فصلنامه مطالعات برنامه درسی ایران
سال یازدهم، شماره ۴۴، بهار ۱۳۹۶، ۱۴۰ – ۱۰۹

Journal of Curriculum Studies (J.C.S.)
Vol.11 (44); 2017, 109-140

تعیین شایستگی‌های پایه مورد انتظار از دانش‌آموزان پایه هشتم در علوم تجربی و مقایسه آن‌ها با تأکیدات برنامه درسی علوم ایران

Specification of Key Competencies for Eight Graders in Science: Conformity with of Science Curriculum Requirements in Iran

تاریخ دریافت مقاله: ۲۰ /۱۳۹۵/۱۰؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۲ /۱۳۹۶/۰۳

دکتر مسعود کبیری[۱]

دکتر محمود قاضی طباطبایی[۲]

دکتر عباس بازرگان[۳]

چکیده: ترسیم دستاوردهای یادگیری اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی برای آموزش علوم دارد. این مقاله به تعیین شایستگی‌های مورد انتظار از دانش‌آموزان در آموزش علوم می‌پردازد. بدین منظور با انجام یک مطالعه مروری منظم روی سه دسته منابع مربوط به نهادهای بین‌المللی در آموزش علوم، برنامه‌های درسی علوم و سنجش‌های کلان مقیاس، ۲۲ شایستگی استخراج شده و در قالب پنج گروهِ شایستگی‌های دانشی و کاربردی، مفاهیم سطح بالا، کار با مدل‌ها و نمودارها، کاوشگری علمی و نگرش دانش‌آموزان دسته‌بندی و سپس با تأکیدات برنامه درسی علوم ایران مقایسه شدند. نتایج نشان داد که اگر چه برخی از شایستگی‌ها مورد تأکید برنامه درسی علوم ایران قرار گرفته است ولی یازده شایستگیِ استفاده از علوم، دانش به‌کارگیری ابزار علمی و انجام عملیات ریاضی در شایستگی‌های دانشی و کاربردی، تلفیق دانش، تبیین علمی پدیده‌های طبیعی و نقد دیگران در شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا، استفاده از مدل‌ها در شایستگی‌های کار با مدل‌ها و نمودارها، ارزشیابی شواهد و استدلال علمی در شایستگی‌های کاوشگری علمی و حمایت از کاوشگری به‌همراه دیدگاه تردیدآمیز به علم در شایستگی‌های نگرشی مورد تأکید برنامه درسی علوم ایران قرار نگرفته بود. لذا پیشنهاد می‌شود در تغییر برنامه درسی علوم به این شایستگی‌ها توجه خاص گردد.

کلیدواژه‌ها: علوم تجربی، آموزش علوم، شایستگی‌های دانش‌آموزان، برنامه درسی علوم تجربی.

M. Kabiri (Ph.D)

M. Ghazi-Tabatabaei (Ph.D)

A. Bazargan(Ph.D)

Abstract: This study focuses on the specification of learning outcomes in science education that is considered as a crucial phase in curriculum development. To achieve aim, a systematic review was conducted on three categories of references; including international agencies on science education, science curricula, and large-scale assessment on science; and 22 competencies were extracted. The extracted competencies were categorized into 5 groups: knowledge and applied, higher order thinking, using models and charts, scientific inquiry and attitude competencies. In the next step, these groups were reviewed according to the emphases in science curriculum of Iran. The results showed that although several competencies under study were highlighted in science curriculum of Iran, 11 competencies were not. These competencies included using of science in real world, knowing of application of scientific instruments, and doing mathematics operations, in knowledge and applied competencies; integrating of knowledge, scientific explaining of natural phenomena, and criticizing of methods and performance of others, in higher-order thinking competencies; using of models, in using models and charts competencies; evaluating evidence and scientific reasoning, in scientific inquiry competencies; and supporting of inquiry and viewing skepticism of science in attitude competencies. According to the obtained results, the authors are recommended to attend to theses competencies throughout the process of improving the science curriculum.

Keywords: Science, Science education, Competencies of students, science curriculum.

۱. عضو هیأت علمی پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش وابسته به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

maskabiri@yahoo.com

۲. استاد دانشگاه تهران

۳. استاد دانشگاه تهران

مقدمه

آشنایی با علوم تجربی در دنیایی که با محصولات علمی و فن‌آوری انباشته شده ضروری است. درس علوم تجربی فرصتی را در اختیار کودکان برای آشنایی با علوم گذاشته و به آنان کمک می‌کند تا از دنیای اطراف خود شناخت بیشتری بدست آورند. در آموزش و پرورش همواره به آموزش علوم تجربی در کنار سایر موضوعات دیگر توجه شده است. حداقل دو دلیل را می‌توان در مورد تأکید به فراگیری علوم تجربی برشمرد. اول، توجه علوم تجربی به راه و روش یادگیری علاوه بر آشنایی با عقاید و اندیشه‌ها و دوم، تأثیر آن بر گرایش فکری مربوط به موضوعات علمی (هارلن، آزوبرن، گیست، جری و سیمینگتون، ۱۹۹۰، ترجمه رستگار و دانشفر، ۱۳۷۴).

سئوال مطرح برای بسیاری از متخصصان آموزش علوم تجربی و برنامه درسی آن است که دانش‌آموزان (به عنوان شهروندان آینده) لازم است در حوزه علوم طبیعی چه دانشی داشته باشند، قادر به انجام چه اعمالی باشند و چه نگرش یا چه احساسی نسبت به علوم داشته باشند؟ پاسخ به این سئوال، مبنایی برای آموزش و سنجش دانش‌آموزان بر اساس دانش، توانایی‌ها و ارزش‌های امروز آنان در رابطه با آن چه که در آینده به آن نیاز خواهند داشت، فراهم می‌آورد. در موضوع توجه به شایستگی‌های مورد انتظار از دانش‌آموزان رویکردهای متفاوتی وجود دارد. گوردون (۲۰۰۹ به نقل از پپر[1]، ۲۰۱۱) بر مبنای مطالعه برنامه درسی ۲۷ کشور عضو کمیسیون اروپا دیدگاه‌های متفاوتی را برای شایستگی‌های کلیدی[2] نشان داد. دیدگاه اول به شایستگی‌های کلیدی در همه برنامه‌ها اشاره داشت. این دیدگاه بین برنامه‌ای[3] نامیده شده است (سکین[4] و گوزوتوک[5]، ۲۰۱۰). دیدگاه بعدی به مهارت‌های کلیدی از طریق تمرکز روی موضوعات اشاره داشته و در دیدگاه آخر دانش (به جای شایستگی‌ها) مورد توجه قرار گرفته است. به منظور بحث در مورد شایستگی‌های پایهٔ علوم تجربی تلاش می‌شود

1. Pepper
2. Key Competencies
3. Cross Curriculum
4. Seckin
5. Gozutok

مواردی که در بیشتر منابع به آن اشاره شده است، تشریح و در ذیلِ دسته‌بندی کلی مطرح گردند.

این مقاله به منظور پاسخگویی به این سئوال مطرح شده است که چه دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌هایی (به طور کلی شایستگی‌هایی) از دانش‌آموزان (پایه هشتم تحصیلی به عنوان پایه هدف به لحاظ تکمیل تعلیمات عمومی در اکثر نظام‌های آموزشی دنیا) انتظار می‌رود. به عبارت دیگر، هدف این مطالعه پاسخ به این سئوال کلی است که باید چه دستاوردهای یادگیری در آموزش علوم تحقق یابد؟ برای پاسخ به این سوال سه دسته منابع شامل اسناد مربوط به نهادهای مرجع در آموزش علوم در سطح بین‌المللی، برنامه‌های درسی علوم تجربی و تجربه‌های موجود در سنجش‌های کلان مقیاس[1] در حوزه علوم تجربی به‌طور منظم مرور و شایستگی‌های مورد تأکید در آن بررسی شدند. در دسته اول اسناد انجمن آمریکایی پیشبرد علوم[2]، شورای ملی پژوهش آمریکا[3]، آکادمی ملی علوم آمریکا[4] و انجمن آموزش علوم انگلیس[5]؛ در دسته دوم (برنامه‌های درسی علوم تجربی)، برنامه‌های درسی انگلیس و ایران و در مطالعات کلان مقیاس اسناد مطالعات برنامه بین‌المللی سنجش دانش‌آموزان (پیزا[6]) ، مطالعه مطالعه بین‌المللی روند علوم و ریاضی (تیمز[7]) ، سنجش ملی پیشرفت آموزشی (نیپ[8]) و برنامه شاخص‌های پیشرفت دانش‌آموزان (سایپ[9]) مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس تأکیدات برنامه‌های فوق، ۲۲ شایستگی در قالب پنج گروه شایستگی‌های دانشی و کاربردی، شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا، شایستگی‌های کار با مدل‌ها و نمودارها، شایستگی‌های کاوشگری علمی و شایستگی نگرشی دانش‌آموزان استخراج و در هر دسته با تأکیدات برنامه درسی علوم تجربی ایران مقایسه شد.

1. Large Scale Assessments
2. American Association For The Advancement Of Science (AAAS)
3. National Research Council (NRC)
4. National Academy Of Sciences (PNAS)
5. National Science Education (NSE)
6. Programme For International Student Assessment (PISA)
7. Trends In International Mathematics And Science Study (TIMSS)
8. National Assessment Of Educational Progress (NAEP)
9. Student Achievement Indicators Program (SAIP)

بنابراین، خصیصه به مجموعه دانش‌ها، نگرش‌ها و مهارت‌هایی اشاره دارد که به طور نسبتاً پایداری از طریق آموزش و تجربه به دست آمده است. علاوه بر این، در سند تحول بنیادی آموزش و پرورش، شایستگی‌های پایه به عنوان مجموعه‌ای ترکیبی از صفات و توانمندی‌های فردی و جمعی است که کسب آن‌ها توسط دانش‌آموزان لازم است (شورای عالی آموزش و پرورش، ۱۳۹۰).

الف) شایستگی‌های دانشی و کاربردی علوم تجربی

معمولاً آگاهی از دانش پایه و کاربردی کردن آن‌ها از جمله مواردی است که در هر یک از حوزه‌ها جزء اولین گروه شایستگی‌ها قرار داده می‌شوند. در این حوزه از دانش‌آموزان انتظار می‌رود که دانش پایه را در حوزه مورد مطالعه کسب کرده باشند؛ لذا در بخش معرفی شایستگی‌ها این دسته قبل از سایر شایستگی‌ها ارائه می‌شوند. در این دسته شایستگی‌ها کسب دانش و درک مفاهیم اصلی علوم، استفاده از علوم در دنیای طبیعی، سواد علمی، دانش به کارگیری ابزار علمی و انجام عملیات ریاضی مطرح می‌شوند.

کسب دانش و درک مفاهیم اصلی علوم

به طور سنتی تأکید آموزش علوم بر کسب دانش‌های اساسی و درک مفاهیم اصلی بوده است و لذا در بیشتر برنامه‌های درسی و چارچوب‌های آموزش علوم گنجانده شده است. بررسی برنامه‌های درسی نشان داد که این شایستگی در برنامه‌های درسی انگلیس (راتکلیف[1]، ۱۹۹۸)، ایران (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۸۶)، ژاپن، آمریکا و استرالیا (جعفری هرندی، میرشاه جعفری و لیاقت‌دار، ۱۳۸۸) مورد تأکید قرار گرفته است. آکادمی ملی علوم آمریکا نیز با عنوان درک طبیعت و توسعه دانش علمی به این موضوع اشاره کرده است (براون[2]، کولی[3]، جیا[4] و تراپانی[5]، ۲۰۰۹).

1. Ratcliffe
2. Braun
3. Coley
4. Jia
5. Trapani

در موضوع کسب دانش و درک مفاهیم اصلی علوم مجموعه‌ای از اطلاعات و یافته‌های منظم همچون حقایق، مفاهیم، اصول و قواعد، نظریه‌ها و مفاهیم کلی قرار دارد. آن‌چه که برای برنامه‌ریزی درسی اهمیت دارد آگاهی از مناسب‌ترین دانش برای دانش‌آموزان است. دانش حاصل شده در این شایستگی، دانش اظهاری[1] یا به عبارت دیگر «دانش این که» است (لیتون[2] و گیرل[3]، ۲۰۱۱). این دانش، اطلاعاتی که دانش‌آموزان باید بدانند و دلایلی که باید همراه با حقایق، مفاهیم و اصول اصلی دانسته شود، و آن چه که قادر به یادآوری، تعریف، نمایش، استفاده و مرتبط کردن این اصول به طور مناسب باشد را شامل می‌شود (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا[4]، ۲۰۱۰).

با وجود درنظر گرفته شدن به عنوان یک شایستگی، تفاوت‌هایی بین دانش و درک مفاهیم اصلی وجود دارد. دانش علمی به حقایق، مفاهیم، اصول، قوانین، نظریات و مدل‌ها اشاره دارد، در حالی که درک علوم به ساختار پیچیدهٔ انواع زیادی از دانش، شامل ایده‌های علوم، روابط بین پدیده‌ها، دلایل این روابط، روش‌هایی برای استفاده از ایده‌ها جهت تبیین و پیش‌بینی سایر پدیده‌های طبیعی و روش‌هایی برای به کار بردن آن‌ها در حوادث دیگر توجه می‌نمایند (شورای ملی پژوهش آمریکا، ۱۹۹۶). به عبارت دیگر، در آموزش علوم درک علمی حالت پیچیده‌تری نسبت به دانش داشته و شامل توانایی برای استفاده از دانش نیز می‌شود. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی (۱۳۹۰) این شایستگی را به سه بخش فهم اطلاعات ساده، درک اطلاعات پیچیده و به کار بستن اطلاعات برای ساختن نظریه و حل مسئله تقسیم نموده است.

بررسی اسناد پشتیبان سنجش عملکرد دانش‌آموزان در علوم نشان داد که کسب دانش و درک مفاهیم اصلی علوم از تأکید خاصی برخوردار است. به طور مثال، در مطالعه پیزا به جنبه‌های شناختی شامل دانش فراگیران و ظرفیت آن‌ها برای استفاده از دانش به طور مؤثر تأکید شده است (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[5]، ۲۰۰۹). در مطالعه نیپ نیز به توانایی

1. Declarative Knowledge
2. Leighton
3. Gierl
4. National Assessment Governing Board
5. Organisation For Economic Co-Operation And Development (OECD)

دانش‌آموزان در درک، یادآوری، توصیف، مرتبط کردن، و نشان دادن اصول علمی در علوم فیزیکی، زیستی، فضایی و زمین شناسی توجه شده است. بدین منظور، توانایی دانش‌آموزان در توصیف، اندازه‌گیری یا طبقه‌بندی مشاهدات؛ نشان دادن یا بازشناسی اصول گنجانده شده در جملات محتوایی، مرتبط کردن جملات محتوایی و نمایش‌های مختلف دانش علوم سنجیده می‌شود. در مطالعه نیپ دانش علوم برای استدلال در مورد دنیای طبیعی و بهبود بخشیدن به کیفیت تفکر و فعالیت علمی نیز مورد استفاده قرار گرفته است (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰). در مطالعه تیمز نیز یادآوری، بازشناسی، تعریف یا تعیین اطلاعات علمی و توصیف آن‌ها به عنوان جلوه‌هایی از این شایستگی تعریف شده است (مولیس[1] و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه ملیِ طولی آموزش (نلز:۸۸)[2] دانش محتوای شیمی به عنوان یکی از عامل‌های اصلی در موفقیت دانش‌آموزان پایه هشتم برشمرده شده است (لیتون، گوکیرت[3] و سویی[4]، ۲۰۰۷) و در نهایت مطالعه سایپ حوزه‌های محتوایی را به صورت دانش و مفاهیم زیست شناسی، شیمی، علوم زمین و فیزیکی تعریف کرده است (لیتون، گوکیرت و سویی، ۲۰۰۷).

استفاده از علوم در دنیای طبیعی

دومین شایستگی از دسته شایستگی‌های دانشی، به کارگیری علوم در موقعیت‌های پیش آمده در دنیای پیرامونی است. بررسی اسناد آموزش علوم نشان داد به‌کارگیری آموخته‌ها در موقعیت‌های جدید مورد توجه بسیاری از مؤسسات آموزش علوم است. شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) تمایل و توانایی برای استفاده از علوم در تصمیم‌گیری‌های شخصی را به عنوان یکی از پیامدهای آموزش علوم بر شمرده است. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (۲۰۰۹) ظرفیت استفاده از دانش را به عنوان یکی از ویژگی‌های سنجش بر شمرده است. در مطالعه نیپ در بحث استفاده از اصول علمی به این نکته تأکید شده است. همچنین به کار بردن دانش و مهارت‌های محتوایی برای حل مسائلی که در دنیای طبیعی اتفاق می‌افتد به عنوان یکی از

1. Mullis
2. National Education Longitudinal Study (NELS: 88)
3. Gokiert
4. Cui

توانایی‌های مورد انتظار دانش‌آموزان معرفی شده است (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰). در مطالعه سایپ نیز یکی از مؤلفه‌های اصلی در سنجش دانش‌آموزان، علوم روزمره است که به استفاده از دانش در موقعیت‌هایی مثل نجوم، زیست شناسی و غیره اشاره دارد (لیتون، گوکیرت و سویی، ۲۰۰۷).

دانش علمی برای استفاده از دنیای طبیعی مفید است، لذا دانش‌آموزان باید از دانش علمی در تصمیم‌گیری‌های زندگی اجتماعی استفاده کرده و مشکلات خود را حل نمایند. بنابراین، درنظر گرفتن استفاده از علوم در دنیای طبیعی به عنوان شایستگی مورد انتظار دانش‌آموزان اجتناب ناپذیر است. استفاده از علوم با دانش راهبردی یا دانش زمان و مکان استفاده مرتبط است (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰). دانش راهبردی به عنوان انتقال دانش فعلی به موقعیت‌های جدید، شامل دانستن زمان و مکان، استفاده از دانش علمی در موقعیت‌های جدید تعریف می‌شود. این دانش انتظاراتی درباره دانش و به کار بردن آن در موقعیت‌های واقعی دیگر را مطرح می‌کند.

سواد علمی

سواد علمی در متون مختلف با عناوین متفاوتی به کار رفته است. مرور منابع اصطلاحاتی مثل سواد علمی (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۰۹)، جهان بینی علمی (انجمن آمریکایی پیشبرد علوم، ۱۹۹۳)، ماهیت علوم (شورای ملی پژوهش، ۱۹۹۶؛ چامپاگن، کوبا و هارلی، ۲۰۰۰)، تفکر علمی (لیتون و گیرل، ۲۰۱۱) و سواد علمی فن‌آورانه (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۹۰) را برای این مفهوم نشان داده است. در این نوشته از اصطلاح سواد علمی استفاده شده است.

انجمن آمریکایی پیشبرد علوم (۱۹۹۳) با معرفی جهان‌بینی علمی به عنوان یکی از شایستگی‌های مربوط به مؤلفه‌های ماهیت علم، اهمیت سواد علمی را برجسته کرده و حتی مجموعه‌ای از عملکردهای خاص دانش‌آموزان پایه پنجم تا هشتم را در این زمینه مشخص نموده است که برخی از موارد آن شامل انتظار برای تکرار آزمایش، پذیرفتن برخی دانش‌های قدیمی و اطلاع از عدم امکان بررسی برخی از موضوعات با روش علمی بودند. شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) درک از ماهیت علم را به عنوان یکی از استانداردهای «علوم به عنوان

کاوشگری» معرفی کرده است. ماهیت علوم در مطالعه سایپ نیز برجسته شده است (لیتون، گوکیرت و سویی، ۲۰۰۷). برای بحث دقیق‌تر در مورد مفهوم سواد علمی ابتدا مفاهیم آن ارائه شده و سپس مؤلفه‌های آن بیان می‌شود.

در کلی‌ترین سطح مفهوم سواد علمی از دانش‌آموزان انتظار می‌رود که بتوانند ادعاهای علمی را از غیر علمی تشخیص دهند. به عبارت دیگر، دانش‌آموزان باید انواع سئوالات قابل پاسخگویی توسط دانشمندان را از بقیه سئوالات متمایز سازند. زیمرمن (۲۰۰۵، به نقل از لیتون و گیرل، ۲۰۱۱: ۱۱۸) تفکر علمی را به عنوان «کاربرد روش‌ها یا اصول کاوشگری علمی در استدلال یا موقعیت‌های حل مسئله و [شامل] مهارت‌های لازم در تولید، آزمودن و تجدید نظر در نظریات و مهارت‌های کاملاً توسعه یافته برای [انعکاس در] فرایند کسب دانش و تغییر» تعریف نمود. علاوه بر این، تفکر علمی به عنوان «فرایندهای روانی مورد استفاده در هنگام استدلال درباره محتوای علوم (مثل نیرو در فیزیک) یا انواع خاصی از استدلال که در علوم به طور فراوانی مورد استفاده قرار می‌گیرند»، تعریف شده است (دونبار و فاگل‌سانگ، ۲۰۰۵، به نقل از لیتون وگیرل، ۲۰۱۱: ۱۱۸). در این تعریف سواد علمی به عنوان کاربرد دانش در زندگی روزمره و استدلال است. با این وجود، می‌توان از طریق شناسایی مؤلفه‌های سواد علمی ادراک بهتری در مورد آن به دست آورد. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (۲۰۰۹) سواد علمی را به عنوان شایستگی‌های علمی تعبیر کرده که به زعم خود از دانش و مهارت مهم‌تر بوده و ظرفیت برای تجهیز منابع شناختی و غیر شناختی در هر یک از بافت‌های خاص را شامل می‌شود. بدین منظور مواردی شبیه دانش علمی، درک از جنبه‌های علمی، آگاهی از چگونگی شکل‌دهی علوم و فن‌آوری به محیط عادی و فرهنگی و در نهایت امیدواری به درگیری در موضوعات وابسته به علم به عنوان مصادیق سواد علمی شناخته شده‌اند. راتکلیف (۱۹۹۸) دانش و درک برخی مفاهیم علوم، درک فعالیت‌های علمی و درک فرایندهای ضروری در اجرا و استدلال علمی را به عنوان پایه‌های سواد علمی برشمرد. در برنامه درسی علوم تجربی ایران ترکیب دانش، نگرش و مهارت به طور یکپارچه به عنوان ویژگی سواد علمی- فن‌آورانه نام برده و نیاز همگانی، تفاوت برای افراد مختلف، در حال تغییر بودن و عدم ارتباط با یک برهه خاص از زندگی را به عنوان مشخصه‌های عام سواد علمی- فن‌آورانه مشخص نموده است

(دفتر برنامه‌ریزی تألیف و کتب درسی، ۱۳۹۰). همچنین دو مؤلفهٔ دانش و جریان علمی (یا فرایند علم تجربی) به عنوان مؤلفه‌های ماهیت علم تجربی معرفی شده که مؤلفهٔ جریان علمی به دو جزء روش و نگرش علمی قابل تفکیک است (ظاهری ۱۳۸۹، به نقل از فتحی آذر، ۱۳۷۷). با این وجود، به طور کلی می‌توان سواد علمی را به دانش و درک مفاهیم علمی و فرایندهای لازم برای تصمیم‌گیری، مشارکت در امور فرهنگی، شهروندی و تولیدات اقتصادی در نظر گرفت که دانش‌آموزان می‌توانند بپرسند، درک کنند و پاسخ‌هایی را به کنجکاوی‌های خود بدهند.

دانش به کارگیری ابزار علمی

استفاده از ابزارها و تکنیک‌های مناسب برای گردآوری، تحلیل و تفسیر داده‌ها یکی از توانایی‌های اساسی معرفی شده توسط شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) برای پایه‌های پنجم تا هشتم است. در استانداردهای بیان شده در این شایستگی، استفاده از رایانه‌ها برای گردآوری، خلاصه کردن و نمایش نیز دیده می‌شود. چنین تأکیدی در متون دیگر نیز وجود دارد (چامپاگن[1]، کوبا[2] و هارلی[3]، ۲۰۰۰).

در مطالعه نیپ انتظار به‌کارگیری مفاهیم و اصول علمی در بحث استفاده از اصول علمی مطرح شده است. به عنوان مصداق، دانش‌آموزان باید از رویه‌های ساده (روتین) و پیچیده آگاهی داشته و همچنین اندازه‌گیری‌ها را با استفاده از ابزارهای مناسب انجام دهند (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰). در مطالعه سایپ نیز دانش به کارگیری ابزار علمی به معنای بازشناسی زمان استفاده از یک رویه و یا فرض کردن رویه‌هایی برای حل مسائل ویژه در کنار دانش مفهومی و استفاده مورد توجه قرار گرفته است (لیتون، گوکیرت و سویی، ۲۰۰۷). در مطالعه تیمز، نشان دادن دانش ابزارهای علمی به عنوان یکی از زیر حیطه‌های دانش معرفی شده که شامل نشان دادن چگونگی کاربرد ابزار، وسایل اندازه‌گیری و مقیاس‌های علمی است (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹).

1. Champagne
2. Kouba
3. Hurley

انجام عملیات ریاضی

شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) بر استفاده از ریاضی در همه جنبه‌های کاوشگری علمی به عنوان یکی از توانایی‌های اساسی کاوشگری علمی در همین راستا تأکید داشت. ریاضیات برای سازمان‌دهی و ارائه داده‌ها و برای ساختار دادن به تبیین‌های در دسترس مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، در فعالیت ادراکات بنیادی در مورد کاوشگری علمی نیز اهمیت ریاضی در همه جنبه‌های کاوشگری علمی برجسته شده است. همچنین، تحلیل عاملی سئوالات مطالعه سایپ مؤلفه‌ای با عنوان علوم کمّی را نشان داد که سئوالات آن مستلزم انجام عملیات ریاضی شبیه محاسبه جرم و تفسیر نمودارها، محاسبه چگالی یا متوازن کردن معادلات شیمی و به‌کار بردن استدلال ریاضی در محتوایی مثل شیمی بودند (لیتون، گوکیرت و سویی، ۲۰۰۷). مطالعه نیپ استدلال کمّی را به عنوان محاسبه (مثل تعیین چگالی برای یک جرم و ابعاد معین) و مدل‌سازی یک سیستم (مثل تعیین انرژی منتشر شده در یک واکنش شیمیایی) بیان کرد (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰).

ب) شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا در علوم تجربی

علاوه بر شایستگی‌های دانشی و کاربردی در علوم تجربی، مجموعه شایستگی‌های دیگری وجود دارند که با عنوان شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا در علوم تجربی شناخته می‌شوند. وجه تمایز این شایستگی‌ها با گروه قبلی در این است که در این شایستگی‌ها مهارت‌های پیچیده‌تری از لحاظ شناختی از دانش‌آموزان انتظار می‌رود و بنابراین به عنوان شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا نام‌گذاری شده‌اند. در این گروه چهار شایستگیِ تلفیق دانش؛ تبیین پدیده‌های طبیعی به طور علمی؛ پیش‌بینی؛ و نقد منطق، روش و علمکرد دیگران ارائه می‌گردد.

تلفیق دانش[1]

در برنامه‌های درسی علوم تجربی فهرستی از ایده‌ها و دانش‌ها در موضوعاتی مثل فیزیک و شیمی وجود دارند. برای ایجاد ارتباط بین مباحث و شکل دادن آن‌ها درک متجانس‌تری از علوم نیاز است که این کار با استفاده از مهارت تلفیق دانش انجام می‌پذیرد. یکپارچه کردن

1. Knowledge Integration

مفاهیم و فرایندهای آموخته شده در علوم یکی از هشت محور استانداردهای محتوای درسی در آمریکا به شمار می‌رود (شورای ملی پژوهش آمریکا، ۱۹۹۶؛ لیتون و گیرل، ۲۰۱۱). در مطالعه تیمز نیز بر تلفیق دانش تأکید شده و یکی از زیرحیطه‌های استدلال با عنوان تلفیق یا ترکیب به این شایستگی اختصاص داده شده است که در آن فراهم کردن راه حل برای مسائل نیازمند عوامل متفاوت یا رویکردهای مرتبط، ارتباط دادن مفاهیم در حوزه‌های متفاوت علوم، درک از مفاهیم و موضوعات یکپارچه شده و تلفیق مفاهیم یا روش‌های ریاضی در حل مسائل علوم مورد توجه قرار گرفت (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹).

از آن‌جا که درک عمیق علوم مستلزم آشنایی گسترده‌ای با مباحث است، تلفیق دانش بر انسجام[1] ایده‌های علمی به منظور درک عمیق علوم اشاره می‌کند. در تلفیق دانش، دانش‌آموزان شواهدی برای مرتبط کردن ایده‌ها در توضیح پدیده‌های علمی یا حل مسائل علمی ارائه می‌کنند. لذا تلفیق دانش به عنوان «توانایی برای تولید ایده‌های هنجاری[2] و استفاده از نظریات مرتبط یا شواهد تجربی برای مرتبط کردن ایده‌ها در توضیح پدیده‌های علمی یا توجیه ادعایی درباره مسائل علمی» (لی[3]، لیو[4] و لین[5]، ۲۰۱۱، ۱۱۶) تعریف شده است.

تبیین پدیده‌های طبیعی به طور علمی

تبیین پدیده‌ها به طور علمی هم در کاوشگری علمی و هم در شایستگی‌های عمومی علوم قابل طرح است. تبیین پدیده‌ها به این دلیل قابل در نظر گرفته شدن در بافت کاوشگری علمی است که یکی از مراحل کاوشگری علمی، تبیین پدیده‌ها بر اساس مشاهدات و اطلاعات گردآوری شده است. از طرف دیگر، انتظار می‌رود هر پدیده در طبیعت غیر از بافت کاوشگری از طریق آموخته‌های قبلی نیز تبیین شود.

تبیین پدیده‌های طبیعی به طور علمی یکی از سه شایستگی مطالعه پیزا به شمار می‌رود و شامل به کار بردن دانش علمی در موقعیت‌های معین؛ توصیف یا تفسیر پدیده‌ها به طور علمی؛ و پیش‌بینی تغییرات، تعیین توصیفات، تبیین‌ها و پیش‌بینی‌های مناسب می‌باشد. علاوه بر این،

1. Coherence
2. Normative Ideas
3. Lee
4. Liu
5. Linn

پیامدهایی همانند ایجاد دانش، روش‌ها، فن‌آوری و سئوالات جدید و همچنین فرضیه، نظریه، مدل و قانون را در بر می‌گیرد (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۰۹). در مطالعه تیمز هم در بحث کاوشگری علمی و هم در حیطه‌های شناختی به شایستگی تبیین پدیده‌های طبیعی به طور علمی پرداخته شده است. تبیین پدیده‌ها یکی از خصوصیات اصلی فرایند کاوشگری است و تحت عنوان نتیجه‌گیری و ارائه تبیین‌ها[1] مطرح شده است. بر همین اساس در مطالعه تیمز از دانش‌آموزان انتظار می‌رود تبیین‌هایی را بر حسب روابط علت و معلولی بین متغیرها و در پرتو کاوشگری علمی ارائه کنند. در این سطح، دانش‌آموزان تبیین‌های جایگزینی را ارائه کرده و نتیجه‌گیری‌های خود را در موقعیت‌های جدید به کار بسته یا گسترش می‌دهند. علاوه بر این، در زیرحیطه‌های حیطه شناختیِ کاربرد، تبیین پدیده‌ها به صورت فراهم کردن یا ارائه تبیینی برای مشاهده یا پدیده‌های طبیعی، نشان دادن درک از مفهوم، اصول، قانون یا نظریه اصلی علوم در نظر گرفته شده است (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه نیپ تبیین به همراه پیش‌بینی در بحث دانش الگووار[2] ارائه شده و تبیین‌هایی برای چگونگی و چرایی ادعاهای علمی مطرح گردید (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰).

پیش‌بینی

هرچند در بسیاری از متون، پیش‌بینی با تبیین عجین شده است ولی به لحاظ ماهیت می‌توان آن‌را به طور جداگانه مطرح نمود. در این شایستگی دانش‌آموزان مواردی که ممکن است اتفاق افتد را تعمیم می‌دهند. بدون تردید پیش‌بینی در مورد تغییرات در پرتو شواهد موجود و درک علمی انجام خواهد شد. شاخص‌های پیش‌بینی عبارتند از: استفاده از دلایل و شواهد قبلی یا تجربه حاضر در بیان آن چه ممکن است رخ دهد، توضیح بر اساس شواهد حاضر یا تجربه قبلی در مورد این که چه پیش خواهد آمد، رعایت احتیاط در نظر دادن بر اساس الگوی مورد استفاده در خارج از گسترهٔ دلایل و شواهد، و تمییز پیش‌بینی از حدس (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۸۶).

1. Drawing Conclusions And Developing Explanation
2. Schematic Knowledge

نقد منطق، روش و علمکرد دیگران

یادگیری علوم همانند بسیاری از موضوعات دیگر به صورت مشارکتی انجام می‌پذیرد. از جمله فعالیت‌هایی که در حین مشارکت انجام می‌پذیرد، گوش دادن به تبیین‌ها، نظرات و منطق همتایان و نقد نتیجه، روش یا منطق آنان است. لذا اولین مهارت مورد انتظار در این شایستگی، توانایی شنیدن تبیین‌های ارائه شده توسط سایر دانش‌آموزان می‌باشد. در این شایستگی لازم است به ایده‌ها و تبیین‌های متفاوت ارج نهاده شده، تردیدهای دیگران پذیرفته شده و تبیین‌های جایگزین در نظر گرفته شود. نتیجه این عمل ارزشیابی، حذف یا تجدید نظر بالقوه در تبیین‌های مطرح شده است (شورای ملی پژوهش آمریکا، ۱۹۹۶). ارائه نظر و نقد کار، سئوال و گزارش سایر دانش‌آموزان از جمله توانایی‌ها و محصولات مورد انتظار در هر چهار مرحلهٔ پیشنهادی کاوشگری علمی چامپاگن، کوبا و هارلی (۲۰۰۰) قرار داشت.

ج) شایستگی‌های کار با مدل‌ها و نمودارها در علوم تجربی

از جمله انتظارات از دانش‌آموزان کار با مدل‌ها و نمودارها در حوزه‌های وابسته به علوم است. در این دسته شایستگی‌ها استفاده از مدل‌ها و نمایش داده‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند.

استفاده از مدل‌ها

استفاده از مدل‌ها یا نمودارها برای نشان دادن درک از مفهوم، ساختار، روابط، فرایند علمی، چرخه یا سیستم زیست شناسی یا فیزیکی از جمله شایستگی‌های مورد انتظار دانش‌آموزان در درس علوم است. این مهارت یا با همین عنوان مورد توجه قرار گرفته (همانند مطالعه تیمز در یکی از زیر حیطه‌های به کار بستن) یا در گسترهٔ وسیع‌تری برای تحلیل مطابقت داده‌ها با الگوی از پیش مشخص شده (وایت[1] و فردریکس[2]، ۲۰۰۰) و یا توصیف و انجام علوم (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۱) مورد اشاره قرار گرفته است.

نمایش داده‌ها

در مطالعات سنجش پیشرفت تحصیلی در زمینه علوم، به نمایش داده‌ها اهمیت خاصی داده شده است. در مطالعه تیمز نمایش داده‌ها در بافت کاوشگری علمی مورد اشاره قرار گرفت.

1. White
2. Frederiksen

علاوه بر این، در زیر حیطه‌های حیطه شناختی به کار بستن، یافتن اطلاعات[1] برجسته شده که در آن تفسیر اطلاعات مرتبط با متن، جدول یا تصویر در پرتوی مفهوم یا اصول مد نظر قرار گرفت (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه نیپ توصیف روابط بین نمایش‌های مختلف (کلامی، نمادی و نموداری) و الگوی داده‌ها (جداول، معادلات و نمودارها) یکی از انتظارات عملکردی بود (شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰). در چارچوب سنجش مطالعه پیزا نیز دانش‌آموزان باید شواهد و تصمیمات خود را برای مخاطبان از طریق کلمات، نمودارها و دیگر نمایش‌ها به طور مناسب بیان می‌کردند (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۰۹).

جدای از سنجش‌های پیشرفت تحصیلی، شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) اعلام کرد دانش‌آموزان در مدارس راهنمایی باید گزارش‌های شفافی یا نوشتاری نشان دهندهٔ نتایج تولید کنند. در این چارچوب دانش‌آموزان باید روی این موضوع تمرکز کنند که چگونه باید داده‌ها را سازمان دهیم تا بهترین تبیین را به وجود آوردند؟ برنامه درسی انگلیس کار با مدل‌ها و نمودارها را از جمله اهداف عمده آموزش علوم اعلام کرده است که گسترهٔ وسیعی از واژگان علمی و استفاده از نمودارها، گراف‌ها و جداول را برای مرتبط کردن اطلاعات و توسعه مباحثات مورد توجه قرار داده است (دپارتمان آموزش و مهارت‌های انگلیس، ۲۰۰۴).

شایستگی نمایش داده‌ها خارج از بافت کاوشگری علمی نیز می‌تواند بررسی شود. ریزمهارت‌های متعددی در ذیل این شایستگی مورد توجه است که از آن جمله می‌توان به انتخاب نمایش مناسب داده‌ها؛ گزارش داده‌ها در جداول و نمودارها؛ تفسیر داده‌ها؛ تنظیم گزارش علمی؛ برقراری ارتباط با دیگران، نوشتن و سازمان‌دهی داده‌ها در جداول و نمودارها؛ استفاده از صوت، تصویر، چند رسانه‌ای‌ها و سایر فن‌آوری‌ها برای دسترسی، پردازش و تلفیق یافته‌ها؛ و استفاده از زبان و اصطلاحات علمی به طور مناسب اشاره کرد (چامپاگن، کوبا و هارلی، ۲۰۰۰؛ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۹۰؛ شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰). در برنامه درسی علوم ایران (۱۳۸۶) به شایستگی کار با مدل‌ها و نمودارها توجه خاص شده است و شاخص‌های استفاده از شیوه‌های مناسب و متنوع مثل صحبت کردن

1. Find Information

و ...؛ استفاده از جداول، منحنی‌ها و چارت‌ها؛ دسته‌بندی ایده‌ها و ارائه آن‌ها؛ انتخاب وسایل ارتباطی مناسب و ارج‌گزاری به راه‌های ابداعی از جمله شاخص‌های آن برشمرده شده است.

د) شایستگی‌های کاوشگری علمی در علوم تجربی

موضوع کاوشگری علمی یکی از جهت‌گیری‌های اصلی برنامه‌های آموزش علوم در دنیا به شمار می‌رود. به طوری که در برنامه درسی انگلیسی (راتکلیف، ۱۹۹۸)، چارچوب برنامه درسی آمریکا (شورای ملی پژوهش آمریکا، ۱۹۹۶) و ایران (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۸۶) تأکید بر آن به وضوح مشاهده می‌شود. همچنین کاوشگری علمی به عنوان اولین راهبرد کسب اطلاعات در مدل دانستن و مراحل کاوشگری[1] معرفی شده (لیتون و گیرل، ۲۰۱۱) و در منبع استانداردها نیز یکی از جنبه‌های اصلی آموزش علوم به عنوان «علوم به عنوان کاوشگری[2]» در نظر گرفته شده و دو شکل آن شامل کاوشگری علمی و کاوشگری وابسته به علم متمایز شده است.

کاوشگری علمی به فعالیت‌های دانش‌آموزان در توسعه دانش و درک از ایده‌های علمی اشاره دارد (شورای ملی پژوهش آمریکا، ۱۹۹۶). کسب اطلاعات مورد نیاز از طریق کاوشگری به خصوص در مواقعی که دانش پیشینه‌ای در مورد موضوع محدود باشد بسیار سودمند است. در کاوشگری علمی نیاز است فرایندها و دانش علمی ترکیب شده تا از استدلال علمی و تفکر انتقادی برای توسعه ادراک از علوم بهره گرفته شود (شورای ملی پژوهش آمریکا، ۱۹۹۶). هدف کاوشگری علمی درک دنیای طبیعی از طریق تدوین و آزمودن نظریات و به کار بردن این درک در مسائل عملی است.

توجه به کاوشگری علمی در سنجش‌های پیشرفت تحصیلی نیز مشاهده می‌شود. یکی از جنبه‌های اصلی کاوشگری علمی در مطالعه پیزا «دانش در مورد علوم» است که سنجش آن شامل علت و منشأ (مثل کنجکاوی)، هدف (تولید شواهدی که به پاسخگویی سئوالات کمک کند)، آزمایش‌ها (طرح‌ریزی سئوالات)، داده‌ها (کیفی یا کمّی)، اندازه‌گیری و ویژگی‌های نتایج می‌باشد (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۰۹). در مطالعه تیمز فرایند کاوشگری علمی

1. Knowledge/ Phases Of Inquiry (KPI)
2. Science As Inquiry

به عنوان خصوصیات بنیادین دانش علمی مورد قبول قرار گرفته است که در همه زمینه‌های علوم نقش داشته و مؤلفه‌های محتوا محور و مهارت محوری دارد. در سئوالات و مهارت‌های سنجش این فرایند، دانش‌آموزان باید دانش خود را از ابزار و روش‌های لازم برای انجام دانش نشان داده، آن را در راه حل‌های علمی به کار برده و برای استفاده در درک علمی استفاده کنند (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه تیمز به طور خاص از دانش‌آموزان انتظار می‌رود رویکردهای رسمی‌تری را در کاوشگری علمی شامل ارزشیابی و تصمیم‌گیری نشان دهند. علاوه بر این، انتظار می‌رود که بر اساس مشاهدات یا دانش علمی، فرض یا پیش‌بینی قابل آزمون به وسیله کاوشگری را تدوین کنند. دانش‌آموزان باید از علت و معلول و اهمیت تشخیص متغیرهای کنترل در بررسی‌ها درک مناسبی داشته باشند. آنان باید از اصطلاحات، واحدها، دقت، فرمت و مقیاس‌های علمی استفاده کنند. همچنین باید تکنیک‌های علمی مناسب را به کار برده و الگوهای داده‌ها را توصیف کنند و در نهایت از آنان انتظار می‌رود که نتایج بررسی را برای تأیید نتیجه‌گیری ارزشیابی کنند (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹). کاوشگری علمی از مهارت‌های متعددی تشکیل می‌شود و در اینجا شایستگی‌های فرضیه‌سازی و تعیین سئوالات، طراحی تحقیق، گردآوری اطلاعات، ارزشیابی شواهد، تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری، و در نهایت استدلال علمی مورد بحث قرار می‌گیرند.

فرضیه‌سازی و تعیین سئوالات

فرایند کاوشگری علمی از فرضیه‌سازی یا تعیین سئوالات مناسب برای کاوشگری شروع می‌شود. وایت و فدریکسن (۲۰۰۰) مرحله پرسش را اولین مرحله از چرخه کاوشگری معرفی کرده و چامپاگن، کوبا و هارلی (۲۰۰۰) تدوین سئوالات را در فاز پیشرو تعریف نموده‌اند. این شایستگی به عنوان اولین توانایی لازم برای انجام کاوشگری نیز از طرف شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) معرفی شده است. جنبه مهم فرضیه‌سازی و تعیین سئوالات، توانایی برای برجسته کردن سئوالات و هدایت آن‌ها به سوی موضوعات و پدیده‌های قابل توصیف، و در نهایت تبیین یا پیش‌بینی از طریق مطالعات علمی است. بنا به تعریف مطالعه تیمز، فرضیه‌سازی (و پیش‌بینی) ترکیب دانشِ مفاهیم علوم با اطلاعات حاصل از تجربه یا مشاهده برای تعیین سئوالات قابل پاسخ از طریق کاوشگری می‌باشد که به عنوان پیش‌فرض‌های قابل آزمون

کاربرد از مشاهده و یا تحلیل اطلاعات علمی و درک رویه‌ای همراه است (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹). دانش‌آموزان به منظور تعیین سئوالات مناسب باید بازخوردهای مناسبی را از معلمان و هم‌کلاسی‌های خود دریافت کرده باشند و فرصتی برای تجدید نظر در سئوالات یا تولید سئوالات جدیدتر پیدا نمایند (کرانجیسک و همکاران، ۲۰۰۰).

فرضیه‌سازی به عنوان یکی از مسائل اصلی دو مدل «اکتشاف علمی به عنوان جستجوی دوگانه[1]» و مدل «دانستن و فازهای کاوشگری» مورد توجه قرار گرفته است. در برنامه درسی علوم ایران فرضیه‌سازی به عنوان اظهار نظر برای توضیح یک اتفاق یا یک خاصیت بوده و شامل شاخص‌های پیشنهاد توضیح سازگار با دلایل و شواهد، پیشنهاد توضیح سازگار با اصل و مفهوم علمی، به کار گرفتن دانش قبلی به هنگام توضیح دادن، در نظر داشتن امکان وجود بیش از یک توضیح برای یک واقعه یا پدیده و در نظر داشتن ماهیت آزمایشی هر توضیح است (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف تدوین کتب درسی، ۱۳۸۶).

طراحی تحقیق

مرور اسناد مشخص کرد که اهمیت طراحی تحقیق به خاطر کمک به فرایند کسب اطلاعات، جلب توجه دانش‌آموزان به مسائل و کمک به تفکر درباره ایده‌ها است (هارلن و همکاران، ۱۹۹۰، ترجمه رستگار و دانشفر، ۱۳۷۴). در مطالعه تیمز طراحی تحقیق به مهارت در طراحی یا برنامه‌ریزی کاوشگری‌های مناسب برای پاسخ به سئوالات علمی یا آزمون فرضیه‌ها، توصیف یا بازشناسی ویژگی کاوشگری‌های خوب طراحی شده بر حسب متغیرهای اندازه‌گیری و کنترل، روابط علت و معلولی و همچنین تصمیم‌گیری در مورد اندازه‌گیری‌ها یا رویه‌هایی برای استفاده در انجام کاوشگری‌ها تعریف شده است (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹). شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) توصیه کرد که دانش‌آموزان باید توانایی‌های کلی شبیه مشاهدهٔ منظم، انجام اندازه‌گیری‌های دقیق، و همچنین تعیین و کنترل متغیرها را توسعه دهند. آن‌ها باید توانایی روشن کردن ایده‌های هدایت کنندهٔ کاوشگری را توسعه دهند و درک کنند چگونه این ایده‌ها با دانش علمی کنونی مقایسه می‌شوند. برنامه درسی علوم ایران طراحی تحقیق را به معنای وسیع‌تری از لحاظ مطرح شدن مسئلهٔ مورد تحقیق تا گردآوری دلایل و شواهد، آزمایش

1. Scientific Discovery As Dual Search (SDDS)

فرضیه و تفسیر نتایج در نظر گرفت که شامل شاخص‌های تصمیم‌گیری در مورد چگونگی کنترل متغیرها، مشخص کردن متغیر وابسته، اندازه‌گیری یا مقایسه متغیر وابسته با استفاده از وسایل مناسب و کار کردن با دقت لازم و توجه به ترتیب قدم‌های لازم در تحقیق بود (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۸۶).

دانش‌آموزانی که در طراحی تحقیق تسلط کمتری دارند، در این زمینه مشکلات متعددی شامل توجه به تنها یک متغیر کنترل (کراجسیک و همکاران، ۲۰۰۰) و عدم درک چگونگی تأثیرگذاری متغیرهای چندگانه در آزمایش (شورای ملی پژوهش آمریکا، ۱۹۹۶) داشتند. توجه به طراحی دقیق در مراحل مطرح شده توسط چامپاگن، کوبا و هارلی (۲۰۰۰) دیده شد.

گردآوری اطلاعات

به دست آوردن شواهد در کاوشگری از جمله شایستگی‌های مورد انتظار دانش‌آموزان است. در برخی از متون بر گردآوری اطلاعات آرشیوی از طریق مطالعه کتابخانه‌ای به عنوان یک روش کسب اطلاعات توجه شده است. به این معنا که افراد دانش جدید را نه فقط از طریق کاوشگری علمی بلکه از طریق منابعی همچون کتابخانه و اینترنت نیز به دست می‌آوردند (چامپاگن، کوبا و هارلی، ۲۰۰۰؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۰۹). اطلاعات و دانش مورد نیاز با استفاده از روش‌های متعددی همچون مشاهده، بررسی رسانه‌ها، گفتگو با افراد مطلع و مطالعه منابع به دست می‌آید و شامل شاخص‌های استفاده از منابع مطالعاتی و کتابخانه به منظور گردآوری اطلاعات، جستجوی افراد مطلع در زمینه مورد نظر و گفتگو با ایشان و توجه به رسانه‌های نوشتاری، صوتی، تصویری و شبکه‌های اطلاع‌رسانی است (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف تدوین کتب درسی، ۱۳۹۰).

ارزشیابی شواهد

انتظار می‌رود دانش‌آموزان به طور نقادانه داده‌ها و روش‌های گردآوری داده‌ها را ارزشیابی کنند. توجه به ارزشیابی شواهد در مدل‌های استدلال علمی نیز دیده شد. برای مثال در مدل اکتشاف علمی به عنوان جستجوی دوگانه دو جنبه اصلی فضای فرضیه و فضای آزمایش همراه با فرایند ارزشیابی شواهد توأم بود. جست‌وجو در این دو فضا با فرایند ارزشیابی شواهد تلفیق شده و برای تبیین پدیده‌ها در نظر گرفته می‌شود (لیتون و گیرل، ۲۰۱۱). تولید و

ارزشیابی شواهد و تبیین‌های علمی یکی از شایستگی‌های چهارگانه آکادمی ملی علوم آمریکا نیز است (براون و همکاران، ۲۰۰۹).

تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری

تحلیل، تفسیر و نتیجه‌گیری از داده‌ها از جمله مراحل بسیار مهم کاوشگری می‌باشد. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (۲۰۰۹) تفسیر شواهد علمی، نتیجه‌گیری و مرتبط ساختن آن‌ها و تعیین پیش‌فرض‌ها، شواهد و استدلال‌های نتیجه‌گیری را به عنوان مصادیق استفاده از شواهد علمی برشمرده است. سئوالات مطالعه پیزا در رابطه با توانایی نتیجه‌گیری دربرگیرندهٔ فعالیت‌هایی همچون انتخاب از بین نتیجه‌گیری‌های جایگزین در رابطه با شواهد، ارائه دلایلی علیه یا له یک نتیجه‌گیری معین بر حسب فرایندهای مرتبط با نتیجه‌گیری و تعیین پیش‌فرض‌ها در رسیدن به یک نتیجه بود. در مطالعه تیمز تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری در دو بخش حیطه‌های شناختی و کاوشگری علمی برجسته شده است. در بخش کاوشگری تحت عنوان تحلیل و تفسیر داده‌ها و در زیر حیطه استدلال نیز تحلیل مسائل برای تعیین روابط، مفاهیم و گام‌های حل مسئله و همچنین توسعه و تبیین راهبردهای حل مسئله ذکر شده است (مولیس و همکاران، ۲۰۰۹). در برنامه درسی علوم ایران تفسیر یافته‌ها به منظور جمع‌بندی نتایج به نحوی که الگوها یا روابط میان آن‌ها را بتوان یافت به عنوان یکی از مهارت فرایندی مطرح شده و شاخص‌های جمع‌بندی اطلاعات به منظور بیان ترکیبی آن‌ها، یافتن الگو در مشاهدات یا نتایج تحقیق، یافتن رابطه یک متغیر با متغیر دیگر، حصول اطمینان از به دست آمدن الگوی ارائه شده یا رابطه پیدا شده از کلیه داده‌ها، رعایت احتیاط در تعمیم کاربرد نتیجه‌گیری، درک ماهیت غیرمنطقی نتایج، به‌کارگیری طبقه‌بندی‌های خاص یا نکات کلیدی خاص برای آن بیان شده است (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۸۶).

استدلال علمی

آخرین شایستگی مورد بحث در کاوشگری به استدلال علمی اختصاص دارد و در این مرحله دلایل رخ دادن پدیده‌ها و توضیح در مورد آن‌ها بر اساس داده‌ها مد نظر است. استدلال علمی به لحاظ ماهیت کمتر از سایر شایستگی‌ها بر محتوای خاصی متمرکز شده است. بر اساس مدل لاوسول، استدلال علمی از فرایند قیاسی پیروی می‌کند (لیتون، گوکیرت و سویی، ۲۰۰۷).

توانایی برای استدلال جزء انتظارات نهادهای آموزش علوم و مطالعات سنجش پیشرفت تحصیلی قرار دارد (شورای ملی پژوهش آمریکا، ۱۹۹۶؛ شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا، ۲۰۱۰).

ه) شایستگی نگرشی دانش‌آموزان در علوم

شایستگی‌های نگرشی به آن دسته از شایستگی‌ها اشاره دارد که به ارزش‌گذاری در مورد علوم و ارتقای نگرش نسبت به آن اشاره می‌کند. در بسیاری از متون همانند برنامه درسی علوم ایران شایستگی‌های مورد انتظار دانش‌آموزان به سه دسته دانشی، مهارتی و نگرشی تقسیم شده است. اختصاص یکی از محورها به موضوع نگرش‌های لازم در یادگیری علوم گویای اهمیت آن است. در این جا نیز بر اساس اسناد، اشتراکات شایستگی‌های مربوط به بعد نگرشی شامل مشارکت در فعالیت‌های علمی، ایجاد علاقه و نگرش مثبت نسبت به علوم، مسئولیت در قبال منابع و محیط، حمایت از کاوشگری علمی و دیدگاه تردیدآمیز به علم بررسی می‌شوند.

مشارکت در فعالیت‌های علمی

از جمله اهداف آموزش علوم آن است که دانش‌آموزان در فعالیت‌های علمی پیش آمده مشارکت فعالی داشته باشند. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (۲۰۰۹: ۱۴) یکی از مصادیق سواد علمی را «امیدواری به درگیری در موضوعات وابسته به علم و ایده‌های علمی به عنوان شهروند متفکر» برشمرده است. آکادمی ملی علوم آمریکا مشارکت تولید گرایانه در فعالیت‌ها و گفتمان‌های علمی را به عنوان یکی از گذرگاه‌های اصلی شایستگی دانش‌آموزان در علوم شناخته است (براون و همکاران، ۲۰۰۹). در برنامه درسی علوم ایران، علاقمندی به شرکت در فعالیت‌های علمی خارج از مدرسه نشانگر نگرش مثبت نسبت به علوم تجربی معرفی شده است (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۹۰).

ایجاد علاقه و نگرش مثبت به علوم

نگرش افراد نقش معنی‌داری در علاقه به علوم ایفا می‌کند. بررسی برنامه‌ها و اسناد آموزش علوم نشان داد که از جمله اهداف آموزش علوم پرورش نگرش‌هایی است که در موضوعات علمی فرا گرفته شده و برای کاربردهای شخصی و اجتماعی مناسب است. در مطالعه پیزا

توجه به نگرش‌های مثبت نسبت به علوم تأکید شده است. به طوری که در چارچوب کلی مطالعه به عنوان یکی از دو جنبه اصلی (به همراه دانش) مؤثر بر شایستگی برجسته شده است. نگرش دانش‌آموزان در مطالعه پیزا در سه حوزه ارزشیابی شد که شامل علاقه به علوم، حمایت از کاوشگری علمی و مسئولیت نسبت به منابع و محیط بود. علاقه به علوم با پیشرفت تحصیلی، انتخاب دوره، انتخاب شغل و یادگیری مادام‌العمر ارتباط دارد و شامل کنجکاوی در علوم و موضوعات وابسته به علوم، امیدواری برای کسب دانش و مهارت‌ها با کاربرد گستره‌ای از منابع و روش‌ها و همچنین امیدواری برای جستجوی اطلاعات و داشتن علاقه مداوم در علوم شامل توجه به مشاغل وابسته به علوم بود (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۰۶).

در برنامه درسی علوم تجربی ایران نیز کسب نگرش‌های مثبت مورد توجه است. در اصول حاکم بر برنامه درسی و در اهداف برنامه درسی می‌توان این موضوع را مشاهده کرد. در بخش اصول حاکم بر برنامه درسی ذیل اصل دوم، ایجاد علاقمندی، کنجکاوی و جستجوگری ارائه شده است. در اهداف برنامه درسی نیز هدف سوم به کسب نگرش‌های ضروری اختصاص داده شده و آن‌ها را در سه بخش نگرش نسبت به خود از طریق کار در مدرسه، نگرش نسبت به علم و نگرش نسبت به محیط مطرح کرده است. در نگرش مثبت به خود، خود پنداره دانش‌آموزان؛ در نگرش نسبت به علم چهار هدف کنجکاوی، ارزش‌گذاری شواهد، آمادگی برای تغییر اندیشه و بازنگری نقادانه؛ و در نگرش نسبت به محیط، نگرش نسبت به سایر جانداران و محیط بی‌جان مورد توجه قرار گرفته است (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۹۰).

مسئولیت در قبال منابع و محیط

مسئولیت در قبال منابع و محیط موضوعی جهانی است. در دسامبر ۲۰۰۲ سازمان ملل متحد یک دوره ۱۰ ساله (که از اول سال ۲۰۰۵ شروع می‌شود) را به عنوان دهه آموزش برای توسعهٔ پایدار تصویب کرد. کمیته اجرایی مرتبط با این مصوبه محیط زیست را یکی از سه ضلع پایدار بودن (به همراه جامعه و اقتصاد) تعیین کرد و مقرر نمود در همه آموزش‌های برنامه‌های توسعه پایدار گنجانده شود (یونسکو، ۲۰۰۳، به نقل از سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۰۶). در برنامه آموزش علوم تجربی ایران توجه به منابع و محیط تحت عنوان نگرش نسبت به

جانداران دیگر و نگرش نسبت به محیط فیزیکی (جهان غیر زنده) مطرح شده است. در بخش سایر جانداران مواردی از قبیل علاقمندی به حفظ و پرورش گیاهان، تمایل و همکاری برای حفظ گونه حیات، توجه به احساسات حیوانات (عدم تمایل به آزار آن‌ها)، تمایل به حفظ تعادل چرخه‌های حیات از طریق توجه همزمان به حیوانات و گیاهان و در ارتباط با محیط فیزیکی، تمایل به حفظ منابع از طریق مصرف درست و عاقلانه آن، تمایل به حفظ و نگهداری امکانات، وسایل و ابزارها، علاقه به حفظ نظم و بهداشت محیط کار و زندگی و همچنین تمایل به همکاری برای حفظ محیط غیر زنده (کوچه، دشت‌ها و آثار باستانی) مطرح شده است (دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، ۱۳۹۰). در نهایت مطالعه پیزا نشان دادن حس مسئولیت شخصی برای نگهداری از محیط‌های پایدار، نشان دادن آمادگی پیامدهای محیطیِ فعالیت‌های شخصی و نشان دادن امیدواری به انجام اقدامات برای نگهداری از منابع طبیعی را به عنوان مصادیق مسئولیت در مورد منابع و محیط شمرده است (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۰۶).

حمایت از کاوشگری علمی

این شایستگی توسط سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (۲۰۰۶) به عنوان یکی از شایستگی‌های نگرشی مطالعه پیزا معرفی شد و شامل شاخص‌های توجه به اهمیت در نظر گرفتن دیدگاه‌ها و مباحث علمی مختلف، حمایت از به کار بردن اطلاعات واقعی و تبیین‌های عقلانی و همچنین احساس نیاز به فرایندهای منطقی و دقیق در نتیجه‌گیری می‌باشد.

دیدگاه تردیدآمیز به علم

بررسی متون آموزش علوم نشان می‌دهد که رشد و توسعه دیدگاه تردیدآمیز به علم از جمله شایستگی‌های مهم دانش‌آموزان است. مفاهیم امروز ممکن است در آینده درست نباشد. به طور کلی انتظار می‌رود دانش‌آموزان مفاهیم، قوانین و نظریات علوم را خشک و غیر قابل انعطاف ندانند. بلکه آن را به صورت یک کیفیت ارگانیک تلقی کرده و رشد در فرایند کسب موضوعات علمی را مورد توجه قرار دهند. شورای پژوهش ملی آمریکا (۱۹۹۶) یکی از ادراکات اصلی در سنجش کاوشگری علمی را آگاهی از پیشرفت علم از طریق تردید دانست. شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا (۲۰۱۰) به تمرین شک‌گرایی در هنگام ارزشیابی، استفاده و

کنار گذاشتن داده‌ها به عنوان یکی از شایستگی‌های حوزه ماهیت و فعالیت علوم اشاره کرده است. این شایستگی به عنوان آمادگی برای پذیرش عدم قطعیت (ظاهری، ۱۳۸۹) و همچنین تفکر انتقادی و دیدگاه تردیدآمیز سالم (هارلن و همکاران، ۱۹۹۰، ترجمه رستگار و دانشفر، ۱۳۷۴) نیز نامیده شده است.

برای مشخص شدن شایستگی‌های مورد انتظار از دانش‌آموزان پایه هشتم ایران در درس علوم تجربی ابتدا بر اساس مرور منظم اسناد ومنابع معتبر بین‌المللی و بررسی وجود شایستگی‌ها در راهنمای برنامه درسی علوم تجربی ایران در دوره راهنمایی (۱۳۸۶) شایستگی‌های مورد انتظار علوم از دانش‌آموزان پایه هشتم تعیین شد. قضاوت در مورد شایستگی‌های موجود در اسناد و منابع بین المللی بر اساس مشترکات بین آن‌ها صورت گرفت. در مقایسه شایستگی‌ها با راهنمای برنامه درسی ایران، محتوای برنامه مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج

در این بخش تأکیدات برنامه درسی علوم تجربی ایران در دوره راهنمایی (ارائه شده در سال ۱۳۸۶)، که اساس تدوین کتاب‌های درسی پایه هشتم حاضر است، از لحاظ مطابقت با شایستگی‌های پایه به دست آمده از مرور منظم اسناد بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در قالب دسته‌بندی‌های کلی شایستگی‌ها ارائه شده است.

شایستگی‌های دانشی و کاربردی علوم تجربی: در مقایسه شایستگی‌های کسب دانش و درک مفاهیم اصلی علوم با تأکیدات برنامه درسی ایران می‌توان بیان کرد که برخی از این شایستگی‌ها در برنامه درسی ایران مورد تأکید بود. در بخش اهداف اصلی با عنوان «کسب دانستنی‌های ضروری» (ص ۸) به این مطلب پرداخته شده بود و علاوه بر این بخش اعظم برنامه به توضیح چگونگی ارائه انواع دانش‌های لازم برای دانش‌آموزان اختصاص داده شد. ولی شایستگی استفاده از علوم در دنیای طبیعی به این صراحت جزء اهداف برنامه قرار نگرفت. تنها در بخش‌های اهداف دانشی آمده بود که «[دانش‌آموز] با بعضی کاربردهای مهم علم در زندگی آشنا شود» (ص ۱۳) و علاوه بر این، در ملاک‌های انتخاب محتوا یکی از ضوابط آن بود که محتوا «با زندگی روزمره دانش‌آموزان مرتبط باشد» (ص ۱۵). با این وجود،

به علت آنکه استفاده از علوم در دنیای طبیعی به عنوان شایستگی دانشی و کاربردی مورد توجه قرار نگرفته بود، نمی‌توان آن را به عنوان تأکید برنامه درسی درنظر گرفت. با این حال، در برنامه درسی به سواد علمی توجه خاص شده و این شایستگی با عنوان «سواد علمی تکنولوژیکی» به صورت اساس تدوین برنامه درسی بود، به‌طوری که ایجاد استعداد و توانایی کسب آن به عنوان هدف کلی آموزش علوم درنظر گرفته شده بود. شایستگی دانش به‌کارگیری ابزار علمی نیز در حد بیان آن به عنوان مثال‌هایی از اهداف مهارتی بیان شده و لذا در برنامه درسی مورد توجه قرار نگرفت. همچنین شایستگی انجام عملیات ریاضی در برنامه درسی اشاره نشده بود.

شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا: مقایسه تأکیدات برنامه درسی علوم تجربی ایران با چهار شایستگی مفاهیم سطح بالا شامل تلفیق دانش، تبیین پدیده‌های طبیعی به طور علمی، پیش‌بینی و نقد روش و عملکرد دیگران مشخص کرد که شایستگی تلفیق دانش به طور جزئی و در اصول تدوین کتاب‌ها مورد توجه برنامه درسی بود. به این صورت که یکی از این اصول بیان شده بود که «مطالب حتی‌الامکان به صورت تلفیقی بیان شوند» (ص ۱۶) و بنا بر این، به عنوان شایستگی مورد انتظار از دانش‌آموز مورد تأکید نبود. علاوه بر این، بررسی برنامه درسی علوم نشان داد که شایستگی تبیین پدیده‌ها به طور علمی مورد توجه برنامه قرار نداشت. با این وجود، پیش‌بینی هم در نمونه مهارت‌های فرایندی و هم در اهداف مهارتی مورد اشاره و تأکید قرار گرفته بود. از طرف دیگر، شایستگی نقد منطق، روش و علمکرد دیگران در برنامه اشاره نشده بود. لذا از چهار شایستگی مفاهیم سطح بالا تنها «پیش‌بینی» مورد تأکید برنامه درسی علوم است.

شایستگی‌های کار با مدل‌ها و نمودارها در علوم تجربی: مقایسه شایستگی‌های کار با مدل‌ها و نمودارها در علوم تجربی با تأکیدات برنامه درسی انجام شد. دو شایستگی استفاده از مدل و نمایش داده‌ها در این مجموعه قرار داشتند. شایستگی برقراری ارتباط در دو هدف مهارتی (اهداف پنجم و ششم) مورد تأکید قرار گرفته بود. هدف پنجم: «[دانش‌آموز] بتواند مقصود خود را به خوبی بیان کند» و هدف ششم: «[دانش‌آموز] با آمار و ارقام و نمودار و از این قبیل

علائم و چگونگی تفسیر آن‌ها آشنا باشد» را مورد اشاره قرار داده بودند. با این حال شایستگی استفاده از مدل‌ها در جایی از برنامه مورد اشاره قرار نگرفته بود.

شایستگی‌های کاوشگری علمی در علوم تجربی: هر چند از اصطلاح کاوشگری علمی در برنامه درسی استفاده نشده است و به‌جای آن از معادل‌هایی همچون حل مسئله در بخش روش‌های یاددهی- یادگیری نام برده شده بود، بسیاری از شایستگی‌های کاوشگری علمی در علوم تجربی مورد تأکید برنامه درسی بود. فرضیه‌سازی، طراحی تحقیق، جمع‌آوری اطلاعات، تفسیر یافته‌ها به‌طور خاص در مهارت‌های فرایندی مطرح شده بود. علاوه بر این، دو هدف فرایندی نیز به این موضوع اختصاص داشت که شامل هدف هفتم: «[دانش‌آموز] از طریق به کارگیری مهارت‌های یادگیری (...، تفسیر یافته‌ها، طراحی تحقیق، جمع‌آوری اطلاعات و ...) پاره‌ای از مفاهیم را خودش کشف نماید یا در فرایند تولید و شکل‌دهی آن مفهوم مشارکت فعال داشته باشد» و هدف هشتم: «[دانش‌آموز] ... با لزوم و چگونگی کنترل متغیرها در هنگام انجام آزمایش‌های علمی و نتیجه‌گیری‌های مربوطه آشنا باشد» (ص ۱۴) بودند. با این وجود، دو شایستگی ارزشیابی شواهد و استدلال علمی مورد اشاره و تأکید برنامه درسی قرار نگرفته بود.

شایستگی‌های نگرشی دانش‌آموزان در علوم تجربی: شایستگی‌های نگرشی دانش‌آموزان در علوم آخرین شایستگی‌های بررسی شده بود. مقایسه این دسته از شایستگی‌ها با برنامه درسی علوم ایران به خصوص اهداف نگرشی تأکید برنامه بر برخی از آنان را نشان داد. مشارکت در فعالیت‌های علمی در هدف نگرشی اول اشاره شده بود که کنجکاوی کردن در مورد پدیده‌های محیط اطراف و علت بروز آن‌ها و همچنین کسب اطلاعات علمی از طریق جستجو و تفکر را بیان نموده بود. مسئولیت در قبال منابع و محیط در دو هدف نگرشی چهارم و هشتم نشان داده می‌شود که در یکی صرفه‌جویی، استفاده بهینه از امکانات ماده و انرژی و هدر ندادن وقت و منابع مالی و در دیگری توجه به بهداشت و مسائل زیست محیطی برجسته شده بود. علاوه بر این، ایجاد علاقه و نگرش مثبت به علوم با عنوان کسب نگرش‌های ضروری یکی از اهداف کلی آموزش علوم در دوره آموزش عمومی در برنامه درسی علوم بود. با این وجود، جای دو شایستگی حمایت از کاوشگری علمی و دیدگاه تردیدآمیز به دنیا در برنامه خالی است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در پاسخ به سوال اصلی در مورد شایستگی‌های مورد انتظار از دانش‌آموزان در پایه تحصیلی هشتم، سه دسته منابع شامل نهادهای مرجع در آموزش علوم، برنامه‌های درسی علوم تجربی و سنجش‌های کلان مقیاس در حوزه علوم تجربی مورد توجه قرار گرفت. در دسته اول اسناد انجمن آمریکایی پیشبرد علوم، شورای ملی پژوهش آمریکا، آکادمی ملی آمریکا و انجمن آموزش علوم انگلیس؛ در دسته برنامه‌های درسی علوم تجربی، برنامه‌های درسی انگلیس و ایران و در مطالعات کلان مقیاس اسناد مطالعات پیزا، تیمز، نیپ و سایپ مورد بررسی قرار گرفتند. در مرور این اسناد تأکید بر شایستگی به عنوان تلفیق دانش، مهارت و نگرش بود.

با مطالعه شایستگی‌های مطرح شده در اسناد فوق و میزان تأکید بر هر یک از آن‌ها، ۲۲ شایستگی برجسته و با توجه به ماهیت آنها در پنج گروه شایستگی‌های دانشی و کاربردی، شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا، شایستگی‌های کار با مدل‌ها و نمودارها، شایستگی‌های کاوشگری علمی و شایستگی نگرشی دانش‌آموزان ارائه شد. جدول ۱ به منظور مقایسه شایستگی‌های پایه علوم تجربی با برنامه درسی علوم تجربی در ایران تنظیم شده است. با مقایسه وضعیت سطر مربوط به برنامه درسی علوم تجربی در ایران می‌توان در مورد وضعیت توجه به هر یک از شایستگی‌ها پی برد.

در شایستگی‌های دانشی و کاربردی علوم تطبیق برنامه درسی علوم تجربی ایران با شایستگی‌ها نشان داد که برنامه درسی بر برخی شایستگی‌های دانشی همچون کسب دانش و درک مفاهیم اصلی علوم و سواد علمی تأکید نموده است. در شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا برنامه درسی علوم نیز تنها بر پیش‌بینی تأکید کرده بود. همچنین در شایستگی‌های کار با مدل‌ها و نمودارها تنها نمایش داده‌ها در برنامه قصد شده علوم تجربی مورد اشاره قرار گرفت. در شایستگی‌های کاوشگری علمی در علوم تجربی نیز با آن‌که مورد تأکید برنامه درسی علوم است ولی برخی از شایستگی‌های آن مانند ارزشیابی شواهد و استدلال علمی در برنامه مورد تأکید قرار نگرفته است. در شایستگی‌های نگرشی دانش‌آموزان در علوم نیز دو شایستگی حمایت از کاوشگری علمی و دیدگاه تردیدآمیز به علم در برنامه درسی علوم ایران مورد توجه قرار نگرفت.

جدول ۱. مقایسه شایستگی‌های پایه با شایستگی‌های مورد توجه در برنامه درسی علوم تجربی ایران

دسته شایستگی	شایستگی‌های پایه	تطابق با برنامه درسی ایران
شایستگی‌های دانشی و کاربردی علوم تجربی	کسب دانش و درک مفاهیم اصلی علوم	●
	استفاده از علوم در دنیای طبیعی	○
	سواد علمی	●
	دانش به کارگیری ابزار علمی	○
	انجام عملیات ریاضی	○
شایستگی‌های مفاهیم سطح بالا در علوم	تلفیق دانش	○
	تبیین پدیده‌های طبیعی به طور علمی	○
	پیش‌بینی	●
	نقد منطق، روش و عملکرد دیگران	○
شایستگی‌های کار با مدل‌ها و نمودارها در علوم تجربی	استفاده از مدل‌ها	○
	نمایش داده‌ها	●
شایستگی‌های کاوشگری علمی در علوم تجربی	فرضیه‌سازی و تعیین سئوالات	●
	طراحی تحقیق	●
	گردآوری اطلاعات	●
	ارزشیابی شواهد	○
	تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری	●
	استدلال علمی	○
شایستگی‌های نگرشی دانش‌آموزان در علوم	مشارکت در فعالیت‌های علمی	●
	ایجاد علاقه و نگرش مثبت به علوم	●
	مسئولیت در قبال منابع و محیط	●
	حمایت از کاوشگری علمی	○
	دیدگاه تردیدآمیز به علم	○

● تطابق با برنامه درسی ○ عدم تطابق با برنامه درسی

برنامه درسی علوم تجربی ایران نیز با توجه به اهمیت شایستگی‌های فوق سعی در پوشش آن‌ها کرده است. با این وجود، بررسی برنامه نشان می‌دهد که برخی از شایستگی‌ها به خوبی

در برنامه منعکس نشده‌اند که از آن جمله می‌توان به شایستگی‌های استفاده از علوم در دنیای طبیعی؛ دانش به کارگیری ابزار علمی؛ انجام عملیات ریاضی؛ تلفیق دانش؛ تبیین پدیده‌های علمی به طور علمی؛ استفاده از مدل‌ها؛ نقد منطق، روش و عملکرد دیگران؛ ارزشیابی شواهد؛ استدلال علمی؛ حمایت از کاوشگری علمی و دیدگاه تردیدآمیز به علم اشاره کرد. شایستگی‌های اشاره شده مورد تأکید و تصریح برنامه درسی قصد شده علوم تجربی نیستند.

در شایستگی به کارگیری ابزار علمی باید توجه نمود از آن جایی که کاوشگری علمی مورد تأکید برنامه درسی است، خرده مهارت‌های آن همانند دانش کاربرد ابزار علمی نیز باید به درستی به دانش‌آموزان آموخته شود. بنا بر این، آگاهی دانش‌آموزان از همه دانش‌های لازم برای اجرای کاوشگری علمی ضروری است. در برنامه درسی علوم ایران به این موضوع توجه نشده و کاربرد ابزار علمی به دانش‌آموزان آموخته نشده است. ولی از طرف دیگر، از آنان انتظار می‌رود تا چرخه یک کاوشگری علمی را به درستی انجام دهند. تأکید بر این شایستگی از طرف شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) دیده می‌شود و در مطالعات نیپ، سایپ و تیمز به آن توجه خاص شده است.

در برنامه درسی علوم ایران به تبیین پدیده‌های طبیعی به طور علمی اشاره نشده است. از طرف دیگر شایستگی مورد اشاره از جمله شایستگی‌های بسیار مهم در آموزش علوم است، به طوری که یکی از سه شایستگی مورد توجه در مطالعه پیزا به شمار می‌رود. تبیین پدیده‌های طبیعی به طور علمی در مطالعه تیمز هم در زیر بخش‌های سطح به کار بردن حیطه‌های شناختی و هم در بافت کاوشگری علمی برجسته شده است. در مطالعه نیپ نیز این شایستگی با عنوان دانش شماتیک شناخته می‌شود.

نگاه بسیار گذرا و عدم برجسته نمودن ارزشیابی شواهد در برنامه درسی علوم ایران نشان دهنده عدم تأکید بر این شایستگی است. با این وجود، جای آن بود که در بخش کاوشگری علمی که مورد تأکید برنامه درسی علوم است به ارزشیابی شواهد توجه خاصی گردد. هر چند در بسیاری از متون آموزش علوم ارزشیابی شواهد به عنوان یک شایستگی مجزا مورد تأکید قرار نگرفته است و تنها آکادمی ملی علوم آمریکا آن‌را به همراه تبیین علمی به عنوان یکی از

چهار شایستگی مورد نظر خود برشمرده است، ولی با توجه به نقش خاص آن در کاوشگری علمی می‌تواند به عنوان شایستگی اساسی مورد توجه قرار گیرد.

در کنار شایستگی‌های دانشی و مهارتی تأکید نشده در برنامه درسی علوم ایران یک شایستگی نگرشی رشد دیدگاه تردیدآمیز به علم نیز وجود دارد که کم‌تر مورد توجه برنامه درسی ایران بوده است. به هر حال مفهوم توسعه علم را باید در تردید نسبت به علم جستجو کرد. دانشمندان گذشته با همین منظر توانسته‌اند، قوانین مسلم زمان خود را به چالش کشیده و آن‌را منسوخ کرده و یا تغییرات معنی‌داری را در آن به وجود آورند. در آینده نیز با توسعه دیدگاه تردیدآمیز بسیاری از اصول علمی که امروزه پذیرفته شده است، تغییر خواهد کرد. بنا بر این، ثابت نبودن و تغییرات در اصول علم از جمله ویژگی‌های ذاتی آن است. چنان‌چه این اصل را بپذیریم که اصول، یافته‌ها و قواعد علمی به طور مداوم در حال تغییرند، باید دانش‌آموزان را برای پذیرش این تغییرات از طریق توسعه نگاه تردیدآمیز به علم آماده کنیم. عدم تأکید برنامه درسی ایران بر این شایستگی نگرشی ممکن است به مطلق انگاری علم بیانجامد. در حالی که در شورای ملی پژوهش آمریکا (۱۹۹۶) و شورای کنترلی سنجش ملی آمریکا (۲۰۱۰) به پرورش دیدگاه تردیدآمیز منطقی تأکید کرده‌اند.

منابع

جعفری هرندی، ر.؛ میرشاه جعفری، س. ا.؛ و لیاقت‌دار، م. ج. (۱۳۸۸). بررسی تطبیقی برنامه‌درسی آموزش علوم در ایران و چند کشور جهان. *اندیشه‌های نوین تربیتی*، ۵(۲)، ۱۹۳-۱۴۵.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی. (۱۳۸۶). راهنمای برنامه درسی علوم تجربی دوره ابتدایی و راهنمایی. تهران: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی. (۱۳۹۰). راهنمای برنامه درسی علوم تجربی دوره شش ساله‌ی ابتدایی. تهران: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.

شورای عالی آموزش و پرورش. (۱۳۹۰). *سند تحول بنیادین آموزش و پرورش*، تهران: شورای عالی انقلاب فرهنگی.

ظاهری، م. (۱۳۸۹). بررسی درک دانشجو معلمان رشته آموزش علوم تجربی از ماهیت علوم تجربی در مراکز تربیت معلم استان تهران. پایان نامه منتشر نشده کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه تهران.

هارلن، وی.؛ آزوبرن، آر.؛ گیست، جی. ا.؛ جری، ش.؛ و سیمینگتون، دی. (۱۹۹۰). *نکات اساسی در آموزش علوم*، ترجمه ط. رستگار و ح. دانشفر، ۱۳۷۴. تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.

AAAS. (1993). Benchmarks for Science Literacy Available from http://www.project2061.org/tools/benchol/bolintro.htm

Braun, H., Coley, R., Jia, Y., & Trapani, C. (2009). *Exploring what works in science instruction: A look at the eighth-grade science classroom*: Educational Testing Service.

Champagne, A. B., Kouba, V. L., & Hurley, M. (2000). Assessing inquiry. In J. Minstrell & E. H .v. Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in Science* (pp. 447-470). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Department for Education and Skills. (2004). *Science - the national curriculum for England*. London: Department for Education and Skills and Qualifications and Curriculum Authority

Krajcik, J., Blumenfeld, P., Marx, R., & Soloway, E. (2000). Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms. In J .Minstrell & E. H. v. Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in Science* (pp. 283-315). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Lee, H. S., Liu, O. L., & Linn, M. C. (2011). Validating measurement of knowledge integration in science using multiple-choice and explanation items. *Applied Measurement in Education, 24*(2), 115-136.

Leighton, J. P., & Gierl, M. J. (2011). *The learning sciences in educational assessment: The role of cognitive models*. New York: Cambridge University Press.

Leighton, J. P., Gokiert, R. J., & Cui, Y. (2007). Using exploratory and confirmatory methods to identify the cognitive dimensions in a large-scale science assessment. *International Journal of Testing, 7*(2), 141-189.

Mullis, I. V. S ,.Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., & Preuschoff, C. (2009). *TIMSS 2011 assessment frameworks*. Amsterdam, the Netherlands: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).

NAGB. (2010). *Science framework for the 2011 National Assessment of Educational Progress*. Washington, DC: National Assessment Governing Board.

NRC. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academies Press.

OECD. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD.

OECD. (2009). *PISA 2009 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science*. Paris: OECD.

Pepper, D. (2011). Assessing key competences across the curriculum—and Europe. *European Journal of Education, 46*(3), 335-353.

Ratcliffe, M. (1998). The purpose of science education. In M. Ratcliffe) Ed.), *ASE guide to secondary science education*. London: Association for Science Education.

Seçkin, M., & Gözütok, F. D. (2010). Achievement level of cross-curriculum competences in science education program. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 9*, 260-265.

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (2000). Metacognitive facilitation: An approach to making scientific inquiry accessible to all. In J. Minstrell & E. H. v. Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning*

and teaching in Science (pp. 331-370). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.