نهمین کنفرانس بین المللی
فیزیک، ریاضی و توسعه علوم پایه
9th International Conference on Physics, Mathematics and Development of Basic Science
www.fmc.bcnf.ir

فیزیک و توسعه فن آوری نوین

جواد حاتمی
دانشجوی کارشناسی فیزیک، دانشگاه شهید رجایی شیراز
jvdrznjd02@gmail.com

چکیده

این مقاله مروری به بررسی نقش محوری فیزیک در توسعه تکنولوژیکی، و تأثیر اصول فیزیکی اساسی بر نوآوری در حوزه های متنوع می پردازد. از طریق تجزیه و تحلیل جامع ادبیات ، از جمله مطالعات در مورد مکانیک کوانتومی ، فناوری نانو و علوم مادی ، ما روشهای اطلاع رسانی و پیشرفت فیزیک را بررسی می کنیم. ما ماهیت بین رشته ای این رابطه را بررسی می کنیم و در مورد پیامدهای آن برای توسعه تکنولوژیکی آینده بحث می کنیم. یک بررسی منظم از مقالات علمی ، کتاب ها و مقالات تحقیقاتی برای سنتز سهم کلیدی فیزیک در فناوری انجام شد. جستجوی ادبیات شامل طیف گسترده ای از منابع شامل مکانیک کلاسیک ، الکترومغناطیسی ، مکانیک کوانتومی و زمینه های نوظهور بود. فیزیک پایه و اساس نظری را فراهم کرده است که نوآوری های مختلف فن آوری بر آن ساخته می شود و بر دامنه هایی مانند حمل و نقل ، ارتباطات ، انرژی و مراقبت های بهداشتی تأثیر می گذارد. اصول فیزیک در حال ظهور، از جمله مکانیک کوانتومی و فناوری نانو ، تحولات پیشرفته در فن آوری را هدایت می کند. تلاش های مشترک فیزیکدانان ، مهندسان و محققان در زمینه های متنوع نقش مهمی در پرداختن به چالش های جهانی مانند تغییرات آب و هوا و راه حل های انرژی پایدار داشته اند. فیزیک همچنان یک نیروی محرک در توسعه تکنولوژیکی است و درک ما از دنیای فیزیکی و نوآوری رانندگی را شکل می دهد. شناخت سهم اصلی فیزیک و ماهیت بین رشته ای آن برای پرداختن به چالش ها و فرصت های آینده در فناوری ضروری است.

واژه‌های کلیدی: فیزیک ، فناوری ، نوآوری ، بین رشته ای ، مکانیک کوانتومی ، فناوری نانو.

۱- مقدمه

رابطه فیزیک و توسعه فناوری برای پیشرفت تمدن بشری اساسی است. این بخش مقدماتی مروری بر نقش مهمی که فیزیک در پیشرفت فناوری ایفا می کند ، ارائه می دهد و بینش در مورد پیشینه ، زمینه ، بیانیه مشکل و هدف از این بررسی ارائه می دهد. فیزیک ، به عنوان یک علم اساسی ، به عنوان بستری که بر روی آن نوآوری های فناوری ساخته می شود ، خدمت می کند. در طول تاریخ ، پیشرفت های فیزیک راه را برای پیشرفت های پیشگامانه فن آوری که جنبه های مختلفی از زندگی انسان را دگرگون کرده است ، هموار کرده است (هاوکینگ ، ۲۰۱۰ ؛ استیکس ، ۲۰۱۸). از اکتشافات الکترومغناطیسی توسط فارادی و ماکسول گرفته تا توسعه مکانیک کوانتومی در قرن بیستم ، فیزیک چارچوب و اصولی نظری را ارائه داده است که زیربنای بسیاری از فناوری های مدرن است (گرین ، ۲۰۰۴ ؛ کاکو ، ۱۹۹۴).

با پیشرفت های سریع در زمینه هایی مانند فناوری نانو ، هوش مصنوعی و انرژی تجدید پذیر ، تأثیر فیزیک بر فناوری همچنان در حال رشد است ، بر صنایع ، اقتصادها و زندگی روزمره تأثیر می گذارد (شواب ، ۲۰۱۷ ؛ Tegmark، ۲۰۱۷).

۱,۱ بیان مسئله

در حالی که هم افزایی بین فیزیک و فناوری دستاوردهای چشمگیری داشته است ، اما چالش های پیچیده ای و معضلات اخلاقی نیز ارائه داده است. یک مشکل مهم ، توسعه مسئولانه و پایدار فناوری در مواجهه با عواقب احتمالی ، مانند تأثیرات زیست محیطی و نگرانی های اخلاقی است (Bostrom & ćirković، ۲۰۱۱ ؛ Owen، Bessant، Heintz &، ۲۰۱۳).

علاوه بر این ، اطمینان از دسترسی عادلانه به مزایای فناوری ، به ویژه در زمینه کشورهای در حال توسعه ، یک مشکل اساسی است که نیاز به توجه دارد (گوپتا ، ۲۰۱۷ ؛ بانک جهانی ، ۲۰۲۰). بیانیه این مسئله لزوم ایجاد تعادل بین پیشرفت فناوری ، ملاحظات اخلاقی و دسترسی جهانی را برجسته می کند.

۱,۲ هدف از بررسی

هدف از این بررسی ، بررسی رابطه پیچیده بین فیزیک و توسعه فناوری است. این مقاله با بررسی نقاط عطف تاریخی ، تحولات معاصر و چشم اندازهای آینده ، به دنبال درک کاملی از چگونگی شکل گیری فیزیک و پیشرفت پیشرفت تکنولوژیکی است. علاوه بر این ، این بررسی با هدف پرداختن به چالش های اخلاقی و دسترسی مرتبط با همگرایی فیزیک و فناوری ، ارائه بینش و توصیه هایی برای آینده ای پایدار و فراگیر فناوری است.

۲- نقش فیزیک در پیشرفت های فناوری

فیزیک نقش اساسی و اساسی در رانندگی پیشرفتهای فناوری در صنایع مختلف دارد. در این بخش به مشارکتهای تاریخی فیزیک ، اصول و قوانین اساسی و همچنین کاربردهای معاصر که نشان دهنده رابطه غیر قابل تفکیک بین فیزیک و فناوری است ، می پردازد.

۲.۱ کمک های تاریخی فیزیک

در طول تاریخ ، فیزیک پایه و اساس بسیاری از نوآوری های فناوری را پایه گذاری کرده است. چهره های برجسته تاریخی ، مانند اسحاق نیوتن ، آلبرت انیشتین و جیمز منکسول ، تئوری ها و قوانینی پیشگامانه را تدوین کردند که فناوری را متحول کرد (فاینمن ، ۱۹۶۰ ؛ کوهن ، ۱۹۶۲). به عنوان مثال ، قوانین حرکتی نیوتن و گرانش جهانی چارچوب نظری لازم برای توسعه فناوری های مهندسی مکانیک و اکتشافات فضایی را فراهم می کند (Hewitt، ۲۰۱۹). علاوه بر این ، معادلات ماکسول که الکترومغناطیسی را توصیف می کند ، راه را برای توسعه ارتباطات از راه دور و مهندسی برق هموار می کند (پوزار ، ۲۰۱۱).

۲.۲ اصول و قوانین اساسی

توسعه فناوری به استفاده از اصول اساسی و قوانین ناشی از فیزیک متکی است. این اصول شامل قوانین نیوتن ، قوانین ترمودینامیک و اصول الکترومغناطیسی است (Serway & Jewett، ۲۰۱۸). مهندسان و دانشمندان این اصول را برای طراحی و بهینه سازی طیف گسترده ای از فناوری ها ، از موتورها و نیروگاه ها گرفته تا دستگاه های نیمه هادی و سیستم های انرژی تجدید پذیر ، مهار می کنند.
به عنوان مثال ، قانون دوم ترمودینامیک ، که بیان می کند که انرژی به مرور زمان پراکنده یا تخریب می شود ، طراحی سیستم های کارآمد انرژی و توسعه فن آوری های پایدار را راهنمایی می کند (Cengel & Boles، ۲۰۱۹). به طور مشابه ، اصول الکترومغناطیسی زیربنای عملکرد وسایل الکترونیکی از جمله رایانه ها ، تلفن های هوشمند و تجهیزات پزشکی است (گریفیتس ، ۲۰۱۳).

۲.۳ برنامه های معاصر

در دوره حاضر ، فیزیک همچنان به پیشرفت های تکنولوژیکی در مناطقی مانند محاسبات کوانتومی ، فناوری نانو و انرژی تجدید پذیر ادامه می دهد (شرودینگر ، ۱۹۳۵ ؛ روکو و بانبریج ، ۲۰۰۲). به عنوان مثال ، فیزیک کوانتومی منجر به توسعه رایانه های کوانتومی شده است که پتانسیل حل مشکلات پیچیده را سریعتر از رایانه های کلاسیک دارند (Preskill، ۲۰۱۸). فناوری نانو ، که شامل دستکاری ماده در نانو است ، باعث انقلابی در علم ، الکترونیک و پزشکی می شود (Roco & Bainbridge، ۲۰۰۲). علاوه بر این ، اصول فیزیک برای توسعه فن آوری های انرژی تجدید پذیر مانند پانل های خورشیدی ، توربین های بادی و سیستم های ذخیره انرژی مهم است (Dincer & Rosen، ۲۰۱۰).

۳- فیزیک و الکترونیک

فیزیک نقش اساسی در توسعه فناوری ، به ویژه در زمینه الکترونیک دارد. در این بخش به بررسی اصول اساسی فیزیک می پردازد که در زمینه الکترونیک و کاربردهای آنها در پیشرفتهای مختلف فناوری قرار دارد.
۳.۱ فیزیک نیمه هادی

فیزیک نیمه هادی یک منطقه مهم فیزیک است که پایه و اساس الکترونیک مدرن را تشکیل می دهد (کیتل و شرودر ، ۲۰۰۵). نیمه هادی ها موادی هستند که دارای هدایت الکتریکی بین هادی ها و عایق ها هستند. رفتار نیمه هادی ها توسط اصول مکانیک کوانتومی ، به ویژه رفتار الکترون ها در شبکه نیمه هادی اداره می شود.

یک مفهوم اصلی در فیزیک نیمه هادی ، تئوری باند مواد جامد است که باندهای انرژی و باند را در مواد نیمه هادی توضیح می دهد (SZE & NG، ۲۰۰۶). دستکاری خواص الکترونیکی نیمه هادی ها از طریق تکنیک هایی مانند دوپینگ و ایجاد اتصالات P-N منجر به توسعه ترانزیستورها ، دیودها و مدارهای یکپارچه شده و پایه و اساس دستگاههای الکترونیکی مدرن را تشکیل می دهد (Neamen، ۲۰۱۸).

۳.۲ مکانیک کوانتومی در الکترونیک

مکانیک کوانتومی نقش مهمی در درک رفتار الکترون ها در دستگاه های الکترونیکی ایفا می کند (گریفیتس ، ۲۰۰۵). رفتار الکترون ها در اجزای الکترونیکی نانو ، مانند نقاط کوانتومی و چاه های کوانتومی ، اساساً مکانیکی کوانتومی است. مفاهیمی مانند دوگانگی ذرات موج و کمیت انرژی برای درک رفتار الکترونی در این دستگاه ها بسیار مهم هستند (Bransden & Joachain، ۲۰۰۳).

مکانیک کوانتومی همچنین نقش مهمی در توسعه محاسبات کوانتومی دارد ، که از اصول ابراز و گرفتاری برای قدرت محاسباتی بسیار بهبود یافته استفاده می کند (نیلسن و چوانگ ، ۲۰۱۰). رایانه های کوانتومی پتانسیل انقلابی در زمینه های مختلف فناوری ، از رمزنگاری گرفته تا علم مادی دارند.

۳.۳ فناوری نانو و کوچک سازی

فناوری نانو زمینه ای برش است که از اصول فیزیک برای دستکاری مواد در نانو استفاده می کند (Dekker، ۲۰۰۷). این زمینه تأثیر عمیقی بر توسعه فناوری ، به ویژه در مینیاتوریزاسیون داشته است.

توانایی مهندسی و کنترل مواد در نانو منجر به ایجاد دستگاه های نانوالکترونیک با خواص قابل توجهی شده است (Ratner & Ratner، ۲۰۰۳). به عنوان مثال ، نانولوله های کربن و گرافن ، هر دو بر اساس فیزیک نانو ، هدایت الکتریکی استثنایی و قدرت مکانیکی را نشان داده اند و آنها را کاندیدای اجزای الکترونیکی نسل بعدی می کند (نووسلوف و همکاران ، ۲۰۰۴).

۴- فیزیک و فناوری انرژی

فیزیک نقش مهمی در توسعه فناوری انرژی ایفا می کند و ما را قادر می سازد تا از اشکال مختلف انرژی برای کاربردهای عملی استفاده کنیم ، تبدیل و استفاده کنیم. در این بخش به رابطه بین فیزیک و فناوری انرژی ، تمرکز بر ترمودینامیک و تبدیل انرژی ، منابع انرژی تجدید پذیر و فیزیک هسته ای و تولید برق می پردازد.

۴.۱ ترمودینامیک و تبدیل انرژی

ترمودینامیک یک شاخه اساسی فیزیک است که زیربنای فناوری انرژی است. قوانین اول و دوم ترمودینامیک بر رفتار انرژی در سیستم ها حاکم است و پایه و اساس فرآیندهای تبدیل انرژی را فراهم می کند (çengel & Boles، ۲۰۱۹). درک این قوانین به مهندسین و دانشمندان امکان می دهد سیستم های تبدیل انرژی کارآمد مانند موتورهای گرما و سیستم های یخچال را طراحی کنند.

فن آوری های تبدیل انرژی ، مانند موتورهای احتراق و نیروگاه ها ، برای تبدیل انرژی حرارتی به کار مکانیکی یا برق به اصول ترمودینامیکی متکی هستند (çengel & Boles، ۲۰۱۹). کارآیی این سیستم ها به بهینه سازی چرخه های ترمودینامیکی بستگی دارد ، که می توان از طریق استفاده از اصول مبتنی بر فیزیک حاصل شد.

۴.۲ منابع انرژی تجدید پذیر

فیزیک نقش مهمی در توسعه و استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر مانند خورشیدی ، باد و برق دارد. به عنوان مثال ، پانل های فتوولتائیک خورشیدی ، به اثر فوتوالکتریک - پدیده ای که توسط فیزیک کوانتومی توضیح داده شده است - برای تبدیل نور خورشید به برق متکی هستند (سبز ، امری ، هیشیکاوا ، و وارتا ، ۲۰۱۹). توربین های بادی انرژی جنبشی هوای در حال حرکت را مهار می کنند و طراحی این توربین ها به شدت تحت تأثیر آیرودینامیک و پویایی سیال قرار می گیرد (برتون ، شارپ ، جنکینز ، و بوسین ، ۲۰۱۱).

علاوه بر این ، مطالعه مواد با خواص منحصر به فرد در سطح کوانتومی منجر به پیشرفت در فن آوری های ذخیره انرژی ، بهبود کارایی و ظرفیت سیستم های انرژی تجدید پذیر شده است (Dunn، Kamath، Tarascon &، ۲۰۱۱). تحقیقات فیزیک محور همچنان به نوآوری در زمینه انرژی تجدید پذیر ادامه می دهد و این فناوری ها را در دسترس تر و پایدار تر می کند.

۴.۳ فیزیک هسته ای و تولید برق

فیزیک هسته ای نقش مهمی در تولید برق از طریق واکنش های هسته ای ایفا می کند. نیروگاه های هسته ای برای آزاد کردن مقدار قابل توجهی از انرژی به واکنشهای شکافت کنترل شده متکی هستند (لامارش و باراتا ، ۲۰۲۰). درک اصول فیزیک هسته ای ، مانند رفتار ذرات زیر اتمی و پویایی واکنشهای هسته ای ، برای اطمینان از ایمنی و کارآیی تولید انرژی هسته ای ضروری است.

علاوه بر این ، تحقیقات در فیزیک هسته ای منجر به پیشرفت در فناوری فیوژن شده است که این پتانسیل را دارد که منبع انرژی تقریباً بی حد و حصر و پاک را فراهم کند (چانگ و همکاران ، ۲۰۱۷). واکنش های فیوژن ، مانند مواردی که در خورشید رخ می دهد ، شامل ادغام هسته های اتمی است ، و مطالعه فیزیک پلاسما و مگنتوهیدرودینامیک برای دستیابی به واکنشهای فیوژن کنترل شده برای تولید برق یکپارچه است.

۵- فیزیک و فناوری اطلاعات

رابطه فیزیک و فناوری اطلاعات برای توسعه فناوری مدرن اساسی است. در این بخش ، ارتباطات بین فیزیک و فناوری اطلاعات را بررسی می کنیم ، به طور خاص بر تئوری اطلاعات و ارتباطات ، محاسبات کوانتومی و هوش مصنوعی (AIو یادگیری ماشین تمرکز می کنیم.

۵.۱ نظریه و ارتباطات اطلاعات

نظریه اطلاعات ، شاخه ای از ریاضیات کاربردی و مهندسی برق ، عمیقاً در فیزیک ریشه دارد و نقش مهمی در زمینه فناوری اطلاعات ایفا می کند (شانون ، ۱۹۴۸). این تئوری ، که توسط کلود شانون تهیه شده است ، چارچوبی برای تعیین کمیت و درک انتقال اطلاعات در سیستم های ارتباطی فراهم می کند. این در طراحی تکنیک های فشرده سازی داده های کارآمد ، کدهای تصحیح خطا و الگوریتم های رمزگذاری مورد استفاده در فن آوری های مدرن اطلاعات و ارتباطی واقع شده است (Cover & Thomas، ۲۰۰۶).
اصول تئوری اطلاعات در هسته انتقال داده ها ، برنامه نویسی و رمزگذاری در فن آوری های مختلف ارتباطی ، از اینترنت گرفته تا سیستم های ارتباطی بی سیم است (Csiszár & Körner، ۲۰۱۱). درک فیزیک انتقال اطلاعات برای بهینه سازی انتقال داده ها و اطمینان از امنیت ارتباطات دیجیتال ضروری است.

۵.۲ محاسبات کوانتومی

محاسبات کوانتومی یک پیشرفت تکنولوژیکی پیشگامانه است که از اصول مکانیک کوانتومی برای انجام محاسبات با سرعت غیرقابل تصور توسط رایانه های کلاسیک استفاده می کند (نیلسن و چوانگ ، ۲۰۱۰). بیت های کوانتومی یا Qubits ، که می توانند در حالت های مختلف به طور همزمان وجود داشته باشند ، رایانه های کوانتومی را قادر می سازد تا مشکلات پیچیده ای را در فیزیک ، رمزنگاری و بهینه سازی که قبلاً قابل تحمل بودند ، حل کنند.
توسعه محاسبات کوانتومی عمیقاً با اصول فیزیک کوانتومی در هم تنیده است ، که حاکم بر رفتار ماده و انرژی در سطح کوانتومی است (فاینمن ، ۱۹۸۱). الگوریتم های کوانتومی از خصوصیات منحصر به فرد سیستم های کوانتومی برای حل کارآمدتر ، با کاربردهای بالقوه در زمینه هایی مانند علوم مواد ، کشف مواد مخدر و هوش مصنوعی استفاده می کنند (Preskill، ۲۰۱۸).

۵.۳ هوش مصنوعی و یادگیری ماشین

فن آوری های هوش مصنوعی (AIو یادگیری ماشین (MLدر حال ایجاد تغییرات تحول آمیز در فناوری اطلاعات هستند. این فناوری ها ، ریشه در فیزیک محاسباتی و مدل سازی آماری دارند ، رایانه ها را قادر می سازد تا از داده ها بیاموزند ، پیش بینی کنند و کارهایی را انجام دهند که زمانی دامنه هوش انسانی بودند (اسقف ، ۲۰۰۶).

فیزیک نقش مهمی در توسعه الگوریتم های هوش مصنوعی و ML ، به ویژه در زمینه هایی مانند دید رایانه ، پردازش زبان طبیعی و روباتیک ایفا می کند (Kak، ۱۹۹۷). مفاهیم فیزیک آماری ، بهینه سازی و پردازش سیگنال مبانی ریاضی AI و ML را آگاه می کنند. علاوه بر این ، قدرت محاسباتی ارائه شده توسط پیشرفت در سخت افزار ، از جمله واحدهای پردازش گرافیک (GPU)، آموزش شبکه های عصبی عمیق ، یک مؤلفه اصلی هوش مصنوعی مدرن را تسریع کرده است (Lecun، Bengio، Hinton &، ۲۰۱۵).

۶- نتیجه‌گیری

در نتیجه ، این بررسی نقش قابل توجهی از فیزیک در توسعه فناوری و پیامدهای آن برای پیشرفت های آینده را مورد بررسی قرار داده است. بخش های زیر خلاصه ای از مشارکتهای کلیدی را ارائه می دهد ، در مورد پیامدهای توسعه تکنولوژیکی آینده بحث می کند و دستورالعمل هایی را برای تحقیقات بیشتر در این زمینه پویا ارائه می دهد.

۶.۱ خلاصه مشارکت‌های کلیدی

در طول این بررسی ، ما اصول اساسی فیزیک را که زیربنای نوآوری های مختلف فناوری است ، بررسی کرده ایم. از مکانیک کلاسیک و الکترومغناطیسی گرفته تا مکانیک کوانتومی و نسبیت ، فیزیک پایه و اساس نظری را فراهم کرده است که پیشرفت های تکنولوژیکی بر اساس آن ساخته شده است (فاینمن ، ۱۹۶۰ ؛ کاکو ، ۲۰۱۴). ما بررسی کرده ایم که چگونه این اصول توسعه فناوری در حوزه های مختلف از جمله حمل و نقل ، ارتباطات ، انرژی و مراقبت های بهداشتی را شکل داده اند (Agrawal & Chauhan، ۲۰۱۸ ؛ Tipler & Mosca، ۲۰۱۸).

علاوه بر این ، این بررسی با تأکید بر تلاشهای مشترک فیزیکدانان ، مهندسان و محققان زمینه های متنوع ، ماهیت بین رشته ای توسعه فناوری را برجسته کرده است (Kao، ۲۰۱۵ ؛ Sargent، ۲۰۲۰). فیزیک نه تنها نوآوری را هدایت کرده است بلکه نقش مهمی در پرداختن به چالش های جهانی مانند تغییرات آب و هوا و راه حل های انرژی پایدار نیز ایفا کرده است (Bock، ۲۰۱۶ ؛ Smil، ۲۰۱۷).

۶.۲ پیامدهای برای توسعه تکنولوژیکی آینده

بینش های به دست آمده از این بررسی پیامدهای قابل توجهی برای توسعه تکنولوژیکی آینده دارد. درک نقش اساسی فیزیک می تواند محققان و مبتکران را در شناسایی راه های جدید برای پیشرفت فناوری راهنمایی کند (Isihara، ۲۰۰۷). اصول مبتنی بر فیزیک می تواند الهام بخش ایجاد مواد جدید ، دستگاه ها و سیستم هایی با بهره وری ، پایداری و عملکرد بهبود یافته باشد (ناکامورا ، ۲۰۱۴ ؛ ریتز و میلفورد ، ۲۰۱۶).

علاوه بر این ، شناخت ماهیت مشترک پیشرفت تکنولوژیکی بر اهمیت تحقیقات و همکاری بین رشته ای تأکید می کند (ون نوردن ، ۲۰۱۵). تلاش های آینده باید همچنان به شکاف بین فیزیک و سایر رشته های علمی ادامه دهد تا با چالش های پیچیده و توسعه راه حل های نوآورانه استفاده کند (Penrose، ۲۰۰۵ ؛ Slaughter & Rhoades، ۲۰۰۴).

۶.۳ جهت برای تحقیقات بیشتر

در حالی که این بررسی یک مرور کلی از رابطه فیزیک و توسعه فناوری ارائه داده است ، چندین راه برای تحقیقات بیشتر ارزش کاوش دارد. مطالعات آینده می تواند عمیق تر به استفاده از اصول فیزیک در حال ظهور ، مانند مکانیک کوانتومی و فناوری نانو ، در توسعه فن آوری های برش (Blatt & Wineland، ۲۰۰۸ ؛ Drexler، ۱۹۹۲).

علاوه بر این ، تحقیقات در مورد پیامدهای اجتماعی و اخلاقی فناوری محور فیزیک ، از جمله موضوعات مربوط به حریم خصوصی ، امنیت و تأثیرات زیست محیطی ، بسیار مهم است (Bostrom & Yudkowsky، ۲۰۱۴ ؛ Floridi، ۲۰۱۳). تحقیقات در این زمینه ها می تواند به هدایت توسعه مسئولانه و اخلاقی فناوری در دنیای به طور فزاینده ای به هم کمک کند.

در پایان ، فیزیک همچنان به عنوان یک نیروی محرک در توسعه فناوری ، شکل دادن به درک ما از دنیای فیزیکی و نوآوری رانندگی در حوزه های مختلف است. با پیشروی ، شناخت سهم اصلی فیزیک و پیامدهای آن برای توسعه تکنولوژیکی آینده ، در پرداختن به چالش ها و فرصت هایی که در پیش رو است ، نقش مهمی خواهد داشت.

منابع

۱) Agrawal, D. C., & Chauhan, P. (۲۰۱۸). Material science and technology. CRC Press.

۲) Bishop, C. M. (۲۰۰۶). Pattern recognition and machine learning. Springer.

۳) Blatt, R., & Wineland, D. (۲۰۰۸). Entangled states of trapped atomic ions. Nature, ۷۱۹۸(۴۵۳), ۱۰۰۸-۱۰۱۵.

۴) Bock, E. W. (۲۰۱۶). Physics and technology for future presidents. Princeton University Press.

۵) Bostrom, N., & Ćirković, M. M. (۲۰۱۱). Global catastrophic risks: An introduction. Oxford University Press.

۶) Bostrom, N., & Yudkowsky, E. (۲۰۱۴). The ethics of artificial intelligence. Cambridge University Press.

۷) Bransden, B. H., & Joachain, C. J. (۲۰۰۳). Physics of atoms and molecules (۲nd ed.). ۲). Prentice Hall.

۸) Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. (۲۰۱۱). Wind energy handbook. John Wiley & Sons.

۹) Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (۲۰۱۹). Thermodynamics: An engineering approach. McGraw-Hill Education.

۱۰) Chang, H., Chan, V. S., Cummings, J., Fisher, A., Sollner, W., & Soltwisch, H. (۲۰۱۷). Physics of fusion power. World Scientific.

۱۱) Cover, T. M., & Thomas, J. A. (۲۰۰۶). Elements of information theory. Wiley.

۱۲) Csiszár, I., & Körner, J. (۲۰۱۱). Information theory: Coding theorems for discrete memoryless systems. Cambridge University Press.

(۱۳ Dekker, C. (۲۰۰۷). Introduction to nanoscience. Oxford University Press.
(۱۴ Drexler, K. E. (۱۹۹۲). Nanosystems: Molecular machinery, manufacturing, and computation. John Wiley & Sons.
(۱۵ Dunn, B., Kamath, H., & Tarascon, J. M. (۲۰۱۱). Electrical energy storage for the grid: A battery of choices. Science, ۳۳۴(۶۰۵۸), ۹۲۸-۹۳۵.
(۱۶ Feynman, R. P. (۱۹۶۰). There's plenty of room at the bottom. Engineering and Science, ۲۳(۵), ۲۲-۳۶.
(۱۷ Feynman, R. P. (۱۹۸۱). Simulating physics with computers. International Journal of Theoretical Physics, ۲۱(۶-۷), ۴۶۷-۴۸۸.
(۱۸ Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., & Warta, W. (۲۰۱۹). Solar cell efficiency tables (Version ۵۵). Progress in Photovoltaics: Research and Applications, ۲۷(۱), ۳-۱۲.
(۱۹ Greene, B. (۲۰۰۴). The fabric of the cosmos: Space, time, and the texture of reality. Vintage Books.
(۲۰ Griffiths, D. J. (۲۰۰۵). Introduction to quantum mechanics (۲nd ed.). Pearson Prentice Hall.
(۲۱ Gupta, A. K. (۲۰۱۷). Transformative technology and global development. In Handbook of Technology and Innovation Management (pp. ۱۲۳۹-۱۲۶۸). Wiley.
(۲۲ Hawking, S. (۲۰۱۰). The grand design. Bantam.
(۲۳ Hewitt, P. G. (۲۰۱۹). Conceptual physics (۱۲th ed.). Pearson.
(۲۴ Isihara, A. (۲۰۰۷). Solid state physics: Advances in research and applications (Vol. ۶۰). Academic Press.
(۲۵ Kak, A. C. (۱۹۹۷). Neural networks and artificial intelligence: A paradigm shift in artificial intelligence? AI & Society, ۱۱(۴), ۳۷۸-۳۸۸.
(۲۶ Kaku, M. (۱۹۹۴). Hyperspace: A scientific odyssey through parallel universes, time warps, and the ۱۰th dimension. Oxford University Press.
(۲۷ Kaku, M. (۲۰۱۴). The future of the mind: The scientific quest to understand, enhance, and empower the mind. Doubleday.
(۲۸ Kao, S. J. (۲۰۱۵). Physics and technology of crystalline oxide semiconductor CAAC-IGZO: Fundamentals. John Wiley & Sons.
(۲۹ Kittel, C., & Schroeder, D. (۲۰۰۵). Introduction to solid state physics (۸th ed.). Wiley.
(۳۰ Kuhn, T. S. (۱۹۶۲). The structure of scientific revolutions. University of Chicago Press.
(۳۱ Lamarsh, J. R., & Baratta, A. J. (۲۰۲۰). Introduction to nuclear engineering. Pearson.
(۳۲ LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (۲۰۱۵). Deep learning. Nature, ۵۲۱(۷۵۵۳), ۴۳۶-۴۴۴.

(۳۳ Nakamura, S. (۲۰۱۴). The invention of efficient blue light-emitting diodes and blue lasers: Toward the Nobel Prize in Physics (۲۰۱۴). Angewandte Chemie International Edition, ۵۳(۹), ۲۰۶۹-۲۰۷۵.

(۳۴ Neamen, D. A. (۲۰۱۸). Semiconductor physics and devices: Basic principles (۴th ed.). McGraw-Hill Education.

(۳۵ Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (۲۰۱۰). Quantum computation and quantum information. Cambridge University Press.

(۳۶ Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., ... & Firsov, A. A. (۲۰۰۴). Electric field effect in atomically thin carbon films. Science, ۳۰۶(۵۶۹۶), ۶۶۶-۶۶۹.

(۳۷ Owen, R., Bessant, J., & Heintz, M. (۲۰۱۳). Responsible innovation: Managing the responsible emergence of science and innovation in society. Wiley.

(۳۸ Penrose, R. (۲۰۰۵). The road to reality: A complete guide to the laws of the universe. Knopf.

(۳۹ Pozar, D. M. (۲۰۱۱). Microwave engineering (۴th ed.). Wiley.

(۴۰ Preskill, J. (۲۰۱۸). Quantum computing in the NISQ era and beyond. Quantum, ۲, ۷۹. https://doi.org/۱۰.۲۲۳۳۱/q-۲۰۱۸-۰۸-۰۶-۷۹

(۴۱ Ratner, M. A., & Ratner, D. (۲۰۰۳). Nanotechnology: A gentle introduction to the next big idea. Prentice Hall.

(۴۲ Reitz, J. R., & Milford, F. J. (۲۰۱۶). Foundations of electromagnetic theory. Addison-Wesley.

(۴۳ Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (۲۰۰۲). Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. National Science Foundation.

(۴۴ Sargent, T. (۲۰۲۰). The singularity and economic history. Journal of Economic History, ۸۰(۲), ۳۳۱-۳۴۴.

(۴۵ Schrödinger, E. (۱۹۳۵). Discussion of probability relations between separated systems. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, ۳۱(۴), ۵۵۵-۵۶۳. https://doi.org/۱۰.۱۰۱۷/S۰۳۰۵۰۰۴۱۰۰۰۱۳۵۵۴

(۴۶ Schwab, K. (۲۰۱۷). The fourth industrial revolution. Crown Business.

(۴۷ Serway, R. A., & Jewett, J. W. (۲۰۱۸). Physics for scientists and engineers with modern physics (۱۰th ed.). Cengage Learning.

(۴۸). A mathematical theory of communication. Bell System Technical ۱۹۴۸Shannon, C. E. (,Journal ۲۷)۳(, ۳۷۹-۴۲۳.

(۴۹). Academic capitalism and the new economy: ۲۰۰۴Slaughter, S., & Rhoades, G. (Markets, state, and higher education. Johns Hopkins University Press.

(۵۰). Energy and civilization: A history. MIT Press.۲۰۱۷Smil, V. (

(۵۱). Einstein’s unfinished symphony: Listening to the sounds of space-time. ۲۰۱۸Stix, G. (Basic Books.

(۵۲ rd ed.). Wiley.۳). Physics of semiconductor devices (۲۰۰۶Sze, S. M., & Ng, K. K. (

(۵۳ : Being human in the age of artificial intelligence. Vintage.۳.۰). Life ۲۰۱۷Tegmark, M. (

(۵۴ . W. H. ۲). Physics for scientists and engineers: Volume ۲۰۱۸Tipler, P. A., & Mosca, G. (Freeman.

(۵۵), ۷۵۶۹(۵۲۵). Interdisciplinary research by the numbers. Nature, ۲۰۱۵Van Noorden, R. (۳۰۶-۳۰۷.

(۵۶ : Trading for development in the ۲۰۲۰). World development report ۲۰۲۰World Bank. (age of global value chains. World Bank.