در کشورهای مورد مطالعه کدام است؟

جدول ۸. مجاورت مهم‌ترین اهداف آموزشی شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | اهداف  |
|----------|--|
| آمریکا   | بالا بردن ایمنی در مدارس، استفاده از منابع تجدیدپذیر، کاهش زیاده‌های آزمایشگاهی، ساده کردن موضوع علمی، تشویق دانش‌آموزان برای ادامه تحصیل در شیمی، اصلاح تصورات غلط عموم مردم از شیمی‌دانان و آزمایشگاه، سبز نمودن سایر رشته‌های علوم جایگزین ساختن روش‌های سنتی با روش‌های جدید، نقش شیمی‌دانان در حل مشکلات آزمایشگاهی (کلینیک شری و گری، ۲۰۰۹). |
| استرالیا | افزایش آگاهی مردم از موضوع شیمی سبز، افزایش عملکرد دانش‌آموزان در آزمایشگاه، استفاده از منابع تجدیدپذیر، سبز شدن سایر علوم، بالا بردن ایمنی در مدارس، کاهش زیاده‌های آزمایشگاهی، انجام تحقیقات سبز، تولید ایده‌های جدید در شیمی، جایگزین ساختن روش‌های سنتی با روش‌های جدید و توسعه مسائل اخلاقی (راهنمای برنامه درسی ایالت ویکتوریا، ۲۰۱۳).       |

مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته)

جدول ۸. (ادامه) مجاورت مهم‌ترین اهداف آموزشی شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور   | اهداف  |
|--------|--|
| چین    | تلفیق شیمی با سایر علوم، آگاهی از تأثیر شیمی در اجتماع، اقتصاد، محیط‌زیست و زمینه‌های فناوری، نگرانی برای محیط‌زیست و ایجاد حس مسئولیت، درک اهمیت فرایندهای بازیافت و محدودیت منابع طبیعی و جایگزین ساختن روش‌های سنتی با روش‌های جدید بالابردن ایمنی در مدارس و کاهش زباله‌های آزمایشگاهی (راهنمای برنامه درسی شیمی هنگ‌کنگ، ۲۰۱۴).   |
| انگلیس | بالابردن ایمنی در مدارس، حرکت در جهت رفع نیازهای جامعه، افزایش آگاهی و درک شیمی سبز در رسیدن به آینده‌ای پایدار و سبز، پرورش نیروی کار آینده و افزایش مشاغل از طریق نوآوری‌های سبز، ارزیابی مواد شیمیایی و داروها و جایگزین کردن آن‌ها با مواد شیمیایی سبز، کاهش تولید زباله، بازیافت اهمیت توسعه سوخت‌های تجدیدپذیر به‌عنوان یک نیاز جهانی، رویکرد گسترده اروپا به شیمی سبز و تلاش در جهت کاهش آلاینده‌ها (نوریس، ۲۰۰۹، لیستر و هریسن، ۲۰۰۹). |
| ایران  | اهمیت توسعه سوخت‌های تجدیدپذیر، تولید ایده‌های جدید در شیمی (راهنمای برنامه درسی شیمی ایران، ۱۳۷۸، و کتاب شیمی پایه دهم، ۱۳۹۵).  |

جدول ۹. مقایسه مهم‌ترین اهداف آموزشی شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | تشابه   | تفاوت   |
|----------|---|---|
| آمریکا   | بالابردن ایمنی در مدارس، استفاده از منابع تجدیدپذیر، توجه به سه هدف دانشی، مهارتی و نگرشی، کاهش زباله‌های آزمایشگاهی، توسعه تحقیقات سبز، جایگزین ساختن روش‌های سنتی با روش‌های جدید در اهداف برنامه‌های درسی مورد مطالعه چهار کشور پیشرفته مشترک می‌باشد. در ایران استفاده از منابع تجدیدپذیر با سایر کشورها مورد مطالعه مشترک است. | ادغام نمودن شیمی سبز در سایر رشته‌های علوم و ساده‌کردن موضوع علمی.      |
| استرالیا |   | ادغام نمودن شیمی سبز در سایر رشته‌های علوم                              |
| چین      |   |   |
| انگلیس   |   | ارزیابی مواد شیمیایی و داروها و جایگزین کردن آن‌ها با مواد شیمیایی سبز. |
| ایران    |   |   |

مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته)

۳-۴. در محتوای برنامه درسی آموزش شیمی سبز کشورهای مورد مطالعه چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی وجود دارد؟

جدول ۱۰. مجاورت محتوای آموزشی شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | محتوا   |
|----------|---|
| آمریکا   | شیمی سبز در اکثر مباحث شیمی ادغام شده است و سه مقوله اساسی را در بر گرفته است: ۱. معرفی شیمی سبز، ۲. شیمی سبز در صنعت، ۳. جایگزینی آزمایش‌ها با آزمایش‌های سبز به صورتی که در هر دوره تحصیلی متناسب با رشد دانش‌آموزان محتواها عمق بیشتری پیدا می‌کنند (وارنر، ۲۰۱۲، و تریپ، ۲۰۱۲). |
| استرالیا | گرم‌شدن کره زمین، شیمی سبز، اصول شیمی سبز، اقتصاد اتمی، آب، هوا، کاتالیست، توسعه پایدار، مهندسی سبز، اصول مهندسی سبز، انرژی، معرفی سوخت بیودیزلی، گازهای گلخانه‌ای، کاهش سمیت، ساخت باتری‌های بهینه (برنامه درسی ویکتوریا، ۲۰۰۷، کندرا، ۳، ویکاس، ۲۰۱۲).                            |
| چین      | پلاستیک زیست تخریب‌پذیر، شیمی سبز، رابطه بین توسعه پایدار و شیمی سبز، سوخت بیودیزلی، اقتصاد اتمی (راهنمای برنامه درسی شیمی هنگ‌کنگ، ۲۰۱۴).  |
| انگلیس   | آلاینده‌های هوا، گرم‌شدن هوا، کاتالیست‌ها، کودها، سوخت‌ها، پلیمرها، توسعه پایدار، موازنه شیمیایی و درصد اقتصاد اتمی، آلکان‌ها، الکل‌ها، سسل‌های سوختی، توسعه پایدار، صنایع شیمیایی، فلزات واسطه، معاهدات بین‌المللی (نورس، ۲۰۰۹، لیستر و هریسن، ۲۰۰۸).                              |
| ایران    | خطر ناشی از آلاینده‌های هوا، راه‌های محافظت از هوا کره، تعریف شیمی سبز، سوخت سبز، تولید پلاستیک‌های سبز، توسعه پایدار، اهمیت توسعه پایدار در کشورها (کتاب درسی پایه دهم، ۱۳۹۵).   |

جدول ۱۱. مقایسه محتوای آموزشی شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | تشابه   | تفاوت  |
|----------|---|--|
| آمریکا   | سازمان‌دهی کلی محتوا بر اساس رویکرد فعالیت محور می‌باشد. تغییرات آب‌وهوا، معرفی شیمی سبز و اصول آن، توسعه پایدار، سوخت‌های جایگزین و اقتصاد اتمی. | سازمان‌دهی محتوا بر اساس رویکرد آزمایشگاه محور، کاتالیست‌های سبز، ارزیابی لوازم آرایش و بهداشتی، ادغام شیمی سبز در اکثر مباحث شیمی و شیمی محیط‌زیست. |
| استرالیا |   | کاتالیست‌های سبز، مهندسی سبز و اصول مهندسی سبز.  |
| چین      |   | کاربرد شیمی سبز در صنایع شیمیایی.  |
| انگلیس   |   | کاتالیست‌های سبز، انرژی و معاهدات بین‌المللی، ادغام شیمی سبز در اکثر مباحث شیمی و شیمی محیط‌زیست.  |
| ایران    | تغییرات آب‌وهوا، معرفی شیمی سبز و توسعه پایدار، سوخت‌های جایگزین.   |  |



مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته)

۵-۳. موارد عمده تشابه و تفاوت در شیوه تدریس برنامه درسی آموزش شیمی در کشورهای مورد مطالعه کدام است؟

جدول ۱۲. مجاورت روش‌های تدریس شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | روش‌های تدریس   |
|----------|---|
| آمریکا   | بر اساس رویکرد فرایندی می‌باشد که کاوشگری در صدر قرار دارد. معلمان در تدریس آزادی عمل دارند، اما ملزم به رعایت استانداردهای تعیین شده می‌باشند. همچنین جهت پشتیبانی از کارگاه‌های آموزشی، حضور شیمی‌دانان در مدارس، وبسایت‌ها و مجلات آموزشی نیز استفاده می‌گردد (اسباب بتی، ۲۰۱۱). |
| استرالیا | آموزش فرایند محور است و روش‌های حل مسئله، یادگیری مشارکتی و فعالیت‌های آزمایشگاهی از مهم‌ترین روش‌های تدریس است (برنامه درسی ویکتوریا، ۲۰۱۳).   |
| چین      | فرایند یاددهی یادگیری از نوع فعال بوده و یادگیرنده نقش فعالی داشته و معلم نقش راهنما، مشاور و ناظر را ایفا می‌کند (راهنمای برنامه درسی شیمی هنگ‌کنگ، ۲۰۱۴).   |
| انگلیس   | بر اساس رویکرد فرایندی می‌باشد. رویکردهای مورد استفاده در آموزش شیمی سبز کاملاً فعال بوده و معلم نقش راهنما و مشاور را ایفا می‌کند. همچنین جهت پشتیبانی حضور شیمی‌دانان در مدارس، کارگاه‌های آموزشی، وبسایت و مجلات آموزشی نیز استفاده می‌گردد (نورس، ۲۰۰۹، لیستر و هریسن، ۲۰۰۹).   |
| ایران    | معلمان در تدریس از روش‌های سخنرانی، حل مسئله و پرسش و پاسخ بهره می‌برند (راهنمای برنامه درسی شیمی ایران، ۱۳۷۸، و کتاب درسی پایه دهم، ۱۳۹۵).   |

جدول ۱۳. مقایسه روش‌های تدریس شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | تشابه  | تفاوت  |
|----------|--|--|
| آمریکا   | جهت‌گیری آموزش به سمت رویکرد فرایندی و دانش‌آموز محوری، نقش راهنما و مشاور بودن معلم - تأکید بر فعالیت‌های عملی و پروژه‌های درسی، برگزاری کارگاه‌های آموزشی و وسایل کمک‌آموزشی از قبیل وبسایت‌ها و مجلات جهت پشتیبانی. | تأکید بر فعالیت‌های آزمایشگاهی، انعطاف‌پذیر بودن تدریس، حضور شیمی‌دانان در مدارس به منظور پشتیبانی |
| استرالیا |  | انعطاف‌پذیر بودن تدریس.  |
| چین      |  |  |
| انگلیس   |  |  |
| ایران    |  | جهت‌گیری به سمت رویکرد فرایندی، آموزش مستقیم.  |

مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته)

۳-۶. در شیوه سنجش و ارزشیابی دانش‌آموزان در برنامه درسی آموزش شیمی سبز در کشورهای مورد مطالعه چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی وجود دارد؟

جدول ۱۴. مجاورت شیوه‌های ارزشیابی شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | شیوه‌های ارزشیابی  |
|----------|--|
| آمریکا   | سنجش بر اساس استانداردهای ملی آموزش انجام می‌گیرد، ارزشیابی پایانی دانش‌آموزان می‌تواند بر اساس فعالیت‌های آزمایشگاهی، فعالیت‌های گروهی و فردی، نگرش به سمت تحقیقات سبز انجام شود (اسباریتی، ۲۰۱۱).  |
| استرالیا | مسئولیت خود ارزشیابی و ارزشیابی گروهی بر عهده یادگیرنده است، ولی معلم نیز وظیفه دارد همگام با فرایند یاددهی- یادگیری نحوه پیشرفت تحصیلی فراگیران را اندازه‌گیری کند و بسنجد. ارزیابی از فعالیت‌های آزمایشگاهی انجام می‌گیرد (برنامه درسی و ویکتوریا، ۲۰۱۳).  |
| چین      | معلم از روش‌های ارزیابی از طریق مشاهده، فعالیت‌های کلاسی، آزمایشگاهی، تحقیق/گزارش، چک‌لیست، پرسش و پاسخ و امتحانات پایانی، جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها و بررسی راه‌های احتمالی خطا، قابلیت تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌های به‌دست‌آمده از تحقیق، توانایی ارزیابی اعتبار داده‌ها و نگرش به سمت تحقیقات سبز بهره می‌گیرد (راهنمای برنامه درسی شیمی هنگ‌کنگ، ۲۰۱۴). |
| انگلیس   | انگلستان نظام سنجش متمرکز و ملی دارد. ارزشیابی شیمی سبز می‌تواند از فعالیت‌های آزمایشگاهی، آزمون‌های کتبی، نگرش به سمت تحقیقات سبز، کار کلاسی یا امتحان عملی (کاربرد مهارت‌های کلیدی در شیمی) انجام گیرد (نورس، ۲۰۰۹، لیستر و هریسون، ۲۰۰۹).   |
| ایران    | ارزشیابی معلم از یادگیرنده شامل آزمون کتبی، فعالیت‌های کلاسی و ارائه گزارش به‌طور شفاهی می‌باشد (راهنمای برنامه درسی شیمی ایران، ۱۳۷۸، و کتاب درسی پایه دهم، ۱۳۹۵).  |

جدول ۱۵. مقایسه ارزشیابی شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای مورد مطالعه

| کشور     | تشابه   | تفاوت   |
|----------|---|---|
| آمریکا   | توجه به هر سه حیطه ارزشیابی (شناختی، عاطفی و مهارتی) البته با سهم متفاوت. | غالب بودن ارزیابی عملی بر دو حیطه دیگر ارزشیابی و توجه به استانداردهای ارزشیابی شیمی سبز. |
| استرالیا |   |   |
| چین      |   |   |
| انگلیس   |   |   |
| ایران    |   | اجرای دو نوع ارزشیابی شناختی و عاطفی.   |

## اعتبارسنجی

پس از مقایسه برنامه‌های درسی آموزش شیمی سبز در کشورهای مختلف تصمیم گرفته شد که با جمعی از صاحب‌نظران و متخصصان برنامه‌ریزی درسی و دست‌اندرکاران آموزش شیمی و کارشناسان محیط‌زیست گفت‌وگو شود و از طریق مصاحبه، نظرات آنان درباره مقایسه برنامه درسی آموزش شیمی سبز از لحاظ اجرای اصول شیمی سبز در کشورهای مورد مطالعه جمع‌آوری گردد. لذا اصول دوازده‌گانه شیمی سبز به همراه خلاصه‌ای از برنامه شیمی سبز کشورهای مطالعه شده در اختیار مصاحبه‌شوندگان قرار داده شد. پس از اتمام مصاحبه‌ها و در هنگام بازخوانی مصاحبه‌ها و نتیجه‌گیری صورت گرفت. همگی مصاحبه‌شوندگان در مورد گسترش آموزش شیمی سبز در برنامه درسی توافق داشتند و اکثر کارشناسان آموزش شیمی عقیده داشتند که بهتر است کتاب‌های درسی علوم کل مقاطع تحصیلی با رویکرد سبز نوشته شود، تا اینکه تنها تلفیق شیمی سبز در برنامه درسی شیمی انجام شود. معهداً با جمع‌بندی گفته‌های ایشان می‌توان به این نتیجه رسید که گسترش و بهبود آموزش شیمی سبز در همه کشورهای بحث شده یک ضرورت محسوب شده است. همچنین اجزای مقایسه‌ای برنامه درسی توسط صاحب‌نظران رد نگردید، بنابراین این الگوی مقایسه‌ای از برنامه درسی آموزش شیمی سبز مورد تأیید قرار گرفت.

## بحث و نتیجه‌گیری

آموزش شیمی سبز، در کشورهای پیشرفته برای گسترش اهداف توسعه پایدار، حفظ سلامتی انسان و محیط‌زیست، اقتصاد و بهبود کیفیت زندگی یک ضرورت تلقی می‌شود. در کشورهای مورد مطالعه، اهمیت شیمی سبز در زندگی بشر و محیط‌زیست به‌خوبی درک شده است به همین دلیل این کشورها شروع به بسط آن در برنامه درسی مدارس خود نموده‌اند. به‌منظور توسعه پایدار و فناوری‌های جدید، برنامه‌های درسی برای آماده‌سازی شهروندان آگاه و مسئول متحول شده‌اند. باین حال آموزش شیمی سبز در کشورهای مورد مطالعه با یکدیگر کاملاً یکسان نیست.

رویکرد برنامه‌های درسی در کشورهای آمریکا، استرالیا، چین و انگلستان با توجه به امکانات، نیازهای توسعه ملی و انتظارات فرهنگی و شهروندی، انتظارات خود را اولویت‌بندی می‌کنند. برنامه درسی آموزش شیمی سبز در آمریکا (ایالت‌های نیویورک و اورگان) در قالب یک برنامه درسی آزمایشگاه محور است که با قصد افزایش فارغ‌التحصیلان در شیمی و رسیدگی به شکایت سازمان محیط‌زیست آمریکا

از مدارس طرح‌ریزی شده است.

منطق برنامه درسی آموزش شیمی سبز در استرالیا (ایالت ویکتوریا) بر اصلاح آموزش و پرورش و آگاهی‌دادن به معلمان و دانش‌آموزان در رابطه با مسئله پایداری است. در منطق برنامه درسی چین کاهش هزینه‌های صنایع شیمیایی، توجه به اقتصاد رقابتی و اصلاح سیستم آموزش فعلی مبنای توجه به شیمی سبز می‌باشد. در منطق برنامه درسی در انگلستان بر لزوم اهمیت اقتصادی صنایع شیمیایی در این کشور تأکید شده است. در همه کشورها به سه هدف دانشی، مهارتی و نگرشی در آموزش شیمی سبز دیده شده است اما در ایران این اهداف کم‌رنگ‌تر از سایر کشورهای توسعه‌یافته می‌باشد. در همه کشورها سازمان‌دهی کلی محتوا بر اساس رویکرد دانش‌آموز محوری می‌باشد. در آمریکا رویکرد آزمایشگاه محوری و در سایر کشورها (چین، انگلستان و استرالیا) رویکرد زمینه محوری در سازمان‌دهی محتوا غالب می‌باشد. در برنامه درسی آموزش شیمی سبز در کشورها جهت‌گیری به سمت رویکرد فرایندی می‌باشد. در برنامه درسی کشور آمریکا آموزش شیمی سبز با تأکید بر فعالیت‌های آزمایشگاهی می‌باشد. در برنامه درسی آموزش شیمی سبز در استرالیا، چین و انگلستان بیشتر مبتنی بر حل مسئله است. در ایران سازمان‌دهی محتوا بر اساس رویکرد زیست فناورانه می‌باشد. در چهار کشور آمریکا، استرالیا، چین و انگلستان از هر سه حیطه ارزشیابی (شناختی، عاطفی و مهارتی) در رابطه با شیمی سبز استفاده می‌کنند که در تمامی برنامه‌های درسی ارزیابی نگرشی نسبت به محیط‌زیست و آینده بشر مشترک می‌باشد.

با توجه به مطالعه تطبیقی مشخص گردید که شباهت‌ها و تفاوت‌های ملاحظه‌پذیری بین منطق، اهداف، محتوا، روش‌های تدریس و شیوه‌های ارزشیابی در بین کشورهای مورد مطالعه و ایران نشان می‌دهد. شباهت‌ها بیشتر در منطق و اهداف برنامه درسی موجود است، اما تفاوت‌ها بیشتر در اجرا، محتوا، روش‌های تدریس و شیوه‌های ارزشیابی دیده می‌شود. اگرچه در برنامه درسی قصد شده در ایران روش‌های فعال تدریس ذکر شده است، اما به دلیل عدم آشنایی معلمان و زمان ناکافی درسی در کلاس‌ها و عدم امکانات لازم عملاً این شیوه به‌خوبی اجرا نمی‌شود و برنامه اجراشده متفاوت از برنامه قصدشده است. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند به برنامه‌ریزان آموزشی و مؤلفان کتاب‌های درسی کمک نماید تا با دید وسیع‌تری نسبت به بازنگری برنامه درسی و رویکردهای آموزشی اقدام نمایند.

### ■ پیشنهادها ■

بررسی تطبیقی عناصر برنامه درسی (منطق، اهداف، محتوا، روش‌های تدریس، و شیوه‌های ارزشیابی) آموزش شیمی سبز در سایر کشورها دیگر مانند آلمان، ژاپن، مالزی و... بهتر است؛ پژوهش بعدی با اعزام محققان و مشاهده حضوری فعالیت‌های آموزشی انجام شود.

بررسی تحلیل محتوای آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته).

طراحی آزمایش‌های سبز برای کتاب‌های درسی متناسب با امکانات موجود.  
بررسی نیازسنجی از شیمی‌دانان، برنامه‌ریزان درسی، و معلمان شیمی برای ورود مباحث شیمی سبز در برنامه درسی ایران.



## منابع

- آقازاده، احمد. (۱۳۸۶). آموزش و پرورش تطبیقی. تهران: رشد.
- جعفری هرندی، رضا، و میرشاه جعفری، سید ابراهیم. (۱۳۸۸). بررسی تطبیقی برنامه درسی آموزش علوم در ایران و چند کشور جهان. اندیشه‌های نوین تربیتی، ۱۹، ۱۴۵-۱۹۳.
- سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. (۱۳۹۵). شیمی (۱)، شیمی در مسیر توسعه پایه دهم دوره متوسطه. ۱۱۰۲۱۰. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- دلاور، علی. (۱۳۸۸). روش تحقیق در روان‌شناسی و علوم رفتاری. تهران: ویرایش.
- راهنمای برنامه درسی شیمی. (۱۳۷۸). تهران: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش ایران.
- شعبانی، حسن. (۱۳۷۱). مهارت‌های آموزشی و پرورشی. تهران: سمت.
- فردوس فر، رحیم و فتحی، حسین. (۱۳۹۳). آموزش نوین شیمی با رویکرد ورود آزمایش‌های شیمی سبز در کتب شیمی متوسطه. اولین کنگره سراسری فناوری‌های نوین ایران با هدف دستیابی به توسعه پایدار. تهران، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، مؤسسه آموزش عالی مهر اروند.
- مستشاری، مرتضی. (۱۳۸۳). دیدگاه‌های آموزشی و پژوهشی شیمی سبز. محیط شناسی، ۳۲، ۱۰۰-۱۰۴.
- Anastas, P., & Beach, I. (2009). Changing the Course of Chemistry. In P. T. Anastas, I. J. Levy, and K. E. Parent, (Eds) *Green Chemistry Education: changing the course of chemistry*. American Chemical Society, (pp.1-17). Washington Dc: Oxford uni.
- Anastas, P. & Warner, J. (1998). *Green chemistry: Theory & practical*. New York: Oxford University.
- Anastas, P., Wood-Black, F., Masciangioli, T., McGowan, E., Ruth, L. (Eds) (2007). Exploring Opportunities in Green Chemistry and Engineering Education. Washington (DC): National Academy of Sciences (US) Chemical Sciences.
- Cann, M. C. (2009). Greening the Chemistry Lecture Curriculum: Now is the Time to Infuse Existing Mainstream Textbooks with Green Chemistry. In P. T. Anastas, I. J. Levy, and K. E. Parent, (Eds) *Green Chemistry Education: Greening the Chemistry Lecture Curriculum*. American Chemical Society, (pp.93-102). Washington Dc: Oxford uni.
- Cannon, A., & Warner, J. (2009). K-12 outreach & science literacy through green chemistry. In P. T. Anastas, I. J. Levy, and K. E. Parent, (Eds) *Green Chemistry Education: k-12 outreach & science literacy through green chemistry*. American Chemical Society, (pp.167-185). Washington Dc: Oxford uni.
- Chemistry curriculum and assessment guide secondary (Senior Secondary). (2007-2014). the Hong Kong Examinations and Assessment Authority. Retrieved November 13, 2012, from [http://334.edb.hkedcity.net/doc/eng/chem\\_final\\_e\\_20091005.pdf](http://334.edb.hkedcity.net/doc/eng/chem_final_e_20091005.pdf).
- Chemistry Victorian curriculum (Senior Secondary). (2013-2016). Victorian curriculum & assessment authority VCE chemistry study design. Retrieved July 6, 2013, from <http://www.vcaa.vic.edu.au/Documents/vce/chemistry/ChemistrySD-2013.pdf>.
- Department of Education in Australia .Chemistry education (Senior Secondary). Government quality programmers. Retrieved February 14, 2014, from [http:// deewr .gov.au/n-government-quality-teacher-program](http://deewr.gov.au/n-government-quality-teacher-program).
- Department of Environmental Conservation. Green Chemistry in New York State (Senior Secondary). (2012). Retrieved October 13, 2012, from <http://www.dec.ny.gov/education/77750.html>.
- Gomes, V. & Marques, C. (2015). Green Chemistry Education in Brazil: Contemporary Tendencies and Reflections at Secondary School Level. In P. T. Zuin, V., & Mammino, L. (Eds) *Worldwide Trends in Green Chemistry Education: Green Chemistry Education in Brazil*. American Chemical Society (pp. 1-15). Royal Society of Chemistry.
- Green Chemistry at a Glance. (2012). American Chemical Society. Retrieved Jun 15, 2012, from <http://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/about/green-chemistry-at-a-glance.html>.
- Green chemistry curriculum & training at the k-12 level. Skyline High School. Retrieved February 9, 2011, from [http://www.michigan.gov/deq-p2ca-chemistry-cannon\\_29.pdf](http://www.michigan.gov/deq-p2ca-chemistry-cannon_29.pdf).
- Green chemistry education (Senior Secondary). (2013). University of Oregon. Retrieved Jun 5, 2013, from

مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته)

[http:// green hem.uoreganaedu. pdf.](http://green.hem.uoreganaedu.pdf)

- Habibi, L., Sabbaghan, M., & Emam Jome, M. (2013). A Comparative Study in Green Chemistry Education Curriculum in America and China. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 90(2013), 288 – 292
- Hjeresen, D. L.; Schutt, D. L. and Boese, J. M. (2000). Green Chemistry and Education. *J. Chem. Ed.* 12(77), 1543-1547.
- Ilina, E. (2008). *Integrating sustainable development into faculty of chemistry curriculum. 2nd international IUPPC conference on green chemistry.* Retrieved November 4, 2011, from [http:// www.green chemistry. ru/conferences/files/ icgc2008/ Abstracts/ 26031.pdf](http://www.greenchemistry.ru/conferences/files/icgc2008/Abstracts/26031.pdf).
- Kendra, S, & Vikas, M. (2012). *Senior school curriculum. Griffith: Central board of secondary education.* Retrieved February 9, 2013, from [http://www.griffith. edu.au/students](http://www.griffith.edu.au/students).
- Kerr, M., & Brown, D. (2009). Using green chemistry to enhance faculty professional development opportunities. In P. T. Anastas, I. J. Levy, and K. E. Parent, (Eds) *Green Chemistry Education: using green chemistry to enhance faculty professional development opportunities.* American Chemical Society, (pp.19-36). Washington Dc: Oxford uni.press.
- Kirchhoff, M. (2005). Promoting sustainability through green chemistry. *Resources, Conservation and Recycling*, 44(3), 237–243
- Klingshirn, Marc, & Gray S. (2009). Integrating green chemistry into the introductory chemistry curriculum. In Paul T. Anastas, Irvin J. Levy, Kathryn E. Parent (Eds), *Green Chemistry Education* (pp.79-92). Washington Dc: Oxford uni.press.
- Lenoir, D. & May, R.G. (1997). Curricula for environmental chemistry in Germany. *Journal of Environment and Health*, 4(4), 235-240.
- Lister, T, & Harrison, S. (2010). *GCE Chemistry in Chemistry. Advancing learning changing live.* Retrieved July 5, 2012, from [http://www.edexcel.com/migration documents /GCE Chemistry10.pdf](http://www.edexcel.com/migrationdocuments/GCEChemistry10.pdf).
- Long, S., & Kirchhoff, M. (2008). *ACS & its role in the fisher of chemistry education. American Chemical Society Education.* Retrieved April 21, 2010, from [www. Acs .org/acsorg/ education/chapter-16-chemistry- in-the-national](http://www.acs.org/acsorg/education/chapter-16-chemistry-in-the-national).
- Mageswary, K. Ismail, Z., & Michael, W. (2012). The efficacy of green chemistry laboratory- based pedagogy: changes in environmental values of Malaysia pre services teachers. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 10(3), 497–529
- Norris, R. (2009). *Chemistry for IGCSE. Edexcel Limited.* Retrieved December 5, 2012, from [http://www. edexcel.com/migrationdocuments/IGCE/Chemistry.pdf](http://www.edexcel.com/migrationdocuments/IGCE/Chemistry.pdf).
- Oloruntegbe, K.O., & Alake, E.M. (2010). Chemistry for today & the future: sustainability through virile problem based chemistry curriculum. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(5), 800-807
- Poliakoff, M, & Fitzpatrick, M. (2002). Green Chemistry: Science and Politics of Change. *Journal of Science Magazine*, 2(297), 807-810.
- Sbarbati, N. (2011). *Course on green chemistry for secondary school teachers. Beyond benign.* Retrieved Jun 9, 2013, from [http:// www. Beyond benign.org/K12educat ion/high school .html](http://www.beyondbenign.org/K12education/highschool.html).
- Tarasova, N. Lokteva, L., & Lunin, V. (2015). Green Chemistry Education in Russia. In P. T. Zuin, V., & Mammino, L. (Eds) *Worldwide Trends in Green Chemistry Education: Green Chemistry Education in Russia.* American Chemical Society (pp. 213-247). Royal Society of Chemistry.
- Tripp, J. (2012). Laboratory Manual. In P. T. American Chemical Society, (Eds) *Chemistry in Context: Laboratory Manual* (pp.12-20). New York: San Francisco state university.
- Voiland, L. (2008). *Promotes green chemistry in school. United States Environmental Protection Agency.* Retrieved October 8, 2011, from [http:// www.epa.gov/ region 02/capp](http://www.epa.gov/region02/capp).
- Wardencki, W., Curyo, J., & Namiecenik, J. (2004). Green chemistry current & future. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(4), 389-395
- Ware, S. (2001). Greening the curriculum. American Chemical Society education programs. *Pure and Applied Chemistry*, 73(8), 1247-1250
- Warner, J. & Anastas, P. (2012). *Incorporating green chemistry into your high school curriculum. Beyond benign.* Retrieved October 8, 2013, from [http://www.beyond benign. org/K1 2education/highschool.html](http://www.beyondbenign.org/K12education/highschool.html).

پی‌نوشت‌ها

1. Cann
2. Wardenchki
3. America Environmental Protection Agency (EPA)
4. Langer
5. Kirchof
6. Anastas
7. Beach
8. Lenoir
9. May
10. Oloruntegb
11. Warner
12. Anastas
13. Rachel Carson
14. Poliakof
15. Fitzpatrick
16. Ilina
17. Dennis
18. Boese
19. 9 Mageswary
20. Smail
21. Tarasova
22. Lakteva
23. Lunin
24. Gomes
25. Marques
26. Description
27. Interpretation
28. Juxtaposition
29. comparison
30. Trends in International Mathematics and Science Study(Timss)
31. Ware
32. Voiland
33. Klingshrin
34. Gray
35. Chemistry in Context & Chemistry in Community
36. Green chemistry curriculum & training at the k-12 level
37. Green chemistry in New York schools
38. Victorian Certificate of Education
39. Chemistry curriculum & assessment guide secondary Hong Kong
40. Norris
41. Lister
42. Harrison
43. Chem. Topic Flinn
44. Australian government quality programmers. Department of Education
45. Chemistry for A Level & As Level
46. Tripp
47. Kendra
48. Vikas
49. Sbarbati

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی