فصلنامه مطالعات برنامه درسی ایران
سال نهم، شماره ۳۴، پاییز ۱۳۹۳، ۳۴ – ۵

Journal of Curriculum Studies
(J.C.S.) Vol.9 (34); 2014, 5-34

تلفیق؛ رویکردی مناسب برای ورود علم و فناوری نانو به محتوای برنامه درسی

Integration: An Appropriate Approach for Inclusion of Nano Science and Technology into School Curriculum

تاریخ دریافت مقاله ۲۱/ ۰۴/ ۱۳۹۲؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۲/۱۰

زهرا مهربان[۱]

Z. Mehraban (Ph.D)

چکیده: هدف اصلی پژوهش حاضر، شناسایی رویکردی مناسب برای ادغام علم و فناوری نانو، در برنامه‌های درسی مدرسه‌ای است. در این پژوهش، رویکردهای سازمان‌دهی محتوای علم و فناوری نانو در برنامه‌های درسی مدرسه‌ای چند کشور پیشرو در این زمینه، مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی نشان داد که رویکرد غالب برای این کار، رویکردی تلفیقی است که بسته به تعداد رشته‌های درگیر در فرآیند تلفیق، بعضی‌ها از نوع تلفیق چندرشته‌ای و بعضی دیگر، میان‌رشته‌ای هستند.
رویکرد تلفیق چند رشته‌ای به‌عنوان رویکردی مناسب برای ادغام علم و فناوری نانو با برنامه‌های درسی شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی پیشنهاد شده است.

کلیدواژه‌ها: علم و فناوری نانو، رویکردهای تلفیق برنامه درسی، دانش‌پایه علمی، دوره دوم متوسطه نظری.

Abstract: The main purpose of this paper, is to suggest an appropriate approach for including nano science and technology in school curriculum. To fulfill this goal, a number of countries that have included nano science and technology into their school curricula were studied. The study showed that the two kinds of curriculum integration approaches of multidisciplinary and interdisciplinary is promising for this inclusion. However, due to the some limitations associated with teachers and curriculum developers in this field, the multidisciplinary approach for integration of nano science and technology into chemistry, physics and biology courses, found to be an appropriate approach for curriculum development in this regard. Thus, the research findings suggest that to facilitae the inclusion of nano science and technology into the senior high school curriculum in Iran, the natural science courses of chemistry, physics and biology courses could serve the purpose right.

Key words: Nano science and technology, integration approach to curriculum development, natural science courses, senior high school.

۱. استادیار پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش he_mehraban@yahoo.com

مقدمه

در دهه‌های اخیر شاهد حضور فناوری‌های جدیدی بوده‌ایم که وجه مشترک همه آن‌ها ایجاد تغییراتی در نحوه زندگی و ارتقاء کمّی و کیفی سطح سلامت و اقتصاد مردم بوده است.

یکی از علوم و فناوری‌های جدیدی که قدمت آن به سه دهه می‌رسد، علم و فناوری نانو می‌باشد. علم نانو، مطالعه پدیده‌ها و دستکاری مواد در مقیاس اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی در محدوده ۱ الی ۱۰۰ نانومتر[1] است که خواص مواد در این محدوده به دلیل کوچکی اندازه ذراتشان به میزان قابل توجهی در مقایسه با اندازه بزرگ‌تر متفاوت است. فناوری نانو نیز طراحی، شناسایی، تولید و کاربرد ساختارها، دستگاه‌ها و سامانه‌هایی است که اندازه آن‌ها در محدوده نانومتری کنترل شده است (سند سیاست انجمن سلطنتی[2] بریتانیا، ۲۰۰۴).

علم نانو، تلفیقی از علوم تجربی و مهندسی با نگرشی جدید است که پیش از این از زاویه دید دانشمندان این حوزه‌ها پنهان مانده بوده است که در آن برخی از اصول فیزیکی و شیمیایی از منظر مقیاس نانومتری مطرح گردیده‌اند. این نگرش پنهان مانده، در حقیقت پرکننده فاصله میان فیزیک حالت جامد (ماده‌چگال یا مقیاس توده) و شیمی کوانتوم (مقیاس اتمی) است. به دلیل ماهیت بین‌رشته‌ای این فناوری نوظهور، پیشرفت آن نیز مستلزم انجام تحقیقات بین رشته‌ای است (کلابند۳، ۲۰۰۱).

اهمیت و اثرگذاری فناوری نانو به‌گونه‌ای است که در حال حاضر، تحولات و تأثیرات ناشی از این فناوری، تقریباً بر تمامی بخش‌های زندگی بشر سایه انداخته است و از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین امور زندگی فردی، اجتماعی، روابط اقتصادی و سیاسی حاکم بر جوامع در سطح خرد و کلان را تحت تأثیر خود قرار داده است (روکو و بین‌بریج[4]، ۲۰۰۳) و انتظار می‌رود که این تأثیر، در آینده نیز بیشتر شود.

بدین سبب، توجه به فناوری‌های نو در اسناد بالادستی جمهوری اسلامی ایران، مشهود است. در سند چشم‌انداز بیست ساله کشور جمهوری اسلامی (۱۳۸۵)، ایران در ۱۴۰۴ این‌گونه ترسیم

---

۱. یک میلیاردم متر یعنی 10^{-9} متر

2. Royal Society Policy document
3. Kenneth klabunde
4. Roco and Bainbridge

شده است «دست‌یافته به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی (شامل آسیای میانه، قفقاز، خاورمیانه و کشورهای همسایه) با تأکید بر جنبش نرم‌افزاری و تولید علم، رشد پرشتاب و مستمر اقتصادی، ارتقاء نسبی سطح درآمد سرانه و رسیدن به اشتغال کامل ... برخوردار از دانش پیشرفته، توانا در تولید علم و فناوری، متکی بر سهم برتر منابع انسانی و سرمایه اجتماعی در تولید ملی». همچنین در فصل سوم سند نقشه جامع علمی کشور (۱۳۸۹)، تحت عنوان اولویت‌های علم و فناوری کشور، در اولویت‌های الف بخشِ فناوری، صراحتاً نام فناوری نانو قید شده است و در فصل چهارم، راهبردهای کلان ۱ و ۶ صراحتاً به اصلاح و توجه نظام آموزشی به‌منظور تحقق اهداف ذکر شده در این سند تصریح شده است.

در راستای تحقق اهداف سند چشم‌انداز و نقشه جامع علمی کشور، اسناد راهبردی وزارت آموزش و پرورش نیز به مقوله فناوری توجه خاصی نموده‌اند. ازجمله، در سند تحول بنیادین آموزش و پرورش (۱۳۹۰) که علاوه بر تعریف ساحتی با عنوان ساحت تعلیم و تربیت علمی و فناورانه، در سایر بخش‌های آن نیز توجه به مقوله فناوری کاملاً مشهود می‌باشد. همچنین در سند برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۱)، در حوزه‌های تربیت و یادگیری کار و فناوری و علوم تجربی به موضوع فناوری توجه شده است.

موارد فوق همگی می‌توانند تأیید بر این ادعا باشد که توجه و اهمیت به علم و فناوری نانو در سطوح بالایِ علمی- پژوهشی و تحصیلات عالی به‌خوبی صورت پذیرفته است و در سطوح تحصیلی قبل از دانشگاه نیز باید این توجه در خور توجه و مطالبات اسناد بالادستی و همچنین جایگاه کنونی ایران در علم و فناوری نانو باشد. با بررسی به عمل آمده از برنامه درسی شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی دوره متوسطه و پیش‌دانشگاهی مشخص گردیده است که توجه به علم و فناوری نانو در محتوای درسی این کتاب‌ها قابل ملاحظه نمی‌باشد و تنها به اشارات انگشت‌شماری به علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی مذکور بسنده شده است[1] (مهربان، ۱۳۹۱) که بدون شک این میزان توجه نمی‌تواند پاسخگوی مطالبات اسناد بالادستی نمی‌باشد.

۱. در محتوای کتاب‌های شیمی دو مورد مستقیم ، فیزیک ۱ مورد مستقیم و ۱ مورد غیرمستقیم و در زیست شناسی ۱ مورد مستقیم و ۷ مورد غیرمستقیم به علم و فناوری نانو پرداخته شده است..

بررسی برنامه‌های درسی مدرسه‌ای علم و فناوری نانو در مقطع قبل از دانشگاه در کشورهای پیشرو، نشانگر این موضوع است که این توجه در دو حوزه‌ی علم نانو و فناوری نانو صورت پذیرفته است. به همین دلیل در برنامه‌های درسی کشورهای مذکور، علاوه بر در نظر داشتن استانداردهای آموزش علوم به استانداردهای سواد فناوری نیز توجه شده است. یکی از استانداردهای مدون آموزش علوم که توسط برخی از کشورها[1] نیز به آن ارجاع می‌شود، استانداردهای تعریف شده توسط بنیاد ملی علوم آمریکا تحت عنوان «استانداردهای ملی آموزش علوم[2]» می‌باشد که در سال ۱۹۹۶ تدوین شده و در سال ۲۰۱۰ مجدداً مورد بازبینی قرار گرفته است. این استانداردها برای پایه‌های پیش‌دبستانی تا پایه ۱۲ تعریف شده است. این سند چشم اندازی از آنچه را که دانش‌آموزان در تمام مراحل زندگی، به‌عنوان یک فرد با سواد علمی، نیاز دارند که بدانند، بفهمند و قادر به انجام آن باشند، ترسیم نموده است. همچنین تمامی فعالیت‌های انجام شده در زمینه برنامه درسی مدرسه‌ای فناوری در ایالات متحده آمریکا بر اساس استانداردهای تعیین شده برای سواد فناوری[3] تنظیم شده است. این سند توسط انجمن بین‌المللی آموزش فناوری[4] در سال ۲۰۰۰ و بر اساس طرح ملی «فناوری برای همه آمریکایی‌ها» تهیه، تدوین و منتشر گردیده است.

تلفیق؛ رویکردی مناسب برای سازماندهی محتوای فناوری در برنامه‌های درسی

آن‌چه که در مواجهه با مسئله ورود علم کو فناوری نانو مهم و قابل توجه می‌باشد، این است که علم و فناوری نانو چگونه باید به محتوای برنامه‌های درسی ورود نماید؟ و یا به عبارتی رویکرد سازمان‌دهی علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی باید چگونه باشد؟ این رویکرد باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که علم و فناوری نانو به‌عنوان یک موضوع مطالعاتی جدید، در صدد یافتن موقعیتی مستقل در برنامه درسی متراکم دانش‌آموزان نباشد. چرا که در این صورت مجبور به هُل دادن بقیه موضوعات و باز کردن جایی برای خود خواهد شد که نتیجه‌ی آن متراکم شدن هر چه بیشتر موضوعات درسی خواهد بود. سازماندهی محتوای علم و فناوری نانو باید به

---

۱. از جمله استرالیا

2. National Science Education Standards, National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council, 1996
3. Standards for Technological Literacy (STL)
4. International Technology Education Association (ITEA)

شیوه‌ای باشد که موضوعاتی را که دانش‌آموزان در سایر کلاس‌های درسی فرا می‌گیرند، تقویت و تکمیل نماید. در این صورت است که محتوای سازمان‌دهی شده، می‌تواند علاوه بر ایجاد درکی مناسب از علم و فناوری نانو، در راستای درک و فهم سایر موضوعات درسی نیز کمک رسانی نماید.

چگونگی سازماندهی محتوای برنامه‌های درسی برای رشته‌های متعدد و مختلف در حقیقت یکی از مسائل پیش‌روی برنامه‌ریزان درسی می‌باشد و بیش از یک قرن است که توجه متخصصان این حوزه را با شدت و ضعف، و افت و خیزهایی به خود معطوف داشته است. معرفی و ارائه برنامه درسی تلفیقی رویکردی مناسب برای مواجهه با این مسئله می‌باشد.

علم‌الهدی (۱۳۸۴) در مورد چگونگی پیدایش اندیشه تلفیق چنین می‌گوید «اندیشه تلفیق در برنامه درسی از سال ۱۸۹۵ در نشست انجمن هربارت به‌طور رسمی در مباحث تربیتی مطرح شد. به طور کلی از اوایل قرن نوزدهم، حرکت‌های اصلاحی در تعلیم و تربیت، در پی جنبش‌های اجتماعی وسیع‌تر آغاز گردید که در زمینه برنامه درسی دست کم، سه جنبش اصلاحی قابل شناسایی است. این سه جنبش اصلاحی با وجود برخی اختلافات، همه‌ی آن‌ها برنامه تلفیقی را به‌عنوان طریق مطلوبی جهت سازماندهی تجربیات تربیتی مورد تأکید قرار می‌دهند.» وی در ادامه این سه جنبش را جنبش‌های متأثر از: انفجار صنعت و توسعه تجارت، رومانتیسم روسو تا مطالعات استانلی هال درباره کودک، و تکامل اجتماعی اسپنسر و ایده‌های آزادی‌خواهانه و حرکت‌های سیاسی برای توسعه دموکراسی معرفی می‌نماید.

هاپکینز (۱۹۳۷) برخلاف تبیین‌های جاری زمان خویش، در مورد برنامه درسی تلفیقی این‌گونه استدلال می‌کند که تلفیق چیزی ورای ترکیب صرف سطوح موضوعی پیرامون یک مضمون[1] مشترک می‌باشد. وی می‌گوید تلفیق برنامه درسی به معنای تلفیق شخص می‌باشد. او رشد تربیتی فرد را از طریق سه مرحله ۱- بسط، ۲- تمایز و ۳- نهایتاً تلفیق، محقق می‌داند و از مرحله آخر تحت عنوان فرآیند یادگیری طبیعی یاد می‌کند.

دریک[2] (۲۰۰۴) در پاسخ به این سؤال که برنامه درسی تلفیقی چیست؟ می‌گوید: «در ساده‌ترین مفهوم می‌توان گفت که پیرامون ارتباط است ولی چه نوع ارتباطی؟ و در میان کدام

1. Theme
2. Drake

رشته‌ها؟ آیا ارتباط با زندگی واقعی؟ آیا این ارتباط مهارت محور است یا دانش محور؟ تعریف برنامه درسی تلفیقی موضوعی است از شروع قرن بیستم مورد بحث قرار گرفته است برنامه درسی تلفیقی با تعابیری متنوع و گوناگونی تعریف شده است. از جمله: برقرار سازی ارتباط میان رشته‌های علمی، با زندگی واقعی، و ارتباط‌های مهارت محور و دانش محور.»

فوگارتی[1] (۱۹۹۱ و ۲۰۰۹) نیز در پاسخ به چیستی برنامه درسی تلفیقی، مدل‌هایی را مطرح می‌کند که در مجموع به مدل‌های ۱۰ گانه‌ی وی منتهی می‌شود. وی می‌گوید «برنامه درسی تلفیقی می‌تواند همه و یا هیچکدام از این موارد باشد. هر معلم و هر یادگیرنده، فرآیند تلفیق را از دیدگاهی متفاوت می‌بیند و هر کدام راه‌های طبیعی و یا تقویت شده‌ای را برای ارتباط با جهان می‌یابند تا بتوانند مفاهیمی عمیق‌تر و غنی‌تر از آن را درک نمایند. هر کدام به دنبال این هستند که ارتباط بین و میان اشیاء را کشف نمایند.»

مهرمحمدی (۱۳۷۷) در بیان مفهوم تلفیق می‌گوید: «تلفیق به شیوه‌ای می‌گویند که در آن بخش‌های وابسته به هم در یک کل بزرگتر مرتبط می‌شوند و یا یک رابطه متوازن با یکدیگر برقرار می‌کنند.» وی می‌افزاید: «تلفیق به معنای درهم‌آمیختن و ارتباط دادن حوزه‌های محتوایی است که غالباً مجزا از یکدیگر در برنامه درسی مدارس گنجانده می‌شود. طراحی برنامه درسی تلفیقی با روش‌هایی گوناگون صورت گرفته که هر یک ویژگی‌ها، قابلیت‌ها و امتیازات خاصی دارند... به عبارت روشن‌تر، تلفیق برنامه درسی درهم‌آمیختن محتوا، فرآیندها و مهارت‌های برنامه درسی به‌منظور تحقق هدف انسجام تجربیات یادگیری دانش‌آموزان است» (مهرمحمدی و احمدی، ۱۳۸۰). از مجموع نقطه نظرات پیرامون مفهوم تلفیق، دو دیدگاه قابل تمایز است. یک دیدگاه غالب که در آن تلفیق محتوا، فرآیندها و شیوه‌های برنامه درسی را توسط برنامه ریزان برای یادگیرندگان متعدد می‌داند و تلفیق از بیرون[2] گفته می‌شود و دیدگاه معدودی که تلفیق شخصی و روانشناختی توسط خود یادگیرنده را حائز اهمیت می‌داند و به تلفیق از درون اطلاق[3] می‌شود (احمدی، ۱۳۹۰)

در طول ۱۰۰ سال گذشته نظریه‌پردازان این حوزه دسته‌بندی‌های متفاوتی را در خصوص رویکردهای تلفیقی ارائه داده‌اند. اگر چه آن‌ها طبقه‌بندی‌هایی را با نام‌های متفاوتی مطرح

1. Robin J. Fogarty
2. Integration from without
3. Integration from within

نموده‌اند، ولی تعاریفی که برای این دسته بندی‌ها داده‌اند از تشابهاتی نیز برخوردار است (دریک، ۲۰۰۴). به‌عنوان مثال: شوبرت[1] (۱۹۸۶) پنج شکل موضوعات مجزا[2]، حوزه‌های وسیع[3]، پروژه‌ها[4]، برنامه درسی مرکزی[5] و تلفیق[6] را برای سازمان‌دهی برنامه درسی تعریف می‌نماید. هانتر[7] و همکارانش (۱۹۸۸) نیز اشکال شش‌گانه برنامه درسی تصادفی[8]، تقویت شده و تمرین[9]، جاسازی شده در درون حوزه محتوایی دیگر[10]، همسوسازی[11]، فرآیندها[12] و سازمان‌دهی مضمونی یا موضوعی[13]، را برای طراحی و سازمان‌دهی برنامه درسی معرفی می‌نمایند. فوگارتی[14] (۱۹۹۱) ده مدل تلفیق و سازمان‌دهی به شرحِ، پراکنده یا سلولی[15]، مرتبط[16]، تو در تو یا آشیانه‌ای[17]، متوالی[18]، اشتراکی[19]، تنیده[20]، دانه تسبیحی[21]، ادغام یا تلفیق[22]، غوطه‌ور[23] و شبکه‌ای[24] را ارائه نموده است. جیکبز[25] (۱۹۸۹ و ۱۹۹۱) نیز رویکردهای رشته محور[26]، رشته‌های موازی[27]، دروس و واحدهای مکمل یک‌رشته (چند رشته‌ای)[28]، میان‌رشته‌ای[29]، مدل

1. Schubert
2. Separate Subjects
3. Broad Field
4. Projects
5. Core Curriculum
6. Integration
7. Hunter
8. Incidental
9. Reinforcement and Practice
10. Embedding
11. Coordination
12. Processes
13. Thematic or topic Organization
14. Fogarti
15. Fragmented Model or Cellular Model
16. Connected Model
17. Nested Model
18. Sequenced Model
19. Shared Model
20. Webbed Model
21. Threaded Model
22. Integrated Model
23. Immersed Model
24 Networked Model
25. Jacobs
26. Discipline Based
27. Parallel Discipline
28. Complementary Discipline Units or Courses
29. Interdisciplinary Courses

روز تلفیق شده[1] و برنامه کامل[2] را برای سازمان‌دهی برنامه درسی ذکر می‌نماید. وی تفاوت میان میان تلفیق چند رشته‌ای و میان‌رشته‌ای را این‌گونه بیان می‌کند که «در کار چند رشته‌ای، الحاق در دو یا سه رشته صورت می‌گیرد، نه در تمام رشته‌ها. اجازه بدهید تکرار کنم نه همه رشته‌ها... واحدهای بین‌رشته‌ای نیازمند این هستند که در مطالعاتمان به همه رشته‌ها و یا محدوده‌ی وسیعی از آن‌ها نگریسته شوند.» وارس[3] (۱۹۹۱) نیز رویکردهای تلفیق همبستگی[4]، ترکیبی[5]، مرکزی سازمان یافته[6]، دانش‌آموز محور[7] یا مرکزی سازمان نیافته را برای سازمان‌دهی برنامه درسی ارائه داده است. کیس[8] (۱۹۹۲)، در بیان تلفیق به تلفیق محتوا، تلفیق مهارت‌ها و فرآیندها[9]، تلفیق مدرسه و فرد[10] و تلفیق کل‌گرا[11] می‌پردازد. دریک (۱۹۹۳ و ۲۰۰۴) نیز اشکال چند رشته‌ای[12]، میان رشته‌ای و فرارشته‌ای[13] را برای سازماندهی برنامه درسی نشان می‌دهد. مارتین–نیپ[14] و همکارانش (۱۹۹۵)، برنامه درسی میان رشته‌ای[15]، تلفیق حول مهارت‌ها[16] و تلفیق بین تجربیات دانش‌آموز، حیات درونی دانش‌آموز و برنامه درسی مدرسه‌ای[17] را برای سازماندهی برنامه درسی بیان می‌نمایند.

نگارنده‌ی این مقاله، به‌منظور ایجاد وحدت و یکپارچگی بین آراء ارائه شده از سوی متخصصان، رویکردهای سازمان‌دهی محتوای برنامه درسی تلفیقی را بر اساس فرد یا افراد سازمان‌دهنده برنامه طبقه‌بندی نموده است، به‌گونه‌ای که جمع کننده‌ی وجوه مشترک و در برگیرنده‌ی آراء متفاوت صاحب‌نظران باشد. بر این اساس فرد یا افراد سازمان‌دهنده‌گان برنامه درسی تلفیقی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Integrated -Day model
2. Complete Program
3. Vars
4. Correlation
5. Fusion
6. Structured Core
7. Student Center or Unstructured Core
8. Case
9. Integration Skills and Processes
10. Integration of School and self
11. Holistic Integration
12. Multidisciplinary
13. Transdisciplinary / Supradisciplinary / Real world
14. Martin Kniep
15. Interdisciplinary Curriculum
16. Integration around Skills
17. Integration between Students' Experiences, Internal Life or Affect, and the School Curriculum

می‌توانند در سه گروه ۱) برنامه‌ریزان درسی، ۲) مجموعه‌ای متشکل از برنامه‌ریزان درسی و یادگیرندگان (مشارکتی)، و ۳) یادگیرنده/ یادگیرندگان (به‌تنهایی) باشند.

۱- در گروه اول که سازماندهی محتوا توسط برنامه‌ریزان درسی صورت می‌گیرد و مورد توافق جمع کثیری از صاحب‌نظران این حوزه می‌باشد، دو رویکرد مشاهده می‌شود. در رویکرد اول، سازماندهی بر اساس موضوعات درسی بوده یعنی محور و اساس سازماندهی، موضوعات درسی و یا رشته‌ها می‌باشند و در رویکرد دوم، سازمان‌دهی بر اساس علائق و نیازهای یادگیرندگان صورت می‌گیرد.

در سازماندهی بر اساس موضوعات درسی بسته به تعداد و مرز بین رشته‌ها رویکردهای زیر قابل تفکیک هستند.

≠ رویکرد تلفیق تک‌رشته‌ای، در این رویکرد اساساً می‌تواند تلفیقی صورت نگیرد و رشته‌ها به‌صورت مجزا مورد توجه قرار گیرند و یا تلفیق موضوعات (مرتبط[1]) و مهارت‌ها (آشیانه‌ای[2]) در درون یک‌رشته رخ دهد.

≠ رویکرد تلفیق رشته‌های مختلف که خود به رویکردهای چند رشته‌ای، میان‌رشته‌ای، موازی، تصادفی، ترکیبی و جاسازی شده قابل تقسیم است. در رویکرد چند رشته‌ای حداکثر رشته‌هایی که در فرآیند تلفیق درگیر هستند ۳ رشته می‌باشد، در حالیکه در میان‌رشته‌ای اکثر رشته‌ها و یا کل رشته‌های برنامه درسی مدرسه‌ای درگیر این فرآیند خواهند بود. در رویکرد موازی موضوعات مشابه در رشته‌های مختلف در یک زمان معین و مشخص و به‌موازات یکدیگر مورد آموزش قرار می‌گیرند. در رویکرد جاسازی شده، یک‌رشته در درون یک‌رشته دیگر قرار گرفته است. در رویکرد تصادفی یک موضوع درسی

---

۱. به‌عنوان مثال در درس علوم زمین، معلم می‌تواند واحد زمین شناسی و واحد نجوم را با تأکید بر ماهیت تکامل زمین به هم مرتبط سازد.

۲. در این حالت ابعاد چندگانه‌ای از درس به‌وسیله معلم مورد توجه قرار می‌گیرد، به‌عنوان مثال به هنگام آموزش سامانه گردش خون، معلم می‌تواند علاوه بر آموزش مفهوم سامانه و انواع سامانه‌های گردش خون، ایجاد و تقویت مهارت‌های تفکر را نیز به‌عنوان یکی دیگر از اهداف آموزش موردتوجه قرار دهد.

در ضمن یادگیری یک موضوع درسی خاص آموخته می‌شود و بالاخره در مورد رویکرد ترکیبی در اثر ترکیب محتوای دو یا چند موضوع درسی یک موضوع جدید خلق می‌شود.

≠ رویکرد تلفیق فرا رشته‌ای که در آن مرز بین رشته‌ها از طریق توجه به مضامین وابسته به زندگی واقعی به طور کامل از بین رفته است.

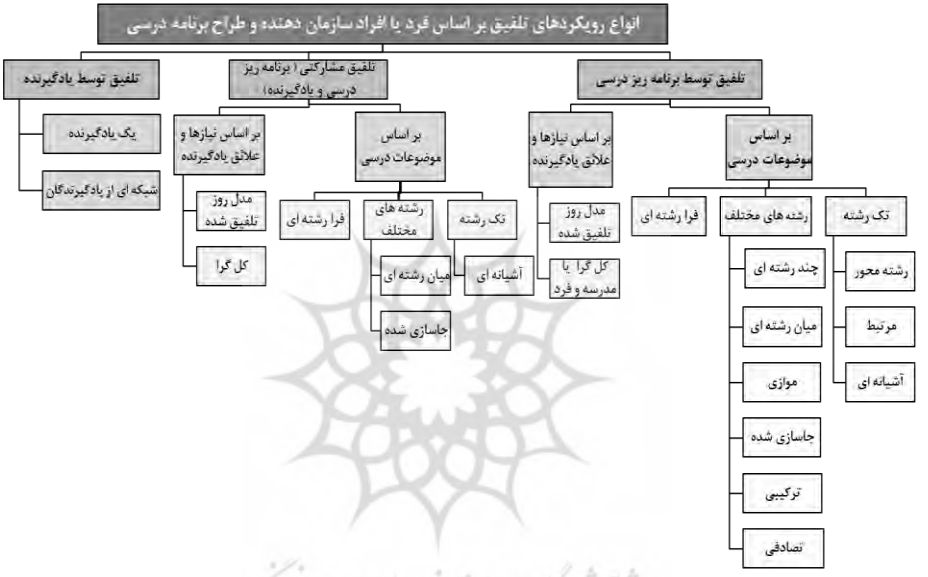
در سازماندهی بر اساس نیازها و علائق یادگیرندگان، برنامه‌ریز با کسب اطلاع از علائق و نیازهای یادگیرندگان، به تلفیق مبادرت می‌نماید؛ که خود به دو دسته مدل روز تلفیق شده و کل‌گرا قابل تقسیم است که در حالت اول فعالیت‌های یادگیری از طریق علائق و پرسش‌های دانش‌آموزان به جای محتوای توصیه شده توسط متخصصان فن طراحی می‌شود و در حالت دوم برنامه درسی مدرسه‌ای تماماً بر اساس تجارب، پیشینه، علائق و پرسش‌های دانش‌آموزان صورت می‌گیرد، به عبارتی تلفیق بین زندگی در خارج از مدرسه و در درون مدرسه‌ی دانش آموزان رخ می‌دهد.

۲- در گروه دوم برنامه‌ریز درسی با مشارکت یادگیرنده اقدام به سازمان‌دهی برنامه درسی می نمایند که در آن علاوه بر در نظر گرفتن نیازها و علائق یادگیرنده به هنگام سازمان‌دهی، همچنین به یادگیرنده نیز اجازه داده می‌شود که در اجرای فرآیند سازمان‌دهی محتوا مشارکت داشته باشد (دانش‌آموز محور). این نوع رویکرد در نقطه نظرات وارس (۱۹۹۱) به وضوح دیده می‌شود. در این گروه، برخی از تقسیم‌بندی‌های گروه اول یعنی رویکردهای سازماندهی بر اساس موضوعات درسی (مانند فرارشته‌ای، میان‌رشته‌ای، جاسازی شده، و آشیانه‌ای) و سازمان‌دهی بر اساس علائق و نیازهای یادگیرندگان، می‌تواند جای داشته باشد.

۳- بالاخره در گروه آخر، یادگیرنده یا یادگیرندگان بر اساس نیازهای خود، تلفیق را انجام می‌دهند. این نوع تلفیق می‌تواند توسط یک یادگیرنده و یا گروه بهم پیوسته‌ای از یادگیرندگان (شبکه‌ای) صورت گیرد. این نوع رویکرد نیز در دیدگاه‌های هاپکینز (۱۹۳۷)،

تحت عنوان فرآیند طبیعی یادگیری[1] و فوگارتی (۱۹۹۱ و ۲۰۰۹) تحت عنوان تلفیق در درون یادگیرنده و از میان یادگیرندگان[2] به وضوح بیان شده است.

شکل ۱، شمای خلاصه‌شده‌ای از جمع‌بندی رویکردهای سازمان‌دهی برنامه درسی تلفیقی بر اساس فرد یا افراد سازمان‌دهنده برنامه را که توسط نگارنده‌ی این مقاله ارائه شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۱- شمای تقسیم‌بندی رویکردهای سازماندهی برنامه درسی تلفیقی بر اساس فرد یا افراد سازمان‌دهنده‌ی برنامه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیشینه پژوهش

پژوهش‌های انجام شده درحوزه آموزش علم و فناوری نانو در دوره‌ی قبل از دانشگاه و در خارج از ایران، به لحاظ تعداد از فراوانی بالایی برخوردار بوده است. در این بخش فقط به تعداد

1. Normal learning process
2. Within and across learners

اندکی از آن‌ها که به طور مستقیم رویکرد سازمان‌دهی محتوای علم و فناوری نانو را مخاطب قرار داده‌اند، بسنده گردیده است.

در پژوهش راماکریشنا و همکاران[1] (۲۰۰۰) از رویکرد تعاملی بصری در آزمایش‌های از راه دور، برای کار با میکروسکوپ روبشی جستجوگر (SPM) استفاده شده است. هدف از این پژوهش تلفیق مفاهیم علم و فناوری نانو در برنامه‌های درسی دوره متوسطه در سال‌های بالای دبیرستان و سال‌های پایین کالج می‌باشد که در آن آزمایش‌های از راه دور توسط ماژول‌های تعاملی مبتنی بر آموزش چندرشته‌ای که در آن‌ها از کشف مفاهیم اساسی، کاربردی و کلیدی فناوری نانو پشتیبانی می‌کند، بهره برده شده است.

گوس و همکاران[2] (۲۰۱۳) در پژوهشی نشان دادند که با طراحی فعالیت‌های دست‌ورزی تلفیق شده در مباحث، شیمی، شیمی فیزیک و شیمی تجزیه در دروه ابتدایی، راهنمایی و متوسطه از جمله فعالیت دست‌ورزی AFM می‌توانند به دانش‌آموزان کمک نمایند که از نقشه سطوح پنهان از دید، نقشه برداری کنند و بتوانند روش کار دستگاه میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM[3]) را درک نمایند.

در دو پژوهش اخیر، محتوای مورد تأکید برای تلفیق علم و فناوری نانو، آشنایی با اصول و طرز کار سامانه‌هایی است که برای شناسایی نانو ساختارها و نانو مواد مورداستفاده قرار می‌گیرند.

در پژوهشی که توسط بلاندر و ساخنینی[4] (۲۰۱۲) صورت گرفته است ماژول آموزش فناوری نانو مشتمل بر دو مفهوم اساسی، اندازه و مقیاس و نسبت مساحت سطحی به حجم تهیه گردید. این ماژول برای آموزش در پایه نهم با تلفیق در درس شیمی برنامه‌ریزی گردید و در آن از طیف گسترده‌ای از روش‌های آموزش به منظور افزایش درک دانش‌آموزان از مفاهیم مورد نظر استفاده شده است. در مصاحبه با دانش‌آموزان همگی اظهار داشتند که انجام فعالیت‌های فوق در آسان‌نمودن درک مفاهیم فناوری نانو به آن‌ها کمک نموده‌اند. محتوای مورد تلفیق که در

1. Ramakrishna, Ong , Garcia., Pizziconi, Razdan and Glaunsinger
2. Goss, Brandt, and, Lieberman
3. Atomic Force Microscopy (AFM)
4. Blonder & Sakhnini

این پژوهش مورد تأکید قرار گرفته است، مفهوم اندازه و مقیاس و مفاهیم پایه، همچون نسبت مساحت سطح به حجم ذره می‌باشند.

در ایران، تعداد پژوهش‌های مرتبط با علم و فناوری نانو در دوره‌ی پیش از دانشگاه از تنوع و تعدد چشمگیری برخوردار نبوده و این پژوهش‌ها اکثراً بر روی شیوه‌ی آموزشِ مفاهیم خاصی از فناوری نانو متمرکز شده‌اند. در پژوهش‌های اندکی نیز رویکرد سازماندهی محتوا آن‌هم به گونه‌ای سطحی و گذرا مورد توجه قرار گرفته است. مهمترین این پژوهش‌ها به شرح زیر می‌باشند.

پژوهشی که توسط پژوهشکده توسعه تکنولوژیِ دانشگاه شریف (۱۳۸۶)، به سفارش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی صورت گرفته است. در فصل اول این پژوهش، جایگاه فناوری نانو در کتب درسی مورد بررسی قرار گرفته است. در بحث روش‌شناسیِ جایگاه فناوری در کتب درسی، سه رویکرد معرفی شده است. «رویکرد اول، مطالبی که ارتباط مستقیم با فناوری داشته باشند، به نحوی که مستقیماً به بیان مفاهیم و موضوعات فناوری پرداخته شود. رویکرد دوم، آن دسته از مطالب موجود در کتب درسی که ارتباط نزدیکی با مفاهیم و موضوعات فناوری داشته باشند. و رویکرد سوم، تعبیر دنیای نانو مبتنی بر کتب درسی که هدف از آن ترجمان ساده و قابل فهم برای دانش‌آموزان مبتنی بر مفاهیم آموخته شده است.» و در ادامه نیز در جداولی، عناوین و موضوعات فناوری نانو (با در نظر گرفتن سه رویکرد مذکور) برای کتاب‌های درسی علوم تجربی راهنمایی، فیزیک و شیمی دوره متوسطه پیشنهاد شده است. بر اساس جداول ارائه شده، رویکرد اتخاذ شده توسط پژوهشگران این طرح، در دوره راهنمایی رویکرد تلفیقی جاسازی شده و در دروه متوسطه رویکرد تلفیق چند رشته‌ای بوده است که در میان رشته‌های مورد تلفیق، زیست‌شناسی مورد توجه قرار نگرفته است. از سویی دیگر در انتخاب نقاط ورود رعایت اصل دانش پایه مورد توجه قرار نگرفته است. در این پژوهش، نقاط ورود حول دو محور اساسی مفاهیم و کاربرد فناوری نانو تنظیم شده‌اند.

شهسواری (۱۳۸۷) روش‌هایی را برای آموزش فناوری نانو در ایران پیشنهاد نموده است که این روش‌ها بر اساس مطالعه تطبیقی آموزش فناوری نانو در ایالات متحده آمریکا، انگلستان، ژاپن، چین، آلمان و مطابقت با روش‌های بکارگرفته شده در ایران فهرست شده‌اند. وی در بخشی از پژوهش خود بیان می‌دارد که «رویکردهای آموزش فناوری نانو در مقاطع پیش از

دانشگاه، رویکرد آموزش درهم‌تنیده[1] در سایر زمینه‌های علوم است.» در این پژوهش، پژوهشگر تنها در بخشی از پژوهش خود به رویکرد در هم تنیده اشاره نموده است که منظور وی همان رویکرد تلفیقی بوده است.

بدریان (۱۳۸۶) نیز در بخشی از پژوهش خود در خصوص آموزش علوم و فناوری‌های نو در برنامه‌های رسمی و غیر رسمی این‌گونه بیان می‌دارد که با عنایت به مطالعات تطبیقی، عملکرد سایر کشورها و بررسی نکته نظرات متخصصان و کارشناسان آموزشی می‌توان از سه روش عمده یعنی آموزش بین رشته‌ای، چند رشته‌ای و نیز غیر رسمی جهت آموزش مفاهیم مرتبط با علوم و فناوری‌های نو استفاده کرد. وی در مورد حدود آموزش علوم و فناوری‌های نو این‌گونه بیان می‌دارد که می‌توان در دوره‌ی آموزش عمومی و هم‌دوره آموزش متوسطه و پیش‌دانشگاهی به آموزش مفاهیم مرتبط به علوم و فناوری‌های نو پرداخت. موضوع این پژوهش به‌طورکلی علوم و فناوری‌های نو بوده است و پژوهشگر به‌طور روشن، مشخص نساخته است که چه رویکردی برای آموزش علم و فناوری نانو و در چه دوره‌های تحصیلی باید اتخاذ گردد. و فقط به ارائه طیفی از رویکردها بدون ذکر رشته‌های مورد تلفیق و پایه تحصیلی پرداخته است. در مجموع آن‌چه از جمع‌بندی نتایج پژوهش‌های انجام شده در این حوزه به دست می‌آید، بیانگر این مطلب است که در هیچ‌کدام از موارد ذکر شده، موضوع علم و فناوری نانو به‌عنوان یک رشته مستقل و مجزا مد نظر نبوده است، بلکه در تمام موارد رویکرد تلفیقی به‌عنوان رویکرد مناسب پیشنهاد شده است.

روش پژوهش

به طور کلی این پژوهش از نقطه نظر هدف، در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار خواهد گرفت؛ زیرا نتایج حاصل به منظور تلفیق محتوای برنامه درسی علم و فناوری نانو در برنامه‌های درسی قابلیت کاربرد دارد. از بعد نوع پژوهش، در زمره‌ی پژوهش‌های توصیفی و تحلیلی می‌باشد؛ زیرا در این پژوهش با مطالعه برنامه درسی علم و فناوری نانو در کشورهای هدف، رشته‌ها و نقاطی از محتوای رشته‌ها را که محتوای علم و فناوری نانو در آن‌ها ورود پیدا کرده است، مورد شناسایی قرار گرفتند. همچنین سرفصل‌هایی محتوایی که در برنامه‌های درسی علم و فناوری

1. Integrated Education

نانو کشورهای هدف بیشتر مورد تأکید قرار گرفته و از اهمیت بالاتری برخوردار بوده مشخص گردیده و ارتباط محتوای علم و فناوری نانو در طول محتوای یک رشته و در عرض محتوای سایر رشته‌های درگیر نیز، مشخص گردیده و نتایج حاصله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته، که با کمک آن‌ها، رویکردهای اعمال شده در سازمان‌دهی محتوای برنامه درسی علم و فناوری نانو نتیجه‌گیری شده‌اند. در پایان نیز با توجه به شرایط و امکانات موجود در نظام آموزش قبل از دانشگاه کشور ایران، رویکردی مناسب برای تلفیق علم و فناوری نانو در برنامه‌های درسی ارائه گردیده است. سپس با در نظر داشتن ارتباط طولی و عرضی بین رشته‌های درگیر در فرآیند تلفیق، و مهیا بودن شروط لازم برای ورود محتوای علم و فناوری در محتوای رشته‌های انتخابی، نقاطی تحت عنوان نقاط ورود علم و فناوری پیشنهاد گردیدند.

در این پژوهش، جامعه آماری شامل کشورهای پیشرو در آموزش‌های مدرسه‌ای علم و فناوری نانو می‌باشد و حجم نمونه اسنادی، شامل کلیه اسناد و مدارک قابل دسترس در حوزه برنامه درسی علم و فناوری نانو از کشورهای آمریکا، تایوان و استرالیا بوده است. در بخش تلفیق علم و فناوری نانو در محتوای برنامه‌های درسی نیز با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات برنامه درسی علم و فناوری نانو در کشورهای هدف و شرایط موجود، محتوای کتاب‌های درسی شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی به دلیل فراهم آوردن دانش پایه علمی لازم به‌منظور آموزش علم و فناوری نانو انتخاب شده‌اند.

سؤالات پژوهش

این پژوهش در صدد یافتن پاسخ‌هایی مناسب برای پرسش‌های زیر است که نهایتاً منتج به ارائه یک راهنما برای تلفیق علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی خواهد شد.

۱- در کشورهای پیشرو چه رویکردهایی برای سازمان‌دهی محتوای برنامه درسی علم و فناوری نانو در برنامه‌های درسی بکاربرده شده است؟

۲- کدام رویکرد سازمان‌دهی برای نظام آموزشی ایران مناسب‌تر است؟

۳- محتوای برنامه درسی علم و فناوری نانو، باید در برگیرنده چه سر فصل‌هایی باشد؟ و یادگیرنده برای درک محتوای تعیین شده، چه دانش پایه (پیش نیاز) علمی را باید از قبل فرا گرفته باشد؟

۴- با توجه به رویکرد اتخاذ شده، نقاط ورود محتوای علم و فناوری نانو در محتوای برنامه‌های درسی کدامند؟

یافته‌های پژوهش

بر اساس سؤال‌های پژوهش، یافته‌های پژوهش بدین شرح است:

سؤال اول پژوهش: در کشورهای پیشرو چه رویکردهایی برای سازمان‌دهی محتوای برنامه درسی علم و فناوری نانو در برنامه‌های درسی بکاربرده شده است؟

در پاسخ به این سؤال، برنامه‌های درسی علم و فناوری نانو در ایالت‌های مختلف ایالات متحده آمریکا، کشور تایوان و استرالیا پس از بررسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و رویکردهای بکار گرفته شده برای سازمان‌دهی محتوای علم و فناوری از آن‌ها استخراج گردیدند.

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده در برنامه‌های درسی کشورهای پیشرو در حوزه‌ی آموزش علم و فناوری نانو در دوره تحصیلی قبل از دانشگاه، مشخص گردید که ایالات متحده آمریکا و استرالیا برنامه درسی بسیار منسجم و کاملی را برای علم و فناوری تهیه نموده‌اند که در حال حاضر این برنامه‌ها در مدارس متوسطه آن‌ها اجرا می‌گردد و چارچوب محتوای پیشنهادی نیز در بازه‌های زمانی لازم به‌روز رسانی می‌شود. این برنامه‌ها از نظر اعتبار و کفایت به‌گونه‌ای می‌باشند که از سوی برخی از کشورهای پیشرفته در حوزه‌ی آموزش علم و فناوری نانو به‌عنوان مرجع قرار گرفته و از منابع آنان در آموزش علم و فناوری نانو استفاده می‌گردد. کشور تایوان در آسیا نیز در رده‌ی اولین پیشگامان حوزه‌ی آموزش علم و فناوری در دوره آموزش قبل از دانشگاه محسوب می‌گردد و فعالیت‌های انجام شده این کشور در زمینه تهیه برنامه درسی علم و فناوری نانو با بهره‌مندی از نیروهای متخصص در حوزه‌های تعلیم و تربیت و علم و فناوری نانو در سطح ملی و جهانی صورت پذیرفته شده است و در حال حاضر در مدارس آن اجرا می‌گردد (مهربان، ۱۳۹۱). همچنین در بررسی‌های به‌عمل آمده از کشورهای هدف، مشخص

گردید که آن‌ها، در برنامه‌ریزی آموزش معلمان در حوزه‌ی علم و فناوری نانو (که جزء لاینفکی از رویکرد تلفیقی علم و فناوری نانو در برنامه‌های درسی محسوب می‌گردد) نیز پیشگام بوده و در این زمینه اقدامات منسجم، گسترده و پیوسته‌ای را انجام داده و می‌دهند (مهربان، ۱۳۹۲).

ایالات متحده آمریکا

در برنامه درسی علم و فناوری نانو ارائه شده توسط نانو سنس[1]، ابتدا مضامینی انتخاب گردیده که این مضامین علاوه بر بیان برخی از اصول و مفاهیم پایه‌ی علم و فناوری نانو، در زندگی روزانه برای دانش‌آموزان نیز آشنا بوده، از جمله: اندازه مواد و اجسام، ضد آفتاب‌های شفاف، انرژی پاک و صافی‌های کوچک و سپس این مضامین در حوزه‌های محتوایی شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و محیط‌زیست مورد بررسی قرار گرفتند به این صورت که مضامین در بخشی از محتواهای برنامه‌های درسی فوق که با آن مرتبط بوده تلفیق گردیده‌اند. این نوع رویکردِ تلفیق، در حقیقت نزدیک به مدل تلفیق چند رشته‌ای دریک (۱۹۹۳ و ۲۰۰۴) می‌باشد. در این تلفیق مرزبندی بین رشته‌ها کاملاً آشکار است. لازم به ذکر است که این برنامه به‌صورت آزمایشی در برخی از مدارس آمریکا اجرا شده است. در برنامه دیگری تحت عنوان برنامه درسی دبیرستان علم نانو[2] رویکردی مشابه با رویکرد اتخاذ شده از سوی برنامه نانو سنس یعنی تلفیق چند رشته‌ای مشاهده می‌شود و هدف از تلفیق، معرفی زمینه‌های جدیدی از علم نانو به دانش‌آموزان و تهییج آنان برای یادگیری علم بیان شده است[3]. در برنامه درسی ارائه شده توسط شبکه ملی زیر ساخت[4] نیز مضامینی از علم و فناوری نانو و کاربردهای فناوری نانو انتخاب شده‌اند و سپس آن مضامین در حوزه‌های محتوایی شیمی، زیست‌شناسی، محیط‌زیست، تربیت بدنی، علوم، علوم اجتماعی، ابزار و فناوری و فیزیک در سطوح ابتدایی، راهنمایی و متوسطه تلفیق شده‌اند. رویکرد تلفیق بکار گرفته، رویکرد میان‌رشته‌ای مشابه با نگرش جیکبز (۱۹۸۹) اتخاذ شده است. برنامه درسی علم و فناوری نانوی ارائه شده توسط گروه آموزش بین‌رشته‌ای دانشگاه ویسکانسین[5]، با رویکرد چند رشته‌ای تنظیم شده است. در این برنامه از طریق مضمون علم و فناوری نانو که در اینجا خود یک رشته درسی می‌باشد بین برنامه‌های درسی شیمی،

1. Nanosense, http://www.nanosense.org/
2. High School Nanoscience Program
3. http://cnsi.ctrl.ucla.edu/nanoscience/pages/homepage
4. National Nanotechnology Infrastructure Network, http://www.nnin.org/
5. University of Wisconsin – Madison , http://mrsec.wisc.edu/Edetc/

فیزیک و زیست‌شناسی ارتباط و اتحاد، ایجاد شده است. در عین حال که بر این موضع تأکید شده است که برای آموزش علم و فناوری نانو، یادگیرندگان باید واجد دانش پایه (پیش‌نیاز) علمی و مهارتیِ لازم باشند. برنامه ارائه شده توسط نانوزون[1] نیز رویکردِ تلفیقیِ مشابه با برنامه‌ی دانشگاه ویسکانسین (چند رشته‌ای) را برای ارائه محتوای علم و فناوری نانو در برنامه‌های درسی طراحی نموده است[2].

تایوان

کشور تایوان یکی از فعال‌ترین کشورهای آسیایی در حوزه‌ی آموزش علم و فناوری نانو در دوره‌های قبل از دانشگاه می‌باشد. در برنامه درسی علم و فناوری نانو ارائه شده این کشور سه جلد کتاب درسی برای سال‌های اول متوسطه با عنوان هم‌نوایی فناوری نانو با شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی تهیه شده است، که شامل مفاهیم اصلی فناوری نانو، از جمله نانو ابعاد، نانو مواد، نانو کاتالیزگرها و... می‌باشد، بنابراین رویکرد بکارگرفته شده در تنظیم محتوای علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی مذکور چند رشته‌ای می‌باشد. همچنین کتابی تحت عنوان گنجینه فناوری نانو که توسط معلمان و اساتید دانشگاه نوشته شده است، به‌عنوان کتاب درسی برای دانش آموزان ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان تهیه شده است؛ به عبارت دیگر، در برنامه درسی مدارس تایوان نه‌تنها علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی علوم پایه تلفیق شده است، بلکه خود نیز به‌عنوان موضوعی جداگانه نیز مدنظر قرار گرفته است. همچنین در یکی از درس‌های کتاب ادبیات مقطع متوسطه نیز درسی برگرفته شده از پرفروشترین رمان افسانه‌ای معروف مایکل کریکتون[3] تحت عنوان طعمه[4] تدوین شده است که بیشتر مباحث اخلاق در فناوری نانو را مد نظر قرار داده است. لذا در جمع‌بندی از مطالعات به عمل آمده در کشور تایوان می‌توان این‌گونه بیان نمود که فناوری نانو علاوه بر اینکه به‌عنوان موضوع جداگانه ارائه شده است (تک‌رشته‌ای)، بلکه به‌صورت چند رشته‌ای نیز در محتوای کتاب‌های علوم پایه نیز تلفیق گردیده است. این نوع رویکرد بیشتر شبیه یکی از مدل‌های ده‌گانه فوگارتی (۱۹۹۱) تحت عنوان مدل دانه تسبیحی بوده است.

1. Nanozone
2. http://nanozone.org/index.htm
3. Michael Crichton
4. Prey

همچنین عبارت رویکرد چند رشته‌ای سازماندهی محتوای علم و فناوری در کتاب‌های درسی مدارس به صورت مستقیم در گزارش‌های ارائه شده از کشور تایوان توسط (فدر و ازنار[1]، ۲۰۱۱) نیز بکار برده شده است.

استرالیا

برنامه اکسس نانو[2] که پس از مدتی به تِک اِن یو[3] تغیر نام داد یکی از برنامه‌هایی است که درصدد آوردن فناوری‌های نوظهور[4] از جمله فناوری نانو به برنامه‌های درسی بوده است. این برنامه توسط دولت استرالیا، بخش صنعت، نوآوری، تغییرات آب و هوا، علوم، تحقیقات و آموزش عالی حمایت می‌گردد و مسئولیت طراحی و اجرای آن بر عهده‌ی دانشگاه ملبورن[5] می‌باشد. در این برنامه فناوری‌های نوظهوری شامل: فناوری نانو، نانو- زیست فناوری و زیست فناوری برای ورود به برنامه‌های درسی مورد تأکید قرار گرفته‌اند. مفاهیم این سه فناوری در حوزه‌های محتوایی علوم زیستی، شیمی، زمین و فضا و فیزیک، در سال‌های هفتم الی دهم آموزش‌های رسمی در سه استانداردِ، درک علم (مفاهیم)، علم به‌مثابه تلاش بشر (کاربرد) و مهارت‌های کاوشگری علمی (فعالیت‌ها و آزمایش‌ها)، تلفیق شده‌اند. رویکردی که به‌منظور تلفیق علم و فناوری نانو در این برنامه اعمال شده است، از نظر عملکرد با برنامه میان‌رشته‌ای مشابه است با این تفاوت که در اینجا مضمون مشترک مورد بحث در حوزه‌های محتوای دیگر، خود یک حوزه محتوایی جدید است. سرفصل‌های موردبحث در این برنامه شامل اندازه‌گیری و مقیاس، نانو ساختارها، کاربرد فناوری نانو و شناسایی نانو ساختارها می‌باشند. لازم به ذکر است در کلیه برنامه‌های ارائه شده در مطالعات کشورهای هدف، رعایت استانداردهای آموزش محتوا و سواد فناوری در تنظیم محتوای علم و فناوری نانو مدنظر قرار گرفته‌اند.

در مجموع آنچه در خصوص رویکردهای اتخاذ شده در قبال سازماندهی محتوای علم و فناوری نانو در کشورهای هدف به دست می‌آید، بیانگر این مطلب است که اولاً، رویکرد حاکم، رویکردی تلفیقی بوده است و ثانیاً بسته به تعداد رشته‌هایی که تلفیق علم و فناوری نانو در آن‌ها صورت گرفته است، دو نوع رویکرد چند رشته‌ای و بین‌رشته‌ای بیشتر مورد تأکید قرار گرفته‌اند.

1. Feather & Aznar
2. Access Nano
3. TechNyou, http://education.technyou.edu.au/
4. Emerging Technology
5. University of Melbourne with the support of NETS-PACE

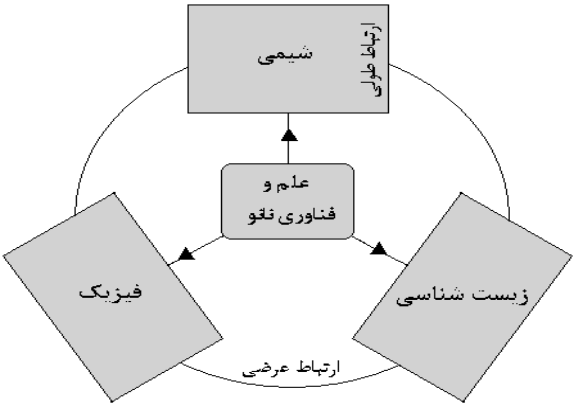
نتایج حاصله در توافق با نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در این حوزه که تعدادی از آن‌ها در بخش پیشینه پژوهش آورده شده‌اند، می‌باشند.

سؤال دوم پژوهش: کدام رویکرد برای نظام آموزشی ایران مناسب‌تر است؟

در پاسخ به این سؤال لازم است به این مسئله تأکید شود که با توجه به تکثر و تعدد حوزه‌های محتوایی در برنامه‌های درسی ایران و نبود معلمان و دبیران متخصص و تربیت یافته در حوزه‌ی آموزش علم و فناوری نانو، به‌طور مسلم بهترین رویکرد برای ارائه برنامه درسی علم و فناوری نانو رویکرد تلفیقی می‌باشد، منوط به اینکه آموزش‌های علم و فناوری نانو به معلمان در قالب دوره‌های آموزش ضمن خدمت ارائه گردد. با استخراج رویکردهای اعمال شده در سازمان‌دهی محتوای علم و فناوری نانو در کشورهای هدف و برقرار بودن ارتباط و تأثیر متقابل حوزه علم و فناوری نانو با اکثر رشته‌ها، لذا به‌طور قطع و یقین، رویکرد تلفیق بین‌رشته‌ای رویکرد مطلوب و مناسب خواهد بود. اما از آنجایی‌که بکار بستن چنین رویکردی مستلزم داشتن حداقل سواد و آشنایی با علم و فناوری نانو و آگاهی از تأثیرات متقابل علم و فناوری نانو بر تمام مؤلفه‌های علمی، فناوری، اجتماعی و اقتصادی از سوی مؤلفان کتاب‌های درسی و معلمان و دبیران است که فرآیندی زمان‌بر می‌باشد و تا کنون نیز برنامه‌ای مدون از سوی وزارت آموزش و پرورش، برای آموزش این مخاطبان در حوزه علم و فناوری نانو اتخاذ نگردیده است، بنابراین با توجه به وضعیت موجود، مناسب‌ترین رویکرد، رویکردِ تلفیق چند رشته‌ای می‌باشد که در آن محتوای علم و فناوری در محتوای برنامه‌های درسی شیمی، فیزیک و زیست شناسی[1] با حفظ ارتباط عرضی (بین رشته‌ها) و طولی (توالی مباحث در یک رشته در دوره‌های تحصیلی) تلفیق گردد. تلفیق محتوای علم و فناوری نانو در رشته‌های شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی (چندرشته‌ای) به همراه ارتباط طولی و عرضی میان رشته‌های مورد نظر، در شکل-۲ نشان داده است که با بهره‌مندی از اطلاعات حاصل از برنامه درسی علم و فناوری نانو در کشورهای هدف، توسط نگارنده مقاله طراحی و پیشنهاد گردیده است و در مجموع بیانگر این نکته است که رویکرد انتخابی در این پژوهش با مطالعات تطبیقی و بررسی‌های به عمل آمده در تعدادی از پژوهش‌ها سازگار می‌باشند.

---

۱. لازم به ذکر است که مباحث علم و فناوری نانو مرتبط با محیط زیست در دو حوزه‌ی شیمی و زیست‌شناسی قابل تلفیق می‌باشد.



شکل ۲- تلفیق علم و فناوری نانو در رشته‌های شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی (ارتباط طولی و عرضی)

در حقیقت با تلفیق علم و فناوری نانو در حوزه‌های فوق‌الذکر، نه تنها موضوع جدیدی از علم و فناوری بدون ایجاد تکثر موضوعی در برنامه‌های درسی وارد می‌گردد، بلکه موجب می‌گردد که دانش‌آموزان انسجام و ارتباط معناداری بین محتوای دروس شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی را نیز برقرار نمایند و آموخته‌های علمی‌شان را در این سه حوزه که اکنون سنگ بنای سازه‌ی جدیدی از علم و فناوری واقع گردیده است، تثبیت نمایند.

سؤال سوم پژوهش: محتوای برنامه درسی علم و فناوری نانو، باید در برگیرنده چه سرفصل‌هایی باشد؟ و یادگیرنده برای درک محتوای تعیین شده، چه دانش پایه (پیش نیاز) علمی را باید از قبل فرا گرفته باشد؟

در پاسخ به این پرسش نیز بر اساس نتایج تحلیل شده از مطالعه بخش محتوایی برنامه درسی علم و فناوری نانو کشورهای هدف و همچنین بررسی پژوهش‌های انجام شده در این حوزه، سرفصل‌هایی که بیشتر مورد تأکید قرار گرفته مشخص گردیدند که بر این اساس سه سرفصل کلی زیر برای تلفیق محتوای علم و فناوری نانو پیشنهاد گردیدند.

الف) اندازه و مقیاس نانو

این سرفصل از آن نظر بسیار مهم است که ایجاد تلقی روشن و واضح از تشخیص مقیاس نانو در متونِ به‌هم‌پیوسته علمی، به دانش آموزان کمک می‌کند تا ارتباط علم نانو را با سایر علومی که در حال حاضر در حال یادگیری آنها هستند، بهتر درک کنند.

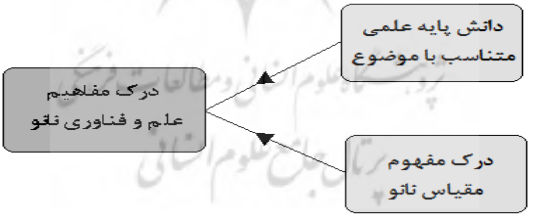
ب) مبانی و مفاهیم علم و فناوری نانو

این سرفصل خود شامل معرفی فناوری و فناوری نانو، برخی از نانو ساختارها و نانو مواد و روش‌های شناسایی و تشخیص آن‌ها، اخلاق در فناوری، فناوری و جامعه (تأثیرات فناوری بر جامعه از قبیل تأثیرات مثبت و منفی فناوری نانو بر محیط زیست).

ج) کاربرد فناوری نانو، سامانه‌های مبتنی بر نانو، نانو ساختارها و نانو مواد و محصولات فناوری نانو. این سرفصل پرمخاطب‌ترین بخش محتوای علم و فناوری نانو می‌باشد.

در ارزیابی‌های به عمل آمده پس از اجرای آزمایشی برنامه نانو سنس در آمریکا مشخص گردید که اگرچه برنامه‌های مرتبط با کاربردهای فناوری نانو با استقبال بالایی از سوی دانش آموزان مواجه گردید، اما فهم بسیاری از مفاهیم مرتبط با نانو برای دانش آموزان مشکل بوده و این مفاهیم اغلب بایستی بر روی مفاهیم پایه علمی بنا شوند که در حال حاضر هنوز به دانش‌آموز، آموزش داده نشده‌اند. لذا آموزش‌های قبلی و یا مرور بلافاصله مفاهیم پایه علمی بر آموزش موضوعات مرتبط با نانو به لحاظ زمانی تقدم دارند.

بنابراین پس از تعیین زیر فصل‌های تشکیل دهنده هر سرفصل، دانش‌پایه علمی در حوزه‌های شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و همچنین ریاضی برای فراگیری هر موضوع تعیین گردیدند. بدیهی است در سرفصل‌های بندِ ب و ج علاوه بر رعایت فراگیری دانش پایه علمی متناسب (از قبل یا همزمان)، درک مفهوم اندازه و مقیاس نانو از سوی دانش‌آموزان نیز یک پیش‌نیازهای علمی مهم و پایه محسوب می‌گردد (شکل ۳).



شکل ۳- پیش‌نیازهای لازم برای درک مفاهیم علم و فناوری نانو

سؤال چهارم پژوهش: با توجه به رویکرد انتخاب‌شده در سازمان‌دهی محتوای علم و فناوری نانو، نقاط ورود محتوای علم و فناوری نانو در محتوای دروس شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی کدامند؟

با بررسی برنامه‌های درسی تلفیقی علم و فناوری نانو در کشورهای هدف نکاتی بـه شـرح زیـر برای تعیین نقاط ورود محتوای علم و فناوری، به ترتیب الویت مشخص گردیدند.

≠ درک مفهوم مقیاس نانو در الویت قرار دارد. یعنی قبل از ورود محتوای مربوط بـه مبـانی و مفاهیم علم و فناوری نانو، و کاربرد فناوری نانو، باید مفهوم مقیاس و مقیـاس نـانو از قبـل فراگرفته شده باشد و یا نقطه مناسبی برای ورود ایـن مبحـث قبـل از ارائـه سـایر مباحـث، وجود داشته باشد.

≠ نقطه ورود سرفصل‌هـای محتـوایی در بنـدهای ب و ج در بخـش‌هـایی از محتـوای فعلـی کتاب‌های درسی تعیین می‌گردند که ارتباط مفهومی بین محتوای موجود بـا مفـاهیم علـم و فناوری نانو موجود بوده باشند.

≠ ورود محتوای علم و فناوری نانو در نقاطی پیشنهاد می‌گردد که دانش پایه علمی مورد نیـاز قبلاً توسط دانش‌آموز فراگرفته شده باشد و یا در حال فراگیری آن باشد (تقدم در طول یک رشته و یا عرض رشته‌ها).

بر این اساس، نقاط ورود برای تلفیق محتوای علم و فناوری نـانو بـر اسـاس سرفصـل‌هـای تعیین شـده در محتـوای کتـاب‌هـای شـیمی، فیزیـک و زیسـت‌شناسـی دوره متوسـطه و پـیش دانشگاهی (با رعایت دو اصل، وجود پیش‌نیازهای علمی پایـه و برقـراری ارتباطـات طـولی (در یک رشته) و عرضی (میان سه رشته) میان مفاهیم) پیشنهاد گردیدند (مهربـان، ۱۳۹۱). بـه دلیـل تخصصی بودن محتوا، موارد پیشنهادی تنها با ذکر تعدادِ نقاط ورود در هر سرفصل، در جدول ۱ خلاصه شده‌اند.

جدول ۱- تعداد نقاط ورود برای تلفیق محتوای تعیین شده علم و فناوری در محتوای کتاب‌های درسی شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی.

	شیمی و آزمایشگاه		
	اندازه و مقیاس نانو	مبانی و مفاهیم علم و فناوری نانو	کاربرد فناوری نانو
سال اول	۱	۳۰	۱۷
سال دوم	–	۲۱	۶
سال سوم	–	۸	۷
پیش دانشگاهی	–	۶	۵
	فیزیک و آزمایشگاه		
	اندازه و مقیاس نانو	مبانی و مفاهیم علم و فناوری نانو	کاربرد فناوری نانو
سال اول	۱	۸	۱۳
سال دوم	–	۴	۱
سال سوم	–	ریاضی ۳	ریاضی ۳
		تجربی ۲	تجربی ۱
پیش‌دانشگاهی	–	ریاضی ۶	ریاضی ۱
		تجربی ۱	تجربی ۱
	علوم بهداشت، زیست شناسی و آزمایشگاه		
	اندازه و مقیاس نانو	مبانی و مفاهیم علم و فناوری نانو	کاربرد فناوری نانو
سال اول	۲	۸	۱۲
سال دوم	–	۹	۹
سال سوم	–	۱۱	۱۴
پیش دانشگاهی	–	۷	۱۳

بحث و نتیجه‌گیری

آموزش علم و فناوری نانو نه‌تنها باعث می‌گردد دریچه‌ای جدید از علم و فناوری نوظهوری بر روی دانش‌آموزان گشوده گردد، بلکه موجب می‌گردد که به‌واسطه آشنایی با آن، درک و فهم

دانش‌آموزان از علوم نیز تقویت گردد. با توجه به مطالبات اسناد بالادستی در بخش‌های علمی و فناوری و توجه به موقعیت و رتبه‌ی فعلی کشور ایران در حوزه‌ی فناوری نانو، نقش آموزش و پرورش به‌عنوان اولین نهاد رسمی آموزش‌های علمی و فناوری و در نتیجه ضرورت توجه به علم و فناوری نانو در آموزش‌های قبل از دانشگاه آشکار می‌گردد. یکی از مسائلی که برای مواجهه با ورود علم فناوری نانو در برنامه‌های درسی دانش‌آموزان باید مورد توجه قرار گیرد، یافتن رویکردی مناسب برای ورود علم و فناوری نانو به محتوای برنامه‌های درسی است. در پژوهش حاضر با توجه به بررسی فعالیت‌های انجام شده در کشورهای پیشرو و همچنین مطالعه پژوهش‌های انجام شده در این حوزه، مشخص گردید که رویکرد غالب برای سازمان‌دهی محتوای علم و فناوری نانو رویکرد تلفیقی بوده است. نتایج حاصل از مطالعات فوق بیانگر این مطلب هستند که رویکرد تلفیقی اعمال شده برای سازمان‌دهی محتوای علم و فناوری نانو، در محدوده‌ی رویکردهای چندرشته‌ای (۲ الی ۳ رشته درگیر در فرآیند تلفیق) و یا میان‌رشته‌ای (تمامی یا قسمت اعظم رشته‌های درگیر در فرآیند تلفیق) در نوسان بوده است. از آنجایی‌که علم و فناوری نانو به لحاظ ماهیت و تأثیرات همه‌جانبه بر تمامی شئونات زندگی بشر، ماهیتی بین‌رشته‌ای دارد، لذا محتوای علم و فناوری نانو قابلیت تلفیق در کلیّت برنامه‌های درسی را دارد. ولی به لحاظ مهم‌ترین چالش پیش‌روی نظام آموزشی کشور ایران، یعنی نبود نیروی انسانی متخصص و آشنا با علم و فناوری نانو (دبیران و برنامه‌ریزان) در تمامی حوزه‌ها و رشته‌ها، رویکرد تلفیق چند رشته‌ای در رشته‌های شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی که دبیران آن‌ها طی برنامه‌های ترویجی اجرا شده توسط ستاد توسعه فناوری نانو در کشور، آشنایی اجمالی با علم و فناوری نانو را پیدا نموده‌اند (مهربان، ۱۳۹۲)، به‌عنوان مناسب‌ترین راهکار پیشنهاد می‌گردد. به‌منظور اعمال رویکرد تلفیق چند رشته‌ای، گام بعدی تعیین سرفصل‌های محتوایی علم و فناوری، می‌باشد. با توجه به مطالعه برنامه درسی کشورهای هدف مشخص گردید، مبحث اندازه و مقیاس یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مباحث برای ورود به علم و فناوری می‌باشد، به‌گونه‌ای که بخش اعظمی از آموزش‌ها و فعالیت‌های اختصاص داده شده برای آموزش علم و فناوری نانو مخصوصاً در دوره‌های تحصیلی ابتدایی و راهنمایی به این مهم اختصاص داده شده است[1] و دلیل آن این است که تا زمانی که دانش‌آموز درک مناسبی از اندازه

1. National Nanotechnology Infrastructure Network

و مقیاس، و مقایسه اندازه‌ها نداشته باشد، قادر به درک مقیاس نانومتری که موضوع اصلی علم و فناوری نانو می‌باشد، نخواهد بود. مباحثی که از درجه اهمیت بعدی برخوردار می‌باشند شامل معرفی نانو ساختارها، تهیه و شناسایی نانوساختارها، نانومواد و نانوسامانه‌ها، مباحث اخلاقی و اجتماعی مرتبط با این فناوری و مخصوصاً کاربرد فناوری نانو در موارد مختلف می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در مورد آموزش مباحث علم و فناوری نانو نشان داده است که طرح مباحث کاربرد فناوری نانو در زندگی روزمره یکی از سرفصل‌هایی است که برای دانش‌آموزان از جذابیت بسیار بالایی برخوردار بوده است[1]. مسائل اجتماعی و اخلاقی در فناوری نانو یکی از مباحثی می‌باشند که در محتوای برنامه درسی علم و فناوری نانو در برخی از کشورهای هدف مورد توجه قرار گرفته‌اند[2]. در این پژوهش سرفصل‌های محتوایی، در سه محور کلی اندازه و مقیاس، مبانی و مفاهیم علم و فناوری نانو و کاربرد فناوری نانو خلاصه گردیدند. از آنجایی‌که «تلفیق شیوه‌ای است که در آن بخش‌های وابسته به هم در یک کل بزرگ‌تر مرتبط می‌شوند و یا یک رابطه متوازن با یکدیگر برقرار می‌کنند» (مهرمحمدی،۱۳۷۷)، در نتیجه وجود ارتباط رکن اصلی در فرآیند تلفیق محسوب می‌گردد. بنابراین به‌منظور برقراری این ارتباط، باید بین مفاهیم محتوای ورود یافته و محتوای موجود در متون کتاب‌های درسی ارتباط موجود باشد. در این پژوهش از برقراری این ارتباط، تحت عنوان نقطه ورود یاد شده است. این ارتباط هنگامی معنادار خواهد بود که دانش و مهارت لازم برای فراگیری هر کدام از مباحث و موضوعات قبل از آموزش محتوا، فرا گرفته شده باشد. با در نظر داشتن موارد ذکر شده در بالا، نقاط قابل توجهی برای ورود مباحث علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درس شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی دوره متوسطه تحصیلی و پیش‌دانشگاهی تعیین شدند. نقطه‌ی ورود مبحث اندازه و مقیاس به دلیل زیر بنایی بودن در کتاب‌های درسی شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی پایه اول متوسطه، قبل از ورود به سایر مباحث تعیین گردیدند برای این مبحث، در کتاب شیمی و فیزیک پایه اول متوسطه هر کدام، ۱ نقطه ورود و در کتاب علوم بهداشت پایه اول متوسطه، ۲ نقطه ورود شناسایی شدند. در محتوای کتاب‌های شیمی پایه اول متوسطه تا پیش دانشگاهی، ۶۵ نقطه برای ورود سرفصل مربوط به مبانی و مفاهیم علم و فناوری نانو و ۳۵

1. Nanosense
2. Nanozone تایوان و

نقطه نیز برای ورود کاربردهای فناوری نانو تعیین گردیدند که بخشی از نقاط ورود تعیین شده در سرفصل کاربرد فناوری نانو، به مباحث زیست‌محیطی اختصاص دارد. در محتوای کتاب‌های فیزیک پایه اول متوسطه تا پیش‌دانشگاهی ۲۰ نقطه برای ورود مبانی و مفاهیم علم و فناوری نانو و ۲۴ نقطه برای ورود کاربردهای فناوری نانو شناسایی شدند. در محتوای کتاب‌های علوم بهداشت و زیست‌شناسی پایه دوم تا پیش‌دانشگاهی نیز ۳۵ نقطه برای ورود مبانی و مفاهیم علم و فناوری نانو و ۴۸ نقطه نیز برای ورود کاربردهای فناوری نانو مشخص شدند. نتایج حاصله بیانگر این هستند که محتوای کتاب‌های درسی شیمی پایه اول متوسطه تا پیش‌دانشگاهی، نقاط مناسبی را برای ورود سرفصل مبانی و مفاهیم علم و فناوری در برداشته‌اند و نشان دهنده توانایی بسیار بالای محتوای کتاب‌های شیمی برای طرح این مبحث از علم و فناوری نانو بوده است. همچنین محتوای کتاب‌های درسی زیست‌شناسی نیز نقاط بسیار مناسبی را برای ورود سرفصل کاربردهای فناوری نانو در برداشتند، زیرا شاخه‌های علوم زیستی از حوزه‌هایی هستند که جدیداً در آن‌ها از فناوری نانو بسیار استفاده می‌شود. درمجموع این‌گونه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که از طریق رویکرد تلفیق چند رشته‌ای امکان ورود مباحث اصلی و کلیدی علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی علوم پایه شامل شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی به خوبی امکان‌پذیر بوده و از این طریق بدون ایجاد موضوعی مجزا در مجموعه متراکم رشته‌ها و موضوعات درسی، فرصت مناسبی برای معرفی علم و فناوری نانو به دانش‌آموزان به‌خوبی میسر خواهد شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

احمدی، پروین (۱۳۹۰) طراحی و سازمان‌دهی محتوای برنامه درسی رویکرد بین‌رشته‌ای در برنامه درسی تلفیقی، چاپ اول، تهران، آییژ.

بدریان، عابد (۱۳۸۶) تعیین ضرورت‌ها، اهداف و بررسی حدود و شیوه‌های آموزش فناوری‌های نو در برنامه درسی مدارس، موسسه پژوهشی برنامه‌ریزی درسی و نوآوری‌های آموزشی

پژوهشکده توسعه تکنولوژی (۱۳۸۶)، مطالعات اولیه ایجاد موزه علوم نانو مهندسی، فصل اول جایگاه فناوری نانو در کتب درسی، دانشگاه شریف، ویرایش سوم.

برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۱) شورای عالی آموزش و پرورش.

سند تحول بنیادین آموزش و پرورش (۱۳۹۰) شورای عالی انقلاب فرهنگی، وزارت آموزش و پرورش، شورای عالی آموزش و پرورش.

سند چشم انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۴) مجلس شورای اسلامی.

سند نقشه جامع علمی کشور (۱۳۸۹) شورای عالی انقلاب فرهنگی.

شهسواری خدایاری، ایرج (۱۳۸۷) مطالعه تطبیقی روش‌های آموزش فناوری نانو در ایران و کشورهای پیشرو و ارائه مناسب‌ترین روش آموزش در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده روان شناسی و علوم تربیتی.

علم‌الهدی، جمیله (۱۳۸۴) مبانی نظری تلفیق برنامه درسی بر اساس حکمت متعالیه صدرالمتالهین، مجله علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز، شماره ۳، صص. ۱۵-۱.

مهربان، زهرا (۱۳۹۱) راهنمای ورود مفاهیم علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی دوره متوسطه تحصیلی، پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش.

مهربان، زهرا (۱۳۹۲) بررسی روش‌های آموزش فناوری نانو به دبیران علوم پایه و چگونگی ارزیابی پیشرفت آن‌ها، پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش.

مهرمحمدی، محمود (۱۳۷۸) تلفیق در برنامه درسی، تاریخچه، ضرورت، معیارها و اشکال، مجله پژوهش در مسائل تعلیم و تربیت، صص. ۴۷ ـ ۱۵.

مهر محمدی، محمود، احمدی، پروین (۱۳۸۰) برنامه‌های درسی تلفیقی، رویکردی متفاوت با برنامه‌های درسی موضوع محوری/ دیسیپلینی (شیوه سنتی)، مجله علوم انسانی دانشگاه الزهرا (س)، ۳۹، صص. ۲۱۸-۱۹۹.

Blonder, R., Sakhnini, S. (2012) Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods, Chem. Educ. Res. Pract,13, 500-516

Case, R. (1992), The Anatomy of curricular Integration, Canadian Journal of Education, 16 (2), 215-223.

Drake, S.(1993), planning for Integrated Curriculum, the Call to Adventure, Virginia: Alexandra, ASCD.

Drake,S. Burns. R. (2004), Meeting Standards Through Integrated Curriculum, Virginia: Alexandra, ASCD.

Feather, J. L., Aznar, M. F. (2011) Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources, , CRC Press.

Fogarty, R. (1991), Ten ways to Integrate Curriculum, Educational Leadership, October, 61-65.

Fogarty, R., Pete, B. M. (2009) How to Integrate the Curricula, 3rd edition, Corwin Publisher.

Goss, V., Brandt, S. and, Lieberman, M.(2013) The Analog Atomic Force Microscope: Measuring, Modeling, and Graphing for Middle School, J. Chem. Educ., 90 (3), 358–360

Hopkins, L. T. (1937) Integration, Its Meaning and Application. New York: Appleton-Century.

Hunter, R., & Scheirer, E. (1988). The organic curriculum; Sussex, UK: Falmer Press.

Jacobs, H. H.(1989), Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation, Virginia: Alexandria: ASCD.

Jacobs, H. H.(1991), On Interdisciplinary Curriculum: a Conversation with Heidi Hayes Jacobs (2001) educational Leradership, October, 24-26.

Johnson, S. D.,

& Aragon, S. R. (2003). An instructional strategy framework for online learning environments. New Directions for Adult and Continuing Education, 100, 31-43.

Klabunde, K. (2001) Nanoscales materials in chemistry, New York, John Wiley & Sons.

Martin-Kniep, G. O., Feige, D. M. and Soodak, L. C. (1995) Curriculum integration: An expanded view of an abused idea. Journal of Curriculum and Supervision, 10(3), 227-249.

Nano Statistics (2013), http://www.statnano.com/index.php?ctrl=country&action=country_profile&id=105&lang=2, last visit on 1/26/2014

National Science Education Standards, (1996) National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council, Washington, DC. the National Academies advisers to the Nation on science, and medicine.

Ramakrishna, B. L., Ong, E. W., Garcia, A. A., Pizziconi, V. B., Razdan A., and Glaunsinger, W. S. (2000) Interactive Nano-Visualization of Materials over the Internet, J. Chem. Educ., 77 (9), 1114 -1115

Roco, M. C. and Bainbridge, W.S. (2003), Converging Technologies for Improving Human Performance, Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science, Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

Royal Society Policy document (2004) Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties, UK, London, Latimer Trend Ltd, Plymouth.

Schubert, W. H. (1986). Curriculum: Perspective, paradigm, and possibility. New York, Macmillan.

Standards for Technological Literacy (2007) Virginia, International Technology Education Association.

Vars, G. F. (1991), Integrated Curriculum in Historical perspective, Educational Leadership, 49(2), 14, 15.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی