



پژوهش در آموزش شیمی

<http://chemedu.cfu.ac.ir>



بررسی راهکارهای ورود علم شیمی سبز در برنامه مطالعاتی تحصیلی و مقایسه اهداف و ویژگی‌های آن با سایر کشورهای توسعه یافته

یاور احمدی^{۱*}؛ علیرضا خدایی^۲

^۱گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تبریز، ایران

^۲دانشجوی آموزش شیمی، گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تبریز، ایران

چکیده

شیمی سبز شاخه‌ای از علم شیمی است که لزوم توجه به محیط زیست و اهمیت مواد تجدید پذیر به وسیله علم شیمی را در سطوح مختلف، برای سنین متفاوتی از دانش‌آموزان و دانشجویان بازگو می‌کند. آموزش اصول و شرایط به همراه نکات و الزامات آموزشی شیمی سبز باید از مقاطع پایین‌تر با روش‌هایی مانند برنامه‌داری، شیوه تدریس، آزمایش و... وارد واحدهای درسی و تحصیلاتی فراگیران شود. تأثیر مثبت و مؤثر شیمی سبز در محیط اطراف و راهکارهای نوین آن در پیشبرد اهداف زیست محیطی و توسعه پایدار کمک فراوانی در ایجاد گرایش در دانش‌آموزان و پیشرفت راهبردهای نوین در عرصه جهانی به وسیله مطالعه تخصصی در علم نوین و بدیع شیمی سبز ممکن می‌شود. در پژوهش حاضر به بررسی راهکارها ورود علم شیمی سبز در برنامه مطالعاتی تحصیلی و مقایسه اهداف و ویژگی‌های آن با سایر کشورهای توسعه یافته پرداخته شده است.

کلیدواژه‌ها: آموزش شیمی، شیمی سبز، برنامه درسی شیمی سبز. اهداف آموزش شیمی سبز، مقایسه

برنامه درسی شیمی سبز

* نویسنده مسئول: (yavahmadi@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۴

مقدمه

امروزه، شیمی به طوری چشمگیر پیشرفت داشته است؛ یکی از مهیج‌ترین تحولات آن در سال‌های اخیر گسترش «شیمی سبز» در جهان است. این علم عوامل زیست محیطی، آموزشی، اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و سیاسی کشورها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کلارک، ۲۰۰۹). با این که شیمی در پیشرفت تمدن آدمی نقش بنیادی دارد و جایگاه آن در اقتصاد، سیاست و زندگی روز به روز پررنگ‌تر می‌شود و طیف وسیعی از محصولات شیمیایی از جمله مواد دارویی، رنگ‌ها، کودها، مواد غذایی و ... را پوشش می‌دهد، آسیب‌های چشم‌گیری نیز به سلامت آدمی و محیط زیست وارد می‌کند (لانگ و کرچوف، ۲۰۰۸). استفاده از شیمی سبز منجر به کاهش عوامل آسیب‌زا شده و کره زمین را تمیزتر، ایمن‌تر و بهره‌ورتر می‌نماید و در واقع شیمی سبز وجدان علم شیمی و راه آینده است (کر و براون، ۲۰۰۹). شیمی سبز مجموعه‌ای از اصول و روش‌ها با هدف کاهش استفاده و تولید مواد خطرناک در فرایندهای شیمیایی متناسب با اهداف سه‌گانه محیط زیست پایدار، اقتصاد پایدار و جامعه پایدار است. توسعه پایدار به معنای رفع نیازهای نسل حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای رفع نیازهای خود است. شیمی سبز یکی از اساسی‌ترین و قدرتمندترین ابزارهای مورد استفاده در مسیر پایداری است. میان شیمی سبز و توسعه پایدار اهداف مشترک بسیاری وجود دارد. زیرا توسعه پایدار یعنی توازن میان منافع اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و این که توسعه پایدار در پی کشف علم از منظر اقتصاد، جامعه و محیط زیست است. بنابراین شیمی سبز و صنعت و توسعه پایدار مکمل یکدیگرند (الارونتگبه، ۲۰۱۰). نخستین بار ایده شیمی سبز به عنوان قانونی برای پاسخ به پیشگیری از آلودگی و به دنبال آن طراحی برای بهبود، حذف و یا کاهش مواد زاید توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا مطرح شد (لانگ و کرچوف، ۲۰۰۸). شیمی محیط زیست 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

^۱Clark

^۲Long & Kirchhoff

^۳Kerr & M.Brown,

^۴Oloruntegbe

انجام گرفته است. بنابراین تدریس شیمی سبز در کلاس و آزمایشگاه به طور همزمان پیش می‌رود (وارنر و آناستاز؛ ۲۰۱۲).

پیشینه پژوهش

آموزش شیمی سبز در سال ۱۹۸۸ برای نخستین بار در برنامه درسی آمریکا (نیویورک) اجرا شده است. تا به امروز ایالات متحده آمریکا در زمینه تحقیقات برنامه‌های آموزشی سبز از سایر کشورها جلوتر است. جان وارنر و آناستاز از نخستین افرادی بودند که بر ادغام شیمی سبز در برنامه درسی مقاطع مختلف تحقیق نمودند (وارنر و آناستاز، ۲۰۱۲). پولیاکف و وفیتزپاتریک در مقاله‌ای تحت عنوان «شیمی سبز: تغییر علم و سیاست» نتیجه گرفت که شیمی سبز علاوه بر اینکه علمی نوین است، در سیاست‌گذاری‌ها و اقتصاد کشورها نقشی مهم دارد (پولیاکف و وفیتزپاتریک، ۲۰۰۲). کرچوف در تحقیقی تحت عنوان «نقش برنامه درسی شیمی سبز در پایداری» بر لزوم برنامه درسی مبتنی بر توسعه پایدار در شیمی تأکید می‌کند (کرچوف، ۲۰۰۵). ایلینا در مقاله‌ای تحت عنوان «ادغام توسعه پایدار در برنامه درسی شیمی در روسیه» به نقش مؤثر شیمی سبز در توسعه پایدار می‌پردازد (ایلینا، ۲۰۰۸). کارپودان، اسماعیل و ولف، در مالزی، برای آزمایش‌های سال اول شیمی (تعادل و مفاهیم شیمیایی) در چارچوب فلسفه شیمی سبز ساختاری طراحی نمودند. یافته‌های تحقیقاتی آن‌ها نشان داد که این امر موجب بهبود یادگیری در دانش‌آموزان، ترویج و توسعه طراحی و مهارت تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط آن‌ها می‌گردد (کارپودان و همکاران، ۲۰۱۲). ابوبکر و همکارانش، به بررسی تکنولوژی‌های سبز و نقش آن‌ها در توسعه پایدار پرداختند (ابوبکر و همکاران، ۲۰۱۱). کارپودان و همکارانش، با عنوان «تأثیر آموزش شیمی سبز در تغییر نگرش معلمان» تأثیر آموزش شیمی سبز بر نگرش ۱۱۰ معلم نسبت به مسائل زیست محیطی رادر مالزی بررسی کردند. از روی نتایج کمی و کیفی معلوم گردید که شیمی سبز زمینه‌ای مناسب برای توسعه ارزش‌های انسانی در معلمان است و نیز منجر به تغییر در سبک زندگی آن‌ها می‌گردد (کارپودان و همکاران، ۲۰۰۷). شیمی سبز تکمیل و اصلاح‌کننده دروس شیمی است و همه مفاهیم اساسی شیمی را از جمله اسیدها و بازها، سینتیک و... را پوشش می‌دهد. تلفیق اصول شیمی سبز در

^۱Warner & Anastas

^۲Poliakoff & Fitzpatrick

^۳Kirchhoff

^۴Karpudewan, Ismail & Wolff

^۵Abu-Bakar, K., Mohd Sam, M.F. Tahir, MNH., Rajiani, I & Muslan,

مواد آموزشی باعث می‌گردد که نقش شیمی در جامعه و محیط زیست پررنگ شود و دانش-آموزان به فراگیری شیمی راغب‌تر شوند که با تأکید بر استدلال عینی از طریق جامعه، محیط زیست و اقتصاد به تجربیات علمی پویا خواهند رسید. نظام آموزش و پرورش وظیفه دارد، برنامه‌های آموزشی و درسی علوم را به نحوی سازماندهی کند که در اجرای آن همه توانایی‌های شناختی و شخصیتی دانش‌آموزان رشد کند و دانش‌آموزان با بهره‌گیری از مزایای علوم و فناوری، توانمندی‌های لازم را برای رویارویی با تحولات جدید کسب نمایند. با آموزش شیمی سبز در مدارس می‌توان مهارت‌های تفکر را در دانش‌آموزان تقویت نمود (کن سی، ۲۰۰۹).

تحقیقات نشان می‌دهد که شیمی سبز می‌تواند با افزایش درک مفاهیم بنیادی شیمی، به بهبود روش یادگیری شیمی بپردازد. همچنین گنجاندن اصول شیمی سبز در برنامه درسی هدف‌های دیگری هم دارد، برای مثال می‌تواند اثرات اجتماعی و زیست محیطی که امروزه شیمی ایفا می‌کند را به دانش‌آموزان یادآوری کند (هیل و همکاران، ۲۰۱۳). تحقیقات نشان می‌دهد که وقتی دانش-آموزان دبیرستانی ارتباط بین شیمی و مسائل مربوط به محیط زیست و چگونگی ارتباط شیمی در زندگی روزمره را درک می‌کنند، نگرش و درک آن‌ها نسبت به علم شیمی و محیط‌زیست به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد و این دلیل دیگری است که تأثیر مثبت شیمی سبز بر یادگیری شیمی را نشان می‌دهد (ماندرلر، ۲۰۱۲). فلسفه آموزش شیمی سبز رسیدن به حداکثر بهره‌وری با حداقل انرژی و کاهش تولید زباله است. لذا برای جلوگیری از آلودگی و امدادسانی به جامعه، آموزش شیمی سبز به نسل آینده ضرورت دارد. شیمی سبز در واقع کاربرد علم در زندگی واقعی است که با آموزش آن در مدارس چارچوبی برای آینده‌ای پایدار فراهم می‌شود. از سوی دیگر، اغلب دانش‌آموزان و معلمان از مفهوم توسعه پایدار بی‌اطلاع اند، در حالی که این مسئله بسیار حیاتی است (کندرا و ویکاس، ۲۰۱۲).

آموزش افراد یک جامعه، به ویژه جوامع در حال توسعه، در تحکیم ارزش‌های آن جامعه، انتقال دانش و تکنولوژی و افزایش توان تولیدی آن، نقش اساسی دارد. بنابراین در طراحی یک جهان امن، سالم، و پایدار آموزش نسل آینده بسیار حائز اهمیت است. با توجه به آسیب‌هایی که بشر بر این

^۱Canc

^۲Hill

^۳Mandler

^۴Kendra & Vikas

سپاره وارد ساخته نیاز به اشخاص حرفه‌ای در شیمی برای توسعه و اجرای شیوه‌های شیمی سبز احساس می‌شود. پیشرفت شیمی سبز بدون حضور آموزش و پرورش، که یکی از جایگاه‌های اصلی و کلیدی شیمی سبز است، امکان‌پذیر نیست (کلینگشیرن، ۲۰۰۹). در سال ۲۰۰۸ شیمی سبز به دانشجویان دوره کارشناسی در بسیاری از کشورها به طور رسمی ارائه‌گردید که اهداف آن شامل: درک توسعه پایدار در شیمی و استدلال برای به رسمیت شناختن ضوابط سبز است. آموزش شیمی - سبز می‌تواند منعکس کننده فعل عملی شیمی باشد. شیمی به طور عمیقی به جامعه متصل شده است در واقع ارتباط بین شیمی و زندگی است و می‌تواند فراگیران را تحت تأثیر قرار دهد و آنها را به اختراع و جایگزینی آزمایش‌های ایمن تر تشویق می‌کند (کانن، ۲۰۰۹). معلمان باید به آموزش موارد زیر بپردازند:

- درک پایداری
- تحلیل چگونگی تأثیر تصمیمات آنها در آزمایشگاه بر سلامت آنها و محیط زیست.
- افزایش آگاهی از سمی بودن مواد شیمیایی (وار، ۲۰۰۱).

برخی از الزامات آموزش شیمی سبز در جامعه عبارتند از:

- ایجاد مرکز ملی شیمی سبز برای گسترش آن؛
- در اختیارگذاشتن بودجه تحقیقاتی برای پژوهش‌های سبز؛
- گسترش مواد آموزشی در برنامه درسی؛
- بالابردن انگیزه برای پیاده‌سازی فناوری‌های شیمی سبز در صنعت برای جبران موانع سرمایه - گذاری و مقررات سیاسی موجود؛
- تبادل نظر بین دانشمندان جهان به منظور توسعه شیمی سبز (شیمی سبز، ۲۰۱۱).

روش پژوهش

پژوهش پیش رو، تحلیلی بر اهداف و برنامه‌ی شیمی سبز در برنامه ریزی درسی نظام آموزشی کشور است. که در آن مرور و بررسی اهداف، اصول، انواع و شیوه‌های اجرای برنامه آموزش شیمی

سبز بر عرصه آموزشی و یادگیری، مورد بررسی پژوهشی قرار گرفته است. در پایان به پیشنهاداتی در جهت پیشبرد اهداف آموزش شیمی سبز در کشور و درک هرچه بهتر آن پرداخته شده است.

بحث و نتایج

در توسعه برنامه درسی شیمی سبز در کلاس می‌توان از رویکردهای گوناگونی بهره گرفت اما مناسب‌ترین رویکرد، با توجه به تجربیات سایر کشورها، رویکرد دانش‌آموز محور است. این در حالی است که در اکثر روش‌های آموزش و یادگیری به رویکرد مسئله بیشتر تأکید شده است که هدف اصلی آن «یادگیری معنا دار» شیمی است. البته معلمان در تدریس خود می‌توانند از روش‌های سخنرانی، حل مسئله و پرسش و پاسخ بهره گیرند. اما در خصوص شیمی سبز بهتر است، سخنرانی‌ها توسط دانش آموز در محیط آزمایشگاه انجام گیرد تا همه دانش آموزان در فعالیت‌های سبز درگیر شوند. دانش آموزان بر اساس مشاهدات خود و با استفاده از اصول سبز می‌توانند در آزمایشگاه تصمیم‌گیری کنند. زیرا شیمی سبز استفاده از دانش در عمل است (کنن و وارنر، ۲۰۰۹. اسباربیتی، ۲۰۱۱. برنامه درسی شیمی ویکتوریا، ۲۰۰۷).

۱- علم محیط زیست و شیمی سبز

هر دو حوزه به مطالعه چگونگی ساختن جهان به مکانی بهتر می‌پردازند. در واقع این دو مکمل یکدیگرند. علم محیط زیست منابع را شناسایی می‌کند، سازوکارها را توضیح داده و بررسی کمی مسایل محیط زیست را بر عهده دارد. شیمی سبز به دنبال حل این مشکلات با ایجاد جایگزین و تولید فناوری‌های امن است. هدف شیمی سبز عبارت است از جلوگیری از آلودگی منابع در طی طراحی فرآورده‌ها یا فرایندهای شیمیایی و بنابراین، مانع آلودگی قبل از شروع می‌شود (پاول و همکاران، ۱۹۹۸). محیط زیست در پی تشخیص آلودگی‌های اکوسیستم است ولی شیمی سبز در پی حل این مشکلات با ایجاد فناوری‌های ایمن می‌باشد (شیمی سبز، ۲۰۰۹). شیمی سبز، یک وسیله مؤثر برای پرورش علاقه در دانش‌آموزان به شیمی و مواد است (وارنر، ۲۰۰۱).

۲- شیمی سبز و توسعه پایدار

^۱Cannon, A, & Warner, Sbarbati, Chemistry Victorian curriculum

^۲Green Chemistry

با وجود تداوم بهبود کیفیت کلی بسیاری از شاخص‌های زندگی، مشکلات رو به رشد مسائل زیست محیطی همچنان وجود دارند. سازمان توسعه پایدار در آسیا، توسعه پایدار را ایجاد توازن میان منافع اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی از طریق اجرای برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه و پروژه‌هایی که تنها به یک ویژگی خاص توجه ندارند، تعریف می‌کند. توسعه پایدار جهانی از سوی کمیسیون محیط زیست و توسعه، به عنوان فرایندی تعریف می‌شود که به بهره برداری از منابع، هدایت سرمایه گذاری، توسعه فناوری و تغییر بنیادی سازگار با نیازهای آینده و حال می‌پردازد (مایخو، ۲۰۰۷). شیمی سبز و توسعه پایدار، پارادایمی نو است که تأثیر عمیق و پایداری بر علم شیمی دارد. شیمی سبز و پایداری، اساساً دست در دست هم دارند. ما به شیمی سبزتر نیاز داریم شیمی کارآمدتری که از مواد خام تجدیدپذیر بهره می‌گیرد، مواد زائد را حذف می‌کند و مانع از به کارگیری معرف‌ها و حلال‌های سمی و خطرناک هم در محصولات و هم در فرایندها می‌شود. شیمی سبز مظهر دو جزء اصلی است. نخست به مشکل استفاده کارآمد از مواد خام و حذف همزمان زباله می‌پردازد و دوم با مسایل بهداشتی، ایمنی و زیست-محیطی مرتبط با تولید، استفاده و دفع یا استفاده مجدد از مواد شیمیایی سروکار دارد. در واقع بدون شیمی سبز و مهندسی سبز، مسیر پایداری وجود ندارد (سابرامانی، ۲۰۱۱).

۳- اهداف آموزش شیمی سبز

اهداف بسیار متنوع و جامعی می‌توان از آموزش شیمی سبز استخراج نمود اما مهم‌ترین آن‌ها از جمله: بررسی راه‌های سازگاری با محیط زیست و کنترل مدیریت؛ تفحص اثرات نامطلوب فرایندهای صنعتی بر محیط زیست؛ کاهش ضایعات در آزمایشگاه‌ها و کاهش هزینه‌ها؛ توسعه علاقه به تحقیقات سبز؛ آگاهی از تأثیر شیمی سبز در اجتماع، اقتصاد، محیط زیست و فناوری؛ درک اهمیت محدودیت منابع طبیعی؛ حرکت در جهت رفع نیازهای جامعه؛ درک متقابل بین شیمی سبز و پایداری؛ افزایش همکاری بین دولت، آموزش و پرورش و سایر گروه‌های ذی نفع به سمت رویکرد سبز و اهمیت توسعه سوخت‌های تجدیدپذیر که به عنوان یک نیاز جهانی از اهداف آموزش شیمی سبز است. (کلینگ شراین، ۲۰۰۹. لیستر و هریسون، ۲۰۱۰).^۳ کسب آگاهی در مورد نیازهای اجتماع، مستلزم مطالعه و بررسی آنها از ابعاد مختلف است؛ صرفه جویی در منابع، رسیدن به توسعه پایدار،

^۱Maejo

^۲Subramanian

^۳Klingshrin, Lister & Harrison

تغییر روش و سبک زندگی در راستای اهداف توسعه جوامع امروزی قرار گرفته است که آموزش شیمی سبز یکی از راه‌های رسیدن به این اهداف است. با تشکیل همکاری‌های سازنده بین پژوهشگران و معلمان در مرزهای شیمی سبز می‌توانیم آگاهی عموم مردم و دانش‌آموزان را افزایش دهیم و در نتیجه تأثیرات مثبت شیمی در جامعه بر همگان روشن خواهد شد (حسن زاده مقیمی، ۱۳۹۵).

۴- اهداف آموزش شیمی سبز در کشورها

۴-۱- ایران

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، علم، محیط زیست و جامعه (توسعه پایدار) اشاره داشته باشد، بر استفاده مناسب از ذخایر خدادادی و حفظ محیط زیست 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، دانش‌آموز با اثرهای نامطلوب برخی مواد شیمیایی مصرفی در زندگی روزانه و برخی فرآورده‌های صنایع شیمیایی بر انسان و محیط زیست، آگاه و با راه‌های کاهش تولید زباله، 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 نهد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۶).

۴-۲- استرالیا

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 محیط زیست، آموزش تفکر برای حل مشکلات زیست محیطی، آموزش توسعه پایدار و شیمی سبز به صورت میان رشته‌ای، 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 زباله‌های آزمایشگاهی)، استفاده از منابع تجدیدپذیر، رفع مشکلات زیست محیطی با استفاده از شیمی سبز، انجام تحقیقات سبز و تجزیه و تحلیل داده‌ها، علاقمند ساختن دانش‌آموزان برای ادامه تحصیل در شیمی و توسعه مسائل اخلاقی در شیمی و تربیت شهروندانی مسئول.

۴-۳- آمریکا

اهداف آموزش شیمی سبز در سطح دبیرستان شامل اهداف عمومی و ویژه است. اهداف عمومی عبارت است از پرورش خلاقیت و نوآوری در دانش‌آموزان، بالا بردن ایمنی در مدارس، فعالانه درگیر کردن دانش‌آموزان با موضوع، علاقه‌مند کردن دانش‌آموزان به شیمی، تشویق دانش‌آموزان 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 دانش‌آموزان دشوار است، به حداقل رساندن هزینه‌ها و زباله‌ها، اصلاح تصورات غلط عموم مردم از شیمی دانان، جایگزین ساختن روش‌های موجود با روش‌های سبز، الهام بخش این رشته برای سبز نمودن سایر رشته‌های علوم، طراحی و ساخت محصولات شیمیایی کم خطر با استفاده از منابع می‌باشد (کلینگ شرین و گری، ۲۰۰۹). جدول ۱ اهداف آموزش شیمی در کشورهای مختلف را به صورت مقایسه ای نشان می دهد.

۵- شیمی سبز در برنامه درسی

پیاده سازی شیمی سبز در آموزش و پرورش باید در تمامی سطوح انجام گیرد و با تأکید بیشتری در دانشگاه‌ها اجرا شود. مؤلفان کتاب‌های درسی بر این باورند که اگر امکان برگزاری کلاس‌های جداگانه‌ای برای شیمی سبز نباشد می‌توان با تلفیق مفاهیم کلیدی شیمی سبز به کتاب درسی به اهداف مورد نظر رسید. در اینجا نقش معلم، انگیزه، نگرش، عملکرد و دانسته‌های او بسیار مهم است. معلمان آموزش دیده و آشنا با اصول شیمی سبز می‌توانند با رفتار مناسب، اهداف شیمی سبز را پیاده کنند. درک درست از شیمی سبز فراتر از کلاس درس است. شیمی سبز مفهومی پیچیده است که برای معرفی مفاهیم آن کلاس و فعالیت‌های آزمایشگاهی فرصت مناسبی است (آیسلینگ، ۲۰۱۱). محتوا در برنامه درسی شیمی سبز می‌تواند مقدمه‌ای از اصول شیمی سبز و معرفی فعالیت‌هایی به منظور درک شیمی سبز باشد. یکی از الزامات مورد نیاز برای وارد کردن شیمی سبز در برنامه درسی مدارس، در نظر گرفتن فضا، مواد و وسایل آموزشی است. برای پیاده سازی برنامه‌های آموزشی سبز نیاز به همکاری میان نهادهای دولتی، صنعت، مؤسسات دانشگاهی و ... می‌باشد. این مشارکت باید با تمرکز بر توسعه و انتشار علم و فناوری‌های جدید شیمی سبز در آموزش و پرورش معلمان انجام گیرد (حسن زاده مقیمی، ۱۳۹۵).

جدول ۱- مقایسه اهداف آموزش شیمی سبز کشورها

کشور	اهداف آموزش شیمی سبز
ایران	به رابطه فناوری، علم، محیط زیست و جامعه (توسعه پایدار) اشاره دارد
	بر استفاده مناسب از ذخایر خدادادی و حفظ محیط زیست تأکید دارد
	فعالیت‌ها براساس نکات ایمنی طراحی می‌شود
	مطالب جالبی از شیمی معرفی می‌شود
	با نیازها و سیاست‌های کلی کشور در حال و آینده هماهنگ است
	دانش‌آموز با اثرهای نامطلوب برخی مواد شیمیایی مصرفی در زندگی روزانه و برخی فرآورده‌های صنایع شیمیایی بر انسان و محیط زیست، آگاه و با راه‌های کاهش تولید زباله، و بازیافت آشنا می‌شود
	اهمیت توسعه پایدار و سوخت‌های تجدیدپذیر را درک می‌کند و به نقش شیمی‌دانان و تلاش آنها در ارتقای کیفیت زندگی و دانش بشری ارج می‌نهد
استرالیا	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 محیط زیست
	آموزش تفکر برای حل مشکلات زیست محیطی
	آموزش توسعه پایدار و شیمی سبز به صورت میان رشته‌ای
	افزایش آگاهی مردم و درک آنها از شیمی سبز
	درک متقابل شیمی سبز و پایداری
	افزایش عملکرد دانش‌آموزان در آزمایشگاه استفاده از منابع تجدیدپذیر
	رفع مشکلات زیست محیطی با استفاده از شیمی سبز
	انجام تحقیقات سبز و تجزیه و تحلیل داده‌ها
	علاقه‌مند ساختن دانش‌آموزان برای ادامه تحصیل در شیمی
	توسعه مسائل اخلاقی در شیمی و تربیت شهروندانی مسئول
آمریکا	اهداف ویژه
	اهداف عمومی
	پرورش خلاقیت و نوآوری در دانش‌آموزان
	درک خطر مواد شیمیایی برای کره زمین و ایجاد انگیزه برای حفظ محیط زیست
	بالا بردن ایمنی در مدارس
فعالانه درگیر کردن دانش‌آموزان با موضوع	
علاقه‌مند کردن دانش‌آموزان به شیمی	
ساده نمودن موضوع این علم که درک آن از لحاظ انتزاعی برای دانش‌آموزان دشوار است	
به حداقل رساندن هزینه‌ها و زباله‌ها	
اصلاح تصورات غلط عموم مردم از شیمی‌دانان	

تثویق دانش‌آموزان برای ادامه تحصیل در این رشته و آماده‌سازی آنها برای مشاغل مرتبط با شیمی	جایگزین ساختن روش‌های موجود با روش‌های سبز
---	--

۶- اهداف کلی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی

از جمله اهداف کلی آموزش شیمی در برنامه درسی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ❖ درک و تحلیل چرخه‌حیات و توسعه پایدار؛
- ❖ توصیف جوانب مثبت و منفی از پیشرفت‌های شیمیایی و تکنولوژی در جامعه؛
- ❖ استفاده از منابع تجدید پذیر و طراحی و ساخت محصولات شیمیایی کم‌خطر؛
- ❖ حفاظت از سلامتی انسان و محیط؛
- ❖ به حداقل رساندن هزینه‌ها و کاهش نیاز به تجهیزات پیشرفته؛
- ❖ استفاده از مفاهیم شیمی سبز به منظور تقویت مهارت‌های تفکر (حسن زاده مقیمی، ۱۳۹۵).

۷- ضرورت ورود شیمی سبز به برنامه درسی

دانش‌آموزان امروز و در نهایت جامعه جهانی فردا، به نحو چشمگیری از ورود اصول شیمی سبز به برنامه درسی بهره‌مند خواهند شد. شیمی سبز در دانشگاه‌های سراسر جهان آموزش داده می‌شود ولی به طور رسمی در بیشتر برنامه‌های درسی شیمی وارد نشده است. در واقع دانش‌آموختگان آگاهی کافی از چگونگی تأثیر مواد شیمیایی بر سلامتی انسان و محیط زیست ندارند. اکثر دانشگاه‌ها سعی در آموزش مواد شیمیایی یا نگرانی‌های زیست محیطی را در برنامه درسی خود وارد نکرده‌اند. آموزش برنامه‌های شیمی سبز می‌تواند نسل آینده دانشجویان و مهندسان را از این امور آگاه نماید (کندهس، ۲۰۱۱). و در بسط و نهادینه کردن ایده‌های شیمی سبز در میان دانش‌آموزان نقش بسزایی داشته باشد. جان وارنر و همکارانش جزو نخستین افرادی بودند که بر ادغام شیمی سبز در برنامه درسی مقاطع مختلف تحقیق نمودند و نشان دادند این امر باعث بهبودی یادگیری دانش‌آموزان و ایجاد انگیزه برای فعالیت در زمینه شیمی سبز و رسیدن به توسعه پایدار می‌باشد (ج. وارنر و همکاران، ۲۰۰۹). کرچوف در مقاله‌ای تحت عنوان «نقش برنامه شیمی سبز در پایداری» بر لزوم برنامه درسی پایدار در زمینه شیمی سبز تأکید نموده و شیمی سبز را به عنوان ابزاری مهم برای رسیدن به پایداری

می‌داند. از نظر وی، پیاده سازی شیمی سبز یک اصل ضروری برای رسیدن به توسعه پایدار و حل مشکلات محیط زیست و گرمای جهانی می‌باشد (کرچوف، ۲۰۰۵).

ویژگی‌های زیر لزوم توجه نظام آموزشی به شیمی سبز را بیان میکنند.

- رایۀ نسخه مدرنی از شیمی سنتی در برنامه درسی
- طراحی آزمایش‌های امن تر برای دانش‌آموزان
- تدریس مهارت‌های تفکر انتقادی با استفاده از مفاهیم شیمی سبز
- کاهش هزینه‌های تهیه و استفاده از حلال‌ها
- کاهش هزینه‌های دفع زباله‌های سمی
- ادغام مفاهیم علمی با نظارت پایدار و مسئول
- همگام کردن نقش شیمی سبز در حل چالش‌های پایداری جهان و عدالت محیطی
- کاهش نیاز به تجهیزات تخصصی همچون هود و تهویه گاز و ...
- ایجاد فرصت‌های مناسب برای شرکت دانش‌آموزان و دانشجویان در پژوهش‌های معنی‌دار (اشلی، ۲۰۰۸).

۸- مزایای تلفیق شیمی سبز در برنامه درسی

- ادغام شیمی سبز به دلیل نقش مهمی که در دستیابی به پایداری دارد، جزء الزامات برنامه آموزشی در مدارس است
- شیمی سبز در برنامه درسی یک ابزار مفید برای افزایش آگاهی و حل مسائل پیچیده در شیمی می‌باشد.
- ارائه شیمی سبز در برنامه درسی موجب رشد خلاقیت، حس کنجکاوی و حس مسئولیت در دانش‌آموزان و معلمان خواهد شد.
- تکنولوژی‌های سبز به لحاظ اقتصادی، حذف مواد سمی خطرناک و کاهش هزینه‌های حمل و نقل بسیار بهتر از روش‌های سنتی می‌باشند.
- شیمی سبز به دنبال متحد کردن جوامع دانشگاهی، مدارس، صنعتی و دولتی برای نوآوری و اختراع و حل مسائل زیست محیطی می‌باشد (حبیبی، ۱۳۹۱).

۹- موانع تلفیق شیمی سبز در برنامه درسی

موانع متعدّد در ادغام شیمی سبز در برنامه ی درسی وجود دارد که مهمّ‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- معرفی موضوع‌های جدید در برنامه درسی شیمی کار آسانی نیست.
- درک آن برای فراگیران مشکل است.
- معلّمان ممکن است به دلیل نداشتن پیشینه کافی در این امر همکاری نکنند.
- شیمی سبز نیاز به سبز شدن در متون مختلف دارد در غیر این صورت در حاشیه آموزشی قرار می‌گیرد.
- ارتباط میان دولت و آموزش و پرورش کمرنگ می‌باشد.
- کمبود مواد آموزشی که باید حاوی مطالب کافی در زمینه شیمی سبز باشد (کلینگشیرن، ۲۰۰۹).

آگبایوا و همکارانش، در مقاله‌ای با عنوان «تلفیق مفاهیم شیمی سبز به برنامه درسی دوره متوسطه» به موضوع تلفیق شیمی سبز با برنامه درسی شیمی نیجریه پرداختند و بجای اصول دوازده گانه، سیزده اصل آفریقای سبزتر را پیشنهاد دادند (آگبایوا و همکاران، ۲۰۱۳).

۱۰- مقایسه اهداف برنامه درسی کشورها با ایران در مبحث شیمی سبز

در همه کشورهای سه هدف دانشی، مهارتی و نگرشی دیده می‌شود. اما در مدارس ایران به فعالیت‌های آزمایشگاهی (مهارتی) توجه نشده است. در محتوای برنامه درسی کشورهای پیشرفته ۶ اصل از ۱۲ اصل شیمی سبز، به دانش آموزان معرفی می‌شود. در حالی که در برنامه درسی ایران تنها به دو اصل شیمی سبز، پیشگیری و استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر، آن هم به صورت غیرمستقیم اشاره شده است. لازم به ذکر است، در شیمی دهم متوسطه در قالب فصل کیهان زادگاه الفبای هستی، چند صفحه‌ای از شیمی سبز سخن گفته شده اما بر اصل مطلب چندان پرداخته نشده است (حبیبی بودلالو و همکاران، ۱۳۹۲).

۱۱- روش تدریس شیمی سبز

کارپودوان و همکارانش میزان تأثیر یادگیری شیمی سبز را بر تغییر نگرش و رفتار دانش آموزان نسبت به محیط زیست بررسی کردند. بدین ترتیب که آنها روش تدریس شیمی سبز ۱۷۳ معلم را

مطالعه کردند. داده‌ها از طریق پرسشنامه حاوی سؤالات دسته بندی شده به منظور ارزیابی میزان نگرانی و حس مسئولیت دانش‌آموزان نسبت به محیط زیست جمع‌آوری شدند. نتایج نشان داد که این روش تدریس می‌تواند نگرش و رفتار دانش‌آموزان را به محیط زیست ارتقا دهد (کارپودوان^۱ و همکارانش، ۲۰۰۹).

۱۲- روش تدریس شیمی سبز در کشورها

۱۲-۱- ایران

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 به خوبی توسط آنها درک نشده است

۱۲-۲- آمریکا

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 دانش‌آموز محور است (برنامه آموزش شیمی سبز سطح دوازدهم، ۲۰۱۲).

۱۲-۳- انگلستان

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. جدول ۲ نمایش مقایسه ای از روش تدریس شیمی سبز در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد.

۱۳- وظایف آموزش و پرورش و منابع آموزشی برای توسعه شیمی سبز در کشورها

^۱Karpudewan

^۲Chemistry curriculum and assessment guide secondary

جدول ۲- مقایسه روش تدریس شیمی سبز کشورها

کشورها	روش تدریس شیمی سبز
ایران	سخنرانی، حل مسئله و پرسش و پاسخ
	معلمان از روش‌های سنتی تدریس پرهیز کنند، اما در عمل، رویکردهای نوین تدریس توسط معلمان به‌خوبی توسط آنها درک نشده است
آمریکا	روش کاوشگری
	روش آموزش شیمی سبز بر اساس رویکرد فرآیندی و دانش‌آموز محور است
انگلستان	رویکرد فرآیندی
	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.

۱۳-۱- آموزش و پرورش

تجدید نظر در کتاب‌های درسی برای اشاعه شیمی سبز، به کارگیری آزمایشگاه‌های سبز، تأسیس مدارس سبز و به کارگیری نرم افزارهای کامپیوتری (حبیبی بودالو و همکاران، ۱۳۹۲). برای رسیدن به توسعه پایدار و داشتن جامعه‌ای آرمانی و همگام شدن با علم روز دنیا ما به ایده‌های جدیدی در امر آموزش و پرورش همانند، آموزش شیمی سبز نیاز داریم. آموزش شیمی سبز می‌تواند نگرشی نو برای زندگی راحت‌تر و ایمن‌تر باشد. از سوی دیگر بهبود کیفیت آموزش و پرورش در گرو تهیه و تدوین برنامه‌های مناسب آموزشی به منظور پاسخگویی به نیاز دانش‌آموزان و بهبود کیفیت آموزشی معلمان است (حسن زاده مقیمی، ۱۳۹۵).

۱۳-۲- منابع آموزشی

به منظور ایجاد و انتشار منابع آموزش شیمی سبز در کلاس‌های درس و آزمایشگاه‌ها در تمام سطوح آموزشی، توسعه مجلات آموزش سبز و آموزش مربیان حرفه‌ای در شیمی سبز ضرورت دارد (کندرا و ویکاس، ۲۰۱۲)

نتیجه گیری

یکی از مهمترین چالش‌هایی که بشر در آستانهٔ قرن بیست و یکم با آن مواجه است حفظ و نگهداری محیط زیست و منابع طبیعی است. از این رو آموزش و پرورش می‌تواند در تغییر و اصلاح زندگی و عادت‌های فردی نقش عمده‌ای داشته باشد. نگاه کتاب‌های درسی به اصول شیمی سبز، ارایه آزمایش‌های متناسب با این اصول و در راستای اهداف آموزشی دوره‌های مختلف، می‌تواند کمک شایانی به دستیابی به جهانی بهتر و توسعه پایدار باشد. اگرچه کتاب شیمی سال اول دبیرستان به خوبی جنبه‌های زیست محیطی فراورده‌ها و واکنش‌های شیمی را به چالش می‌کشد اما عدم تدوین و طراحی مطالب و آزمایش‌های همسو با شیمی سبز در دیگر پایه‌های تحصیلی، این نگرش را در سالهای بعد کم رنگ می‌کند و ضرورت بازنگری در برنامه‌ی درسی را یادآور می‌سازد. در پایان، ما مسئول نظارت بر هدایایی هستیم که خداوند به ما داده‌است. آفرینش، یکی از این هدیه‌ها است. ما به عنوان موجودی هوشمند مجاز به استفاده از آفرینش هستیم اما باید در استفاده عالمانه از آن، احترام به آن و حفظ آن برای کسانی که پس از ما می‌آیند، بکوشیم.

یکی از راه‌هایی که به وسیلهٔ آن می‌توان صنایع را به سمت «توسعه پایدار» سوق داد شیمی سبز است. سه روش اصلی برای «سبزتر» شدن فرایندهای شیمیایی وجود دارد:

- طراحی مجدد روش‌ها و استفاده کمتر از مواد سمی و خطرناک؛
 - استفاده از کاتالیزورهای مناسب و حلال‌های بی‌خطر؛
 - جلوگیری از تولید مواد آلاینده
- برای حل مشکل بودن درک شیمی سبز برای فراگیران دبیرستانی، می‌توان:
- شیمی سبز را در مرحلهٔ اول به صورت جلوگیری از آلودگی در مقاطع ابتدایی تعریف کرد و به صورت مفصل تری در مقاطع بالاتر ادامه داد که بچه‌ها درک گسترده تری از شیمی دارند.
 - شیمی سبز را به مسائل زندگی روزمره ربط داد تا بدین ترتیب درک مسائل شیمی سبز برای دانش آموزان ساده تر شود.
 - این واحد را مبتنی بر تشویق، به اختراع و تحقیق برای دانش آموزان برنامه ریزی نمود.
 - از حضور شیمی دانان در مدارس متوسطه برای راهنمایی دانش آموزان در انجام پروژه‌های سبز بهره گرفت.
 - با در نظر گرفتن جوایز برای دانش آموزان آن‌ها را به تولید یک محصول سبز تشویق نمود.

- از آزمایشگاه برای تدریس شیمی سبز استفاده نمود؛ زیرا تا زمانی که شیمی سبز به مرحله عمل در نیاید، دانش آموز قادر به درک آن نیست.
- توجه به شرایط، امکانات و خصوصیات و توانمندی دانش آموزان معلمان روش تدریس خود را انتخاب کنند. این امر باعث می شود که فراگیران با توانایی‌ها و استعدادهاى مختلف بتوانند به یادگیری شیمی سبز اقدام کنند و مهارت‌های تفکر و نگرش‌ها را در خود توسعه دهند.

منابع

حسن زاده مقیمی، ژیلا (۱۳۹۵). بررسی تجارب جهانی در زمینه آموزش شیمی سبز به معلمان به منظور ارائه راهکارهای مناسب در ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آموزش شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

حبیبی، لیلا (۱۳۹۱). شناسایی جایگاه شیمی سبز در برنامه درسی کشورهای پیشرفته به منظور ارائه راهکارهای مناسب در برنامه درسی مدارس ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

حبیبی، لیلا، و صباغان، مریم، و امام جمعه، محمدرضا (۱۳۹۶). مطالعه تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامه درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته). فصلنامه نوآوری‌های آموزشی، شماره ۶۱، سال شانزدهم.

حبیبی بودالو، لیلا، و صباغان، مریم، و امام جمعه، سید محمدرضا (۱۳۹۲). ارائه راهکارهای مناسب برای ورود آموزش شیمی سبز به برنامه درسی شیمی دوره متوسطه، فصلنامه نوآوری‌های آموزشی، شماره ۴۸، سال دوازدهم.

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.

Ashley Petry, Green Chemistry, Marian College Magnet, fall (2008). www.marian.edu

Anastas, Poul, & John Warner. (1998). *Green chemistry: Theory & practical*. New York: Oxford University

Abu-Bakar, K., Mohd Sam, M.F. Tahir, MNH., Rajiani, I & Muslan, N. (2011). Green technology compliance in Malaysia for sustainable business development. *Journal of Global Management*, 2(1), 55-60.

- Canc, Mi. (2009). *Greening the Chemistry Lecture Curriculum: Now is the Time to Infuse Existing Mainstream Textbooks with Green Chemistry*. Scranton: University of Scranton.
- Cannon, Amy, & John Warner. (2009). *Green chemistry education: k-12 outreach & science literacy through green chemistry*. ACS symposium series. American chemical society. Washington Dc: Oxford uni.press. 3(12): pp.167-185.
- Cann.c, Michael. 2009. Green chemistry education: Greening the chemistry lecture. ACS symposium series. American chemical society. Washington Dc: Oxford University Press
- Candace Sykes. (2011). Incorporating Green Chemistry into your High School Curriculum, ChemEd, Carl Lecher, Ph.D., (2009). The 12 Principles of Green Chemistry Institute for Green and Sustainable, Science, June 29th-July. 31st.
- Clark, James. (2009). Greening the chemistry curriculum. University of Bradford. <http://www.bradford.ac.uk/admin/ecoversity/projects>. (accessed August 25, 2015)
- Green chemistry. (2011). Eltham high school. Http://www.elthamhs.vic.edu.au/h_and_books/ss/vcenbook. (accessed May 6, 2015).
- 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 education (Senior Secondary). (2013). University of Oregon. Retrieved Jun 5, 2013, from <http://greenhem.uoregana.edu.pdf>
- Green chemistry. (2009). American chemical society. <http://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/education/resources.html>. (accessed September 4, 2015)
- Hill, J., Kumar, D. D., & Verma, R. K. (2013). Challenges for chemical education: Engaging with green chemistry and environmental sustainability. *The Chemist* 86(1).
- Iilina, E. (2008). *Integrating sustainable development into faculty of chemistry curriculum*. Paper presented at 2nd international IUPPC conference on green chemistry. Retrieved November 4, 2011, from <http://www.greenchemistry.ru/conferences/files/icgc2008/Abstracts/26031.pdf>
- Iilina, E. (2008). Integrating sustainable development into faculty of chemistry curriculum. 2nd international IUPPC conference on green chemistry <http://www.greenchemistry.ru/conferences/files/icgc2008/Abstracts/26031.pdf>. (accessed November 4, 2015)

- John O. Agbayewa, Kunle O. Oloruntegbe, Ese M. Alake. (2013). Incorporating Green Chemistry Concepts into the Senior Secondary School Curriculum. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*. 3(3).
- Kerr, M., & M. Brown, D. (2009). *Green chemistry education: using green chemistry to enhance faculty professional development opportunities*. Washington Dc: Oxford uni. Press.
- Kirchhoff, M. (2005). Promoting sustainability through green chemistry. *Journal Resources Conservation and Recyclin*, 44(3), 237-243
- Karpudewan, M., Ismail, Z., & Wolff, M. R. (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.
- Karpudewan, M., Ismail, Z., & Mohamed, N. (2012). Green Chemistry: Educating Prospective Science Teachers in Education for Sustainable Development at School of Educational Studies. *Asia Pacific Journal of Educators and Education*, 28, 117-130.
- Karpudewan, M., Ismail, Z., & Mohamed, N. (2007). *Enhancing the acquisition of concepts central to sustainable development through green chemistry*. Springer. Retrieved May 6, 2011, from http://www.apfed.net/pub/apfed1/final_report/pdf/final_report.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>.
- Klingshirn, M., & Spessard, G. (2009). *Green chemistry education: integrating green chemistry into the introductory chemistry curriculum*. Washington Dc: Oxford uni. press.
- Klingshirn, Marc, & Gray Spaceward. (2009). *Green chemistry education: integrating green chemistry into the introductory chemistry curriculum*. ACS symposium series. American chemical society. Washington Dc: Oxford uni. press. 3(11): pp.137-165.
- 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.
- Kirchhoff, M. M. (2005). Promoting sustainability through green chemistry. *Resources, conservation and recycling* 44(3):237-243.

- Karpudewan, M., Hj Ismail, Z., & Mohamed, N. 2009. The integration of green chemistry experiments with sustainable development concepts in pre-service teachers' curriculum: Experiences from Malaysia. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 10(2):118-135.
- Kapassa, M., K. Abeliotis., and M. Scoullou. (2013). Knowledge, beliefs and attitudes of secondary school students on renewable feedstocks/biomass: the case of Greece. Published online :Springer Science 15:101–116.
- Long, S., & Kirchhoff, M. (2008). *Green chemistry education*. Retrieved April 21, 2010, from www.acs.org/acsorg/education/chapter-16-chemistry-in-the-national.
- Long, S., & Kirchhoff, M. (2008). *ACS & its role in the field of chemistry education*. *American Chemical Society Education*. Retrieved April 21, 2010, from www.acs.org/acsorg/education/chapter-16-chemistry-in-the-national.
- Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayon, M., & Hofstein, A. (2012). High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula. *Chemistry Education Research and Practice* 13(2):80-92.
- Maejo, International Journal of Science and Technology, Mj. Int. J. Sci. Tech., 2007, 01(02), 95-97, ISSN 1905-7873
- Oloruntegbe, K.o. (2010). chemistry for today & the future: sustainability through virile problem based chemistry curriculum. *Journal of basic & applied sciences*,4(5), 800-807.
- 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*, 807-810.
- Paul T. Anastas, John C. Warner. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford, UK: Oxford University Press, 135+xi pages, ISBN 0-19-850234-
- Sbarbati, N. (2011). *Course on green chemistry for secondary school teachers*. Retrieved Jun 9, 2011, from <http://www.beyondbenign.org/K12education/highschool.html>.
- Serves as a catalyst for integrating green chemistry in chemical education at all levels. (2011). The Green Chemistry Education Network (GCEdNet). <http://www.gcednet.org>. (accessed December 12, 2011).

- Subramanian Ravichandran, Vel Tech Dr.R.R. & Dr.S.R., (2011). Green Chemistry for Sustainable Development Subramanian, Asian Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research Issue 2 (Vol. 1) ISSN: 2231-2560
- Warner, J., & Anastas, P. (2012). *Incorporating green chemistry into your high school curriculum*. Retrieved October 8, 2011, from <http://www.beyondbenign.org/K12education/highschool.html>
- Warner, J. & Anastas, P. (2012). *Incorporating green chemistry into your high school curriculum*. *Beyond benign*. Retrieved October 8, 2013, from <http://www.beyondbenign.org/K12education/highschool.html>
- War, Sylvia. (2001). *Greening the curriculum*. American chemical society education programs.5 (8): pp 67-89.
- War, Sylvia, (2001). *Greening the curriculum*. American chemical society education programs. 73.(8): 1247-1250.
- Warner. J. Cannon, S.A. (2009). Green chemistry education: k-12 outreach & science literacy through green chemistry. Acs symposium series. American chemical society. Washington Dc: Oxford University Press.



Examining the Solutions to Include Green Chemistry in the Academic Study Program and Comparing its Goals and Characteristics with Other Developed Countries

Yavar Ahmadi^{*1}, Alireza Khodaei²

^{1,2} *Department of Science, Farhangian University, Tabriz, Iran*

Abstract

Green chemistry is a branch of chemistry that explains the need to pay attention to the environment and the importance of renewable materials through chemistry at different levels for different ages of school and university students. The teaching of the principles and conditions along with the points and educational requirements of green chemistry should be included in the students' educational units from lower levels with methods such as curriculum, teaching methods, experiments, etc. The positive and effective impact of green chemistry on the environment and its new strategies in advancing environmental goals and sustainable development can greatly help in creating a trend in students and the development of new strategies in the global arena by specialized study in modern science of green chemistry. In the present research, the strategies of entering green chemistry in the academic study program and comparing its goals and characteristics with other developed countries have been investigated. At the end of the article, some suggestions are mentioned to advance green chemistry.

Keywords: Teaching chemistry, Green chemistry, Green chemistry curriculum, Objectives of green chemistry education, Comparison of green chemistry curriculum.

*Corresponding Author: (✉) yavahmadi@gmail.com