

خلاقیت و اکتشاف

احمد شعبانی*^۱

چکیده

در عصر حاضر که پیشرفت علمی در آن پر شتابان و جامعه بشری با انفجار داده و اطلاعات مواجه است و اهمیت دانش، نوآوری و اکتشاف در خلق ثروت به طور مداوم رو به فزونی است، شناخت شیوه‌های آموزش خلاق و روش‌های اکتشاف و نوآوری از جمله مهم‌ترین مسائل و چالش‌ها در فرایند آموزش و یادگیری در مراکز آموزشی و پژوهشی محسوب می‌شود. در این مقاله با طرح سؤال آیا می‌توان انسان خلاق و کاشف تربیت کرد؟ با بیان سطوح مختلف فرایند آموزش، شیوه آموزش خلاق مبتنی بر آموزش دانش‌محور با استفاده از روش‌های تجربه تاریخی انسان در آموزش زبان و الگوبرداری و الهام از طبیعت به‌عنوان بهترین روش‌های آموزش خلاق معرفی شده است. در پایان در پاسخ به سؤال اکتشاف‌های بزرگ چگونه رخ داده و چه ارتباطی با آموزش خلاق دارند؟ انواع روش‌های کشف شامل کشف مبتنی بر پرسش، تصادف و خوش‌اقبالی، منطق و استدلال، تخیل و رؤیا، الگو و کپی‌برداری از طبیعت (زیست الگو)، باورها و پژوهش‌های برنامه‌ریزی‌شده معرفی و ارتباط مؤثر آنها با آموزش خلاق مورد بررسی و تأکید قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: کشف، خلاقیت، نوآوری، اطلاعات، دانش، آموزش، زیست الگو

* عهده‌دار مکاتبات، استاد، تلفن: ۰۲۸۰۰۲۹۹، فکس: ۰۲۴۳۱۶۷۱، پست الکترونیکی: a-shaabani@sbu.ac.ir
^۱ دانشکده شیمی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

مقدمه

داده‌ها می‌پردازند. برای مثال دمای هوا تا ۱۵ درجه افت می‌کند و یا اینکه کلاغ‌ها سیاه رنگ‌اند. آموزش در سطح دانش^۵ که یک الگو ارائه می‌دهد و سطح آن به مراتب بالاتر از آموزش داده و اطلاعات است. آموزش دانش معمولاً در پاسخ به کلماتی مانند چرا، چطور و چگونه بیان می‌شود. به عنوان مثال اگر رطوبت زیاد باشد و دما افت کند، جو اغلب غیرمحمول است که رطوبت را نگاه دارد و بنابراین باران می‌آید، نمونه‌ای از آموزش دانش است (۳). برخی از امتیازات دارایی و ثروت دانش یا دانایی نسبت به سایر دارایی‌ها عبارت است از: ذاتاً غیر رقیب و تمام‌نشدنی است، ناملموس اما قابل دست‌کاری است، غیرخطی و نمایی است، به آسانی قابل حمل است، غیرقابل محصور و شیوع پذیراست، قابل ذخیره‌سازی است، جمع‌پذیر با سایر دانش‌هاست و الگوپذیر است. به عبارتی گسترش مرزهای دانش، گسترش داده و اطلاعات صرف نیست بلکه علاوه بر تجربیات (دانش و دانایی)، الهامات و دانش ضمیری دانشمند و پژوهشگر موضوع موردنظر را به تحلیل می‌پردازد [۱-۴].

۱- تجربه تاریخی انسان در آموزش زبان

معمولاً دو روش برای آموزش زبان وجود دارد. روش آموزش تحلیلی یا آوایی^۶ که نوعی آموزش جزء به کل است و زبان‌آموز در آن با ارتباط بین تک‌تک حروف و صداهای متناظر آنها آشنا می‌شود و سپس با ترکیب حروف برای تشکیل کلمه نوشتاری و با ترکیب صداها برای تشکیل کلمه گفتاری استفاده می‌کند. روش دوم شیوه آموزش کل زبان یا نظریه یادگیری سازنده^۷ است که به عبارتی آموزش کل به جزء می‌باشد که در این روش تأکید بر درک متن و ادبیات می‌باشد. به عبارتی واحدهای ساختاری آموزش در روش اول حرف و در روش دوم کلمه می‌باشد. در روش اول هر فردی حروف الفبای زبانی را بیاموزد و شیوه ترکیب آن‌ها را آموخته باشد قادر می‌شود بی‌نیاهیت کلمه بنویسد و یا تکلم کند. تجربه‌ای که افراد در

اولین سؤال این است آیا می‌توان انسان خلاق و کاشف تربیت کرد؟ و یا اینکه این امور ذاتی و یا ارثی‌اند و انسان‌های خلاق به‌طور مادرزادی متولد می‌شوند و آموزش در آنها نقشی ندارد و یا با آموزش نمی‌توان انسان خلاق تربیت کرد. خلاقیت عبارتست از فرایند تولید شیء، مفهوم یا پدیده‌ای اصیل و ارزشمند. بدون شک جوهره خلاقیت با کیفیت‌ها و کمیت‌های مختلف در ذات هر انسانی نهفته است، اما این خلاقیت همگانی بالقوه است و ضروری است تا به فعلیت برسد. بدیهی است آموزش خلاق یکی از مهم‌ترین شیوه‌ها در تبدیل خلاقیت بالقوه به بالفعل می‌باشد. ریچارد فاینمن^۱ فیزیک‌دان نامی که به منظور ایجاد وحدت موفقیت‌آمیز بین نسبیت خاص و مکانیک کوانتمی در سال ۱۹۶۵ موفق به اخذ جایزه نوبل شد، در سخنرانی خود تحت عنوان علم چیست؟ (۱،۲)^۲ در بیان خاطرات کودکی‌اش و رویکرد تأثیرگذار آموزش خلاق توسط پدرش می‌گوید، پدرش حرکت عروسک کوکی را به تابش خورشید نسبت می‌داد و او را رهبری می‌کرد که روابط علت و معلولی نهفته در زنجیره‌های تودرتو و یا پی‌درپی بین این دو پدیده را کشف کند. لذا شیوه آموزش نقش پررنگی در تربیت انسان‌های خلاق و نوآور بازی می‌کند. بدیهی است این مهم سلسله مراتبی دارد و برحسب اینکه فرد آموزش داده‌شده از چه سطحی از استعداد و هوش طبیعی، توان ذاتی و اعتمادبه‌نفس و خودباوری برخوردار باشد مرتبه خلاقیت متفاوت خواهد شد.

روش‌های آموزش خلاق

فرایند آموزش معمولاً در سه سطح انجام می‌شود. آموزش در سطح داده^۳ و آن عبارت است از آموزش اعداد و یا آموزش نام یک پرنده بدون ارتباط با چیزهای دیگر. آموزش در سطح اطلاعات^۴ که در این سطح از آموزش، داده‌ها پردازش شده و حقایقی با مفهوم به دست می‌دهد که به توصیف و تعریف

^۲ شماره وبگاه در پراتنز و شماره رفرنس در گروه ارائه شده است.

^۱ Richard Feynman

^۳ Data

^۴ Information

^۵ Knowledge

^۶ Analytical approach (Phonics)

^۷ Whole language approach (Constructive learning theory)

بیست اسیدآمینة در ترکیب دو جزئی منجر به ۴۰۰ دی پپتید، در ترکیب سه جزئی ۸۰۰۰ تری پپتید، در ترکیب شش جزئی منجر به ۶۴۰۰۰۰۰۰۰ هگزا پپتید به دست می‌دهد.

در مثالی دیگر کل خلقت کرات آسمانی و زمین متشکل از حدود یک‌صد عنصر شیمیایی است. به‌طوری‌که تعداد ترکیبات آلی با جرم مولکولی کمتر از ۵۰۰ و متشکل از ده عنصر (C, H, O, N, P, S, D, F, Br, I) بیش از 10^{11} مولکول می‌باشد.

وقتی زبان آموزش مبتنی بر جزء و در ابعاد مولکولی بیان شود، انسان، سیب، جلبک و فلاپی دیسک (CD) عضو یک مجموعه و در یک خانواده قرار خواهند گرفت. چراکه زبان حیات یا ژن‌ها از یک زنجیره رمزی چهار حرفی A, T, C, G (چهار نوع نوکلئوتید) که در همه موجودات یکی است تشکیل شده و در صورت دستیابی به توانمندی خواندن و بازنویسی این کدهای رمزی، می‌توان پرتغال را به یک واکسن تبدیل کرد. همین‌طور کد رمزی فلاپی دیسک از رمزبندی دو عدد (۰) و (۱) تشکیل می‌شود و در حقیقت فلاپی دیسک رمزهایی که در داخل فایل‌ها در حال تغییرند خوانده و بازنویسی می‌کند [۵].

در زبان حیات واحدهای کدی، مولکول و نوکلئوتیدها و در فناوری اطلاعات واحدهای کدی اعداد ۰ و ۱ می‌باشد. گرچه فاصله بین زبان ماشینی (۰ و ۱) تا زبان حیات (DNA) بی‌نهایت است به‌طوری‌که اولی غیرهوشمند و دومی هوشمند می‌باشد، اما هر دو مبتنی بر جزء می‌باشند. جامعیت در حیات نیز ناشی از واحدهای مولکولی (در مقابل واحد عددی) است که قادر به انتقال برخی از صفات از نسلی به نسل دیگر می‌باشد. شیوه مناسب در شناخت نیز در هر سیستم، دستیابی به ابعاد و اجزاء سازنده آن است، چنانچه بهترین شناخت در علوم ژنتیک، نانو و حتی مدیریت سیستم‌ها، شناخت اجزاء در ابعاد مولکولی، اتمی و سلولی است.

بنابراین، الگوی آفرینش در طبیعت نیز از جزء به کل می‌باشد و با ترکیب تعداد محدودی مولکول (نوکلئوتید-اسیدهای آمینه) اشکال متفاوتی از اثر انگشت خلق می‌شود که از میان میلیاردها مورد از آنها هیچ‌کدام یکسان نیستند. رنگ‌های گوناگون در طبیعت نیز الگو و مدل دیگری است که از ترکیب چند رنگ

آموختن زبان دوم آن را به بوته آزمایش گذاشته‌اند و به این مهم یعنی توانمندی در گفتار و نوشتار دست‌یافته‌اند. حال سؤال این است کدام شیوه انسان را در نوشتن و خواندن کلمات توانمندتر و خلاق‌تر می‌نماید؟ شاید جواب پاسخ آموزش با حروف باشد. چراکه با تعداد محدود از حروف بی‌نهایت کلمه و جمله ساخته می‌شود. به عبارتی حروف نسبت به کلمات محدودتر و واگرایی در ساخت کلمه بیشتر می‌باشد. به‌رحال در روش آموزش زبان بر مبنای حروف، انسان خلاق با توانمندی در ابداع کلمات، جملات و... جدید تربیت می‌شود؛ بنابراین، اگر روش آموزش از جزء به کل باشد، زبان‌آموز و آموزش‌شونده توانمند و خلاق تربیت می‌شود. چراکه با محدود حروف بی‌نهایت جمله و متن ساخته و پرداخته می‌شود. به‌عنوان مثال مجموع تعداد لغات و یا کلمات در زبان انگلیسی حدود پانصد هزار می‌باشد که با ۲۶ حرف تشکیل و ساخته می‌شود (۴).

مثالی دیگر از آموزش خلاق مبتنی بر تجربه تاریخی انسان در ایجاد اعداد بی‌شمار برای شمارش اشیاء با استفاده از اعداد ۰ تا ۹ است که به‌عنوان واحدهای ساختاری اعداد از ترکیب آنها بی‌نهایت عدد جدید ساخته می‌شود.

۲- شیوه آموزش خلاق با الگوبرداری و الهام از طبیعت

مبنا و اساس حیات و طبیعت استوار بر راهبرد واگرایی مبتنی بر عین همگرایی است. به‌عنوان مثال متفاوت بودن اثر انگشت میلیاردها انسان در جهان ناشی از فقط نحوه چیدمان تعداد محدودی اسیدآمینة است. زبان حیات و یا سیستم دی.ان.ای^۱ (DNA) استوار بر تعداد محدودی نوکلئوتید است. رمز وراثتی انسان از به هم پیوستن سه میلیارد از چهار نوع نوکلئوتیدها (A, T, C, G) به دست می‌آید. به‌طوری‌که این رمز در هر یک از یک‌صد میلیارد سلول بدن انسان دقیقاً تکرار می‌شود. کپی ژنوم انسان (کد ژنتیکی) هر یک از سلول‌ها که در سال ۲۰۰۰ میلادی کامل شد بر روی کاغذ بالغ بر ۲۵۰ جلد کتاب می‌شود. به‌عبارت‌دیگر زبان حیات DNA، یکی از عجایب خلقت است که از چهار حرف (نوکلئوتید) تشکیل می‌شود. از نظر آماری امکان اینکه چیدمان بیست نوع اسیدآمینة (واحد پروتئینی) در کنار هم یکسان باشد غیرممکن است. به‌طوری‌که

¹ DNA (Deoxyribonucleic acid)

همگرایی در تولید و واگرایی در فرآورده از جمله ویژگی‌های استراتژی واکنش‌های چند جزئی است. به طوری که واکنش‌ها و فرایندهای چند جزئی نه فقط یکی از زمینه‌های پرحاصل خیز در کشف واکنش‌های جدید است بلکه در کشف داروی به شیوه غربالگری که ضروری است از میان ترکیبات بی‌شمار، ترکیبی با پتانسیل دارویی کشف شود اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است.

بنابراین آموزش خلاق و مولد به روشی اطلاق می‌شود که اولاً مبتنی بر فرایند آموزش دانش و آموزش در پاسخ به کلمات چرا، چطور و چگونه بیان شود، ثانیاً روش آموزش از جزء به کل باشد، ثالثاً آموزش به یک الگو و یا مدل منجر شود و رابعاً علیرغم واگرایی در اجزای سازنده، طی فرایند ترکیب اجزا که توأم با همگرایی است، تنوع و واگرایی در حاصل (محصول) به دست آید و به عبارتی با در دست داشتن یک الگو موارد متعددی خلق و کشف شود.

ارائه نمونه‌هایی از روش آموزش خلاق در آموزش

شیمی

در بررسی واکنش اسید و باز، اگر اسید با نماد H^+ و باز با نماد OH^- معرفی شود، با استفاده از این الگو که از ترکیب نمادها و یا اجزا و یا واحدهای لیسید و باز آب به دست می‌آید، بی‌نیازیت واکنش اسید و باز را می‌توان تفسیر و تبیین کرد. در شیمی کربن یا شیمی آلی اگر خواص شیمیایی مبتنی بر اوربیتال‌های اتمی کربن باشد، با توجه به تعداد محدود اوربیتال‌های اتمی کربن که حداکثر سه اوربیتال (sp, sp^2, sp^3) می‌باشد، خواص شیمیایی مولکول‌های غول‌پیکر که دارای تعداد بی‌شماری پیوند است بر اساس همین سه نوع اوربیتال و یا پیوند قابل تفسیر می‌باشد. در واکنش‌های پیراحلقه‌ای در شیمی چهار رهیافت برای تبیین مبانی حاکم بر واکنش‌های پیراحلقه‌ای ارائه شده است که هر یک به عبارتی یک مدل و الگوی مبتنی بر اوربیتال‌های مولکولی بنا شده از اوربیتال‌های اتمی می‌باشد [۹-۱۲].

روش‌های کشف

بحث بسیار مهم این است که کشفیات چگونه انجام می‌شوند و چه ارتباطی با آموزش خلاق دارد؟ اکتشاف اعم از کوچک و بزرگ طرق مختلفی دارد، قطعاً انسان‌هایی می‌توانند به کشفی

اصلی به دست می‌آید. به عبارتی با روش ترکیبی از اجزای اصلی رنگ‌ها می‌توان رنگ‌های متعددی را خلق و ایجاد کرد.

۳- الگوبرداری از طبیعت در سنتز مواد

یکی از گرایش‌های علوم شیمی ساخت (سنتز) ترکیبات شیمیایی با خواص دارویی و صنعتی، انواع رنگ‌ها، پلیمرها، مواد منفجره، سموم کشاورزی و ... می‌باشد که بعضاً برخی از آن‌ها تحولی شگرف در جامعه بشری به دنبال داشته است. تعداد این ترکیبات بالغ بر میلیون‌ها ترکیب شیمیایی جدید و ثبت شده است که در اقصی نقاط جهان توسط شیمیدان‌ها و رشته‌های مرتبط و وابسته به آن طراحی، ساخت، تعیین ساختار مولکولی و گزارش شدند. برای ساخت این ترکیبات دو طرح و راهبرد کلی وجود دارد. در راهبرد اول از ترکیب دو واکنش گر A و B فرآورده P به دست می‌آید که اصطلاحاً از آن به‌عنوان یک واکنش دو جزئی یاد می‌شود و روش سنتزی در سنتز و ساخت مواد محسوب می‌شود و البته در حال حاضر نیز از کارایی بسیار بالایی برخوردار است و کماکان از این شیوه به‌وفور در سنتز مواد استفاده می‌شود. راهبرد دوم که اصطلاحاً از آن به‌عنوان یک واکنش چند جزئی یاد می‌شود، سه واکنش گر A, B, C و یا بیشتر با هم ترکیب شده و تولید فرآورده جدید P می‌نماید [۸-۶]. از امتیازات روش اخیر هدایت پراکندگی، تفرق و واگرایی واکنش‌گرها به‌سوی وحدت و همگرایی در فرآورده است. گرچه خود فرایند سنتز نوعی هدایت به همگرایی است، اما در راهبرد دوم این همگرایی بیشتر است. این رهیافت جدید امتیازات فراوانی دارد به طوری که ضمن صرفه‌جویی در انرژی، زمان و کاهش تعداد واکنشگاه‌ها، کاهش فرایندهای تخلیص، افزایش بهره و راندمان فرایند را نیز در پی دارد. علاوه بر امتیازاتی که ذکر شد، از ویژگی منحصر به فردی برخوردار است به طوری که با در دست داشتن الگوی کلی واکنش و با تغییر دادن هر یک از واکنش‌گرهای A, B, C فرآورده‌ی جدیدی به دست می‌آید که اصطلاحاً از آن واگرایی در فرایند تولید فرآورده یاد می‌شود. به‌عنوان مثال از واکنش ده واکنش‌گر به شکل دو جزئی ۴۵ فرآورده و به شکل سه جزئی تعداد ۱۲۰ فرآورده تولید می‌شود. اگر همین ده واکنش‌گر به شکل پنج جزئی ترکیب شوند تعداد فرآورده‌ها ۲۵۲ خواهد شد. اصطلاحاً واگرایی در مواد اولیه،

ناب و بزرگ دست یابند که نه تنها خلاق، باهوش، قدرت تحلیل و فهم بالا و از استعداد ذاتی بس یار خوبی برخوردار باشند بلکه با شیوه آموزش خلاق آموزش دیده باشند. در این صورت است که توانمندی انسان در خلق و کشف مضاعف خواهد شد. کشف‌های بزرگ معمولاً به یکی از روش‌های زیر رخ داده است.

۱- کشف مبتنی بر پرسش

بهترین نام و عنوان برای یک دانشمند بازپرس است و بیشتر جوایز نوبل را دانشمندانی به دست می‌آورند که همانند یک بازپرس با طبیعت عمل می‌کنند. روش بازپرسی یک دانشمند آزمایش‌هایی است که انجام می‌دهد و برای یک بازپرس گام اول طرح پرسش‌های درست است. یکی از شیوه‌های کشفیات بزرگ پاسخگویی به سؤالاتی است که یا از انسان مطالبه کرده‌اند و یا اینکه ضمیر آگاه خود فرد پرسش مهمی را در ذهن دارد و تمامی دغدغه او یافتن پاسخی به آن سؤال است. بدیهی است کاشف باید از ظرفیت و پتانسیل بالقوه و بالفعل بالایی برخوردار باشد که هم سؤالات دغدغه‌ای او بزرگ باشد و هم سؤالاتی که به او ارجاع می‌شود مهم باشند. کشف قانون ارشمیدس^۱ و قانون نیوتن از این دست می‌باشند.

اولی به دلیل پرسش شاه هیرون و دومی به دلیل پرسشی که در ذهن خود کاشف ظهور و بروز پیدا کرده بود منجر به کشف شد. قانون ارشمیدس (وزن مخصوص) که امروزه به آن چگالی می‌گویند، کماکان پس از ۲۳ قرن بس یاری از دانشمندان در محاسبات خود متکی به این اصل هستند. ارشمیدس می‌خواست مقدار حقیقی طلای تاج شاه را بیابد ولی به‌کارگیری دانش گذشته و تفکر مداوم و تلاش در به‌کارگیری همه‌ی قوای نفس، وی را به آنچه اصل ارشمیدس معروف است، رسانید [۱۳-۱۵].

نیوتن^۲ نیز در همین حال زیر درخت سیب به قانون جاذبه رسید. زمانی که نیوتن سیب را هنگام افتادن دید به فکر حرکت خاصی افتاد. نیوتن دریافت که جاذبه، نیروی جذب‌کننده‌ای بین دو جسم است. او همچنین دانست که اجسام با جرم بیشتر نیروی جاذبه‌ی بیشتری را اعمال می‌کنند و اجسام کوچک‌تر را به سمت خود می‌کشند. به همین دلیل است که سیب به‌جای

رفتن به هوا زمین می‌افتد، او فکر می‌کرد که ممکن است جاذبه به زمین و اشیای بر روی آن محدود نشود بلکه در ماه و اطراف آن هم وجود داشته باشد، نیوتن نیرویی که لازم بود تا ماه به دور زمین بگردد را محاسبه کرد، سپس آن را با نیرویی که موجب افتادن سیب شده بود مقایسه کرد. بعد از پذیرفتن این واقعیت که ماه از زمین بسیار دور است و جرم بسیار بیشتری دارد و ماه توسط نیروی جاذبه زمین به دور مدار زمین نگه داشته شده است محاسباتش درک دانشمندان از جهان را تغییر داد. کسی تا آن زمان نمی‌دانست چرا سیارات در مداراتشان باقی‌مانده‌اند و چه چیزی آنها را نگه داشته است؟ نیوتن ثابت کرد که آنها به‌وسیله جاذبه خورشید نگه داشته شده‌اند و نیروی جاذبه به فاصله و جرم هر دو جسم بستگی دارد [۱۳-۱۵].

این دو مثال نشان می‌دهد چطور از یک پرسش و یا مشاهده معمول در صورتی که متفکرانه و دغدغه دار اندیشیده شود می‌توان به کشف قوانین علمی دست یافت.

۲- کشف مبتنی بر تصادف و خوش‌اقبالی^۳

زندگی علمی مانند حرکت روی ریل راه‌آهن نیست و نتایج ممکن است غیرقابل پیش‌بینی و شگفت‌انگیز باشد. اغلب اکتشافات بزرگ به‌طور تصادفی کشف شده‌اند. البته کاشف آنها انسان‌های با خصوصیات ویژه‌ای بودند و گرنه خیلی از اکتشافات فعلی کماکان پنهان مانده بودند. به قول جوزف هنری^۴ فیزیکدان آمریکایی بذر اکتشافات بزرگ دائماً ما را فراگرفته‌اند، اما تنها در ذهن‌هایی ریشه می‌دوانند که آمادگی پذیرش آنها را داشته باشند. کسانی تصادفات را به کشف مبدل می‌سازند که از هوش و ذکاوت کافی، ذهنی مستعد، فعال و آماده و از کنجکاوی و تیزبینی بالایی برخوردار باشد. به عبارتی اکتشاف عبارت است از دیدن آنچه همه دیده‌اند و اندیشیدن به آنچه هیچ‌کس نیندیشیده است. البته کاشف باید از خصوصیات دیگری نیز از جمله انعطاف‌پذیری در تفسیر و تفکر- کسانی که تنها آنچه را موردنظر است می‌بینند و نتایج غیرمنتظره را به نادرست بودن فراموش می‌کنند هرگز اکتشافی نخواهد کرد- و داشتن جامعیت علمی لازم در حوزه مورد پژوهش برخوردار

¹ Archimedes

² Newton

³ Serendipity

⁴ Joseph Henry

گزارش‌ها در قالب یک مقاله مروری توسط ما منتشر شده است [۱۸]. قطعاً از این دست پرونده‌ها در فایل‌های پژوهشی دانش‌جویان تحصیلات تکمیلی و اساتید کم نیست که بعضاً پس از گذشت روزها، ماه‌ها و حتی سال‌ها که معما حل نمی‌شود تصمیم به نابودی پرونده‌ها و یا پاک کردن صورت مسئله می‌نمایند. بدیهی است هر چه معما پیچیده‌تر باشد معمولاً حل آن دشوارتر و اهمیت موضوع بیشتر خواهد بود.

بنابراین دانش و تجربه در حوزه تخصصی، انعطاف‌پذیری در تفکر، کنجکاوی و تیزبینی و از همه مهم‌تر پشت‌کار و جدیت سبب خواهد شد معماهای بزرگ حل شوند و اگر بخت نیز یار باشد به کشف‌های بزرگ دست پیدا یافت. به عبارت دیگر اگر عادت کردیم تمامی شواهد تجربی را به دقت دنبال و رصد کنیم امکان اینکه در آینده موفق به کشفیات بزرگ شویم فراهم خواهد شد.

۳- کشف مبتنی بر منطق و استدلال

تاریخچه جدول تناوبی عناصر به بیش از یک قرن پیش برمی‌گردد و تکامل در فهم خواص شیمیایی با انتشار اولین جدول تناوبی حقیقی که توسط دیمیتری مندلیف^۱ در سال ۱۸۶۹ ارائه شده به دست آمده است [۱۹،۲۰]. به این دلیل کشف مندلیف در سطح بالایی نسبت به اکتشافات آن زمان از دانشمندی چون آنتوان لوازیه^۲ قرار گرفت چون این دانشمند روسی به‌تنهایی ایده‌ی اولین جدول تناوبی واقعی عناصر را به‌صورت منحصربه‌فرد عملی ساخت. این جدول که به‌خودی‌خود نمایانگر قانون تناوبی است نشان می‌دهد اگر عناصر بر اساس عدد اتمی مرتب شوند خواص آن‌ها به‌صورت تناوبی تکرار می‌شود. جدول مندلیف برای نشان دادن مشترکات عناصر، آن‌ها را به ستون‌های عمودی (گروه‌ها) و ردیف‌های افقی (تناوب‌ها) مرتب می‌کند. موارد متعددی از اکتشافات مبتنی بر روش منطق و استدلال می‌باشد و قانون بقای جرم، انرژی و جرم-انرژی و ... از این دست‌اند.

باشد. به‌طوری‌که پاستور^۱ که در عرصه شیمی، میکروبی‌شناسی و پزشکی به تحول‌های شگرف و بنیادین دست زده است می‌گوید «در پهنه مشاهده بخت فقط به ذهن مستعد یاری می‌رساند». پل فلوری^۲ یکی از برندگان جایزه نوبل در دریافت نشان از انجمن شیمی آمریکا می‌گوید: اختراعات مهم صرفاً تصادف نیستند. تردیدی نیست بخت هم نقش‌ی دارد، اما نوآوری برخلاف عقیده عموم چیزی بس‌یاری فراتر از یک پیش‌آمد ناگهانی است. لازمه عملی اختراع، وجود دانش ژرف و گسترده است. تا زمانی که ذهن کاملاً از پیش آمادگی نداشته باشد، اگر هم جرقه نبوغ بزند، احتمالاً چیزی برای مشتعل ساختن نخواهد یافت [۱۴،۱۵]. شاید معروف‌ترین اکتشاف تصادفی، کشف پنی‌سیلین به دست سرالگزاندرفلمینگ^۳ باشد. موارد متعددی از اکتشافات مبتنی بر روش خوش‌اقبالی است از جمله کشف تفلون، انسولین، اشعه ایکس و میکروویو و ... از این دست می‌باشد (۵) [۱۷،۱۶،۱۴،۱۳].

تجربه شخصی در رابطه با کشف تصادفی یک واکنش

مطالعه، بررسی، کشف و معرفی واکنش‌های چند جزئی جدید یکی از حوزه‌های پژوهشی مورد علاقه اینجانب می‌باشد. در این راستا واکنش‌ی طراحی و برای اجرا توسط یکی از دانشجویان به‌بوته آزمایش گذاشته شد. علیرغم اینکه واکنش در متیلن کلرید به‌عنوان حلال انجام شده بود، فرآورده واکنش دو گروه اتیل را نشان می‌داد که در واکنش‌گرها وجود نداشت. ابتدا تصور بر این بود با توجه به مکانیسم فرایند، دانشجو به‌جای متیلن کلرید از اتانول استفاده کرده است. با بررسی بیشتر احتمال داده شد گروه‌های اتیل ناشی از ناخالصی حلال متیلن کلرید که همراه اتانول است باشد. لذا آزمایش با اتانول خالص تکرار شد، نتایج آزمایش نشان داد نه‌تنها بهره واکنش بلکه سرعت واکنش به‌شدت افزایش می‌یابد. لذا معما حل شد و مشخص شد ناخالصی بسیار جزئی اتانول در حلال متیلن کلرید در واکنش مشارکت کرده است. جالب اینکه بر اساس روند کلی و الگو و مدل این واکنش گزارش شده توسط تیم تحقیقاتی ما، مقالات متعددی توسط گروه‌های تحقیقاتی مختلف در سطح کشور و جهان گزارش شده و اخیراً این

¹ Louis Pasteur

² Paul John Flory

³ Alexander Fleming

⁴ Dmitri Ivanovich Mendeleev

⁵ Antoine-Laurent de Lavoisier

۴- کشف مبتنی بر تخیل و رؤیا

«ذهن شهودی یک هدیه مقدس است و ذهن منطقی یک خدمت کار با وفا است. ما جامعه‌ای ایجاد کرده‌ایم که خدمتکار را گرامی می‌دارد و هدیه را فراموش کرده است.» - آلبرت انیشتین یکی از رخدادهای خواب رؤیاست و رؤیا منتج فعالیت‌های ذهنی است که در هنگام خواب به صورت رؤیا تجسم می‌شود. قدرت تخیل و رؤیا نقش مهمی در اکتشافات بزرگ ایفا نموده است. به طوری که برخی نوآوری‌های علمی، اختراع و اکتشاف ناشی از تخیل شهودی و رؤیاها می‌باشد. به عنوان مثال ککوله، آلبرت انیشتین، نیلز بور و دمتری مندلیف از جمله کسانی هستند که در حل مسائل علمی خود از این شیوه بهره جستند. شاید یکی از نمونه‌های بارز آن کشف ساختار بنزن توسط ککوله^۱ باشد [۶] [۱۹،۲۰].

۵- الهام گرفتن و الگوبرداری از طبیعت (زیست الگو)

شناخت پدیده‌های طبیعی و الگوبرداری از آن علم زیست الگو نامیده می‌شود [۲۱]. طی فرایند تکامل، طبیعت راه‌حل‌های مؤثری برای چالش‌هایی که با آنها مواجه بوده ارائه داده است. به عبارتی طبیعت آزمایشگاه عظیمی متشکل از تمامی علوم و مهندسی است که طی میلیون‌ها سال مسائل و مشکلات خود را به طریق سعی و خطا اصلاح و به سوی تکامل سوق می‌دهد و همانند استخری عظیم مملو از اختراعات می‌باشد. لذا دانشمندان و مهندسان همواره تلاش کرده‌اند ضمن آموزش و یادگیری از این استخر اختراعات طبیعت با الگوبرداری و الهام از آن در حل مسئله و بهبود زندگی جامعه بشری استفاده کنند. چنانچه در قرآن کریم تأکید می‌شود الگوها و مثال‌هایی برای جوامع انسانی ارائه شده است تا از آن پیروی و الگوبرداری و تفکر کنند (این‌ها مثال‌هایی است که برای مردم می‌زنیم، شاید در آن بیندیشند - سوره مبارکه حشر - آیه ۲۱). الگوبرداری پمپ آب از روی قلب انسان، سلول‌های خورشیدی از ساختار برگ‌ها، الگوبرداری از خفاش در ساخت پهپاد و از عنکبوت

برای طراحی و ساخت روبات مریخ‌پیما و... نمونه‌هایی از اکتشافات الهام گرفته شده از طبیعت می‌باشد [۲۲،۲۳].

۶- کشف بر اساس باورها

تا دو دهه قبل، فیزیکدانان معتقد بودند طبیعت دارای چهار نیروی اصلی است: نیروی جاذبه، نیروی الکترومغناطیسی و دو نیروی هسته‌ای ضعیف و قوی. دو دهه قبل، عبدالسلام^۲ و دیگر همکاران او، این فرضیه را بیان کردند که شواهد و دلالت‌هایی وجود دارند که نشان می‌دهند نیروی هسته‌ای ضعیف در حقیقت تفاوتی با نیروی الکترومغناطیس ندارد و می‌توان هر دو را ادغام کرد. آنها در بستر سنت نیوتن، ماکسول^۳ و انیشتین، به دنبال یک نیروی واحد بودند که در نهایت نظریه مربوط به این نیروی واحد در اواخر ۱۹۶۷ در کالج امپریال^۴ لندن و مرکز بین‌المللی فیزیک نظری^۵ در تریست و همین‌طور به طور مستقل در هاروارد ارائه شد. اولین اشاره دال بر صحت این نظریه در سال ۱۹۷۳ ملاحظه شد؛ زمانی که آزمایشگاه بزرگ موسوم به سرن- آزمایشگاه مطالعات هسته‌ای اروپا^۶ واقع در ژنو به شواهد تجربی دال بر وجود نوعی جریان خنثی^۷ دست یافت که سهم قابل توجهی در شکل‌گیری این نظریه داشت. شواهد قطعی تر بعداً از سوی شتاب‌دهنده خطی استنفورد^۸ در آمریکا به دست آمد که در نتیجه این آزمایش متهورانه، دومین بعد نظریه- که گمان می‌رفت مهم‌ترین بعد و جزء نظریه نیز باشد (یکی شدن نیروهای هسته‌ای ضعیف با نیروی الکترومغناطیس)- به دست آمد. این جدا از مسئله‌ای بود که توقع می‌رفت و دستیابی به آن چهارصد سال به طول انجامد. نتیجه آزمایش‌هایی که بعداً در نووسی بریسک^۹ از سوی گروهی به سرپرستی پروفیسور بارکف^{۱۰} به عمل آمد نیز این مطلب را تأیید کرد. رسالت بعدی این بود که آزمایش کنند آیا سومین نیرو (نیروی هسته‌ای قوی) بخشی از این نیروی واحد را تشکیل می‌دهد یا خیر. لذا عبدالسلام همراه با تعدادی از همکارانش این نظریه را شکل‌بندی کردند و آزمایش‌هایی را برای ارزیابی آن انجام دادند. اگر نتایج مثبت می‌شد، آنها می‌توانستند این چهار نیرو را به دو نیرو تقلیل دهند. بعد از آن

¹ Friedrich August Kekulé

² Mohammad Abdus Salam

³ Maxwell

⁴ Imperial college

⁵ International center for theoretical physics

⁶ European Nuclear Research Laboratory (CERN)

⁷ Neutral Currents

⁸ Stanford Linear Accelerator

⁹ Novosibirsk

¹⁰ Barkov

قاعده‌مندی، از ظرفیت و آگرایی نیز برخوردار باشد، دانش‌آموز و دانشجو و یا هر نوآموز و آموزش‌شونده به سمت‌وسوی خلاقیت و جامع‌نگری رهنمون و به عبارتی خلاق و مبتکر رشد خواهد کرد. بدیهی است اگر آموزش خلاق از دوران کودکی آغاز شود، استعداد خلاقیت در آموزش‌شونده افزایش یافته به طوری که اگر جرعهٔ نبوغ بزند زمینه برای مشتعل شدن فراهم خواهد بود.

تقدیر و تشکر

از استاد و دانشمند ارجمند جناب آقای دکتر موسوی موحدی که حوصله به خرج دادند و پیش‌نویس مقاله را به دقت مطالعه، ویرایش و پیشنهادات ارزنده‌ای در جهت ارتقای کیفی آن ارائه فرمودند کمال تشکر را دارم.

پایگاه داده‌های دیده شده در این مقاله در متن به صورت پراکنز نشان داده شده است.

- 1) <http://www.feynman.com/science/what-is-science/>: What is Science?
- 2) <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1965/feynman/speech/>
- 3) https://en.wikipedia.org/wiki/DIKW_pyramid: Data, Information, Knowledge, and Wisdom.
- 4) https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_dictionaries_by_number_of_words
- 5) <https://www.sciencealert.com/these-eighteen-accidental-scientific-discoveries-changed-the-world>
- 6) <https://spacedoutscientist.com/2015/04/22/the-role-of-dreams-and-visions-in-scientific-innovation/#comment-form-load-service:Twitter>

منابع و مؤاخذ

- [1] Moosavi-Movahedi, A. A. (1999). *Mysteries of Spiritual Scientific Knowledge*, Hamdard Islamicu, Vol. 22, PP 9-15.
- [2] موسوی موحدی، علی‌اکبر (۱۳۷۳). *تجلی علم، مجله فرهنگ و دانش*، مجلد ۱، صفحات ۷۲-۶۹.
- [3] تافلر، الوین و تافلر، هاییدی (۱۳۸۷). *ثروت انقلابی*، مترجم امیررحیمی، رضا، انتشارات ماهی، تهران، ایران، صفحات ۱۸۱-۱۷۵.

نوبت به هدف نهایی می‌رسد که جمع بین نیروی جاذبه با الکترومغناطیس است. عبدالسلام معتقد است این نظریه باید درست باشد، اما ارائه فرمولی جامع، دقیق و تأیید (تجربی) آن ممکن است پنجاه سال به طول انجامد.

عبدالسلام بر این باور است این حقیقت که ما در پی دستیابی به یک نیروی واحد در حوزه نیروهای به‌ظاهر مختلف و متعدد طبیعت هستیم اساساً بخشی از اعتقاد ما به منزله فیزیکدان و جزئی از اعتقاد خود من را به‌مثابه یک مسلمان شکل می‌دهد [۲۴]. عبدالسلام با ارائه فرمول‌بندی واحدی برای نیروی الکترومغناطیس و نیروی هسته‌ای ضعیف که نیروی الکترو ضعیف نامیده می‌شود جایزه نوبل فیزیک را در سال ۱۹۷۹ دریافت کرد.

۷- کشف مبتنی بر پژوهش‌های برنامه‌ریزی شده

کشف مبتنی بر پژوهش یک روش علمی است که بر اساس تجزیه و تحلیل حجم زیادی از داده‌های تجربی با هدف پیدا کردن الگوهای جدید و یا همبستگی منجر به شکل‌گیری فرضیه و یا کشف آثار و پدیده‌ها می‌شود. گرچه در اغلب اکتشاف‌ها و نوآوری‌ها همه روش‌های کشف نقش دارند و بعضاً سهم آنها در هر مورد ممکن است متفاوت باشد، اما سهم و میزان کشفیات مبتنی بر پژوهش‌های برنامه‌ریزی شده بسیار فراوان می‌باشد و به‌عنوان نمونه ساخت بمب اتم، تئوری کوانتم، فرایند فتوسنتز، کشف اغلب داروها، ساختار دی.ان.ای و عفونت ویروس نقص ایمنی انسان^۱ که عامل بیماری ایدز^۲ است و... از این دست کشفیات می‌باشند.

نتیجه‌گیری

انسان توانسته است زبان علمی را به‌جای بیست‌وشش الی سی‌ودو حرف الفبای فارسی، انگلیسی و عربی و یا هزار حرف چینی به دو عدد (۱ و ۰) تقلیل دهد و پیچیده‌ترین عملیات را با استفاده از کامپیوترهای شخصی که بعضاً در یک جیب جا می‌شوند را خلق نماید. شاید بتوان گفت آنچه باعث تمایز انسان از حیوان شده است توانایی انسان در درک مفاهیم انتزاعی و بسط این مفاهیم باشد. لذا اگر روش‌های آموزشی طوری انتخاب شوند که ضمن دارا بودن جزءنگری و

¹ Human Immunodeficiency Virus (HIV)

² Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS)

- [16] Austin, J. H. (2003). Chase, Chance, and Creativity: The Lucky art of Novelty, MIT Press.
- [17] Diggins, F. W. (1999). The True History of the Discovery of Penicillin, with Refutation of the Misinformation in the Literature, British Journal of Biomedical Science, Vol. 56, PP 83-93.
- [18] Shaabani, A., Hooshmand, S. E. (2016). Isocyanide and Meldrum's Acid-Based Multicomponent Reactions in Diversity-Oriented Synthesis: From a Serendipitous Discovery towards Valuable Synthetic Approaches, RSC Advances, Vol. 6, PP 58142-58159.
- [19] Hudson, J. (1992). The History of Chemistry, The Macmillan Press Ltd.
- [20] هودسون، جان (۱۳۷۴). تاریخ شیمی، مترجم خواجه نصیرطوسی، احمد، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران.
- [21] موسوی موحدی، علی اکبر (۱۳۹۲). زیست الگو: همگرایی در علم و حکمت، نشریه نشا علم، مجلد ۴، شماره ۱، صفحات ۱۰-۶.
- [22] Bar-Cohen, Y. (2012). Nature as a Model for Mimicking and Inspiration of New Technologies, International Journal of Aeronautical and Space Sciences, Vol. 13, PP 1-13.
- [23] Bar-Cohen, Y. (2012). Biomimetics: Nature-Based Innovation, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [24] Dalafi, H. R., Hassan, M. H. (1994). Renaissance of Sciences in Islamic Countries: Muhammad Abdus Salam, World Scientific Publication Co. Pte. Ltd.
- [4] Stenmark, D. (2001). The Relationship Between Information and Knowledge, Proceedings of IRIS, Vol. 24, PP 11-14.
- [5] Enriquez, Juan (2005). As the Future Catches You: How Genomics & Other Forces Are Changing Your Life, Work, Health & Wealth, Three Rivers Press, Crown Publishing Group, NY.
- [6] Zhang, Wei, Yi, Wen-Bin (2019). Pot, Atom, and Step Economy (PASE) Synthesis, Springer, Cham.
- [7] Zhu, J., Bienaymé, H. (2005). Multicomponent Reactions, Wiley-VCH.
- [8] Herrera, R. P., Marqués-López, E. (2015). Multicomponent Reactions: Concepts and Applications for Design and Synthesis, Wiley.
- [9] Woodward, R. B., Hoffmann, R. (1970). The Conservation of Orbital Symmetry, Academic Press, NY.
- [10] Fukui, K. (1967) Theory of Orientation and Stereoselection, Springer Verlag, Berlin.
- [11] Sankaraman, S. (2005). Pericyclic Reactions, Wiley-VCH, Weinheim.
- [12] Shaabani, A. (2008). Frontier Orbitals Aromaticity: A Simple Approach to the Analysis of Pericyclic Reactions, Journal of the Iranian Chemical Society, Vol. 5, No. 1, PP S47-S53.
- [13] Royston M. Roberts (1989). Serendipity: Accidental Discoveries in Science, Wiley.
- [14] رویستون، رابرتس (۱۳۷۱). سرگذشت اکتشافات تصادفی در علم، مترجم غفرانی، محی الدین، چاپ اول، دانشمند، تهران، ایران.
- [15] قانعی، مصطفی (۱۳۸۹). راه تسخیر علمی عالم، انتشارات رسانه تخصصی، تهران، ایران.

Creativity and Discovery

Ahmad Shaabani^{1,*}

Currently, scientific advances are accelerating, and human society is facing with data and information explosion and the importance of knowledge, innovation and discovery in the creation of wealth is constantly increasing. Recognition of creative teaching practices and methods of discovery and innovation are the most important issues and challenges in the teaching and learning process in educational and research centers. In this article, with the question of “Is it possible to shape a creative and discoverer human by education?” Different levels of education have been explained and knowledge-based teaching as a creative education using human experience in language teaching and inspiring nature as the best creative teaching methods have been introduced. Finally, in answer to the question of “How big discovery happens and what the relationship of it with creative education?” Various types of discovery methods, including question-based discovery, serendipity and accidental discovery, logic and reasoning, imagination and dreaming, biomimetics and nature-based discovery, beliefs, and planned based research are introduced and their effective relationship (their effective link) to creative education has been studied and emphasized.

Key Words: Discovery, Creativity, Innovation, Information, Knowledge, Education.

*Author for Correspondence, Professor, Tel: +982129902800, Fax: +982122431663, E-mail: a-shaabani@sbu.ac.ir

¹ Faculty of Chemistry, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran