

دبیرخانه شورای هماهنگی علمی سازمان

کمیته مطالعات تطبیقی



تهیه و تدوین:

روح الله خلیلی بروجنی

گزارش مطالعه تطبیقی بررسی سواد علمی

چارچوب آموزش و ارزیابی علوم بر اساس PISA 2015

IPISA اشاره: در ادامه گزارش های مطالعه تطبیقی، این گزارش به موضوع سواد علمی اختصاص دارد. عمده این بحث براساس گزارشهای تهیه شده است، و در طی آن ضمن ارائه سیر تکمیلی تعریف سواد علمی به شایستگی های مطرح در سواد علمی اشاره شده است. در ادامه به حوزه و دامنه سواد علمی می پردازد و مفاهیم کلیدی سواد علمی در این حوزه ها و در سه سطح فردی، ملی/محلی و جهانی را نشان می دهد.

مقدمه : سواد علمی و دلیل اهمیت IT

1- این سند شرح منطقی چارچوبی است که اساس ارزیابی سواد علمی را تشکیل می دهد (هدف اصلی ¹ PISA 2015). چارچوب قبلی PISA، ارزیابی علم را به تفصیل شرح داده است. مفهومی از سواد علمی که به عنوان ساختار اصلی ارزیابی علوم بیان شده است (² OECD، 1999، OECD، 2003، OECD، 2006). مفهوم سواد علمی در این اسناد، توافق عمیقی را میان مربیان علوم ایجاد کرده است. چارچوب PISA 2015 ساختار قبلی را پالایش کرده و گسترش داده است به ویژه با نزدیک شدن به چارچوب PISA 2006 که اساس ارزیابی سال های 2006، 2009 و 2012 بود.

۲- **اهمیت سواد علمی در دو سطح ملی و بین المللی بدلیل چالش های عمده پیش روی انسان است؛** تأمین آب و مواد غذایی، کنترل بیماری ها، تولید انرژی کافی و تطبیق با تغییرات آب و هوایی (³ UNEP، 2012). هرچند، بسیاری از این مسائل در سطح محلی ایجاد شده، که افراد با تصمیم گیری در مورد ملزومات بهداشت و مواد غذایی، استفاده مناسب از مواد و فناوری های جدید، و تصمیم گیری در مورد استفاده از انرژی، می توانند تأثیر گذار باشند. روبرو شدن با همه این چالش ها، نیازمند سهم عمده ای از علم و فناوری است. تاکنون، بر اساس استدلال کمیسیون اروپا، راه حل های مشکلات سیاسی و اخلاقی که به علوم و تکنولوژی مربوط می شود « نمی تواند موضوع بحث آگاهانه ای باشد مگر برای جوانانی، با اطلاعات علمی خاص » (کمیسیون اروپا، 1995، p.28). بعلاوه، " این بدان معنا نیست که همه را به متخصصان علمی تبدیل کنیم، اما می توان آنها را با قابلیت هایی برای نقشی روشنفکرانه در انتخاب تأثیر گذاری که بر محیط خود دارند و برای درک وسیعی از مفاهیم اجتماعی مباحث بین کارشناسان آماده ساخت » (همان . p.28). با توجه به این که دانش علمی، و فناوری مبتنی بر علم به طور قابل توجهی به زندگی شخصی، اجتماعی و حرفه ای افراد کمک می کند، درک درستی از علم و فناوری را می توان هسته "آماده سازی جوانان برای زندگی" دانست.

۳- **سواد علمی در بر دارنده این ایده است که اهداف آموزش علوم باید گسترده و کاربردی شود.** بنابراین، در این چارچوب، مفهوم سواد علمی به دومفهوم دانش علمی و فناوری مبتنی بر علم اشاره دارد. هرچند، که علم و فناوری در اهداف، فرایندها و محصولات شان متفاوت عمل می کنند. فناوری به دنبال راه حل بهینه برای مشکلات انسان است و ممکن است بیش از یک راه

¹ Programme for International Student Assessment (PISA)

² Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

³ United National Environment Programme (UNEP)

حل بهینه وجود داشته باشد. درحالیکه، علم در پی پاسخ دادن به سؤال خاصی در مورد جهان مادی طبیعی است. با این وجود، این دو تقریباً باهم مرتبط اند. به عنوان مثال، دانش علمی جدید فناوری های جدید را توانا تر می سازد مانند پیشرفت در علم مواد که در سال 1948 منجر به توسعه ترانزیستورها شد. به همین ترتیب فناوری های جدید سبب تولید دانش علمی جدیدتری می شود مانند تحول دانش ما در مورد جهان که از طریق پیشرفت تلسکوپ ها، بهتر صورت گرفت. مخصوصاً، تصمیم گیری ها و انتخاب هایی که از فناوری های جدید متأثر می شوند. به عنوان مثال، برای رانندگی های کوتاه تر، بیشتر از اتومبیل های با سوخت بهینه استفاده می شود. بنابراین فرد دارای سواد علمی باید بتواند به خوبی تشخیص دهد و انتخاب آگاهانه تری داشته باشد. هرچند علم و تکنولوژی غالباً منبعی از راه حل ها است، اما ممکن است منبع خطرهم باشد و مشکلات جدیدی را ایجاد کند که به نوبه خود برای حل و فصل آنها به علم و فناوری نیازمندیم. بنابراین افراد باید بتوانند مفاهیم کاربردی دانش علمی و مسائلی را که برای آنها و یا جامعه بزرگتری مطرح می شود؛ بررسی کنند.

۴- سواد علمی نه تنها نیازمند دانستن مفاهیم و نظریه های علمی است بلکه به آگاهی از روش های رایج مرتبط با تحقیقات علمی و چگونگی پیشبرد علم نیز نیازمند است. بنابراین افرادی که دارای سواد علمی هستند از مفاهیم اصلی و ایده هایی که پایه و اساس تفکر علمی و فناوری را تشکیل می دهند؛ آگاهند. چگونه می توان چنین دانشی را اثبات کرد؟! و با توجه به چه شواهد و یا توضیحات نظری، درجه چنین دانشی توجیه می شود؟!

۵- بدون شک، حل بسیاری از چالش های قرن 21 به راه های خلاقانه ای نیاز دارد که بر اساس تفکر و کشف علمی بنا شده باشد. بنابراین جوامع به گروهی از دانشمندان نیاز خواهند داشت که به خوبی تحصیل کرده و برای انجام تحقیقات، و نوآوری علمی و فناوری متعهد باشند تا بتوانند پاسخگوی چالش های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی جهان باشند. ما نیز، همچون دانشمندان برای تعامل با جامعه وسیعتر، نیازمند زکاوت علمی و درجه بالایی از سواد علمی هستیم تا درک عمیقی از ماهیت علم، محدودیت های آن و عواقب ناشی از کاربرد آن داشته باشیم.

۶- بنا بر همه این دلایل، تصور می شود که سواد علمی، یک شایستگی کلیدی است (Rychen و Salganik, 2003) و با عبارت " توانایی استفاده از دانش و اطلاعات تعاملی " تعریف شده است که " درک درستی از اینکه چگونه دانش علمی روش تعامل با جهان را تغییر می دهد و چگونه برای رسیدن به اهداف گسترده تر می توان آن را مورد استفاده قرارداد " (p.10). به این ترتیب هدف اصلی آموزش علوم، برای همه دانش آموزان مشخص است. بنابراین ارزیابی بین المللی 2015 از افراد 15 ساله که بر اساس دیدگاه سواد علمی شکل گرفت، به این سوال پاسخ می دهد که: جوانان برای دانستن، ارزش نهادن، و توانایی انجام کار در شرایط مرتبط با علم و فناوری، به چه چیزی باید اهمیت بدهند؟

۷- این چارچوب برای آنچه که با واژه سواد علمی بیان می شود، دلیل منطقی و مشروحی را ارائه داده است. چنین ساختاری، پایه و اساس ارزیابی علمی PISA را تشکیل می دهد. ساختار سواد علمی در این سند، با عبارت زیر تعریف شده است: مجموعه ای از شایستگی ها که از فرد دارای سواد علمی انتظار می رود. این شایستگی ها اساس ساختار مورد آزمون را تشکیل می دهد (2010.Wiliam).

سواد علمی: به سوی یک تعریف

۸- در مورد نتایج آموزش علوم، تفکر حاضر شدیداً بر این اعتقاد است که داشتن درک درستی از علم، بسیار مهم بوده و باید یکی از ویژگی های آموزش هر فرد جوان باشد (انجمن آمریکایی برای پیشرفت علم، 1989؛ کنفدراسیون جوامع علمی اسپانیا ۲۰۱۱؛ فنشام، 1985؛ میلار و آزبورن، 1998؛ شورای ملی تحقیقات، ۲۰۱۲؛ کنفرانس وزیران آموزش و پرورش در جمهوری فدرال آلمان (KMK)، 2005؛ وزارت آموزش و پرورش تایوان، 1999). در واقع، بسیاری از کشورها از مهد کودک تا اتمام آموزش و پرورش اجباری، علوم را یکی از عناصر الزامی برنامه درسی قراردادده اند.

۹- بسیاری از اسناد و اظهارات سیاسی که در بالا ذکر شده، اولویت آموزش شهروندی را نشان می دهد. با این حال، در سطح بین المللی بسیاری از برنامه های درسی علوم مدارس مبتنی بر این دیدگاه است که هدف اصلی آموزش علوم، باید آماده سازی نسل بعدی دانشمندان باشد (میلار و آزبورن، 1998). این دو هدف همیشه با هم سازگار نیست. برای حل و فصل تنش بین نیازهای اکثریت دانش آموزانی که نمی خواهند دانشمند شوند و نیازهای اقلیتی که برای آموزش علوم به روش پرسش و پاسخ هدایت خواهند شد (آکادمی ملی علوم، 1995؛ شورای ملی تحقیقات، 2000)، و مدل های جدید برنامه درسی (میلار، 2006) که به نیازهای هر دو گروه رسیدگی کنند؛ تلاش خواهد شد. اهمیت این چارچوب ها و برنامه های درسی مرتبط با آن، در تربیت افرادی که دانش علمی را تولید خواهند کرد؛ نهفته نشده است. بلکه روی آموزش جوانان به عنوان مصرف کنندگانی که از دانش علمی مطلع اند، متمرکز است، شایستگی که در طول عمر، از همگان انتظار می رود.

۱۰- برای شرکت در بحث انتقادی در مورد مسائل مرتبط با علم و فناوری و فهم آنها نیازمند شایستگی هایی در سه حوزه خاص هستیم. اولین شایستگی، ارائه دلایل مشروحی از پدیده های طبیعی، مصنوعات فنی، فناوری ها و مفاهیم آنها برای جامعه است. چنین شایستگی هایی نیازمند آگاهی از اصلی ترین ایده های علمی مشروح و سوالاتی است که بیانگر تجربیات و اهداف علم است. دومین شایستگی، استفاده از دانش و درک تحقیقات علمی است: شناسایی سوالاتی که با تحقیق علمی می توان پاسخگوی آنها بود؛ تشخیص اینکه آیا از روش های مناسبی استفاده شده است؛ و راه های پیشنهادی ممکن، قابل بررسی باشد. سوم، شایستگی تفسیر و ارزیابی داده ها و شواهد علمی و ارزیابی مستند بودن نتایج است. بنابراین، **سواد علمی در PISA 2015** با سه شایستگی زیر تعریف می شود:

- توضیح علمی پدیده.
- ارزیابی و طراحی تحقیق علمی؛ و
- تفسیر علمی اطلاعات و شواهد.

۱۱- همه این شایستگی ها نیازمند دانش است. به عنوان مثال، توضیح پدیده های علمی و فناوریانه، نیازمند آگاهی از محتوای علم است. برای شایستگی های دوم و سوم، ما به چیزی بیش از دانش نیازمندیم. هرچند، این دو شایستگی به درک درستی از نحوه ایجاد دانش علمی و درجه ای از اعتماد به نفس وابسته است. بنابراین، برای آموزش آنچه که نامهای مختلفی دارد، اسامی ویژه ای ساخته شده است "ماهیت علم" (Lederman, 2006)، "ایده هایی در مورد علم" (میلار و آزبورن، 1998) یا "شیوه های علمی" (شورای ملی تحقیقات، 2012) شناخت و تشخیص ویژگی هایی که تحقیق علمی را مشخص می کند نیازمند آگاهی از روش های استاندارد است که پایه و اساس روشها و شیوه های متنوع ایجاد دانش علمی است. (در اینجا با عنوان دانش رویکردی نامیده می شود). در نهایت، شایستگی ها نیازمند دانش معرفتی هستند (درک درستی از منطق برای شیوه های رایج تحقیقات علمی، وضعیت ادعاهای آگاهانه ای که تولید شده است، و معنی اصطلاحات بنیادی مانند نظریه، فرضیه و داده ها).

۱۲- هر دو دانش رویکردی و معرفتی لازم است تا: سوالات قابل پاسخگویی برای تحقیق علمی شناسایی شوند، مناسب بودن روش های بکاربرده شده جهت اطمینان از توجیه ادعاها بررسی شود، و مسائل علمی از مسائل ارزشی یا ملاحظات اقتصادی تمیز داده شود. بر این اساس اهمیت تعریف سواد علمی در توسعه، اینگونه مشخص می شود که افراد در طول عمر خود نیازمند کسب دانش هستند، اما نه از طریق تحقیقات علمی، بلکه با استفاده از منابعی مانند کتابخانه ها و اینترنت. دانش رویکردی و معرفتی زمانی ضرورت می یابد که بخواهیم بفهمیم آیا بسیاری از ادعاها در مورد دانش که همزمان در رسانه هم پخش می شود، از روشهای مناسبی بدست آمده و مستند است یا خیر.

دانش علمی: اصطلاحات PISA 2015

این سند با این دیدگاه تنظیم شده است که دانش علمی متشکل از سه عنصر متمایز اما مرتبط است. اولین و آشناترین عنصر، آگاهی از حقایق، مفاهیم، ایده ها و نظریاتی در مورد جهان طبیعی است که علم آن را ایجاد کرده است. به عنوان مثال، چگونه گیاهان با استفاده از نور و دی اکسید کربن مولکول های پیچیده را سنتز می کنند؟ و یا ماهیت ذرات ماده. این نوع از دانش، "دانش محتوایی" و یا "دانش محتوای علم" نامیده می شود.

آگاهی از روش هایی که دانشمندان برای ایجاد دانش علمی بکار می گیرند، "دانش رویکردی" نامیده می شود. که پایه و اساس آن آگاهی از اقدامات و مفاهیم تحقیق تجربی، است مانند تکرار اندازه گیری برای به حداقل رساندن خطا و کاهش عدم قطعیت، کنترل متغیرها و روش های استاندارد نمایش و ارتباط بین داده ها (میلار، Lubben، Gott، و Duggan، 1995). اخیراً تحت عنوان مجموعه ای از "مفاهیم شواهد" به تفصیل شرح داده شده است (Duggan، Gott، و رابرتز، 2008).

علاوه بر این، درک علم همچون اقدامی است که به "دانش معرفتی" نیازمند است و به درک درستی از نقش ساختارهای خاص و ویژگی های تعریف، که برای ساخت ساختار دانش در علم ضروری است؛ اشاره دارد (Duschl، 2007). دانش معرفتی درک درست از کارکردی است که شامل پرسش ها، مشاهدات، نظریه ها، فرضیه ها، الگوها و استدلال های علمی است، شناخت متنوعی از اشکال تحقیق علمی را به نمایش گذاشته و به بررسی دقیق دانشی که تولید شده پرداخته تا بتوان به آن اعتماد کرد.

جزئیات بیشتر بحث این سه شکل دانش در بخش بعد "دانش علمی" و در شکل 4، 5 و 6 ارائه می شود.

۱۳- برای رسیدن به سه شایستگی سواد علمی، به هر سه شکل دانش علمی نیازمندیم. بنابراین *PISA 2015* روی ارزیابی طیف وسیعی از افراد 15 ساله تمرکز کرده است که تا چه حد می‌توانند در زمینه‌های شخصی، محلی، ملی و جهانی، شایستگی‌های مناسبی را به نمایش بگذارند. این دیدگاه تحت تأثیر دانش محتوایی است که متفاوت از برنامه‌های علوم بسیاری از مدارس است. در عوض، چارچوب آن بر مبنای دیدگاه وسیع‌تری از نوعی دانش در باره علم مورد نیاز افراد جامعه کنونی است.

۱۴- بعلاوه، دیدگاه مبتنی بر شایستگی، عنصر مؤثری از این شایستگی‌ها را برای تشخیص دانش آموزان، در نظر گرفته است: نگرش یا تمایلات آنها نسبت به علم تعیین‌کننده سطح علاقه، حفظ تعامل، و امکان ایجاد انگیزه در آنها برای عملکرد است (*Schibeci, 1984*). بنابراین، معمولاً شخص دارای سواد علمی به موضوعات علمی علاقمند است: با مسائل مربوط به علم تعامل دارد؛ نگران مسائل مربوط به فناوری، منابع، و محیط زیست است، و منعکس‌کننده اهمیت علم از دیدگاه شخصی و اجتماعی است. این بیان به این معنا نیست که این افراد لزوماً نسبت به علوم مستعد هستند. بلکه، آنها تشخیص داده‌اند که علم، فناوری و پژوهش در این زمینه، یک عنصر اساسی از فرهنگ معاصر است که چارچوب بسیاری از تفکرات ما را تشکیل می‌دهد.

۱۵- با چنین ملاحظاتی است که *PISA 2015* تعریف زیر را برای سواد علمی ارائه می‌دهد:

تعریف 2015 سواد علمی

سواد علمی توانایی تعامل یک شهروند ژرف اندیش، با مسائل و ایده‌های علمی است.

بنابراین، فردی که دارای سواد علمی است، در گفتمان‌های استدلالی درمورد علم و فناوری که نیاز به شایستگی‌های زیر دارد، شرکت خواهد داشت:

۱- توضیح پدیده علمی:

• تشخیص، پیشنهاد و ارزیابی توضیحات در مورد طیف وسیعی از پدیده‌های طبیعی و فناورانه.

۲- ارزیابی و طراحی تحقیق علمی:

• شرح و ارزیابی تحقیقات علمی و پیشنهاد روش‌های مواجهه با سوالات علمی.

۳- تفسیر داده‌ها و شواهد علمی:

• تحلیل و ارزیابی داده‌ها، ادعاها و استدلال در انواع ارائه مطالب و طراحی نتایج علمی مناسب.

یادداشت های توضیحی

۱۶- توضیحات ارائه شده در زیر معنا و کاربرد تعریف سواد علمی را برای اهداف ارزیابی *PISA* 2015 روشن می کند.

الف) اصطلاح "سواد علمی" به جای "علم" تأکید می کند که اهمیت جایگاه ارزیابی علم *PISA*، در کاربرد دانش علمی در موقعیت های زندگی است.

ب) در مورد اهداف ارزیابی *PISA*، باید توجه داشت که این شایستگی ها تنها با استفاده از دانشی که بطور منطقی از دانش آموزان 15 ساله، انتظار داریم؛ آزموده می شود. مفاهیم و ایده های علم (دانش محتوایی)، روش ها و استراتژی های مورد استفاده در تمامی اشکال تحقیقات علمی (دانش رویه)، و روشی که ایده های علمی، توجیه شده و مستند شوند (دانش معرفتی).

ج) در نهایت، اصطلاح "جهان طبیعی" که در سراسر این سند، بکاربرده می شود برای اشاره به پدیده های مرتبط با هر شی یا پدیده ای است که در زندگی یا جهان مادی رخ می دهد.

شایستگی های لازم برای سواد علمی

شایستگی 1: توضیح پدیده علمی

۱۷- دستاورد فرهنگی علم، توسعه مجموعه ای از نظریه های تبیینی است که درک ما را از جهان طبیعی تغییر داده اند، مانند این ایده که روز و شب با چرخش زمین ایجاد می شود، و یا ایده ای که بیماری ها را می توان ناشی از میکروارگانیسم های نامرئی دانست. علاوه بر این، چنین دانشی ما را قادر می سازد فناوری هایی را توسعه دهیم که زندگی انسان را حفظ و پشتیبانی کند مانند پیشگیری از بیماری و ارتباطات سریع بشر در سراسر جهان. شایستگی توضیح پدیده های علمی و فناوریانه نتیجه ی وابستگی دانش به اصلترین ایده های تبیینی علم است.

۱۸- با این وجود، برای توضیح پدیده های علمی، بیش از توانایی به یادآوری و کاربرد نظریه ها، به ایده های تبیینی، اطلاعات، و واقعیتها (دانش محتوایی) نیازمندیم. ارائه توضیح علمی نیازمند درک درستی از چگونگی بدست آمدن دانش است، و همچنین در مورد هر گونه ادعای علمی باید سطحی از اعتماد به نفس ممکن را داشته باشیم. برای این شایستگی، فرد نیازمند دانستن اشکال و روشهای استاندارد مورد استفاده در تحقیق علمی است تا چنین دانشی را به دست آورد (دانش رویکردی) و درک درستی از نقش و عملکرد توجیهی دانشی است که علم آن را تولید کرده است (دانش معرفتی).

شایستگی ۲: ارزیابی و طراحی پرسش علمی

۱۹- سواد علمی این مفهوم را می رساند که باید دانش آموزان هدف تحقیق علمی را درک کنند تا بتوان در مورد جهان طبیعی، دانش معتبری تولید کرد (Ziman, 1979). داده های جمع آوری شده و به دست آمده از مشاهده و آزمایش، یا در آزمایشگاه،

سبب می‌شود الگوها و فرضیات تبیینی توسعه یافته و پس از پیش بینی به صورت تجربی آزمایش شود. با این حال، معمولاً ایده های جدید، بر اساس دانش قبلی ساخته می‌شود. دانشمندان اعضای گروه های تحقیقاتی هستند و به ندرت به تنهایی کار می‌کنند و یا اینکه در تیم هایی عضو هستند که با همکاران ملی و بین المللی همکاری گسترده ای دارند. همیشه تصور می‌شود ادعاهای دانش جدید موقتی است و تا زمانی که مورد بررسی انتقادی قرار نگیرند ممکن است فاقد توجیه باشند (سازوکاری که جامعه علمی برای اطمینان از عینی بودن دانش علمی ایجاد کرده است) (لانگینو، 1990). از این رو دانشمندان متعهد شده اند یافته ها و الگوهای مورد استفاده در کسب شواهد را انتشار و یا گزارش دهند. انجام این کار حداقل سبب تکرار مطالعات تجربی شده، و نتایج یا اندازه گیری های تأیید شده به چالش کشیده می‌شود، با این حال، هرگز نمی‌توان کاملاً دقیق بود. بلکه، همه آنها درجه ای از خطا را دارند. بنابراین، بخش عمده ای از کار دانشمند تجربی اینست که با تکرار اندازه گیری، وضوح عدم قطعیت را نشان دهد، نمونه های بزرگتری را جمع آوری کرده، و به ساخت ابزارهای دقیق ترمی پردازد و با استفاده از روش های آماری، درجه اعتبار هر نتیجه را ارزیابی می‌کند.

۲۰- علاوه بر این، علم روش های خوبی دارد مانند استفاده از کنترل هایی که بر پایه های استدلال منطقی علت و معلول بنا شده است. استفاده از کنترل ها دانشمند را قادر می‌سازد تا ادعا کند که هر گونه تغییر در نتیجه بدست آمده را می‌توان به تغییر در یکی از ویژگی های خاص نسبت داد. عدم استفاده از روش هایی که منجر به نتایج مؤثر می‌شوند گیج کننده است و قابل اعتماد نیست. به همین ترتیب، تحقیقاتی که از هر دو سو مجهول اند، این امکان را به دانشمندان می‌دهد که ادعا کنند نتایج از موضوع آزمایش و یا آزمایش کنندگان متأثر نمی‌شود. دانشمندان دیگری چون تاکسونومیسست ها و اکولوژیست ها در فرایندهای شناسایی الگوهای اساسی و تعاملات جهان طبیعی متعهد شده اند که به دنبال توضیح مستندی باشند. در موارد دیگر، مانند تکامل، زمین ساخت صفحه ای و یا تغییرات آب و هوایی، علم بر استدلال هایی متکی است که بررسی طیفی از فرضیه ها را به بهترین وجه توضیح داده و آنهایی که با شواهد همخوانی ندارند را حذف کنند.

۲۱- امکانات این شایستگی منجر به دانش محتوایی می‌شود، آگاهی از روش های معمول مورد استفاده در علم (دانش رویکردی)، و عملکرد این روشها در توجیه هر گونه ادعایی با علم توسعه می‌یابد (دانش معرفتی). دانش رویکردی و معرفتی دو کاربرد دارند. اول، چنین دانشی مورد نیاز افرادی است که تحقیقات علمی را ارزیابی می‌کنند و تصمیم می‌گیرند که آیا روش های مناسبی را دنبال کرده اند و این که آیا نتایج مستند است. دوم، افراد دارای این دانش حداقل در شرایط کلی، باید بتوانند پیشنهاد دهند که چگونه می‌توان یک سؤال علمی را بطور مناسبی بررسی کرد.

شایستگی 3: تفسیر داده ها و شواهد علمی

۲۲- تفسیر داده ها فعالیت اصلی تمامی دانشمندان است که قدری درک ابتدایی این فرایند، برای سواد علمی ضروری است. در ابتدا تفسیر داده ها با جستجوی ساختارها، ساخت جداول ساده و تجسم گرافیکی مانند نمودار دایره ای، نمودار میله ای، نمودار پراکندگی و یا نمودارهای ون آغاز می‌شود. در سطح بالاتر، نیازمند استفاده از مجموعه داده های پیچیده تر و بکارگیری ابزارهای تحلیلی همچون صفحات گسترده و بسته های آماری هستیم. با این حال، تصور این شایستگی صرفاً به عنوان یک شایستگی می

تواند اشتباه باشد. برای تشخیص آنچه که شواهد درست و معتبری را تشکیل داده و چگونگی ارائه مناسب اطلاعات، به میزان قابل توجهی از آگاهی (دانش) نیازمندیم. چگونگی نمایش داده ها در گرافها، نمودارها و یا به طور فزاینده، در شبیه سازی های پیچیده و یا تجسم 3D را دانشمندان انتخاب می کنند. سپس هر ارتباط و یا ساختاری باید با استفاده از دانش ساختارهای استاندارد خوانده شود. به حداقل رسیدن عدم قطعیت را نیز با استفاده از روش های آماری استاندارد باید بررسی کرد. همه اینها قدری دانش رویکردی را ایجاد می کند. از فردی که دارای سواد علمی است انتظار می رود که عدم قطعیت را به عنوان ویژگی ذاتی تمام اندازه گیری ها درک کند، و این که معیاری برای بیان اعتبار یافته های ماست که از نظر احتمال ممکن است با شانس رخ داده باشد.

۲۳- با این حال، روش هایی که برای بدست آوردن هر مجموعه داده، اعمال می شود، قابل درک نخواهد بود. فرد دارای سواد علمی باید بتواند قضاوت کند که آیا این روشها مناسب است و ادعاهای متعاقب آن توجیه شده اند (دانش معرفتی). به عنوان مثال، مجموعه داده های بسیاری را می توان به روشهای متعدد تفسیر کرد. بنابراین استدلال و نقد برای تعیین مناسب ترین نتیجه، ضروری است. این که آیا نظریه های جدید، شیوه های جدیدی از جمع آوری داده است، یا تفسیرهای تازه داده های قدیمی است، استدلال همان معانی است که دانشمندان و فن آوران بکار می گیرند تا موقعیتهایی را برای ایده های جدید ایجاد کنند. بنابراین اختلاف نظر میان دانشمندان، طبیعی است بلکه فوق العاده است. تحلیل بهترین تفسیر نیازمند دانشی از علم (دانش محتوایی) و فن نقد است. از این طریق فرایند علم در مورد ایده ها و مفاهیم توضیحی کلیدی به یک توافق کلی می رسد (لانگینو، 1990). در واقع، شک و تردید نسبت به تمام شواهد تجربی، مشخصه دانشمند حرفه ای است. فرد دارای سواد علمی، عملکرد و هدف بحث، نقد و علت ضرورت ساخت دانش در علم را درک می کند. علاوه بر این، باید شایستگی ساخت ادعاهایی که توسط داده ها توجیه پذیر باشد و شایستگی شناسایی نقص های استدلال دیگران را داشته باشد.

تکامل تعریف سواد علمی در PISA

۲۴- در PISA 2000 و 2003، سواد علمی به شرح زیر تعریف شده است:

"سواد علمی توانایی استفاده از دانش علمی است به منظور، شناسایی پرسش ها، دریافت نتایج مبتنی بر شواهد برای درک درست، کمک به تصمیم گیری در مورد جهان طبیعی و تغییراتی که از طریق فعالیت های انسانی ایجاد می شود". (OECD، 2000، 2003)

۲۵- در سال 2000 و 2003 تعریف دانشی/از علم و ادراکاتی در مورد علم به عبارتی "دانش علمی" در نظر گرفته شد. در تعریف 2006 اصطلاح "دانش علمی" را به صورت دو عبارت مجزاء "دانشی/از علم" و "دانشی در مورد علم" بیان کرده اند (OECD، 2006). با این حال، هر دو تعریف، به کاربرد دانش علمی برای درک درست، و تصمیم گیری آگاهانه در مورد جهان طبیعی اشاره دارد. تعریف PISA 2006، با افزایش آگاهی از رابطه بین علم و فناوری توسعه یافت، جنبه ای که در تعریف 2003 در نظر گرفته اما جزئیات آن شرح داده نشد.

۲۶- تعریف سواد علمی *PISA 2015* تکامل این ایده‌هاست. تفاوت عمده این است که مفهوم "دانش در مورد علم" با وضوح بیشتر مشخص شده و به دو مفهوم دانش **رویکردی** و دانش **معرفتی** تقسیم شده است.

۲۷- در سال ۲۰۰۶ چارچوب *PISA* نیزطوری توسعه یافته بود که جنبه های نگرشی پاسخ دانش آموزان به مسائل علمی و فناوری را در ساختار سواد علمی در نظر گیرند. در سال ۲۰۰۶، نگرش های دانش آموزی به دو روش سنجیده شد: پرسش نامه دانش آموزی و بخشهایی که در آزمون قرارداد شده بود. با توجه به "علاقه به علم" و تفاوت های جنسیتی همه دانش آموزان، بین نتایج حاصل از سؤالات آزمون و سؤالات پرسشنامه، تفاوتهایی دیده شد (*OECD, 2009*؛ همچنین نگاه کنید به *Drechsel, Prenzel, Carstensen, 2011*) از همه مهمتر، بخشهای قرارداد شده، طول آزمون را افزایش داده بود. از این رو جنبه های نگرشی چارچوب ۲۰۱۵ تنها از طریق پرسشنامه دانش آموزان سنجیده خواهد شد و بخشهای نگرشی در آن قرار نخواهد گرفت. با توجه به ساختارهای سنجش در این حوزه، اولین ("علاقه در علم") و سومین ("آگاهی زیست محیطی") همانگونه که در سال ۲۰۰۶ بود؛ باقی ماند. با این حال، دومین، ("پشتیبانی از تحقیقات علمی") به سنجشی از "ارزش روش علمی تحقیق" تغییر کرده است. برای انعکاس بهتر آنچه که سنجیده شده است، تغییر در اصطلاحات علمی ضروری است.

۲۸- در نهایت، برای انسجام بیشتر عناوین، حوزه های ارزیابی در *PISA 2015* از "فردی، اجتماعی و جهانی" در سال ۲۰۰۶ به "فردی، محلی / ملی و جهانی" تغییر کرده است.

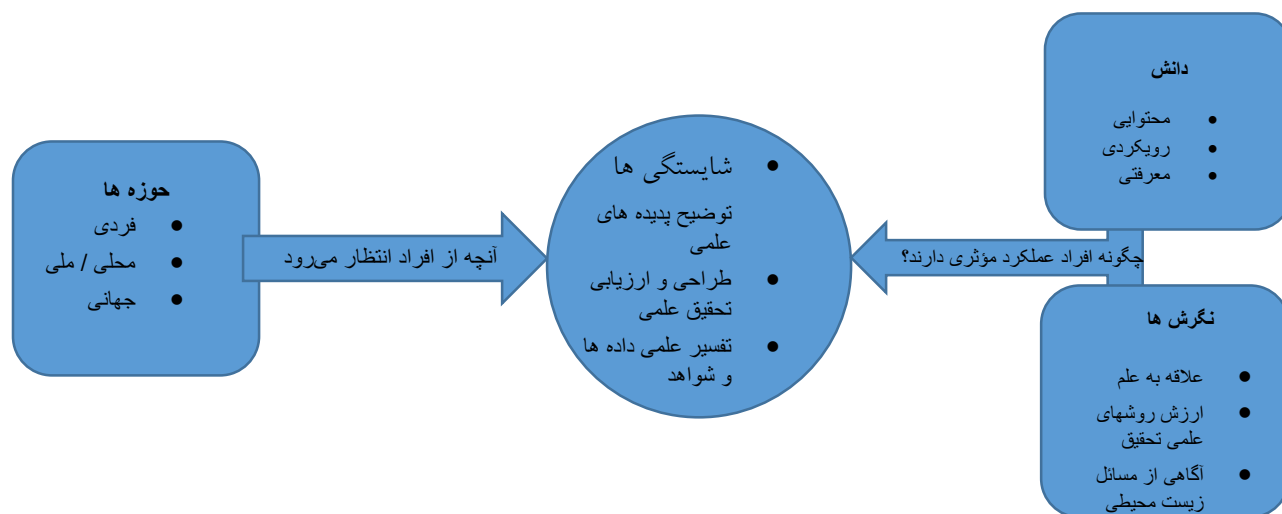
۲۹- به طور خلاصه، تعریف ۲۰۱۵ بر اساس تعریف ۲۰۰۶ شکل گرفته و توسعه یافته است. سایر تغییرات، مانند تشریح مفاهیم دانش رویکردی و معرفتی، نشان دهنده مشخصات دقیق تری از جنبه های خاصی است که در تعاریف گذشته فرض و قرارداد شده است.

سازماندهی حوزه و دامنه

۳۰- برای اهداف ارزیابی، تعریف *PISA 2015* از سواد علمی ممکن است از چهار جنبه مرتبط به هم تشکیل شده باشد (شکل ۱ را ببینید).

حوزه ها	مسائل شخصی، محلی، ملی و جهانی، در حال حاضر و گذشته، که نیازمند درک خوبی از علم و فناوری است.
دانش	درک حقایق مهم، مفاهیم و نظریه های تبیینی که اساس دانش علمی را تشکیل می دهند. چنین دانشی شامل آگاهی از جهان طبیعی و مصنوعات فناورانه (دانش محتوایی) است، آگاهی از اینکه چگونه چنین ایده‌هایی تولید می شوند (دانش رویکردی) و درک درستی از مبنای این روشها و توجیه کاربرد آنها (دانش معرفتی)
شایستگی ها	توانایی توضیح پدیده های علمی، ارزیابی و طراحی تحقیق علمی، و تفسیر داده ها و شواهد علمی.
نگرش ها	مجموعه ای از نگرش ها نسبت به علم که با علاقه به علم و فناوری نشان داده می شود؛ به نحو مناسبی به رویکردهای علمی تحقیق ارزش نهاده، و درک و آگاهی از مسائل زیست محیطی داشته باشند.

۳۱- در ادامه، هر کدام از این جنبه ها بیشتر بحث شده است.



شکل ۱. چارچوب ارزیابی سواد علمی *PISA 2015*

حوزه موارد ارزیابی

۳۲- *PISA 2015* برای ارزیابی اهمیت دانش علمی، از حوزه هایی که عملکرد و انتخاب های مربوط به برنامه درسی آموزش علوم کشورهای عضو را می افزاید، استفاده می کند. با این حال، چنین حوزه هایی به جنبه های مشترک برنامه های (درسی) ملی اعضاء محدود نخواهد شد. بلکه، ارزیابی نیازمند شواهد کاربرد موفقیت آمیز سه شایستگی سواد علمی است که در موقعیت های مهم حوزه های فردی، محلی، ملی و جهانی انعکاس می یابد.

۳۳- موارد ارزیابی به حوزه های علوم مدرسه محدود نخواهد شد. در *PISA* سال ۲۰۱۵ ارزیابی سواد علمی، روی موقعیت های مربوط به خود، خانواده و گروه همسالان (فردی)، جامعه (محلی و ملی)، و زندگی در سراسر جهان (جهانی) تمرکز یافته است. موضوعات مبتنی بر تکنولوژی را می توان به عنوان یک زمینه مشترک بکاربرد. همچنین برای برخی مباحث زمینه های تاریخی، مناسب است که برای ارزیابی درک دانش آموزان از فرایندها و شیوه های پیشبرد دانش علمی می توان استفاده کرد.

۳۴- شکل ۲ کاربردهای علم و فناوری را، در موقعیتهای فردی، محلی، ملی و جهانی فهرست کرده است که در درجه اول به عنوان حوزه های موارد ارزیابی استفاده می شود. کاربردها، از طیف گسترده ای از موقعیت های زندگی بیرون کشیده خواهد شد و به طور کلی با زمینه های کاربردی سواد علمی در چارچوب های قبلی *PISA* همخوانی خواهد داشت. حوزه ها براساس ارتباطشان با علایق و زندگی دانش آموزان انتخاب می شوند. زمینه های کاربردی عبارتند از: سلامت و بیماری، منابع طبیعی، کیفیت محیط زیست، خطرات، و مرزهای علم و فناوری. سواد علمی در این زمینه ها بدلیل افزایش و حفظ کیفیت زندگی، و توسعه سیاست های عمومی، برای افراد و جوامع دارای ارزش خاصی است.

شکل ۲. حوزه ها برای ارزیابی سواد علمی 2015 PISA

جهانی	محلی / ملی	فردی	سلامت و بیماری
بیماریهای همه گیر، گسترش بیماریهای عفونی	کنترل بیماریها، انتقال بیماری در جامعه، انتخاب مواد غذایی، سلامت و بهداشت جامعه	حفظ سلامت، حوادث، تغذیه	
سیستم های تجدیدپذیر و تجدیدنابذیر طبیعی، رشد جمعیت، استفاده پایدار از گونه	حفظ جمعیت انسان، کیفیت زندگی، امنیت، تولید و توزیع مواد غذایی، تأمین انرژی	مصرف شخصی مواد و انرژی	منابع طبیعی
تنوع زیستی، پایداری زیست محیطی، کنترل آلودگی، تولید و ازدست دادن خاک / زیست توده	توزیع جمعیت، دفع زباله، اثرات زیست محیطی	فعالیت های دوستانه زیست محیطی، کاربرد و مصرف مواد و دستگاهها	کیفیت محیط زیست
تغییر آب و هوا، تأثیر ارتباطات مدرن	تغییرات سریع [مانند زلزله، آب و هوای شدید]، تغییرات کند و فزاینده [مانند فرسایش ساحلی، رسوب]، ارزیابی خطر	ارزیابی خطر انتخاب سبک زندگی	خطرات
انقراض گونه ها، انبساط فضا، منبع و ساختار کیهان	مواد، دستگاهها و فرایندهای جدید، تغییرات ژنتیکی، فناوری بهداشت، حمل و نقل	جنبه های علمی سرگرمی ها، فناوری فردی، موسیقی و فعالتهای ورزشی	مرزهای علم و فناوری

۳۵- با این حال، ارزیابی علم *PISA*، یک ارزیابی حوزه ای نیست. بلکه، شایستگی ها و دانش را در حوزه های خاصی ارزیابی می کند. گزینش این حوزه ها، بر اساس دانش و درکی خواهد بود که دانش آموزان احتمالاً تا سن پانزده سالگی به دست آورده اند.

۳۶- حساسیت به تفاوت های زبانی و فرهنگی نه تنها به خاطر اعتبار ارزیابی، بلکه به احترام تفاوت های کشورهای عضو، اولویتی برای انتخاب و پیشرفت خواهد بود. برگزاری تمامی آزمون های بین المللی در کشورهای در حال توسعه امکان پذیر نیست، زیرا بدلیل تفاوت هایی که بین کشورهای عضو وجود دارد، دانش سنتی و محلی پدیده های طبیعی را هم شامل می شود. شکی نیست که این نوع دانش در ساخت فرهنگ کشورها سهمیم است.

شایستگی علمی

۳۷- شکل های 3A-C شرح دقیقی از انواع عملکردی که از سه شایستگی مورد نیاز سواد علمی، انتظار می‌رود را نشان می‌دهد. مجموعه شایستگی های علمی در شکل های 3A-C انعکاسی از این دیدگاه است که علم به عنوان بهترین مجموعه از اعمال و عادات اجتماعی و معرفتی است که در تمام علوم دیده می‌شود (شورای ملی تحقیقات، 2012). از این رو، همه این شایستگی ها به عنوان اقداماتی مطرح شده‌اند. شرح زیر به شیوه ای نوشته شده است که از آنچه فرد با سواد علمی قادر به درک و انجام آن هست، بتوان انتقال ایده داشت. تبحر در این شیوه، دانشمند متخصص را از تازه کار متمایز می‌کند. در این حال می‌توان بی‌دلیل انتظارداشت دانش آموز 15 ساله ای به تخصص یک دانشمند داشته باشیم، انتظار می‌رود دانش آموز باسواد علمی بتواند نقش و اهمیت خود را درک کرده و یک توصیف تقریبی ارائه دهد.

شکل 3A. شایستگی های علمی PISA 2015

توضیح پدیده های علمی
تشخیص، ارائه و ارزیابی توضیحات برای طیف وسیعی از پدیده های طبیعی و فناوریانه، نشان دهنده توانایی های زیر است: • یاد آوری و استفاده از دانش علمی مناسب؛ • شناسایی، کاربرد و تولید الگوهای توضیحی و قابل ارائه؛ • ساخت و توجیه پیش بینی های مناسب؛ • ارائه فرضیه های توضیحی؛ • توضیح پیامدهای بالقوه دانش علمی برای جامعه.

۳۸- نمایش شایستگی توضیح علمی پدیده ها نیازمند دانش آموزانی است که دانش محتوایی مناسب را در موقعیتی خاص به یادآورده و از آن برای ارائه توضیح و تفسیر پدیده مورد علاقه شان استفاده کنند. چنین دانشی را می‌توان برای تولید فرضیه های توضیحی تجربی در زمینه هایی که آگاهی و یا داده‌ای نداریم استفاده کرد. از فردی که دارای سواد علمی است باید انتظار داشت به الگوهای علمی استاندارد نزدیک شده و با ارائه های ساده ای پدیده های روزمره را توضیح دهد مانند اینکه چرا آنتی بیوتیک ها ویروس ها را از بین نمی‌برند، اجاق میکروویو چگونه کار می‌کند، و یا چرا گازها متراکم هستند، اما مایعات اینطور نیست و از همه اینها برای پیش بینی استفاده کند. این شایستگی شامل توانایی توصیف یا تفسیر پدیده ها و پیش بینی تغییرات ممکن است. علاوه بر این، ممکن است شامل تشخیص و یا شناسایی توصیف مناسب، توضیحات، و پیش بینی ها باشد.

ارزیابی و طراحی تحقیق علمی
توصیف و ارزیابی تحقیقات علمی و پیشنهاد راههای پرداختن به پرسشهای علمی، نشان دهنده توانایی های زیر است: • شناسایی پرسش مورد بررسی در مطالعه علمی داده شده؛ • تشخیص سوالاتی که امکان بررسی علمی را دارند؛

- پیشنهاد روش کاوش در سوال علمی داده شده ؛
- ارزیابی راه های کاوش در سوال علمی داده شده ؛
- توضیح و ارزیابی طیف وسیعی از روشهایی که دانشمندان برای اطمینان از اعتبار داده ها و عینی بودن وقابلیت تعمیم توضیحات استفاده می کنند.

شکل 3b شایستگی های علمی PISA ۲۰۱۵

۳۹- برای ارزیابی گزارش دستاوردهای علمی و تحقیقات انتقادی به شایستگی ارزیابی و طراحی تحقیق علمی نیازمندیم. که متکی است بر توانایی تشخیص پرسش های علمی از دیگر اشکال پرسش و پاسخ و یا پرسش های تشخیصی که در حوزه تعیین شده مورد بررسی علمی قرار خواهد گرفت. این شایستگی نیازمند آگاهی از ویژگی های کلیدی یک تحقیق علمی است، برای مثال، چه چیزهایی باید اندازه گیری شود، چه متغیرهایی باید تغییر یافته و یا کنترل شود، یا چه فعالیتی باید انجام شود تا اطلاعات دقیق تری را بتوان جمع آوری کرد. این امر نیازمند توانایی ارزیابی کیفیت داده ها است، که به نوبه خود بستگی به تشخیص داده هایی دارد که همواره دقیق نیست. همچنین نیاز به شایستگی شناسایی تحقیقی است که از یک فرض نظری اساسی و یا معادل آن، نتیجه گیری شده باشد تا بتوان الگوهای قابل شناسایی را تعیین کرد.

۴۰- همچنین، فرد با سواد علمی باید بتواند در قضاوت ارزش هر تحقیق علمی اهمیت تحقیقات قبلی را هم تشخیص دهد. چنین دانشی لازم است تا کار و قضاوت در مورد اهمیت تمامی نتایج ممکن به خوبی انجام شود. به عنوان مثال، جستجو برای واکسن مالاریا برای چند دهه برنامه تحقیقات علمی بوده است. از این رو، با توجه به تعداد افرادی که عفونت مالاریا آنها را کشته است، هر یافته ای که یک واکسن پیشنهاد کند دست یافتنی است و از اهمیت قابل توجهی برخوردار خواهد بود. علاوه بر این، دانش آموزان در شناخت علم که تمام تحقیقات بر اساس کارهای قبلی انجام شده است، نیازمندند اهمیت توسعه شک و تردید به تمام گزارش های رسانه ای را درک کنند، زیرا یافته های هر مطالعه ای همواره در معرض عدم قطعیت است، و این که هر مطالعه و جستجویی ممکن است بر اساس منابع مالی مغرضانه انجام شده باشد. با این شایستگی، دانش آموزانی که دانش رویکردی و معرفتی داشته باشند می توانند به درجات مختلف، دانش محتوایی خود از علم هم دست یابند.

تفسیر داده ها و شواهد علمی

- آنالیز و ارزیابی داده های علمی، ادعاها و استدلال در انواع ارائه ها و نتیجه گیری مناسب، نشان دهنده توانایی های زیر است:
- تبدیل داده ها از یک شکل نمایش به سایر صورتها؛
 - آنالیز و تفسیر داده ها و نتیجه گیری مناسب؛
 - شناسایی مفروضات، شواهد و استدلال در متون مرتبط با علم؛
 - تمایز قائل شدن بین استدلالی که بر اساس در شواهد و تئوری علمی است و آنهایی که بر اساس ملاحظات دیگر شکل گرفته اند؛
 - ارزیابی استدلال ها و شواهد علمی از منابع مختلف (به عنوان مثال روزنامه، اینترنت، مجلات).

شکل 3c. شایستگی علمی PISA 2015

۴۱- فردی که دارای سواد علمی است باید بتواند تفسیر کند و بر اساس اشکال داده ها و شواهد علمی، حسی ایجاد کند که در ساخت ادعاها و نتیجه گیری مفید باشد. نمایش چنین شایستگی نیازمند هر سه شکل دانش علمی است.

۴۲- کسانی که دارای این شایستگی هستند باید بتوانند معانی و مفاهیم شواهد علمی را با بیان خود و استفاده از نمودار و سایر روشهای ارائه مناسب، برای مخاطبان خاص تفسیر کنند. این شایستگی برای تجزیه و تحلیل و یا خلاصه داده ها، نیازمند استفاده از ابزارهای ریاضی و توانایی استفاده از روش های استاندارد برای تبدیل داده ها در نمایش های مختلف است.

۴۳- این شایستگی نیز شامل دسترسی به اطلاعات علمی و تولید و ارزیابی استدلال ها و نتایج، بر اساس شواهد علمی است (کوهن، ۲۰۱۰؛ آذربورن، ۲۰۱۰). همچنین با استفاده از شواهد می توان به ارزیابی نتایج جایگزین هم پرداخت؛ دانش رویکردی یا معرفتی، دلایلی برای اثبات و یا رد یک نتیجه را به ما داده؛ و برای رسیدن به نتیجه، فرضیات را شناسایی می کنیم. فرد دارای سواد علمی باید بتواند اتصالات منطقی یا ناقص بین شواهد و نتیجه گیری را شناسایی کند.

دانش علمی

۴۴- سه شایستگی سواد علمی به هر سه شکل دانش نیازمند است که در زیر بحث شده است.

دانش محتوایی

۴۵- تنها یک مثال از دامنه محتوای علم در ارزیابی سواد علمی *PISA 2015* ارزیابی شده است. از این رو، مهم است که برای چگونگی گزینش دانش مورد ارزیابی از معیارهای روشنی استفاده شود. دانش مورد ارزیابی از رشته های مهم فیزیک، شیمی، زیست شناسی، علوم زمین و فضا طوری انتخاب می شود که:

• شرایط واقعی زندگی ارتباط داشته باشد.

• مفهوم علمی یا نظریه تبیینی مهمی را نشان دهد که کاربرد سودمند و پایداری داشته باشد؛

• برای سطح رشد افراد 15 ساله مناسب باشد.

۴۶- بنابراین فرض می شود که دانش آموزان قدری دانش و درک درست از ایده های تبیینی و نظریات علمی داشته باشند؛ مانند درک ما از تاریخ و مقیاس جهان، مدل ذرات ماده، و نظریه تکامل با انتخاب طبیعت. اینها نمونه هایی از مهمترین ایده های تبیینی است که برای اهداف روشنی ارائه شده است و تلاشی برای فهرست کردن تمامی ایده ها و نظریه هایی را که ممکن است برای یک فرد با سواد علمی ضروری به نظر برسد؛ انجام نشده است.

۴۷- شکل 4 رده هایی از دانش محتوایی و نمونه های منتخب این معیارها را نشان می دهد. چنین دانشی برای درک جهان طبیعی و تجربه در حوزه های فردی، محلی، ملی و جهانی مورد نیاز است. در این چارچوب برای توصیف دانش محتوایی به جای "علوم" از "سیستم ها" استفاده می شود. هدف این است که ایده شهروندان برای درک مفاهیم علوم فیزیکی و زندگی، علوم زمین و فضا، و

کاربرد آنها در زمینه هایی که عناصر دانش به یکدیگر وابسته و یا میان رشته ای هستند؛ انتقال یابد. آنچه که در مقیاسی به عنوان زیر سیستم مشاهده می شود، ممکن است در مقیاس کوچکتر، خود را به عنوان مجموعه ای از سیستم ها نشان دهد. برای مثال، سیستم گردش خون در حد خود یک سیستم است اما به عنوان یک زیر سیستم بدن انسان دیده می شود؛ یک مولکول می تواند به عنوان یک پیکربندی پایدار از اتم باشد و یا یک زیر سیستم از یک سلول و یا گاز مورد مطالعه قرار گیرد. از این رو، استفاده از دانش علمی و گسترش شایستگی های علمی نیازمند در نظر گرفتن سیستم و مرزهای حوزه خاص آن دارد.

شکل 4. آگاهی از محتوای علوم در PISA 2015

سیستم های فیزیکی که به دانش نیازمندند:
ساختار ماده (مانند: مدل ذره، قیدها) خواص ماده (مانند: تغییر حالت، هدایت حرارتی و الکتریکی) تغییرات شیمیایی ماده (مانند: واکنش های شیمیایی، انتقال انرژی، اسیدها / بازها) حرکت و نیروهای (مانند: سرعت، اصطکاک) و کنش در فاصله (مانند: نیروهای مغناطیسی، گرانشی و الکترواستاتیک) انرژی و انتقال آن (مانند: پایداری، اتلاف، واکنش های شیمیایی) تعامل بین انرژی و ماده (مانند: نور و امواج رادیویی، صدا و امواج لرزه ای)
سیستم های حیاتی که به دانش نیازمندند:
سلول (مانند: ساختارها و عملکرد، DNA، گیاه و حیوان) مفهوم یک ارگانیسم (مانند: تک سلولی و چند سلولی) انسان (مانند: بهداشت، تغذیه، زیر سیستم مانند هضم، تنفس، گردش خون، دفع، تولید مثل و ارتباط آنها) جمعیت (مانند: گونه ها، تکامل، تنوع زیستی، تنوع ژنتیکی) اکوسیستم (مانند: زنجیره مواد غذایی، ماده و جریان انرژی) زیست کره (مانند: خدمات اکوسیستم، پایداری)
سیستم های زمین و فضا که به دانش نیازمندند:
ساختار سیستم های زمینی (مانند: سنگ کره، جو، آب کره) انرژی در سیستم های زمینی (مانند: منابع، آب و هوای جهانی) تغییر در سیستم های زمینی (مانند: زمین ساخت صفحه ای، چرخه های ژئوشیمیایی، نیروهای سازنده و مخرب) تاریخچه زمین (مانند: فسیلها، منشاء و تکامل) زمین در فضا (مانند: گرانش، سیستم های خورشیدی، کهکشانها) تاریخ و مقیاس جهان و تاریخ آن (مانند: سال نوری، نظریه ی بیگ بنگ)

دانش رویکردی

۴۸- هدف اصلی علم ایجاد گزارشهای توضیحی از جهان مادی است. اولین گزارش توضیحی آزمایشی ابتدا توسعه یافت و سپس از طریق پرسش تجربی آزموده شد. پرسش یا تحقیق تجربی متکی بر مفاهیمی است که به خوبی تثبیت شده است مانند مفهوم متغیر مستقل و وابسته، کنترل متغیرها، انواع اندازه گیری، اشکال خطا، روشهایی برای به حداقل رساندن خطا، الگوهای معمول مشاهده شده در داده ها، و روش های ارائه داده ها. آگاهی از مفاهیم و روش های تحقیق علمی که اساس جمع آوری، تحلیل و تفسیر داده های علمی است، ضروری می باشد. چنین ایده هایی از بدنه دانش رویکردی است که "مفاهیم شواهد" نیز نامیده می شود (میلار، لوبن، گات و دوگان، 1995، گات، دوگان، و رابرتز، 2008). دانش رویکردی را می توان چنین دانست: دانشی از روشهای استاندارد دانشمندان که برای یافتن داده های درست و معتبر قابل استفاده است. چنین دانشی نیازمند انجام تحقیقات علمی و بررسی انتقادی شواهد مورد استفاده است تا بتوان از هر ادعای خاصی حمایت کرد. انتظار می رود، برای مثال، دانش آموزان بدانند که دانش علمی درجات مختلفی از اطمینان را داراست و بتوانند چرایی آن را توضیح دهند. مانند تفاوت بین اعتماد به نفس در ارتباط با اندازه گیری سرعت نور (چندین بار با دقت ترین ابزارها اندازه گیری می کند) و اندازه گیری ذخایر ماهی در اقیانوس اطلس شمالی و یا جمعیت شیر کوهی در کالیفرنیا. مثالهای ذکر شده در شکل 5، ویژگی های کلی دانش رویکردی را که ممکن است امتحان شده باشد؛ نشان می دهد.

شکل 5. دانش رویکردی 2015 PISA

دانش رویکردی
مفهوم متغیر وابسته، متغیرهای مستقل و کنترل؛ مفاهیم اندازه گیری مانند؛ کمی [اندازه گیری]، کیفی [مشاهدات]، استفاده از یک مقیاس، متغیرهای قطعی و مستمر؛ روشهای ارزیابی و به حداقل رساندن عدم قطعیت مانند تکرار و میانگین اندازه گیریها؛ سازوکار اطمینان از تکرار پذیر بودن (نزدیکی مقادیر اندازه گیری های مکرر از یک کمیت) و دقت و صحت داده ها (نزدیکی مقدار اندازه گیری شده به مقدار حقیقی اندازه گیری)؛ راه های متداول خلاصه کردن و نمایش داده ها با استفاده از جداول، گرافها و نمودار و کاربرد مناسب آنها؛ کنترل استراتژی متغیرها و نقش آن در طراحی تجربی و کاربرد مسیرهای تصادفی کنترل شده برای جلوگیری از یافته های گیج کننده و شناسایی سازوکارهای اتفاقی ممکن؛ ماهیت طراحی مناسب سوال های علمی مانند درست بر اساس الگو، تجربی.

دانش معرفتی

۴۹- دانش معرفتی دانشی از ساختارها و ویژگیهای تعریف است که به ساخت دانش در علم کمک کرده و نقش آن در توجیه دانشی که تولید شده علم است، ضروری است. همچون: یک فرضیه، نظریه یا یک مشاهده و نقش آنها در چگونگی اطمینان ما از آنچه که می دانیم (Duschl, 2007). کسانی که دارای چنین دانشی هستند، می توانند تمایز بین یک نظریه علمی و یک فرضیه

و یا یک واقعیت علمی و مشاهده ای را با مثال توضیح دهند. آنها می‌دانند که ساخت الگوها، نمایش مستقیم آنها، خلاصه یا ریاضیاتی بودن، یکی از ویژگی های کلیدی علم است و این الگوها مانند نقشه جایگزین تصاویر دقیق جهان مادی خواهند شد. برای مثال، می‌دانیم که الگوی ذره مادی نمایش ایده‌آلی از ماده است و توضیح می‌دهد که چگونه مدل بور، نسبت به آنچه که ما از اتم و ساختار آن می‌دانیم، الگوی محدودی است. این افراد تفاوت بین مفهوم "نظریه" بکاربرده شده در علم با مفهوم "نظریه" در اصطلاح عامه را می‌دانند. در اصطلاح عامه "نظریه" مترادف با "حدس" یا "گمان" است. برای توضیح آنچه که به معنای کنترل استراتژی متغیرهاست، به دانش رویکردی نیازمندیم، در حالی که توضیح اینکه چرا از کنترل استراتژی متغیرها استفاده می‌شود یا تکرار اندازه گیری ها، که مرکزی برای ایجاد دانش در علم است، دانش معرفتی نامیده می‌شود.

۵۰- همچنین، افرادی که دارای سواد علمی هستند می‌دانند که دانشمندان برای تبدیل ادعاها به دانش، داده‌ها را استخراج کرده و سپس استدلال می‌کنند که این یکی از ویژگی های عادی علم است. بویژه، آنها خواهند دانست که برخی مباحث مطرح شده در علم فرضی- استقرایی است (مانند، استدلال کوپرنیک برای سیستم خورشید مرکزی)، برخی هم استنتاجی (پایستگی انرژی) می‌باشد، و برخی هم استدلالی برای بهترین توضیحات هستند (نظریه تکاملی داروین یا استدلال وگنر برای حرکت قاره‌ها). همچنین نقش و اهمیت بررسی دقیق قابل درک است زیرا سازوکاری است که جامعه علمی قراردادها تا ادعاها آزموده و به دانش جدید منتهی شوند. به این ترتیب، دانش معرفتی منطقی برای روش ها و شیوه‌هایی است که دانشمندان درگیر آن هستند، این آگاهی از ساختار و ویژگی های تعریف، راهنمای تحقیق علمی، و پایه و اساس اعتقاد به ادعاهایی است که علم آنها را برای جهان طبیعی ساخته است.

۵۱. شکل 6 ویژگی های عمده دانش معرفتی لازم برای سواد علمی را نشان می‌دهد.

شکل ۶. دانش معرفتی PISA ۲۰۱۵

دانش معرفتی
ساختار و ویژگی های تعریف علم عبارتند از: ماهیت مشاهدات علمی، حقایق، فرضیه، الگوها و نظریه‌ها؛ هدف و مقاصد علم (توضیحاتی از جهان طبیعی) به عنوان مشخصه‌ای از فناوری (راه حل بهینه برای نیازهای انسانی)، آنچه که یک سوال علمی یا فناورانه و داده های مناسب را شامل می‌شود؛ ارزش علم برای مثال، تعهد به انتشار، عینیت و از بین بردن تعصب؛ ماهیت استدلال بکاربرده شده در علم مانند، استقرایی، قیاسی، استنتاج بهترین تبیین (abductive)، منطقی و مبتنی بر الگو؛ نقش این ساختار و ویژگی ها در توجیه دانش تولید شده توسط علم است. که عبارتند از: چگونگی حمایت داده ها و استدلال‌های علمی از ادعاهای علمی؛ تابعی از اشکال مختلف پژوهش تجربی در ایجاد دانش، هدفشان (برای آزمون فرضیه های توضیحی و یا شناسایی الگوها) و طراحی آنها (مشاهده، آزمایش های کنترل شده، مطالعات همبستگی)؛

چگونگی اندازه گیری خطای مؤثر بر درجه اطمینان دانش علمی؛
کاربرد و نقش فیزیکی، سیستم ها و مدل های انتزاعی و محدودیت هایشان؛
نقش همکاری و نقد و چگونگی بررسی دقیق که به ایجاد اطمینان از ادعاهای علمی کمک می کند؛
نقش دانش علمی، همراه با دیگر اشکال از دانش، در شناسایی و پرداختن به مسائل اجتماعی و فناوری.

۵۲- زمانیکه دانش آموز برای تفسیر و پاسخ سوال به جای ارزیابی مستقیم نیازمند دانش معرفتی است و نه درک ویژگی های شکل 6، دانش معرفتی را می توان به طور عملگرایانه آزمود. به عنوان مثال، ممکن است از دانش آموزان خواسته شود که تشخیص دهند آیا نتیجه گیری توسط داده توجیه پذیر است و یا کدام بخش از شواهد، بهترین پشتیبانی را از فرضیه پیشرفته در مورد دلخواه ما خواهد داشت و توضیح دهند که چرا.