

پژوهش در آموزش شیمی



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

تحلیل چارچوب ارزیابی سواد علمی دانش آموزان در مطالعه بین المللی پیزا

معصومه قلخانی^{۱*}، علی شیرعلی پور^۲

^۱ گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

چکیده

سازمان همکاری و توسعه اقتصادی از سال ۲۰۰۰ هر سه سال یک بار با استفاده از آزمون سواد علمی پیزا (PISA)، عملکرد دانش آموزان ۱۵ ساله کشورهای عضو را با تأکید بر توانایی آنها برای مقابله با مسائل دنیای واقعی و چالش‌های زندگی آینده، مورد سنجش قرار می‌دهد. سنجش پیزا، تنها بر پایه‌ی بازتولید آن چیزی نیست که دانش آموزان آموخته‌اند، بلکه برای آزمون این است که دانش آموزان چگونه می‌توانند آموخته‌های خود را در موقعیت‌های جدید، چه در مدرسه، چه خارج از آن به کار ببرند. آزمون پیزا در راستای پاسخ به این سؤالات است که آیا دانش آموزان برای مقابله با چالش‌های زندگی آینده به‌خوبی آماده می‌شوند؟ در این پژوهش ضمن تشریح سیستم ارزیابی پیزا، ابعاد مختلف سواد علمی در قالب این سیستم مورد تحلیل قرار گرفته است. مقایسه کلی ساختار نشان داد که آزمون پیزا مهارت خواندن، علوم، ریاضیات و حل مسأله را با تمرکز بر ویژگی‌های دانش آموزان، انگیزه و نگرش آنها به یادگیری و استراتژی‌های یادگیری مورد ارزیابی قرار می‌دهد، درحالی که آزمون‌های تیمز و پرلز به مطالعه روند آموزش ریاضی و علوم و پیشرفت سواد خواندن، به ترتیب، با محوریت برنامه درسی و با تمرکز بر رفتارهای کلاسی معلمان و فعالیت‌های مدارس می‌پردازند.

کلیدواژه‌ها: آزمون پیزا، سواد علمی، شیمی، یادگیری

* نویسنده مسئول: (✉ ghalkhani@sru.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰

مقدمه

با مطالعه و بررسی سیر تحول آموزش علوم و کنکاش در اهداف و محتوای برنامه‌ی درسی چند دهه‌ی اخیر، در می‌یابیم که کاربردی بودن کتاب‌های درسی علوم و گسترش سواد علمی دانش آموزان، به‌عنوان محور اصلی آموزش علوم مطرح شده است (استرانگ^۱ ۲۰۰۴، یونسکو ۱۳۸۵). نظام آموزشی ایران نیز همواره به دنبال سیستم آموزش و پرورشی بوده است که دانش آموز پس از اتمام دوران اجباری تحصیل و در زندگی خارج از مدرسه تأثیر آموزش را احساس کند. از زمان پیدایش مفهوم سواد علمی تاکنون، بسیاری از متخصصان، مؤسسه‌ها و سازمان‌های فعال در زمینه‌ی آموزش علوم، در مورد مفهوم سواد علمی، دیدگاه‌ها و تعاریفی ارائه کرده‌اند که این تعاریف در طی سال‌ها و با پیشرفت علم و فناوری، تغییر پیدا کرده و گسترش یافته‌اند (اوگونکلا^۲ ۲۰۱۳، روبرتز^۳ ۲۰۰۷، کمیته تحقیق بین‌المللی^۴ ۱۹۹۶).

در مطالعه و جمع‌بندی تعاریف‌های ارائه شده از سواد علمی، می‌توان این تعاریف را در دو گروه دسته‌بندی کرد: دسته اول، افراد یا مؤسساتی هستند که نقش مرکزی سواد علمی را دانش علمی در نظر می‌گیرند. این دسته که اغلب معلمان علوم نیز در آن قرار دارند، معتقدند که کسب دانش و یادگیری مفاهیم و نظریه‌های علمی برای هر شهروندی لازم و ضروری است. در واقع موافقان این دسته، از مفهوم وسیع و گسترده سواد علمی به مفهوم اختصاصی‌تر آن به‌نام سواد علم یا سواد دانشی اعتقاد دارند. اما دسته‌ی دوم متخصصان یا مؤسساتی هستند که سواد علمی را به‌عنوان یک مفهوم کلی و مربوط به تمامی جنبه‌های زندگی انسان‌ها می‌دانند. این دسته از افراد روی مفهوم وسیع‌تری از سواد علمی تأکید دارند و معتقدند که افراد برای سازگاری با جهان پیچیده و پیوسته در حال تغییر، نیاز به کسب سواد علمی در تمامی ابعاد فرهنگی، اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، علمی و فناوری دارند. از نظر این دسته از افراد، سواد علمی به معنی کسب مهارت‌های لازم در زندگی برای تبدیل شدن به یک شهروند مطلوب است (ریچن^۵ و سالگانیک^۶ ۲۰۰۳).

هر چند سواد علمی دارای مفهومی بسیار گسترده و وسیع است، با تحلیلی عمیق می‌توان مؤلفه‌هایی را که اصطلاح سواد علمی را می‌سازند، شناسایی کرد (آرچر-برادشاو^۷ ۲۰۱۴). سازمان

¹ Strong

² Ogunkola

³ Roberts

⁴ National Research Council

⁵ Rychen

⁶ Salganik

⁷ Archer-Bradshaw

بین‌المللی همکاری و توسعه اقتصادی (OECD)^۱ ادعا دارد با تحقیق و فعالیت‌هایی که در زمینه آموزش و پرورش انجام می‌دهد، به افراد و جوامع کمک می‌کند تا دانش و مهارت‌های خود را شناسایی کنند و توسعه دهند و با کارایی و عملکرد مناسب افراد در زمینه‌های شغلی، مقدمات آسایش فردی و ترویج رفاه عمومی را در جامعه فراهم می‌کند (OECD, ۲۰۱۸). OECD با طراحی برنامه‌های منسجم به‌نام پیزا^۲، از سال ۲۰۰۰ تاکنون، اقدام به ارزیابی و تعریف مفهوم سواد علمی دانش آموزان نموده و چارچوبی را در این زمینه ارائه کرده است. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد پیزا، نظم و قاعده خاص و توسعه و به‌روز شدن ابعاد چارچوب آن در هر دوره نسبت به دوره قبل است. با استفاده از آزمون بین‌المللی پیزا می‌توان متغیرهایی مهم را مورد مطالعه و بررسی قرار داد که در نیل به نظام آموزشی کارآمد و توانمند مؤثر هستند

برویتی^۳ و همکارانش (برویتی، ۲۰۱۹) معتقدند که با شناخت ابعاد سؤالات آزمون پیزا، دانش آموزان و حتی معلمان می‌توانند با کارکردن روی این سؤالات در کلاس‌های خود به ارتقا آموزش علمی که برای ساخت دانش علمی ارزش قائل است، کمک نمایند و دانش را در هر یک از ابعاد مدنظر آزمون پیزا تعمیق بخشند. آنها ذکر کرده‌اند که تمرین‌های علمی برای درک علوم و توسعه‌ی سواد علمی ضروری است، زیرا این تمرین‌ها دربرگیرنده فرمول بندی سؤالات، توسعه و استفاده از مدل‌ها، برنامه ریزی و انجام تحقیقات، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، استفاده از ریاضی و تفکر محاسباتی، ساخت توضیحات، استدلال علمی و ارزیابی و گزارش اطلاعات هستند.

این آزمون کیفیت متغیرهایی نظیر اشتغال دانش آموزان، سطح سواد و آموزش والدین، محیط مدرسه و زندگی، کلاسهای تقویتی، علاقه و نگرش دانش آموزان به مدرسه، تلاش و توانایی آنها برای حل مسائل، خود مسئولیتی و انگیزش درونی دانش آموزان برای یادگیری، نسبت تعداد معلم به دانش آموزان مدرسه، کیفیت مدرسه از جمله خصوصی یا عمومی بودن نوع آن، امکانات مدرسه از جمله دسترسی راحت دانش آموزان به رایانه، فعالیت‌های فوق برنامه مدرسه برای دانش آموزان، حتی رفتار معلم و همچنین دانش آموزان در مدرسه و بررسی روحیه‌ی معلم نسبت به شغلش و علاقه مندی به کار، برنامه‌های متنوع مدرسه برای در زمینه برنامه درسی و سنجش و حتی کیفیت محیط و ساختار فیزیکی مدرسه از جمله مساحت مدرسه و کلاس‌های درس را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، هدف برگزاری آزمون پیزا بررسی توانمندی دانش آموزان برای به کار بستن یادگرفته‌های شان در زندگی است. آیا دانش آموزان قادر هستند که از دانسته‌های خود در زندگی شخصی و اجتماعی بهره بگیرند؟ آیا دانش آموزان می‌توانند با تکیه بر آموخته‌های شان موقعیت شغلی ایجاد

¹ Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

² The Program for International Student Assessment (PISA)

³ Broietti

کنند یا در شغل و حرفه‌ی خود آموخته‌های شان را به کار ببندند؟ برای این اهداف نیاز است که دانش آموزان توانایی استدلال و استنتاج داشته باشند و قادر باشند که به صورت خلاقانه در موقعیت های مختلف از آموخته های شان استفاده کنند. بنابر این می توان نتیجه گیری کرد که آزمون پیزا، این اهداف اصلی را دنبال می کند: پیش بینی توانمندی نیروی کار آینده، تغییر نگاه مردم نسبت به عملکرد آموزشی و ایجاد شرایط مناسب برای اجرای اصلاحات آموزشی. قابل ذکر است که نتایج هر آزمون پیزا به صورت کامل از سوی سازمان OECD منتشر می شود که هدف از آن به اشتراک گذاری شواهد بهترین سیاست ها و روش های آموزشی کشورهای موفق در زمینه ی آموزش برای کمک به همه کشورهای است تا بتوانند بهترین شرایط تحصیلی و آموزشی را برای دانش آموزان شان فراهم کنند (OECD، ۲۰۱۹).

در آزمون های قبلی پیزا مشخص شده است که در بسیاری از کشورها و مکان ها، وضعیت اقتصادی- اجتماعی (OECD، ۲۰۱۸)، جنسیت (OECD، ۲۰۱۵) و پیشینه ی مهاجران می تواند کمکی مؤثر و چشمگیر در پیش بینی پیشرفت تحصیلی و نتایج تحصیلات دانش آموزان داشته باشد. این شرایط مجزا می توانند در در شکل گیری آرزوها، انگیزه ها و نگرش های دانش آموزان نقش ایفا کند و پیامدهایی برای نتایج شناختی آنها داشته باشند.

برخی از کودکان، از بدو تولد، از منابع فرهنگی و مالی در خانه بهره مند می شوند که دستاورد موفقیت های آینده آنها به ویژه در مدرسه است. سیستم های آموزشی عادلانه به آن دسته از سیستم هایی گفته می شود که بتوانند پیوند بین شرایط فردی و نتایج تحصیلات را سست کنند. در حالی که در هر سیستم مدرسه ای درجه ای از تفاوت در نتایج آموزشی و تحصیلی دانش آموزان دور از انتظار نیست، عدالت به این معنی است که وجود هر گونه اختلاف در نتایج تحصیلاتی دانش آموزان به سابقه دانش آموزان، به زمینه دانش آموزان از جمله وضعیت اقتصادی- اجتماعی، جنسیت یا سابقه مهاجرت آنها مرتبط نباشد. علاوه بر این، عدالت به معنای این نیست که همه دانش آموزان در معرض رویکرد آموزش و یادگیری "یکی متناسب با همه" باشند، بلکه باید با هدف ایجاد شرایطی باشد که مانع تأثیر معکوس پیشینه و شرایط بر عملکرد دانش آموزان شود و به طوری که به همه ی دانش آموزان فرصت رسیدن یا حداکثر رساندن پتانسیل خودشان داده شود. این دیدگاه شامل اختصاص منابع برای تأمین نیازهای خاص دانش آموزان می باشد. برابری در پیزا به این صورت سنجیده می شود که آیا نتایج تحصیلات، مانند عملکرد دانش آموزان، انگیزه، نگرش و باورهای دانش آموزان و انتظارات و پیش بینی آنها برای آینده شان، به سابقه ی شخصی دانش آموز مربوط می شود. رابطه ضعیف تر برای موارد مذکور بیانگر این است که سیستم مدرسه بیشتر قادر به جبران فضای نامطلوب یادگیری در خارج از مدرسه است و بنابراین ممکن است عادلانه تر در نظر گرفته شود (OECD، ۲۰۱۹).

در چارچوب نظری پیزا (۲۰۱۵) سواد علمی چنین تعریف شده است: "سواد علمی به معنی توانایی وارد شدن افراد در مسائل مربوط به علم و ایده‌های علمی، به‌عنوان یک شهروند متفکر است" (OECD, ۲۰۱۶). فردی دارای سواد علمی، مایل به شرکت در گفتمان منطقی در مورد علم و فناوری است و در این راستا به دانش، مهارت‌ها و نگرش‌هایی نیاز دارد تا بتواند توانایی‌ها و شایستگی‌های خود را در زمینه‌های مختلف بروز دهد. شکل ۱، چارچوب ارزیابی سواد علمی پیزا در سال ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد. در ادامه بعد از معرفی کلی برنامه بین‌المللی ارزیابی پیزا، ابعاد مختلف سواد علمی را در چارچوب این برنامه تشریح خواهیم کرد.



شکل ۱. چارچوب ارزیابی سواد علمی پیزا ۲۰۱۵ (OECD, ۲۰۱۶).

روش پژوهش

مطالعه‌ی حاضر از نوع مروری و توصیفی - تحلیلی است. در این پژوهش چارچوب آزمون بین-المللی پیزا با مطالعه منابع مرتبط و اسناد موجود در دسترس ملی و بین‌المللی به زبان‌های فارسی و انگلیسی از جمله مقالات، کتاب‌ها و پایان‌نامه‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

برنامه ارزیابی پیزا

در سال ۱۹۹۷، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، «برنامه بین‌المللی ارزیابی دانش آموزان» مرسوم به پیزا را به منظور ارائه گزارش‌هایی در مورد تأثیر سیستم‌های آموزشی کشورهای عضو یا سایر کشورهای ذی‌نفع در آماده‌سازی دانش آموزان برای چالش‌های زندگی آینده خود پایه‌گذاری

کرد. در پیش گفتار گزارش اولیه نتایج پیزا آمده است: «پیزا یک الزام یا تعهد جدید دولت‌های عضو OECD است که آن‌ها را متعهد می‌سازد تا بر نتایج نظام آموزشی خود، در قالب چارچوب مشترک و توافق شده در سطح بین‌المللی، نظارت کنند». هدف پیزا تصمیم‌گیری در مورد مهارت‌هایی است که به زندگی بزرگسالی افراد مربوط می‌شود. این آزمون محدوده‌ای از دانش و مهارت‌های دانش آموزان ۱۵ ساله را که برای مشارکت آنها در جامعه مدرن امروزی ضروری است، اندازه‌گیری می‌کند. ارزیابی پیزا بر سواد خواندن، علوم، ریاضیات و سواد مالی تمرکز دارد و مبتنی بر این سؤال است که آنچه که یک دانش آموز در نقش یک شهروند باید بداند و قادر به انجام آن باشد چیست؟ بنابراین ارزیابی پیزا محدود به دانسته‌های دانش آموزان نیست، بلکه توانایی در به‌کار بستن دانسته‌ها را نیز شامل می‌شود (OECD، ۲۰۱۶).

پیزا برنامه‌ای رو به گسترش است که سیاست‌ها و عملکردهای آموزشی و روند فراگیری دانش و مهارت‌ها را در یک کشور معین، بین کشورهای مختلف و در زیر گروه‌های خاص آماری، تحلیل می‌کند. اگرچه پیزا نمی‌تواند رابطه علت و معلولی بین روش‌ها و نتایج یادگیری را مشخص کند، اما سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان آموزشی می‌توانند با ارزیابی نتایج دانش آموزان کشور خود در مقایسه با کشورهای دیگر، اهداف آموزشی مناسب را تبیین نموده و از سیاست‌ها و برنامه‌های کشورهای موفق الگو بگیرند (OECD، ۲۰۱۶).

ساختار ابزار مطالعه پیزا

مطالعه‌ی پیزا هر سه سال یک‌بار برگزار می‌شود. اولین دوره آن در سال ۲۰۰۰ و دوره‌های بعدی به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۶، ۲۰۰۹، ۲۰۱۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ برگزار شده است. نتایج هر دوره از سوی سازمان همکاری و توسعه‌ی اقتصادی منتشر می‌شود (OECD، ۲۰۱۶).

در هر دوره یکی از حوزه‌های سواد خواندن، سواد علوم یا سواد ریاضی به عنوان حوزه اصلی انتخاب شده و این حوزه با تأکید بیشتری نسبت به حوزه‌های دیگر مورد توجه و بررسی قرار می‌گیرد. یکی از بزرگترین مزیت‌های مطالعه پیزا، چرخشی بودن تأکید آن بر یکی از این سه حوزه است. در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸ حوزه اصلی سنجش سواد خواندن، در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۲ دامنه اصلی سواد ریاضی و در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ بیشترین تأکید بر سنجش سواد علوم بوده

است (OECD, ۲۰۱۶). در جدول ۱ دامنه اصلی مطالعه پیزا در سال‌های مختلف و تعداد کشورهای شرکت‌کننده آورده شده است. متأسفانه ایران در میان کشورهای شرکت‌کننده در آزمون پیزا نیست.

جدول ۱. دامنه اصلی و کشورهای شرکت‌کننده در دوره‌های مختلف پیزا

سال برگزاری	دامنه اصلی مطالعه	تعداد کشورهای شرکت‌کننده
۲۰۰۰	سواد خواندن	۳۲
۲۰۰۳	سواد ریاضی	۴۱
۲۰۰۶	سواد علوم	۵۷
۲۰۰۹	سواد خواندن	۶۵
۲۰۱۲	سواد ریاضی	۶۵
۲۰۱۵	سواد علوم	۷۲
۲۰۱۸	سواد خواندن	۷۹

در زمینه علوم، بهترین عملکرد در آزمون پیزا ۲۰۱۸، برای کشورهای چین و سنگاپور باکسب رتبه اول و دوم، به ترتیب، ثبت شده است. لازم به ذکر است که در بین کشورهای عضو در OECD، بهترین عملکرد به کشورهای ژاپن و استونی تعلق گرفت. قابل ذکر است که کشور استونی باعث حیرت بسیاری از پژوهشگران شده است زیرا تقریباً در همه زمینه‌های مورد آزمون پیزا ۲۰۱۸ در محدوده بهترین‌ها قرار گرفته است. همچنین بدترین عملکرد در زمینه علوم برای کشور جمهوری دومونیکا ثبت شد. نتایج حاصله از آزمون سال ۲۰۱۸ مشخص کرده است که در کشور آرژانتین و شهرهای پکن، شانگهای و جیانگسو از کشور چین، همچنین در کلمبیا، کاستاریکا، مکزیک و پرو دانش آموزان پسر عملکرد چشمگیری در زمینه علوم نسبت به دانش آموزان دختر داشتند. در حالی که در ۳۴ کشور شرکت‌کننده دیگر، دانش آموزان دختر برتری غالب نسبت به دانش آموزان پسر داشتند (OECD, ۲۰۱۹). نتایج حاصله بیانگر آن است که همچون سال ۲۰۱۵، دانش آموزان کشورهای آسیایی در این آزمون مهارتی قدرتمند عمل کردند.

ویژگی‌های خاص برنامه پیزا

- جهت دادن به سیاست‌ها و روش‌های آموزشی: با ترکیب داده‌های مربوط به نتایج آزمون با زمینه‌ها و نگرش دانش آموزان نسبت به یادگیری و با برجسته‌کردن تفاوت‌ها در نحوه

عملکرد و تأثیر دخالت عوامل مؤثر در یادگیری در داخل و خارج از مدرسه، برنامه‌ریزان آموزشی می‌توانند تصمیمات بهتری در جهت بهبود روش‌های یادگیری اتخاذ کنند.

- ارائه مفهوم نوآورانه از سواد علمی: در تعریف سواد علمی پیزا، به توانایی دانش آموز در استفاده از دانش و مهارت‌های کسب شده در موضوعات کلیدی زندگی اشاره شده است.
- ارتباط مادام‌العمر با یادگیری: پیزا از دانش آموزان می‌خواهد تا انگیزه خود را در یادگیری و باور به خود و سبک یادگیری‌شان گزارش دهند. این اطلاعات در قالب پرسش‌نامه از دانش آموزان جمع‌آوری می‌شود.
- نظم و قاعده: کشورهای شرکت‌کننده می‌توانند در طی دوره‌های منظم و سازماندهی شده، بر تحقق اهداف یادگیری طبق چارچوب بین‌المللی توافق شده، نظارت داشته باشند و نتایج خود را با دوره‌های قبلی مقایسه کنند (OECD, ۲۰۱۶).

مقایسه پیزا با تیمز و پرلز

مطالعه بین‌المللی روندهای آموزش ریاضیات و علوم (تیمز)^۱ و مطالعه بین‌المللی پیشرفت خواندن (پرلز)^۲، جزو مهم‌ترین و وسیع‌ترین مطالعات تطبیقی در قلمرو ارزشیابی‌های پیشرفت تحصیلی به حساب می‌آیند که تحت نظر انجمن بین‌المللی ارزشیابی پیشرفت تحصیلی (IEA)^۳ انجام می‌شوند. ایران از سال ۱۳۷۰ شمسی (۱۹۹۱ میلادی) به طور رسمی همکاری خود را با این انجمن آغاز کرده و در آزمون‌های تیمز و پرلز شرکت داشته است. ارزیابی پرلز سواد خواندن و ارزیابی تیمز، دانش و مهارت‌های دانش آموزان را در علوم و ریاضیات مورد سنجش قرار می‌دهد (مرکز ملی مطالعات بین‌المللی تیمز و پرلز، ۱۳۹۷).

تیمز منعکس‌کننده توانایی‌های دانش آموزان در گستره‌ای از فرآیندها و مهارت‌های شناختی و توانایی حل مسأله است و روی این موضوع تمرکز دارد که چه دانشی به دانش آموز ارائه شده و چه مقدار از آن را دانش آموز یاد گرفته است؛ در حالی که تمرکز مطالعه پیزا بر این است که فراگیر با دانش آموخته شده چه کارهایی می‌تواند در دنیای واقعی انجام دهد. اگرچه بین نتایج این دو آزمون

¹ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)

² Progress in International Reading Literacy Study (PIRLS)

³ International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA)

همبستگی‌های زیادی وجود دارد ولی بررسی سؤالات منتشر شده ریاضی در سال ۲۰۰۳، نشان داده است که با توجه به عدم به‌کارگیری زمینه زندگی واقعی در سؤالات تیمز، بیش از نیمی از این سؤالات مشابه آزمون پیزا نیستند و سؤالات تیمز محتوا محور و دربرگیرنده‌ی دانش رسمی ریاضیات می‌باشند (وو^۱، ۲۰۱۱). در جدول ۲-۷ ویژگی‌های کلی آزمون‌های پیزا، تیمز و پرلز مقایسه شده است (OECD، ۲۰۱۸).

تحلیل سواد علمی در چارچوب پیزا

با توجه به این که انسان با چالش‌های مهمی در تهیه آب، غذا، کنترل بیماری‌ها، تولید انرژی، تغییرات اقلیمی و... مواجه است، سواد علمی علاوه بر سطح شخصی و ملی، در سطح بین‌المللی نیز مورد توجه است (UNEP^۲، ۲۰۱۲). مفهوم سواد علمی در چارچوب برنامه پیزا هم به دانش علمی و هم به فناوری علمی دلالت دارد. بی‌شک اکثر چالش‌های قرن ۲۱، مستلزم راه‌حل‌ها و نوآوری‌هایی است که مبنای آنها دانش و فناوری علمی است. اگرچه علم و فناوری در اهداف، فرآیندها و محصولات شان باهم متفاوتند اما معمولاً به‌طور هماهنگ و در کنار هم تحقق می‌یابند. افراد دارای سواد علمی باید در محیط خود توانایی انتخاب‌های آگاهانه داشته باشند و تشخیص دهند اگرچه علم و فناوری، سرچشمه راه حل مشکلات بشر است، می‌تواند خطر آفرین نیز باشد و مشکلاتی جدید را برای بشر و جامعه به وجود آورد (OECD، ۲۰۱۶). از طرف دیگر، سواد علمی نه تنها شامل دانش مفاهیم و نظریه‌های علمی است، بلکه دانش رویه‌ها و تجربه‌ها را نیز شامل می‌شود. بنابراین افراد باسواد علمی، دارای دانش مفاهیم و ایده‌هایی هستند که اساس تفکرات علمی و فناورانه را شکل می‌دهند؛ مثلاً چگونه این علم شکل گرفته است و تا چه حدی با شواهد و توضیحات نظری قابل اثبات می‌باشد؟ اصلی‌ترین دیدگاه سواد علمی برنامه پیزا که اساس سنجش بین‌المللی دانش آموزان ۱۵ ساله است، پاسخ به این سؤال می‌باشد که چه چیزی مهم است تا نوجوانان بدانند و به آن ارزش دهند و بتوانند در شرایط مختلفی که علم و فناوری در آن دخیل است، عمل کنند (OECD، ۲۰۱۶).

تعریف سواد علمی در چارچوب پیزا را می‌توان در چهار جنبه زیر که ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند، بررسی کرد:

¹ Wu

² United Nations Environment Programme

جدول ۲. مقایسه کلی آزمون پیزا با تیمز و پرلز

پیرلز (PIRLS)	تیمز (TIMSS)	پیزا (PISA)	نام کامل
مطالعه بین‌المللی پیشرفت سواد خواندن	مطالعه بین‌المللی روند آموزش ریاضی و علوم	برنامه بین‌المللی ارزیابی دانش آموزان	
خواندن	ریاضیات و علوم	خواندن، علوم، ریاضیات و حل مسأله	موارد ارزیابی
۱۰	۱۰ و ۱۴	۱۵	سن شرکت‌کنندگان
چهارم	چهارم و هشتم	نهم	پایه‌ی تحصیلی
هر پنج سال یکبار (شروع از ۲۰۰۱)	هر چهار سال یکبار (شروع از ۱۹۹۵)	هر سه سال یکبار (شروع از ۲۰۰۰)	روند برگزاری
سال ۲۰۱۶	سال ۲۰۱۵	سال ۲۰۱۸	آخرین آزمون اجرا شده
۵۰	۵۷	۷۹	تعداد کشورهای شرکت‌کننده در آخرین آزمون
اندازه‌گیری میزان درک مطلب و توانایی خواندن در دانش‌آموزان	اندازه‌گیری روند پیشرفت دانش آموزان در علوم و ریاضیات	ارزیابی سیستم‌های آموزشی بر اساس میزان آماده‌سازی دانش آموزان برای مواجهه با مسائل دنیای واقعی جامعه مدرن	هدف
برنامه‌ی درسی	برنامه‌ی درسی	مهارت	محوریت

اطلاعات تکمیلی در برگزاری آزمون	دریافت اطلاعات پس زمینه فراگیران در قالب پرسش نامه و تمرکز بر ویژگی های دانش آموزان، انگیزه و نگرش آنها به یادگیری و استراتژی های یادگیری	دریافت اطلاعات پس-زمینه فراگیران در قالب پرسش نامه و جمع آوری اطلاعات در مورد رفتارهای کلاسی و فعالیت های معلمان و فعالیتهای مدارس	دریافت اطلاعات پس زمینه فراگیران در قالب پرسش نامه و جمع آوری اطلاعات در مورد رفتارهای کلاسی معلمان و فعالیت های مدارس
سازمان مربوطه	سازمان همکاری و توسعه اقتصادی	انجمن بین المللی ارزیابی پیشرفت تحصیلی	انجمن بین المللی ارزیابی پیشرفت تحصیلی
مدت زمان آزمون	۱۲۰ دقیقه + ۳۵ دقیقه برای پرسش نامه	پایه چهارم: ۷۲ دقیقه پایه هشتم: ۹۰ دقیقه + ۱۵ دقیقه پرسش نامه	۸۰ دقیقه + ۱۵ دقیقه پرسش نامه

- نوع دانش^۱ که شامل دانش علمی و دانش درباره علم است و برای بروز شایستگی های علمی مورد نظر ضروری می باشد.
- شایستگی ها^۲ یا توانایی هایی که یک فرد دارای سواد علمی باید آنها را داشته باشد.
- زمینه هایی^۳ که چالش های دنیای واقعی در آنها شکل گرفته اند.
- نگرش های^۴ افراد نسبت به علم و پژوهش که در علاقه و گرایش آنها نسبت به موضوعات علم و فناوری تأثیر می گذارد (OECD, ۲۰۱۶)

نوع دانش

¹ Knowledge

² Competencies

³ Contexts

⁴ Attitudes

دانش مورد نیاز در برنامه آزمون سواد علمی مطالعه پیزا، در سه بعد دانش محتوایی^۱، رویه‌ای^۲ و معرفت‌شناسی^۳ مورد بررسی قرار گرفته است. درک حقایق، مفاهیم و تئوری‌های توضیحی که پایه‌های دانش علمی را تشکیل می‌دهند، نیازمند دانش محتوایی است. دانش این‌که چگونه این مفاهیم و ایده‌ها به‌وجود آمده‌اند، دانش رویه‌ای و درک عقاید خاص و انگیزه درونی برای استفاده از این روش‌ها و توجیه موارد استفاده از آنها مستلزم دانش معرفت‌شناسی می‌باشد (OECD، ۲۰۱۶).

در تعریف ارائه شده از سواد علمی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳، نوع دانش به‌صورت کلی و با عنوان «دانش علمی»^۴ بیان شده بود (OECD، ۲۰۰۴). تعریف سال ۲۰۰۶، عبارت دانش علمی را به دو به بخش مجزای «دانش علم»^۵ و «دانش درباره‌ی علم»^۶ جدا نمود (OECD، ۲۰۰۶). در چارچوب ۲۰۱۵، مفهوم دانش درباره علم، روشن‌تر شده و به دو بخش دانش رویه‌ای و دانش معرفت‌شناسی تقسیم شد (OECD، ۲۰۱۶). در ادامه، مؤلفه‌های انواع مختلف دانش و شاخص‌های مربوط به هر مؤلفه، بر اساس چارچوب ۲۰۱۵ توضیح داده می‌شود.

دانش محتوایی

دانش محتوایی شامل دانش دنیای طبیعی و فناوری‌های ساخت بشر است. محتوای دانشی که در برنامه سنجش سواد علمی پیزا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، در سه شاخه سیستم‌های فیزیکی، سیستم‌های زنده و سیستم‌های زمین و فضا تقسیم‌بندی شده است. در چارچوب پیزا برای توصیف دانش محتوای علمی به جای عبارت «علوم» از اصطلاح «سیستم»^۷ استفاده شده است. همچنین مفاهیم مربوط به دو حوزه شیمی و فیزیک به‌صورت درهم‌تنیده و در یک شاخه با عنوان سیستم‌های فیزیکی طبقه‌بندی شده است (OECD، ۲۰۱۶). در جدول ۳، زیرسیستم‌های مربوط به هر سیستم به همراه مثال‌های آن آورده شده است.

¹ Content

² Procedural

³ Epistemic

⁴ Scientific knowledge

⁵ Knowledge of science

⁶ Knowledge about science

⁷ Systems

جدول ۳. تقسیم‌بندی دانش محتوایی علوم (پیزا ۲۰۱۵)

<p>سیستم‌های فیزیکی که مستلزم دانش زیر است:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ساختار ماده (مثال: مدل ذره‌ای، پیوندها) • ویژگی‌های مواد (مثال: تغییر حالت ماده، رسانایی الکتریکی و گرمایی) • تغییرات شیمیایی مواد (مثال: واکنش‌های شیمیایی، انتقال انرژی، اسید یا باز بودن) • حرکت و نیروها (مثال: سرعت و اصطکاک) و نیروهای غیرتماسی (مثال: نیروهای مغناطیسی، گرانشی و الکترواستاتیک) • انرژی و تبدیل‌های آن (مثال: حفاظت از انرژی، اتلاف، واکنش‌های شیمیایی) • برهم کنش بین ماده و انرژی (مثال: نور و امواج رادیویی، صوت و امواج لرزه‌ای) <p>سیستم‌های زنده که مستلزم دانش زیر است:</p> <ul style="list-style-type: none"> • سلول‌ها (مثال: ساختار و عملکرد سلول‌ها، DNA، گیاهان و جانوران) • مفهوم موجود زنده (مثال: تک‌سلولی و پرسلولی) • زندگی انسان‌ها (مثال: سلامتی، تغذیه، فرآیندهایی مانند گوارش، تنفس، گردش خون، دفع مواد زائد و ارتباط آنها با یکدیگر) • جمعیت (مثال: گونه‌ها، تکامل گونه‌ها، تنوع زیستی و ژنتیکی) • زیست‌کره (مثال: انواع اکوسیستم‌ها و پایداری) <p>سیستم‌های زمین و فضا که مستلزم دانش زیر است:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ساختار بخش‌های مختلف زمین (مثال: اتمسفر، هیدروسفر، لیتوسفر) • انرژی در سیستم‌های زمین (مثال: انرژی منابع، تغییرات اقلیمی) • تغییرات سیستم‌های مربوط به زمین (مثال: صفحات تکتونیکی، چرخه‌های ژئوشیمیایی، نیروهای مخرب و سازنده) • تاریخچه زمین (فسیل‌ها، پیدایش زمین و تکامل) • زمین در فضا (مثال: نیروی جاذبه، منظومه‌ی شمسی، کهکشان‌ها) • تاریخ و مقیاس جهان و پیشینه آن (مثال: سال نوری، نظریه انفجار بزرگ)
--

دانش رویه‌ای

هدف اساسی علم، کشف و توضیح پدیده‌های دنیای طبیعی است. توضیحات علمی که در یک موضوع ارائه می‌شود باید از طریق پژوهش‌های تجربی تست شده و مورد تأیید قرار بگیرد. اعتبار یک پژوهش علمی به مفاهیمی مانند شناسایی متغیرها و نحوه‌ی کنترل آنها، استفاده از روش‌های مختلف

اندازه‌گیری، تشخیص و کنترل خطاها و همچنین روش ارائه نتایج بستگی دارد (OECD, ۲۰۱۶). دانش رویه‌ای، دانش مفاهیم و روش‌هایی است که برای یک کاوشگری علمی که مبتنی بر جمع-آوری، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌های علمی است، ضروری است. این موارد بدنه اصلی دانش رویه‌ای را شکل می‌دهند. در جدول ۴، ویژگی‌های کلی دانش رویه‌ای که می‌تواند مورد سنجش قرار بگیرد، آورده شده است (OECD, ۲۰۱۶).

جدول ۴. ویژگی‌های کلی دانش رویه‌ای (پیزا ۲۰۱۵)

<ul style="list-style-type: none"> • مفهوم متغیرها، شامل متغیرهای پیوسته، مستقل و کنترل • مفهوم اندازه‌گیری، شامل اندازه‌گیری کمی و کیفی، استفاده از مقیاس • روش‌هایی برای سنجش میزان قطعیت داده‌ها و افزایش آن؛ مانند تکرار اندازه‌گیری و محاسبه میانگین نتایج • مکانیسم‌هایی برای سنجش دقت و صحت داده‌های به‌دست آمده • استفاده مناسب و به‌جا از شیوه‌های متداول ارائه داده‌ها مثل جدول، نمودار و چارت • توجه به استراتژی کنترل متغیرها و اهمیت آن در طراحی آزمایش یا استفاده از آزمایش‌های تصادفی کنترل شده جهت جلوگیری از ابهام در تفسیر نتایج • ماهیت یک طرح مناسب برای سؤال علمی موجود؛ برای مثال آزمایشی، میدانی، الگویابی و...

دانش معرفت‌شناسی

دانش معرفت‌شناختی به نقش سازه‌های خاص اشاره دارد و به تعیین ویژگی‌هایی می‌پردازد که در فرآیند شکل‌گیری دانش علمی ضروری هستند (روشل^۱ ۲۰۰۷). افرادی که در زمینه دانش معرفت‌شناسی تخصص دارند، می‌توانند تفاوت بین نظریه‌ها و فرضیه‌های علمی یا تفاوت مشاهدات و حقایق علمی را با ارائه مثال توضیح دهند. این افراد تشخیص می‌دهند مفهوم نظریه‌ای که در علم مطرح می‌شود با مفهوم آن در زندگی روزمره متفاوت است (OECD, ۲۰۱۶). دانش معرفت‌شناسی پایه و مبنایی را برای روش کار دانشمندانه فراهم می‌کند و دانشی از ساختارها و

¹ Duschl

ویژگی‌هایی که کاوشگری علمی را هدایت می‌کنند در اختیار می‌گذارد و زیربنای باورها در ادعاهای علمی مربوط به دنیای طبیعی را ارائه می‌دهد (OECD, ۲۰۱۶). یک فرد باسواد علمی با داشتن دانش رویه‌ای می‌تواند توضیح دهد که منظور از استراتژی کنترل متغیرها چیست و چگونه انجام می‌شود؟ و بر اساس دانش معرفت‌شناسی توضیح می‌دهد که چرا استفاده از استراتژی کنترل متغیرها یا تکرار دفعات اندازه‌گیری به‌عنوان هسته‌ی مرکزی در تولید دانش علمی نقش مهمی دارد؟ (OECD, ۲۰۱۶). جدول ۵، ویژگی‌های کلی دانش معرفت‌شناسی را که برای کسب سواد علمی ضروری است، نشان می‌دهد.

جدول ۵. ویژگی‌های کلی دانش معرفت‌شناسی (پیزا ۲۰۱۵)

ساختار و تعریف ویژگی‌های علم:
<ul style="list-style-type: none"> • ماهیت مشاهدات علمی، حقایق، فرضیه‌ها، مدل‌ها و نظریه‌ها • تمییز اهداف علم (تولید توضیحات پدیده‌های دنیای طبیعی) از فناوری (ساخت ابزارهای مورد نیاز بشر) • اعتبار علم شامل تعهد برای انتشار، بی‌طرفی و حذف تعصب و سوگیری • ماهیت استدلال‌های علمی مانند استدلال استقرایی و قیاسی
نقش ساختارها و خصوصیات فوق، در توجیه دانش علمی:
<ul style="list-style-type: none"> • چگونگی تأیید ادعاهای علمی به‌وسیله داده‌ها و استدلال‌ها در علوم • تأثیر انواع مختلف پژوهش‌های تجربی در تولید علم با توجه به اهداف و طرح تحقیق آنها • چگونگی تأثیر خطای اندازه‌گیری بر درجه اعتبار دانش علمی • کاربرد و نقش محیط فیزیکی و مدل‌های انتزاعی و محدودیت آنها • نقش مشارکت، انتقاد و این‌که چگونه داوری دقیق در افزایش درجه اطمینان ادعاهای علمی کمک می‌کند. • نقش دانش علمی، همراه با روش‌های دیگر دانش، در شناسایی و ریشه‌یابی مسائل اجتماعی و فنی

شایستگی‌ها

درک و فهم بحث‌های مربوط به علم و فن‌آوری و علاقه به درگیر شدن در آن مباحث، مستلزم سه شایستگی توانایی توضیح علمی پدیده‌ها، طراحی و ارزیابی پژوهش‌های علمی و تفسیر علمی

داده‌ها و شواهد است. اگرچه غیرمنطقی است که از یک دانش آموز ۱۵ ساله انتظار داشته باشیم که قابلیت‌های یک دانشمند متخصص را داشته باشد، اما از یک دانش‌آموز دارای سواد علمی انتظار داریم که نقش و اهمیت این تجارب را درک کرده و در به کار بستن آنها بکوشد. نشان‌دادن هریک از شایستگی‌های مذکور نیازمند انواع مختلف دانش محتوایی، رویه‌ای و معرفت‌شناسی است.

توضیح علمی پدیده‌ها

نشان‌دادن شایستگی توضیح علمی پدیده‌ها، از دانش‌آموز می‌طلبد که دانش محتوایی مناسبی را در شرایط داده شده به یاد آورد و از آن برای توضیح و تفسیر پدیده مورد نظر استفاده کند و در جاهایی که دانش علمی کافی نیست، از فرضیه‌های اولیه استفاده نماید. همچنین از یک فرد باسواد علمی انتظار می‌رود که بتواند با استفاده از مدل‌های علمی مناسب، بسیاری از پدیده‌های ساده زندگی را توجیه کند (مثلاً چرا گازها تراکم‌پذیرتر از مایعات هستند). ارائه توضیحات علمی مستلزم دانستن این است که چگونه این دانش شکل گرفته و فرآیندهای استاندارد استفاده شده برای به‌دست‌آوردن آن کدام‌اند؟ این موارد مستلزم دانش رویه‌ای و توجیه‌دانشی که به وسیله علم حاصل شده نیازمند دانش معرفت‌شناسی است (OECD، ۲۰۱۶).

جدول ۶. شایستگی‌های علمی پیزا ۲۰۱۵: توضیح علمی پدیده‌ها

تشخیص، ارائه و ارزیابی توضیحات برای گستره‌ای از پدیده‌های طبیعی و فنی با نشان‌دادن توانایی برای:

- یادآوری و به کار بستن دانش علمی مناسب
- شناسایی، استفاده و تولید مدل‌های توضیحی و تمثیل‌ها
- ارائه توجیه پیش‌بینی‌های مناسب
- پیشنهاد فرضیه‌های توضیحی
- توضیح تأثیرات ضمنی دانش علمی بر جامعه

طراحی و ارزیابی پژوهش‌های علمی

سواد علمی در این بعد، اشاره به این موضوع دارد که آیا دانش آموز از اهداف تحقیقات علمی و از ویژگی‌هایی که دانش علمی به دست آمده در دنیای طبیعی را قابل اعتماد می‌سازد، آگاهی دارد؟ (زیمان، ۱۹۷۹). این شایستگی نیازمند داشتن دانش ویژگی‌های کلیدی در پژوهش‌های علمی است.

مثلاً چه چیزی باید اندازه گیری شود؟ چه متغیرهایی باید ثابت و کنترل شوند؟ چه اقداماتی باید انجام شود تا دقت و اعتبار نتایج افزایش یابد؟ و...

دانشمندان به صورت گروهی کار می کنند و متعهدند که یافته های پژوهش را به همراه روش های به کار گرفته شده، گزارش و چاپ کنند. این ویژگی باعث می شود که تحقیق قابل تکرار باشد. یک دانش آموز دارای سواد علمی نیز با اعتقاد به این که هر پژوهشی بر پایه پژوهش های قبلی بنا شده است، می تواند اهمیت استفاده از یافته های پژوهش های قبلی را در نتایج پژوهش حاضر توضیح دهد. در کسب این شایستگی، ممکن است هر سه شکل دانش محتوایی (دانش علمی)، دانش رویه ای (روال عادی کار در علوم) و دانش معرفت شناسی (توجیه روال و فرآیندها و ادعای علمی) مورد استفاده قرار گیرد (OECD, ۲۰۱۶).

جدول ۷. شایستگی های علمی پیزا ۲۰۱۵: طراحی و ارزیابی پژوهش های علمی

<p>توصیف و ارزیابی پژوهش های علمی و پیشنهاد روش هایی برای پاسخ دهی علمی به سؤالات با نشان دادن توانایی برای:</p> <ul style="list-style-type: none"> • شناسایی پرسش مورد بررسی در یک تحقیق علمی معین • تشخیص سؤالاتی که می توانند به شیوه ی علمی بررسی شوند. • پیشنهاد یک روش کاوش علمی برای یک مسئله معین • ارزیابی روش های کاوش علمی یک مسئله معین • توصیف و ارزیابی این که چگونه دانشمندان از دقت و اعتبار داده ها و تعمیم پذیری نتایج اطمینان حاصل می کنند.

تفسیر علمی شواهد و داده ها

تفسیر داده ها به عنوان هسته مرکزی فعالیت های دانشمندان مطرح می شود. یک دانش آموز دارای سواد علمی، لازم است به درک اولیه ای از تفسیر شواهد و نتایج تحقیق رسیده باشد (برای مثال تفسیر داده ها با جستجوی الگوها، ساخت جدول ساده، نمودار دایره ای و میله ای). در سطوح بالاتر، از ابزارهای تحلیلی مثل صفحه گسترده و نرم افزارهای آماری استفاده می شود. با این وجود نباید به این شایستگی، تنها به عنوان توانایی استفاده از ابزار نگاه کنیم، زیرا بخش اصلی این دانش، به تشخیص و استفاده از داده ها و شواهد معتبر مربوط است (OECD, ۲۰۱۶).

همچنین شایستگی تفسیر علمی شواهد و داده‌ها، شامل توانایی دسترسی به اطلاعات علمی، ارائه مباحثات و تفسیرها و ارزیابی آنها بر اساس شواهد علمی است (کوهن^۱، ۲۰۱۰، اوسبرن^۲، ۲۰۱۰). تفسیر رابطه بین الگوها و استفاده از روش‌هایی برای کاهش خطا در نتایج، نیازمند دانش رویه‌ای؛ مشخص کردن این‌که کدام تفسیر از بقیه مناسب‌تر است مستلزم دانش محتوایی؛ و استدلال و تبیین دلایلی در جهت انتخاب تفسیر مناسب، نیازمند دانش معرفت‌شناسی است (OECD، ۲۰۱۶).

جدول ۸. شایستگی‌های علمی پیزا ۲۰۱۵: تفسیر علمی شواهد و داده‌ها

<p>تحلیل و ارزیابی داده‌های علمی، ادعاها و استدلال‌های مختلف و رسیدن به نتیجه‌گیری مناسب با نشان دادن توانایی برای:</p> <ul style="list-style-type: none"> • انتقال داده‌ها از یک شکل ارائه به شکلی دیگر • تحلیل و تفسیر داده‌ها و رسیدن به نتیجه‌گیری مناسب • تعیین مفروضات، شواهد و استدلال‌ها در متون علمی • تمییز نظریه‌ها و استدلال‌های مبتنی بر شواهد علمی از استدلال‌های دیگر • ارزیابی اسناد و منابع علمی از منابع دیگر مثل روزنامه‌ها، اینترنت و...

زمینه‌ها

در قرن حاضر، افراد در سطح زندگی خود با تجارب و تصمیم‌هایی روبه‌رو می‌شوند که این تصمیم‌ها به طور مستقیم یا غیرمستقیم، بر سلامت فرد و جامعه، کیفیت محیط زیست، استفاده مناسب از انرژی‌ها و فناوری‌های جدید تأثیر می‌گذارند. رسیدگی به این چالش‌ها یک همکاری اساسی بین علم و فناوری را می‌طلبد. به همین جهت موضوعات مورد ارزیابی در سنجش پیزا، محدود به موضوعات علوم مدارس نیست؛ بلکه مرتبط با محدوده وسیعی از زمینه‌هایی است که ممکن است در زندگی واقعی ایجاد مسئله نمایند. در چارچوب علوم پیزا، سه دسته زمینه با عناوین شخصی^۳، محلی/ملی^۴ و جهانی^۵ تعریف شده است و هریک از سؤالات آزمون با توجه به وسعت تأثیر خود، در یکی از

¹ Kuhn

² Osborne

³ Personal

⁴ Local/national

⁵ Global

این دسته‌ها قرار می‌گیرد (OECD, ۲۰۱۶). در دسته‌بندی مذکور، پرسش‌هایی با زمینه‌ی شخصی مربوط به فعالیت‌های شخصی، خانوادگی یا گروه همسالان است. پرسش‌های محلی و ملی مربوط به جامعه و حوزه‌ی زندگی فرد و پرسش‌های جهانی در سطح وسیع و مربوط به ابعاد مختلف زندگی هستند. همچنین این پرسش‌ها در حوزه‌های مختلف بهداشت و سلامت، منابع طبیعی، کیفیت محیط زیست، خطرات و ارتباط بین علم و فناوری مطرح می‌شوند (OECD, ۲۰۱۶). در جدول ۹ ارتباط بین حوزه‌های مهم سواد علمی و فناوری با زمینه‌ها نشان داده شده است.

جدول ۹. حوزه‌ها و زمینه‌های ارزیابی سواد علمی پیزا ۲۰۱۵

جهانی	محلی / ملی	شخصی	
اپیدمی، گسترش عفونی بیماری‌ها	کنترل شیوع بیماری، سرایت اجتماعی، انتخاب غذا، سلامت و بهداشت جامعه	حفظ سلامت، حوادث، کیفیت تغذیه	سلامت و بهداشت
منابع طبیعی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، رشد جمعیت، استفاده پایدار از منابع	ابقای نسل بشر، کیفیت زندگی، امنیت، تولید و توزیع مواد غذایی، تأمین انرژی	استفاده‌های شخصی از مواد و انرژی	منابع طبیعی
تنوع زیستی، پایداری زیست‌محیطی، کنترل آلودگی، تولید و نابودی خاک و زیست‌توده	پراکندگی جمعیت، دفع زباله، اثرات زیست محیطی	اقدامات سازگار با محیط زیست، استفاده و دفع مواد و وسایل	کیفیت محیطی
تغییرات آب و هوا، تأثیر ارتباطات عصر جدید	ارزیابی ریسک تغییرات سریع (مانند زمین لرزه) و تغییرات تدریجی (مانند فرسایش ساحلی)	ارزیابی ریسک انتخاب شیوه زندگی	خطرات
انقراض گونه‌ها، اکتشافات و کاوش فضا، پیدایش و ساختار جهان	مواد، دستگاه‌ها و فرآیندهای جدید، اصلاح ژنتیک، فناوری بهداشت، حمل و نقل	جنبه‌های علمی وسایل سرگرمی، فناوری شخصی، موسیقی و فعالیت‌های ورزشی	ارتباط علم و فناوری

ناگفته نماند که سنجش پیزا، سنجش زمینه‌ها نیست؛ بلکه دانش و شایستگی‌ها را در زمینه‌های خاص، مورد سنجش قرار می‌دهد (OECD، ۲۰۱۶). طبق گزارش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در طراحی سؤالات در زمینه‌های مختلف به موارد زیر اهمیت داده می‌شود:

- تناسب زمینه‌ها با تجارب سنی دانش آموزان؛
- توجه به تضادهای فرهنگی کشورهای شرکت کننده در جهت احترام به شرکت کنندگان و همچنین اعتبار سنجش پیزا؛
- توجه به زمینه‌های تاریخی در جهت آشناسازی دانش آموزان با روند شکل‌گیری و پیشرفت علم.

نگرش‌ها

نگرش افراد نسبت به علم نقشی مهم در علاقه، گرایش و واکنش آنها نسبت به موضوعات علم و فناوری دارد. یکی از اهداف مهم تحصیل علمی این است که طرز نگرشی را در دانش آموزان ایجاد کند که آنها برای درگیر شدن در موضوعات مربوط به علم و فناوری، کنجکاو و علاقمند شوند (باندورا ۱۹۹۷).

طرز نگرش دانش آموزان نسبت به علم، بخشی از ساختار سواد علمی پیزا را تشکیل می‌دهد. مفهوم طرز نگرش چارچوب پیزا از ساختار الگوی کلوففر^۱ و مطالعه پژوهش‌های نگرشی گرفته شده است (کلوففر، ۱۹۷۶، اوسبرن^۲، ۲۰۰۳، گاردنر^۳، ۱۹۷۵، شیبسی^۴، ۱۹۸۴). ویژگی اساسی که برای بررسی نگرش‌ها در چارچوب پیزا در نظر گرفته شده است، تمییز بین نگرش علمی و نگرش نسبت به علم است. نگرش علمی میزان تمایلات نسبت به ارزش‌گذاری به شواهد تجربی و رویکردهای علمی است و نگرش نسبت به علم، میزان ابراز علاقه به موضوعات و فعالیت‌های علمی می‌باشد (OECD، ۲۰۱۶). سنجش پیزا نگرش افراد را در سه حوزه علاقه به علم و فناوری، آگاهی‌های محیطی و ارزش به رویکردهای علمی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. میزان علاقه مندی و باورهای دانش‌آموزان به علم و

¹ Klopfer

² Osborne

³ Gardner

⁴ Schibeci

درک جایگاه علم و تأثیر آن در جنبه‌های مختلف زندگی، در سنجش نتایج آزمون‌ها نقش مهمی دارد. در برنامه پیزا، نگرش دانش آموزان در ابعاد مذکور از طریق پرسش‌نامه‌هایی سنجش می‌شود. طبق تحلیل نتایج پیزا در سال ۲۰۰۶، از ۵۲ کشوری که در این آزمون شرکت کرده‌اند، دانش‌آموزانی که علاقه بیشتری نسبت به علم داشته‌اند، عملکرد بهتری داشته‌اند (OECD، ۲۰۰۷).

سطح نیاز شناختی در سنجش سواد علمی پیزا

یکی از ویژگی‌های کلیدی و جدید چارچوب ۲۰۱۵، تعریف سطح شناختی^۱ در ارزیابی دانش و شایستگی‌های سواد علمی است. سطح نیاز شناختی و سطح دشواری دو مفهوم جداگانه هستند؛ سطح دشواری سؤالات، میزان دانش جامعه آماری آزمون دهنده‌ها را نشان می‌دهد و به صورت تجربی و از روی نسبت کل پاسخ‌های صحیح آزمون‌دهندگان محاسبه می‌شود. اما نیاز شناختی به نوع فرآیندهای ذهنی لازم برای پاسخ‌دهی به سؤال اطلاق می‌شود. در سنجش پیزا عمق دانش لازم یا همان سطح نیاز شناختی سؤالات، باید به طور واضح توسط طراحان سؤال و کاربران چارچوب پیزا درک شود. برای مثال یک سؤال ممکن است به دلیل این‌که دانشی را که می‌خواهد مورد سنجش قرار دهد، به خوبی مشخص نکرده است، سطح دشواری بالایی داشته باشد؛ اما نیاز شناختی آن به سادگی یک یادآوری باشد. همچنین یک سؤال ممکن است سطح نیاز شناختی بیشتری را بطلبد و لازم باشد تا دانش‌آموزان عناصر دانش زیادی را ارزیابی و به هم ارتباط دهند؛ اما همه عناصر مورد نظر، به آسانی قابل یادآوری باشند. لازم است که ابزار سنجش پیزا، تفاوت بین عملکرد دانش‌آموزان را با توجه به نوع سؤالات در نظر بگیرد و همچنین اطلاعاتی را در مورد این‌که چگونه دانش‌آموزان می‌توانند در گستره توانایی‌های خود، مسائل را در سطوح مختلف نیاز شناختی بررسی کنند، فراهم آورد (بروخارت^۲ و نیکتو^۳، ۲۰۱۱).

در خصوص سطوح نیازهای شناختی، چارچوب‌های مختلفی مانند طبقه‌بندی بلوم^۴ (۱۹۵۶)، وب^۵ (۱۹۹۷)، مارزانو و کندال^۶ (۲۰۰۷)، فورد و وارگو^۷ (۲۰۱۲) پیشنهاد شده است که پیزا برای

^۱ Cognitive demand

^۲ Brookhart

^۳ Nitko

^۴ Bloom

^۵ Webb

^۶ Marzano and Kendall

^۷ Ford and Wargo

توسعه و ارزیابی دانش و شایستگی‌های دانش آموزان از همه این چارچوب‌ها کمک گرفته است. از آنجایی که از بین چارچوب‌های مذکور، شیوه عمق دانش وب ساده‌تر و عملیاتی‌تر از بقیه است، تعیین سطوح نیاز شناختی در چارچوب ۲۰۱۵ پیزا، از جدول عمق دانش وب اتخاذ شده است (وب ۱۹۹۷).

سطح نیاز شناختی سؤالات با توجه به عوامل مختلفی مانند تعداد و درجه دشواری عناصر دانش مورد نیاز، دانش زمینه‌ای دانش‌آموزان، عملیات ذهنی لازم برای پاسخ‌دهی به سؤال و همچنین ارتباط پاسخ سؤال با مدل‌ها و مفاهیم انتزاعی، تعیین می‌شود. هر سؤال بر اساس سطح شناختی مورد نیاز در یکی از سه دسته کم، متوسط یا زیاد دسته‌بندی می‌شود (OECD، ۲۰۱۶).

• سطح شناختی کم:

انجام دادن یک روند تک‌مرحله‌ای مانند یادآوری یک حقیقت، اصطلاح، اصل یا مفهوم و استخراج اطلاعاتی از جدول یا نمودار؛

• سطح شناختی متوسط:

استفاده از دانش مفهومی برای توصیف پدیده‌ها، انتخاب روندهای دو یا چند مرحله‌ای مناسب، سازماندهی و نمایش داده‌ها، تفسیر و استفاده از داده‌های جدول و نمودارها؛

• سطح شناختی زیاد:

تحلیل اطلاعات و داده‌های پیچیده، استنتاج یا ارزشیابی شواهد، توجیه و استدلال منابع متعدّد موجود، طرح‌ریزی و ترتیب‌دادن مراحل برای حلّ مسأله.

با توجه به این که شایستگی‌ها هسته مرکزی چارچوب پیزا هستند، لازم است که این چارچوب، سطوح شناختی این شایستگی‌ها را در محدوده توانایی دانش‌آموزان ارزیابی و گزارش کند. بنابراین در جدول تحلیل سؤالات پیزا علاوه بر نوع دانش و شایستگی، سطح شناختی مورد نیاز نیز مشخص می‌شود (OECD، ۲۰۱۶).

تحلیل نمونه‌ای از سؤالات آزمون پیزا ۲۰۱۵

یکی از سؤالات آزمون سواد علمی پیزا ۲۰۱۵، با عنوان «گلخانه» مطرح شده است که در ارتباط با افزایش میانگین دمای جو زمین می‌باشد. این سؤال با یک متن کوتاه چالش برانگیز که اصطلاح

«اثر گلخانه‌ای»^۱ را تعریف می‌کند، شروع می‌شود. در ادامه، نمودارهایی در مورد میانگین دمای جو زمین در طی سال‌های مختلف و انتشار گاز کربن دی‌اکسید در آن سال‌ها آورده شده است (OECD, ۲۰۱۶). دانش آموزان باید با خواندن متن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهند. شکل ۲، ترجمه متن سؤال مذکور را نشان می‌دهد.

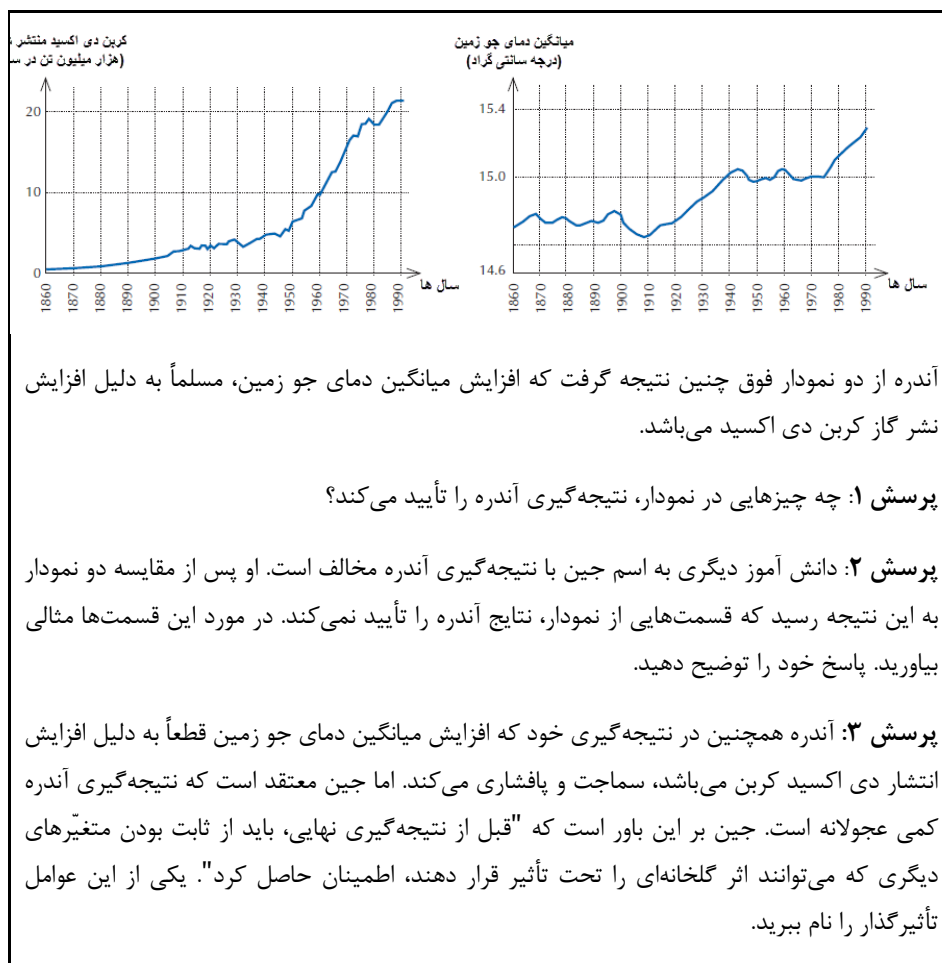
اثر گلخانه‌ای: دروغ یا واقعیت؟

«موجودات زنده برای زنده ماندن به انرژی نیاز دارند. انرژی‌ای که امکان حیات را بر روی زمین فراهم می‌کند، انرژی خورشیدی نام دارد. این انرژی به دلیل گرمای زیاد، از مرکز خورشید خارج شده و در فضای اطراف منتشر می‌شود. مقداری کم از این انرژی تابشی به زمین می‌رسد. جو زمین به عنوان یک پوشش محافظ بر روی سطح سیاره ما عمل کرده و از نوسانات دمایی که ممکن است بین زمین و فضای اطراف رخ دهد، جلوگیری می‌کند.

پرتوهای پیرانرژی ساطع شده از خورشید، می‌توانند از جو زمین عبور کرده و به سطح زمین برسند. سطح زمین، برخی از پرتوهای ورودی را جذب و برخی دیگر را بازتاب می‌کند. بخشی از انرژی پرتوهای بازتاب شده، توسط جو جذب می‌شود. اگر جو زمین وجود نداشت، متوسط دمای روی سطح زمین بیشتر از میزان معمول آن می‌شد. از آنجایی که جو زمین همانند یک گلخانه عمل می‌کند، به این عمل اثر گلخانه‌ای گفته می‌شود. گفته می‌شود که اثر گلخانه‌ای در قرن بیستم به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. این یک واقعیت است که میانگین دمای جو زمین زیاد شده است. در اکثر روزنامه‌ها و نشریات، افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن، به عنوان عامل اصلی افزایش دمای کره زمین در قرن بیستم مطرح شده است.»

دانش آموزی به نام آندره به وجود ارتباط احتمالی بین افزایش میانگین دمای جو زمین و نشر گاز کربن دی‌اکسید علاقه‌مند شده است. او در یک کتابخانه دو نمودار زیر را مشاهده کرد.

¹ Greenhouse effect



شکل ۲. سؤال مربوط به گلخانه؛ پیزا ۲۰۱۵

پرسش ۱، در ارتباط با کیفیت محیط زیست و در یک زمینه جهانی مطرح شده است و پاسخ آن نیازمند توضیح علمی پدیده مورد نظر می باشد. همان طور که در جدول ۱۰ مشاهده می شود نوع شایستگی و زمینه سؤال، در هر دو چارچوب ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ مشابه است اما طبقه بندی نوع دانش در دو چارچوب متفاوت می باشد. چارچوب ۲۰۱۵، با تعیین سطح شناختی سؤال و همچنین بررسی دقیق تر نوع دانش علمی، نگاه وسیع تری در تحلیل سؤال داشته است (OECD, ۲۰۱۶).

پرسش ۱ نه تنها از دانش آموزان می خواهد تا داده های موجود در نمودارها را تفسیر کنند، بلکه از آنها می خواهد تا به این موضوع توجه کنند که آیا شواهد موجود، نتایج به دست آمده را از نظر علمی

توجیه می‌کند یا خیر؟ این ویژگی مستلزم دانش معرفت شناسی است. از طرفی با توجه به این که پاسخ به این سؤال نیازمند تفسیر نمودارها می‌باشد، سطح نیاز شناختی آن متوسط می‌باشد.

جدول ۱۰. طبقه‌بندی چارچوب پیزا برای پرسش شماره ۱ گلخانه

چارچوب ۲۰۱۵	چارچوب ۲۰۰۶	طبقه بندی چارچوب
معرفت شناسی	دانش درباره علم	نوع دانش
توضیح علمی پدیده‌ها	توضیح علمی پدیده‌ها	شایستگی
محیطی، جهانی	محیطی، جهانی	زمینه
متوسط	-	سطح شناختی

در پاسخ به پرسش ۲، لازم است که دانش آموزان دو نمودار را به‌طور کامل مطالعه و مقایسه کنند. دسته‌بندی مؤلفه‌های سواد علمی در این پرسش، مشابه پرسش ۱ است (جدول ۱۰).

در پاسخ به پرسش ۳، دانش آموزان باید با در نظر گرفتن متغیرهای کنترل، به بررسی انتقادی شواهدی بپردازند که از آنها برای تأیید ادعاها استفاده شده است. این ویژگی مستلزم دانشی است که در چارچوب ۲۰۱۵ با عنوان دانش رویه‌ای مطرح شده است (جدول ۱۱). بقیه سطوح طبقه‌بندی مشابه پرسش‌های قبل می‌باشد (OECD, ۲۰۱۶).

جدول ۱۱. طبقه‌بندی چارچوب پیزا برای پرسش شماره ۳ گلخانه

چارچوب ۲۰۱۵	چارچوب ۲۰۰۶	طبقه بندی چارچوب
رویه‌ای	دانش درباره علم	نوع دانش
توضیح علمی پدیده‌ها	توضیح علمی پدیده‌ها	شایستگی
محیطی، جهانی	محیطی، جهانی	زمینه
متوسط	-	سطح شناختی

نتیجه گیری

سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، «برنامه بین‌المللی ارزیابی دانش آموزان» مرسوم به پیزا را به منظور ارائه‌ی گزارش‌هایی در مورد تأثیر سیستم‌های آموزشی کشورهای عضو یا سایر کشورهای

ذی نفع در آماده‌سازی دانش آموزان ۱۵ ساله برای مقابله با چالش‌های زندگی آینده پایه‌گذاری کرده است. هدف اصلی سنجش بین‌المللی پیزا ارزیابی سیستم‌های آموزشی بر اساس میزان آماده‌سازی دانش‌آموزان برای مواجهه با مسائل دنیای واقعی جامعه مدرن است. هسته مرکزی مطالعه پیزا، شایستگی‌ها یا توانایی‌هایی است که یک فرد دارای سواد علمی باید آنها را داشته باشد که در این راستا نیازمند کسب شکل‌های مختلف دانش و مجموعه‌ای از نگرش‌هاست تا بتواند شایستگی‌ها و توانایی‌های خود را در زمینه‌های مختلف زندگی بروز دهد.

تحلیل چارچوب سواد علمی پیزا و مقایسه آن با آزمون‌های تیمز و پرلز نشان می‌دهد که بین اهداف، ساختار و روند برگزاری آزمون پیزا با آزمون‌های تیمز و پرلز تفاوت زیادی وجود دارد. تیمز روی این موضوع تمرکز دارد که چه دانشی به دانش آموز ارائه شده و چه مقدار از آن را دانش آموز یاد گرفته است؛ در حالی که تمرکز مطالعه پیزا بر این است که فراگیر با دانش آموخته شده چه کارهایی می‌تواند در دنیای واقعی انجام دهد. پیزا از نظر محوریت اصلی، دریافت اطلاعات پس‌زمینه دانش آموزان و بررسی نگرش آنها نسبت به یادگیری و همچنین روند برگزاری آزمون و نوع سؤالات از آزمون‌های دیگر متمایز شده است.

منابع

مرکز ملی مطالعات بین‌المللی تیمز و پرلز. تابستان ۱۳۹۷. سؤالات متداول مربوط به مرکز ملی مطالعات تیمز و پرلز ایران. مرکز ملی مطالعات تیمز و پرلز.

<http://www.timsspirals.ir/?fkeyid=&siteid=90&pageid>

یونسکو. ۱۳۸۵. یادگیری گنج درون (نکته‌های برجسته). ترجمه فاطمه فقیهی و علی رؤف. پژوهشگاه تعلیم و تربیت وزارت آموزش و پرورش.

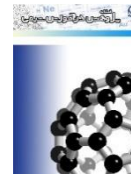
Archer-Bradshaw, R. E. (2014). Demystifying Scientific Literacy: Charting the Path for the 21st Century. *Journal of Educational and Social Research MCSER Publishing*. Rome-Italy. 4 (3), 165-173.

Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. W.H. Freeman and Company. Macmillan Publishers. New York.

Brookhart, S. M. and Nitko A. J. (2011) *Strategies for constructing assessments of higher order thinking skills*. G. Schraw and D.R. Robinson (Eds.). Assessment of Higher Order Thinking Skills. IAP. Charlotte. NC, 327-359.

- Broietti F.C.D, Santos Nora P.S, Costa S.L.R. (2019) Dimensions of Science Learning: A Study on PISA Test Questions Involving Chemistry Content. *Acta Scientiae*. 21(1), 95-115.
- Duschl, R. (2007). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Review of Research in Education*. 32, 268-291.
- Gardner, P. L. (1975). Attitudes to Science. *Studies in Science Education*. 2, 1-41.
- Klopfer, L.E. (1976). "A structure for the affective domain in relation to science education. *Science Education*. 60 (3), 299-312.
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*. 94 (5), 810-824.
- National Research Council (1996). *The national science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD. (2004). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264101739-en>.
- OECD. (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264026407-en>.
- OECD. (2007). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1: Analysis*, PISA, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264040014-en>.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. PISA, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2019), *PISA 2018 Results (Volume II): Where All Students Can Succeed*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>.
- Ogunkola, B. J. (2013). Scientific Literacy: Conceptual Overview, Importance and Strategies for Improvement. *Journal of Educational and Social Research*, 3 (1), 265-276.

- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2018). About OECD. OECD. <http://www.oecd.org/about/>.
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative critical discourse. *International Journal of Science Education*. 328 (5977), 463-466.
- Osborne, J. F, Simon, S., Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*. 25 (9), 1049-1079.
- Roberts D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell, & Lederman, N. G. (eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Rychen, D. S., Salganik, L. H. (Eds.) (2003). *Keycompetencies for a successful life and a well-functioning society*. Cambridge. MA: Hogrefe & Huber.
- Schibeci, R. A. (1984). Attitudes to science: An update. *Studies in Science Education*. 11: 26-59.
- Strong, A., Silver, M, Perini, D. (2004). *Teaching what matters most standard and strategies for raising student's achievement*. New York: ASCD Pub.
- UNEP. (2012). *21 Issues for the 21st Century: Result of the UNEP Foresight Process on Emerging Environmental Issues*. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya. www.unep.org/pdf/Foresight-Report-21-Issues-for-the-21st-Century.pdf.
- Webb, N. L. (1997). Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education. *Council of Chief State School Officers and National Institute for Science Education Research Monograph*. National Institution for Science Education. Washington, DC.
- Wu, M. (2011). Using PISA and TIMSS Mathematics Assessments to Identify the Relative Strengths of Students in Western and Asian Countries. *Journal of Research in Education Sciences*. 56 (1), 67-89.
- Ziman, J. (1979). *Reliable Knowledge: An Exploration of the Grounds for Belief in Science*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.



Analysis of the Assessment Framework of the Students' Scientific Literacy in the PISA International Study

Masoumeh Ghalkhani^{1*}, Ali Shiralipour²

^{1,2}Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Abstract

Since 2000, the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) measures the performance of 15-year-old students using the Pisa Scientific Literacy Test (PISA) in member countries every three years, emphasizing their ability to deal with real-world issues and future life challenges. PISA assessment is not just about reproducing what students have learned, but also about testing how students can apply their learning in new situations, both at school and outside. The PISA test answers questions about whether students are well prepared to face the challenges of a future life. In this research, while describing the PISA evaluation system, different dimensions of scientific literacy in the template of this system have been analyzed. A general comparison of the structure of the PISA test with the trends in the international mathematics and science study (TIMSS) and progress in international reading literacy study (PIRLS) tests was done in terms of objective, type of questions, and process. The PISA test assesses the skills of the reading, science, mathematics, and problem solving by focusing on students' characteristics, motivation, and attitudes toward learning and learning strategies, while the TIMSS and PIRLS study the mathematics and science education and reading literacy progress, respectively, with curriculum orientation and with focusing on curriculum and teachers' classroom behaviors and school activities.

Keywords: PISA assessment, Scientific literacy, Chemistry, Learning.

*Corresponding Author: (✉) ghalkhani@sru.ac.ir