



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

# آموزش فیزیک

تألیف:

ادوارد اف. (جو) ردیش

ترجمہ و تألیف:

فاطمہ احمدی

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

محمد احمدی

سرشناسه	ردیش، ادوارد اف. Redish, Edeard F.
عنوان و نام پدید آور	آموزش فیزیک / (ادوارد اف. ردیش)؛ ترجمه و تالیف فاطمه احمدی، محمد احمدی.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	۱۰، ۳۷۴ ص. : مصور.
شابک	978-964-2651-45-0
وضعیت فهرست نویسی	فیپا.
یاداشت	عنوان اصلی: Teaching physics : With the physics, Suite, C2003.
یاداشت	کتابنامه: ص. ۳۶۳ - ۳۷۴.
یاداشت	واژه نامه.
موضوع	فیزیک - راهنمای آموزشی
موضوع	تدریس
شناسنامه افزوده	احمدی کلاته احمد، فاطمه، ۱۳۵۲ - مترجم
شناسنامه افزوده	احمدی کلاته احمد، محمد، ۱۳۶۱ - مترجم
شناسنامه افزوده	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی.
رده بندی کنگره	۱۳۸۸ / آ/۸ QC۳۰
رده بندی دیویی	۵۲۰/۰۷
شماره کتابشناسی ملی	۱۸۳۹۵۸۲



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	آموزش فیزیک
ترجمه و تألیف	فاطمه احمدی، محمد احمدی
نوبت چاپ	اول - پاییز ۱۳۸۸
انتشارات	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
ویراستار ادبی	ص. سلمانی نژاد مهر آبادی
لیتوگرافی	چاپ رنگ آشنا سبز
چاپ	برهان
ناظر فنی	شهرام طهماسبی
شمارگان	۱۰۰۰ جلد
قیمت	۵۵۰۰۰ ریال با CD
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۴۵-۰
	ISBN:978-964-2651-45-0

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.  
 نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰  
 شماره: ۲۲۹۷۰۰۰۳ پست الکترونیکی: sru@srttu.edu

## پیشگفتار

پیشگفتار جایی است که انتظار دارید در آن جواب بعضی از سؤالات را بیابید: این کتاب درباره چیست؟ مخاطب آن چه کسی است؟ هدف مورد نظر من از این کتاب چه چیز است؟

هر چند که این کتاب مربوط به بسته آموزش فیزیک<sup>1</sup> بوده و به عنوان راهنمای مدرسان جهت استفاده از این بسته آموزشی انتشار یافته است، اما سعی شده تا چیزی بیش از یک کتاب توضیحی درباره مجموعه‌ای از اصول خاص باشد. این کتاب برای یادگیری «معلم بهتری شدن» است.

مخاطب مورد نظر این کتاب می‌تواند هر معلم فیزیک علاقمند به یادگیری پیشرفت‌های اخیر در زمینه آموزش فیزیک باشد. در مقایسه با بعضی از کتب راهنمای معلمان، این کتاب یادآوری و بازخوانی مطالب مشخص فیزیک همراه با چگونگی نحوه تدریس آنها و بیان مشکلات متداول دانشجویان نیست. بلکه کتاب راهنمایی است که در آن ابزارهای گوناگونی جهت بهبود تدریس و یادگیری فیزیک با استفاده از انواع تکالیف و مسائل امتحانی جدید برای بررسی آنچه که در کلاستان می‌گذرد و همچنین با استفاده از ابزارهایی جهت جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها به کمک رایانه و وسائل تصویرسازی دیگر - ارائه شده است.

در طی دو دهه گذشته، انجمنی در رابطه با فن تدریس و یادگیری به وجود آمده است که بین علم فیزیک و آموزش آن پلی ارتباطی برقرار ساخته است. اعضای این انجمن، که از آن با نام گروه «حقیقات در آموزش فیزیک» یا PER<sup>2</sup> یاد می‌کنم، تلاش نموده‌اند تا دریابند چرا بسیاری از دانشجویان در فهم فیزیک مشکل دارند تا با بهبود کیفیت محیط آموزشی به آنها کمک کنند. نتیجه فعالیت این انجمن گردآوری و کسب دانش فراوان و برنامه‌های آموزشی است که به مراتب بسیار کارآمدتر از روش‌های سنتی ما می‌باشند.

---

<sup>1</sup> The Physics Suite  
<sup>2</sup> Physics Education Research

در این بسته آموزشی فیزیک، یک سری اصول و نکات از یک گروه فعال PER گردآوری شده است. تمام قسمت‌های این بسته بر مبنای تحقیقات آموزشی هستند و یک فلسفه آموزشی مشخص را دنبال می‌کنند. این کتاب، ضمن معرفی اصول این بسته آموزشی، فلسفه آموزشی و مبنای علمی آنها را نیز ارائه می‌نماید. از آنجایی که این فلسفه آموزشی و پایه علمی بر اساس تحقیقات و دانسته‌های مستند می‌باشد، لذا به طور گسترده قابل استفاده است. این زیربنا و این کتاب به شما در تدریس بهتر کمک می‌کند، حتی اگر هیچ یک از ابزارهای این بسته آموزشی را به کار نگیرید.

از آنجا که این کتاب یک اسلوب خاص بر پایه تجربیات شخصی‌ام دارد، اجازه دهید خودم را به طور خلاصه معرفی کنم. من به عنوان یک فیزیکدان هسته‌ای نظری آموزش دیدم و تدریس در دانشگاه مریلند<sup>۱</sup> را در سال ۱۹۷۰ میلادی شروع نمودم. از آن زمان، عضو هیأت علمی دانشگاه مریلند بوده و به تدریس و تحقیق مشغول بوده‌ام. از ابتدا علاقه زیادی به تدریس داشتم و توصیه‌های همکارانم را در مورد اینکه کمتر در امر تدریس تلاش کنم، با خوش‌رویی نادیده می‌گرفتم، چرا که این افراد نقش کوچکی در استخدام اعضای هیأت علمی داشتند.

در دهه ۱۹۸۰ میلادی سعی کردم تا رایانه‌های جدید را در کلاس‌هایم به کار گیرم. اما در پایان این دهه به دو واقعیت پی بردم: اول اینکه، دانشجویانم در یادگیری فیزیک با کمک رایانه و یا بدون آن، در هر دو حالت مشکل داشتند و مشکلات آنها پیچیده‌تر از آن چیزی بود که من انتظار داشتم. دوم اینکه، انجمنی وجود داشت که به این موضوع آگاه بود و آن را به عنوان یک موضوع تحقیقاتی مورد مطالعه قرار می‌داد. در سال ۱۹۹۱ میلادی من کار در زمینه فیزیک هسته‌ای را رها کرده و مسیر تحقیقاتم را به سوی PER تغییر دادم.

این تاریخچه، ساختار کتاب را مشخص می‌کند. بخشی از آنچه که من در طی ۳۰ سال تدریس آموخته‌ام مربوط به مقالات و متون در زمینه PER و همچنین تجربه شخصی‌ام به عنوان یک محقق فعال در زمینه آموزش فیزیک بوده است. اما بخش زیادی از آن مربوط به گوش کردن به گفته‌های دانشجویان و کار با آنها در کلاس‌های فیزیک در طی این سال‌ها می‌شود. لذا، قسمتی از آنچه که مرا در تدریس یاری می‌نماید به صورت تحقیقات چاپ شده و مستند وجود دارد ولی قسمت دیگر به طور مستند موجود نمی‌باشد.

بنابراین، هدف من از ارائه این کتاب، نه ارائه یک مقاله تحقیقی و نه ارائه یک راهنمای استاندارد آموزشی برای تدریس است. بلکه سعی نموده‌ام تا این کتاب به صورت یک مباحثه «معلم با معلم» باشد که در آن آموخته‌هایم را به سه طریق بیان می‌نمایم:

<sup>۱</sup> University of Maryland

از طریق نتایج تحقیقاتی بر اساس داده‌ها و اسناد معتبر، از طریق داستان‌های توضیحی بر اساس تجربیات شخصی‌ام، و نهایتاً از طریق روش‌های ذهنی و مکاشفه‌ای<sup>۱</sup> که به نظر من مفید هستند.

داستان‌های توضیحی ارائه شده در این کتاب همگی به طور کامل منطبق بر واقعیت نیستند. بعضی از داستان‌ها نتیجه ترکیب چند تجربه هستند و جزئیات آنها برای سادگی حذف شده است. هرچند که این داستان‌ها بر پایه واقعیت هستند اما باید به عنوان داستان‌های معنی‌دار و هدفمند در نظر گرفته شوند و نه به عنوان شواهدی از رویدادهای واقعی.

سعی کرده‌ام تا اصول عمومی مدنظرم را به مواردی محدود سازم که به سه طریق قابل تأیید باشند: یکی با مشاهده رفتار دانشجویان در کلاس‌های واقعی (که این کار معمولاً توسط محققان آموزشی صورت می‌گیرد)، دیگری با مطالعات تجربی کنترل شده در مورد اینکه مردم چگونه فکر می‌کنند (که معمولاً توسط دانشمندان علم شناخت<sup>۲</sup> انجام می‌شود) و نهایتاً با بررسی احتمال فیزیولوژیکی (سازگار بودن با آنچه که در علم عصب‌شناسی وجود دارد). روش‌های ذهنی و مکاشفه‌ای (از قبیل دستورات تدریس ردیش<sup>۳</sup>) کمتر مستندسازی شده‌اند و بر پایه تجربیات شخصی و آنچه که از دیگر مدرسان آموخته‌ام، می‌باشند.

در تمام دوران فعالیت‌م به عنوان یک فیزیکدان محقق، کارم جنبه نظری قوی داشته است. همیشه علاقمند بودم تا نحوه فکر کردن درباره دنیای واقعی و منسجم ساختن دانشمان را درباره آن درک کنم. تئوری مناسب برای تجزیه و تحلیل فرآیند تلاش دانشجویان جهت درک فیزیک، علم شناخت (ادراک)<sup>۴</sup> است. لذا این کتاب رنگ و بوی علم شناخت نیز دارد. هرچند که قصد من نوشتن یک کتاب درسی در زمینه علم شناخت نمی‌باشد اما سعی کرده‌ام تا آنچه را که برای فیزیکدانان در این زمینه وجود دارد و به آنها مربوط می‌شود، ارائه نمایم.

کسانی که توضیحات و مدارک بیشتری می‌خواهند و یا اینکه علاقمند هستند تا با توانایی‌ها و محدودیت‌های موجود در این زمینه بیشتر آشنا شوند، به منابع ذکر شده در متن کتاب رجوع نمایند.

<sup>1</sup> heuristics  
<sup>2</sup> cognitive scientists  
<sup>3</sup> Redish  
<sup>4</sup> cognitive science

این کتاب چهار قسمت دارد:

- مقدمه‌ای که در آن ساختار این بسته آموزشی توضیح داده می‌شود و انگیزه اصلاح و بازسازی آموزش در فیزیک مقدماتی بیان می‌گردد (فصل ۱).
  - بحثی راجع به چگونگی فکر کردن مردم؛ این بحث را محدود به مواردی می‌کنم که مربوط به تدریس و یادگیری فیزیک می‌شوند (فصل‌های ۲ و ۳).
  - دو فصل درباره ارزیابی میزان یادگیری دانشجویان و سنجش میزان موفقیت آموزش در یک کلاس (فصل‌های ۴ و ۵).
  - بررسی روش‌های گوناگون و ایجاد محیط‌های آموزشی که در بهبود یادگیری دانشجویان مفید هستند. در این بررسی نکاتی از تجربیاتم همراه با توضیحاتی در مورد برنامه آموزشی بر مبنای PER و همچنین روش‌های مدنظر این بسته آموزشی و روش‌های کارآمد دیگر در این زمینه آورده شده است (فصل‌های ۶ تا ۱۰).
- در انتها، این کتاب همراه با یک CD مرجع است که حاوی مطالب زیر می‌باشد:
- مجموعه ابزارهای تحقیق، شامل مجموعه‌ای از آزمون‌های مفهومی و نگرشی.
  - منابعی جهت بررسی روش‌های جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها به کمک رایانه و همچنین کار با داده‌های ویدئویی.
  - منابعی برای کسب اطلاعات درباره PER.
- در پیوست این کتاب، موضوعات موجود در CD را ذکر کرده‌ام.

## تقدیر و تشکر

در طی مطالعاتم در زمینه PER، افرادی هم از طریق آثار منتشر شده‌شان و هم از طریق گفتگوهای حضوری به من بسیار کمک نمودند. در لیست این افراد، اول و پیش از همه لیلیان سی. مک‌درموت<sup>۱</sup> قرار دارد، نه تنها به خاطر اطلاعات وسیع و آموزنده تحقیقاتش، بلکه همچنین به خاطر پذیرفتن من به عنوان یک ناظر تحقیقاتی در گروه PER دانشگاه واشنگتن در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ میلادی. این فرصت مطالعاتی، در یادگیری چگونگی انجام PER و کسب دید کلی از این که گروه PER در یک گروه فیزیک شبیه چیست، برای من شروعی عالی بود.

<sup>1</sup> Lillian C. McDermott

افراد دیگری که فعالیت‌هایشان بر روی تفکر من تأثیر زیادی گذاشته است عبارتند از: *آرنولد آرونز*، *جان کلمنت*، *فرد گلدبرگ*، *دیوید همر*، *پت هلر*، *دیوید هستنس*، *جوزه مستر* و *فرد ریف*.<sup>۱</sup> همچنین از دانشجویان و اساتید و افرادی که با آنها در زمینه PER در دانشگاه مریلند کار کردم، نیز قدردانی می‌کنم. مطالب زیادی از آنها فراگرفتم و بحث و تبادل نظر با آنها، در شفاف‌سازی و اصلاح افکارم در بسیاری از اوقات به من یاری رسانید. این افراد، به ترتیب حروف الفبا، عبارتند از: *جونت برنهارد*، *جان کریستوفر اندی البی*، *پائول گرسر*، *آپریل هداري*، *بت هوفناگل*، *پراتیبا جولی*، *بائو لی*، *ریکا لیپمان*، *لورا لیسینگ*، *تیم مک‌کیسکی*، *ست روزنبرگ*، *مل سابلا*، *ال ساپیرشتاین*، *جف سائول*، *راشل شر*، *ریچارد اشتاینبرگ*، *جان‌اتان تومینارو*، *زویوان ونگ*، و *مایکل ویتمان*.<sup>۲</sup> در طی دهه گذشته، همکارانم در گروه فیزیک - عمل مینا<sup>۳</sup> کمک فوق‌العاده شایانی در گسترش نظرات و دیدگاه‌هایم درباره آموزش و همچنین در تألیف این کتاب نموده‌اند: *پت کنی*، *کارن کامینگز*، *پریسیلا لاز*، *دیوید سوکولف*، *رون تورنتون*.<sup>۴</sup>

از افرادی که در نسخه‌های مختلف این کتاب توصیه‌هایی به من نمودند، مخصوصاً از کسانی که کمک کردند تا توصیف‌هایم از کارها و فعالیت‌هایشان را بهتر و واضح‌تر بیان نمایم، تشکر می‌کنم: *باب بیچنر*، *ماری فرس*، *گری گلادینگ*، *کن و پت هلر*، *پائولا هرون*، *پریسیلا لاز*، *اریک مازور*، *لیلیان مک‌درموت*، *اولین پترسون*، *دیوید سوکولف*، *رون تورنتون* و *ماکسین ویلیس*.<sup>۵</sup> پیش‌نویس این کتاب به دقت توسط *پریسیلا لاز* و *تیم مک‌کیسکی* مطالعه شد و این دو نفر پیشنهادات با ارزشی به من ارائه نمودند.

از کمک و مساعدت گروه پژوهشی دانشگاه مریلند نیز سپاسگزارم. یاری آنها نقش بسزایی در ایجاد فرصت مطالعاتی برای من جهت تألیف این کتاب داشته است. همچنین از مرکز آموزش تحصیلات تکمیلی در «*یو. سی. برکلی*»<sup>۶</sup> به خاطر میزبانی از من در مدت فرصت مطالعاتی‌ام سپاسگزارم. از افراد زیر به خاطر بحث‌ها و تبادل نظرهای با ارزشی که با آنها داشته‌ام تشکر ویژه دارم: *مایکل رانی*، *اندی دیسسا*، *الن شوینفلد*، و *باربارا وایت*.<sup>۷</sup> قسمت اعظم تحقیقات من که در این کتاب آورده شده است، تحت حمایت

<sup>1</sup> Arnold Arons, John Clement, Fred Goldberg, David Hammer, Pat Heller, David Hestenes, Jose Mestre, and Fred Reif.

<sup>2</sup> Jonte Bernhard, John Christopher, Andy Elby, Paul Gresser, Apriel Hodari, Beth Hufnagel, Patibha Jolly, Bao Lei, Rebecca Lippmann, Laura Lising, Tim McCaskey, Seth Rosenberg, Mel Sabella, Al Sapirstein, Jeff Saul, Rachel Scherr, Richard Steinberg, Jonathan Tuminaro, Zuyuan Wang, Michael Wittmann.

<sup>3</sup> Activity-Based Physics Group

<sup>4</sup> Pat Cooney, Karen Cummings, Pariscilla Laws, David Sokoloff, Ron Thornton.

<sup>5</sup> Bob Beichner, Mary Fehrs, Gary Gladding, Ken and Pat Heller, Paula Heron, Priscilla Laws, Eric Mazur, Lillian McDermott, Evelyn Patterson, David Sokoloff, Ron Thornton, and Maxine Willis.

<sup>6</sup> UC Berkeley

<sup>7</sup> Michael Ranney, Andy diSessa, Alan Schoenfeld, Barbara White.

و پشتیبانی مؤسسه ملی علوم آمریکا و مرکز سرمایه‌گذاری جهت بهبود آموزش‌های بعد از دوره دبیرستان در اداره آموزش و پرورش آمریکا بوده است.

در پایان از همسر، جنیس (جینی) ردیش<sup>۱</sup>، به طور ویژه و مخصوص تشکر می‌کنم؛ هم به خاطر تمام حمایت‌ها و تشویق‌هایش، هم به خاطر مهارت فوق العاده‌اش در ویراستاری کتاب و در ایجاد ارتباط با مخاطب. او در روان‌سازی متن کتاب بی‌اندازه به من کمک نمود. در جستجو و فهم مفاهیم و مطالب موجود در زمینه علم شناخت و در زمینه مطالعات رفتار انسان نیز، همکار بسیار با ارزشی برای من بوده است.

ادوارد اف. (جو) ردیش

دانشگاه مریلند

کالج پارک<sup>۲</sup>

---

<sup>۱</sup> Janice (Ginny) Redish

<sup>۲</sup> Edward F. (Joe) Redish, University of Maryland, College Park



## پیشگفتار مترجمین

در سال‌های اخیر، تغییرات شگرفی در نحوه آموزش علوم در دوره‌های تحصیلی مختلف، از ابتدایی تا دانشگاه، به عمل آمده است. در این فاصله برنامه‌ها و مواد آموزشی تازه‌ای نیز در کشورهای مختلف فراهم شده که تأکید زیادی بر آموزش عملی علوم دارند. تلفیق رشته‌های مختلف علوم و رابطه علوم با فناوری ایجاب می‌کند که محیط سنتی یادگیری علوم دگرگون شود و نیز این تمایل وجود دارد که تا آنجا که ممکن است فراگیران بیشتر در امر یادگیری شرکت کنند و فقط نقش ناظری را نداشته باشند که طوطی‌وار چیز می‌آموزد.

در کلیه سطوح تحصیلی، هدف از خلاقیت‌ها و نوآوری‌های آموزش علوم باید این باشد که کارآمدترین موقعیت‌های یادگیری برای فراگیران در کلاس‌های درس فراهم آید. با توجه به این نکته، این کتاب کوششی برای افزایش کارایی تدریس و یادگیری فیزیک است. از آنجا که یک روش بی‌عیب و نقص منحصر بفرد برای تدریس فیزیک وجود ندارد، مدرسان باید همواره در جستجوی بهترین روش‌های آموزش برای خود و فراگیران باشند و به مطالعه عمیق و گسترده در این زمینه بپردازند.

هدف این کتاب بهبود روز به روز آموزش فیزیک از طریق بررسی شیوه‌های تدریس مدرسان از دیدگاه محتوا و روش ارائه مطلب است که بر چگونگی یادگیری فراگیران و فعالیت‌های کلاسی اثر دارند. در این کتاب روش‌های اساسی ارزیابی شیوه‌های تدریس بررسی می‌شوند. همچنین، از آنجا که یادگیری باید در شرایط مناسب صورت گیرد، توضیحات مفصلی درباره امکانات و وسایل و موادی که با آموزش فیزیک تناسب بیشتری دارند داده می‌شود.

چون مهارت‌ها و توانایی‌های مدرسان مختلف در زمینه کلاس‌داری یکسان نیست، لازم به نظر می‌رسد که هر یک از آنان با منابع اضافی و کمک آموزشی متناسب با کار خود آشنا شوند. در این مورد CD همراه کتاب شامل مآخذ و مطالب مناسبی است.

این کوشش‌ها بدین منظور است که حداکثر امکانات و مآخذ برای مدرسان فراهم شود تا فعالیت‌های خود را منحصر به آنچه که در کتاب درسی آمده است، نکنند و در هر مورد با توجه به شرایط، مناسب‌ترین روش را برای کلاس درس انتخاب نمایند. این کتاب برای کارآموزی مدرسان، هم در سطح لیسانس و هم بالاتر از آن سودمند است. در مراحل اولیه آماده‌سازی مدرسان و در مراکز یا دانشکده‌های تربیت دبیر به خوبی می‌توان از این کتاب بهره برد.

چون مطالب و مباحث این کتاب را افراد گوناگون با میزان معلومات و تحصیلات متفاوت می‌توانند به کار گیرند. لذا این کتاب می‌تواند نقش عمده‌ای در بهبود فعالیت‌های آموزش ضمن خدمت داشته باشد. مدرسانی که عملاً کار خود را در مدرسه یا دانشگاه شروع کرده‌اند، نسبت به زمان دانشجویی خود برداشت‌های کاملاً متفاوتی از آموزش فیزیک دارند. این کتاب به ایجاد انواع مناظره‌های کلاسی مستدل و بررسی‌های گوناگون که نیاز به سطوح تفکر متفاوت دارند، کمک می‌کند. بنابراین با اطمینان خاطر می‌توان گفت که کتاب حاضر هم برای دانشجویان دبیری و هم برای مدرسان باتجربه مفید خواهد بود.

به نظر می‌رسد که این کتاب با نقطه‌نظرهای گوناگونش، که امکان انتخاب فعالیت‌های متفاوت کلاسی را فراهم می‌کند، می‌تواند در حکم الگویی برای استفاده در موقعیت‌های متعدد آموزشی به شمار رود. امید است که مدرسان انواع روش‌ها و راهنمایی‌های پیشنهاد شده را امتحان کنند و با به کارگیری آنها در تدریس وظیفه خطیر خود را به بهترین وجه انجام دهند.

لازم میدانیم که از آقایان دکتر ذاکری، مهندس طهماسبی، مهندس کارگریان، مهندس معتمدی نژاد که در چاپ و نشر این کتاب ما را بسیار یاری نمودند، سپاسگذاری نماییم.

فاطمه احمدی  
Fahmadi@Srttu.edu

محمد احمدی  
Mohammad-ahmadikalateh@yahoo.com

# فهرست مطالب

a	پیشگفتار مولف
g	پیشگفتار مترجمین
	<b>فصل ۱</b>
	<b>مقدمه و انگیزه</b>
۱	مقدمه
۲	- نیازمندی‌های معمول یک کلاس فیزیک
۴	- یک روش جدید دیگر: بستۀ آموزش فیزیک
۷	<b>انگیزه</b>
۸	- به چه کسانی آموزش می‌دهیم و چرا؟
۸	- پیشرفت سایر علوم
۹	- اهداف علم فیزیک برای همه
۱۰	- یا قبلاً به این اهداف نائل شده‌ایم؟
۱۰	- در مواجهه با تشخیص مواردی که کارآیی ندارند چه می‌توان انجام داد؟
۱۱	- معرفی ساگردو
۱۳	- چرا تحقیقات در زمینه آموزش فیزیک لازم است؟
۱۴	- دانش به عنوان یک نقشه اجماعی
۱۶	- تهیه نقشه اجماعی برای آموزش
۱۸	- تأثیر تحقیقات در زمینه آموزش و یادگیری بر کیفیت تدریس
۱۸	- حتی دانشجویان خوب نیز در درس فیزیک کسل می‌شوند!
۲۰	- اگر خودم آن را ندیده بودم، باور نمی‌کردم!
۲۲	<b>بعضی تذکرات</b>
۲۳	- این کتاب درباره چیست؟

## فصل ۲ اصول شناختی و دستورالعمل‌هایی برای آموزش

۲۶	مدل شناختی
۲۶	مدل‌های حافظه
۲۷	۱- حافظه مشغول کار
۳۱	۲- حافظه بلندمدت
۳۷	منابع شناختی برای یادگیری
۳۹	۱- ساختارهای استدلالی قوی: برداشت‌های ساده متداول
۴۱	۲- ساختارهای استدلالی مجزا: اصول اولیه و موقعیت‌ها (جنبه‌ها)
۴۵	۳- منابع فعال‌ساز اطلاعات از تجربه روزمره: شناخت موقعیتی
۴۷	کاربردهای مدل شناختی در آموزش: پنج اصل پایه
۴۷	۱- اصل سازنده‌گرایی
۴۹	۲- اصل محتوا (و شرایط)
۵۱	۳- اصل تغییر
۵۸	۴- اصل شخصیت
۶۲	۵- اصل یادگیری اجتماعی
۶۳	چند روش کلی آموزش برگرفته از مدل شناختی
۶۳	- تضاد شناختی
۶۶	- پل‌سازی (برقراری ارتباط)
۶۸	- محدودسازی چارچوب کار
۷۲	- ارائه‌های چندگانه
۷۵	تفکر مجدد درباره اهداف آموزش فیزیک
۷۵	- اهداف پیشرفته در رابطه با مطالب

### فصل ۳ در یک دوره آموزش فیزیک چیزی بیش از متن وجود دارد: برنامه آموزشی پنهان

۸۳	یک سطح شناختی دیگر
۸۴	انتظارات: ادراک کنترل کننده
۸۴	- انتظارات مربوط به یادگیری
۸۶	- ساختار انتظارات دانشجویان: متغیرهای همبر
۹۲	- ارتباط با جهان واقعی
۹۷	فراشناخت: اندیشیدن درباره اندیشیدن
۱۰۰	- تکنیک‌های آموزشی برای بهبود فراشناخت
۱۰۳	احساسات: انگیزه، تصور از خود و هیجانات
۱۰۳	- انگیزه
۱۰۵	- تصور از خود
۱۰۸	- هیجانات

### فصل ۴ توسعه ارزیابی‌هایمان: تکلیف و امتحان

۱۱۲	ارزیابی و سنجش
۱۱۴	ارائه بازخورد به دانشجویان
۱۱۴	تکلیف
۱۱۷	دریافت بازخورد از دانشجویان
۱۱۹	امتحان
۱۲۱	- طراحی امتحان‌ها
۱۲۱	- امتحانات همچون بازخوردی سازنده
۱۲۳	هشت نوع سؤال امتحانی و تکلیفی
۱۲۴	- سؤالات چندگزینه‌ای کوتاه پاسخ
۱۲۷	- سؤالات چندگزینه‌ای با چند پاسخ

- ۱۲۷ - سؤالات تفسیر نمایش
- ۱۳۰ - سؤالات مرتب سازی
- ۱۳۲ - مسائل استدلالی محتوا- مبنا
- ۱۳۴ - مسائل تخمینی
- ۱۳۸ - سؤالات کیفی
- ۱۳۹ - سؤالات انشایی

## فصل ۵ سنجیدن روش تدریس: آزمون‌های ارزیابی

- ۱۴۴ آزمون‌های ارزیابی تحقیقات- مبنا
- ۱۴۵ - چرا از یک آزمون ارزیابی تحقیقات- مبنا استفاده می‌کنیم؟
- ۱۴۷ - آزمون‌های ارزیابی و اهداف کلاس
- ۱۴۸ - برگزاری یک آزمون ارزیابی در کلاس
- ۱۵۱ درک آنچه که یک آزمون ارزیابی می‌سنجد: «اعتبار» و «پایایی»
- ۱۵۱ - اعتبار آزمون
- ۱۵۳ - پایایی آزمون
- ۱۵۵ آزمون‌های ارزیابی محتوایی
- ۱۵۵ - آزمون FCI
- ۱۶۱ - آزمون FMCE
- ۱۶۴ - آزمون MBT
- ۱۶۵ آزمون‌های ارزیابی نگرشی
- ۱۶۵ - آزمون MPEX
- ۱۶۷ - نتایج آزمون ارزیابی MPEX
- ۱۶۹ - تحلیل آزمون ارزیابی MPEX
- ۱۷۲ - پیشرفت در نتایج آزمون ارزیابی MPEX
- ۱۷۵ - آزمون VASS
- ۱۷۶ - ابعاد علمی آزمون ارزیابی VASS
- ۱۷۷ - ابعاد شناختی آزمون ارزیابی VASS
- ۱۷۹ - آزمون EBAPS

## فصل ۶ راهنمایی‌های آموزشی:

### چندین روش مؤثر برای تدریس

- ۱۸۳ برنامه‌های آموزشی تحقیقات - مبنا
- ۱۸۴ مدل‌های محیط کلاس درس
- ۱۸۵ - محیط آموزشی سنتی و مدرس - محور
- ۱۸۶ - محیط آموزشی فعال و دانشجو - محور
- ۱۸۹ جمعیت تحت بررسی: فیزیک محاسبات - مبنا
- ۱۸۹ - ویژگی‌های دانشجویان کلاس فیزیک محاسبات - مبنا
- ۱۹۰ - برنامه آموزشی پنهان و حل مسئله
- ۱۹۱ بعضی برنامه‌های آموزشی فعال و دانشجو - محور

## فصل ۷ روش‌های سخنرانی - مبنا

- ۱۹۶ سخنرانی سنتی و متداول
- ۱۹۷ - یک روش تعاملی‌تر برای اجرای سخنرانی سنتی و متداول
- ۲۰۴ - توضیحات عملی
- ۲۰۷ آموزش همیار / آزمون‌های مفهومی
- ۲۱۰ توضیحات عملی تعاملی در سخنرانی (ILDs)
- ۲۱۴ تدریس درست به موقع (JiTT)

## فصل ۸ تدریس با روش‌های حل تمرین - مبنا و آزمایشگاه - مبنا

- ۲۲۳ کلاس حل تمرین سنتی و متداول
- ۲۲۵ - یک روش تعاملی‌تر برای کلاس حل تمرین سنتی
- ۲۲۶ - کمک نمودن به دستیاران تدریس برای ارائه کلاس‌های حل تمرین بهتر
- ۲۲۷ کلاس‌های ویژه برای فیزیک مقدماتی
- ۲۲۹ - ساختار کلاس‌های ویژه
- ۲۲۹ - در کلاس‌های ویژه اغلب بر روی نکات مهم اما ظریف تمرکز می‌شود.
- ۲۳۱ - آیا باید جواب‌های مربوط به پیش‌آزمون‌ها و تکالیف کلاس‌های ویژه را به اطلاع دانشجویان برسانید؟
- ۲۳۳ - هزینه اجرای این کلاس‌های ویژه چقدر است؟
- ۲۳۴ - کلاس‌های ویژه، پیشرفت‌های تحصیلی زیادی ایجاد می‌کنند.
- ۲۳۶ - تبدیل کلاس‌های حل تمرین به کلاس‌های ویژه، به مهارت‌های حل مسئله آسیبی نمی‌رساند.
- ۲۳۷ - دانشجویان باید به کلاس‌های ویژه عادت کنند.
- ۲۳۹ کلاس‌های ویژه ABP
- ۲۴۰ - کلاس‌های ویژه ABP سمت و سوی ریاضیاتی و تخصصی دارند.
- ۲۴۲ - یادگیری مفهومی را می‌توان با ریاضی ارتباط داد.
- ۲۴۵ حل مسئله به شیوه گروهی (CPS)
- ۲۴۵ - حل مسئله به شیوه گروهی وابسته به مسائل پر محتوا است.
- ۲۴۹ - تعاملات گروهی نقش بسیار مهمی دارند.
- ۲۴۹ - کار یک گروه با هم از کار دانشجوی ممتاز آن گروه، بهتر است.
- ۲۵۱ - تکنیک‌هایی برای بهبود تعاملات گروهی
- ۲۵۲ آزمایشگاه سنتی و متداول
- ۲۵۳ - اهداف آزمایشگاه
- ۲۵۴ - اغلب اتفاقاتی کمتر از آنچه که ما انتظار داریم در آزمایشگاه‌های متداول رخ می‌دهد.



- ۲۵۵ - یک روش تعاملی تر برای آزمایشگاه سنتی و متداول
- ۲۵۶ فیزیک زمان واقعی (RTP)
- ۲۵۷ - فیزیک زمان واقعی (RTP) از مدل تضاد شناختی و فناوری برای درک مفاهیم استفاده می‌کند.
- ۲۵۸ - فیزیک زمان واقعی (RTP) وابسته به کالیبراسیون روان شناسانه فناوری است.
- ۲۶۲ - آزمایشگاه‌های RTP در فهماندن مفاهیم مؤثر هستند.

## فصل ۹ تدریس با روش‌های کارگاه آموزشی و استودیویی

- ۲۷۰ آموزش فیزیک به شیوهٔ کاوشگری (PbI)
- ۲۷۱ - در روش PbI، دانشجویان مطالب اندکی را به طور عمیق یاد می‌گیرند.
- ۲۷۲ - ممکن است دانشجویان در تغییر انتظارشان از PbI به کمک نیاز داشته باشند.
- ۲۷۳ - ارزیابی‌ها نشان می‌دهند که روش PbI کارآیی بالایی دارد.
- ۲۷۷ کارگاه آموزش فیزیک (WP)
- ۲۷۸ - دانشجویان در کارگاه آموزش فیزیک مفاهیم را با استفاده از فناوری می‌آموزند.
- ۲۸۰ - کارگاه‌های آموزش فیزیک بر اساس تحقیقات طراحی شده‌اند.
- ۲۸۱ - آموزش فیزیک به روش کارگاهی چارچوب عملکرد دانشجویان را تغییر می‌دهد.
- ۲۸۲ - ارزیابی‌ها نشان می‌دهند که فیزیک کارگاهی (WP) در فهماندن مفاهیم بسیار مؤثر است.

## فصل ۱۰ استفاده از بستهٔ آموزش فیزیک

- ۲۸۶ اصول زیربنایی این بستهٔ آموزشی
- ۲۸۹ اجزای این بستهٔ آموزشی
- ۲۸۹ - متن داستانی این بستهٔ آموزشی: «درک فیزیک»
- ۲۹۳ - استفاده از این بستهٔ آموزشی در آزمایشگاه: فیزیک زمان واقعی
- ۲۹۳ - استفاده از این بستهٔ آموزشی در سخنرانی: توضیحات نمایشی تعاملی در حین سخنرانی

- ۲۹۴ - استفاده از این بسته آموزشی در بخش حل تمرین: کلاس‌های ویژه
- ۲۹۵ - سرجمع کردن تمام روش‌ها: آموزش فیزیک به روش کارگاهی
- ۲۹۶ - تکالیف و امتحان‌ها: مسائل و پرسش‌ها
- ۲۹۷ - سنجش آموزش: مجموعه ابزارهای تحقیق
- ۲۹۷ - اجزایی که می‌توان با این بسته آموزشی به کار گرفت
- ۲۹۷ - آموزش همیار، تدریس درست به موقع (JiTT)، حل مسئله به صورت گروهی
- ۲۹۹ - به کارگیری این بسته آموزش فیزیک در محیط‌های آموزشی مختلف
- ۳۰۰ - نقش آرایش و ترتیب وسایل محیط کلاس درس
- ۳۰۱ - نقش تسهیل‌گران آموزشی
- ۳۰۲ - چهار مورد مطالعاتی: به کارگیری و سازگار نمودن اجزای این بسته آموزشی
- ۳۰۳ - به کارگیری اجزای این بسته آموزشی در یک مؤسسه آموزشی کوچک
- ۳۰۳ - دبیرستان گتیسبرگ
- ۳۰۷ - دانشگاه پاسیفیک
- ۳۱۱ - به کارگیری اجزای این بسته آموزشی در یک مؤسسه بزرگ
- ۳۱۲ - دانشگاه یلینوئیز
- ۳۱۶ - دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی
- ۳۲۰ نتیجه‌گیری

پیوست (در CD همراه کتاب)

واژه نامه

کتابنامه

# فصل ۱

## مقدمه و انگیزه

یک استاد خوب حرف نمی‌زند، عمل می‌کند. وقتی کارش به پایان رسید، دانشجویانش می‌گویند: «چه شگفت‌انگیز: ما این کار را تماماً خودمان انجام دادیم».

لاو تس، تائو تِ چینگ<sup>۱</sup>

### مقدمه

تدریس فیزیک می‌تواند هم امیدوارکننده و الهام‌بخش بوده و هم ناامیدکننده باشد. کسانی که از یادگیری فیزیک لذت می‌برند باید یک دوباره‌اندیشی انجام داده و کلیه دانسته‌های موجود را با روش‌های نوین و منسجم جمع‌آوری نمایند. ما از انجام اثبات‌ها و توضیحات جدید، کشف نتایج بدیع و حل مسائل جالب لذت می‌بریم. برای آنهایی که فعالیت در زمینه علم فیزیک را دوست دارند، تدریس می‌تواند یک تجربه آموزنده دلپذیر باشد. هر از چندگاهی با دانشجویی برخورد می‌کنیم که علاقه و قابلیت درک آنچه ما می‌خواهیم انجام دهیم را دارد و از تدریس ما به خوبی الهام گرفته و تغییر می‌نماید. همین دلیل کافی است تا تمام دلسردی‌های موجود قابل تحمل باشد.

از طرف دیگر عوامل ناامیدکننده‌ای نیز وجود دارد. ممکن است دانشجویانی داشته باشیم که توانایی درک آنچه را، تدریس می‌کنیم نداشته باشند. بعضی اوقات اکثر آنها چنین هستند. آنها سردرگم و گیج می‌شوند و یا حتی حالت خصمانه‌ای به خود می‌گیرند. ممکن است تلاش فراوانی انجام دهیم تا با جالب‌تر نمودن کلاس‌هایمان و یا با ساده‌تر نمودن سؤالاتمان بتوانیم با این دانشجویان ارتباط برقرار نمائیم. هر چند که این تلاش‌ها ممکن است دیدگاه دانشجویان درباره کلاس را بهتر نماید اما ندرتاً منجر به درک بهتر فیزیک توسط آنها می‌شود. این موضوع سبب کم‌فروغ شدن فیزیک می‌شود و ما را مأیوس و ناامید می‌کند.

---

<sup>۱</sup> Lao Tse, Tao Te Ching [Mitchell ۱۹۸۸].

آیا می‌توانیم این ناامیدی و یأس را کاهش داده و راه‌هایی بیابیم تا با دانشجویانی که موضوع را درک نمی‌کنند یا به اصطلاح موضوع را نمی‌گیرند، ارتباط بهتری برقرار کنیم. در طی دو دهه گذشته درک فزاینده و روبه‌رشدی درباره اینکۀ چرا بسیاری از دانشجویان به آموزش‌های سنتی فیزیک به درستی جواب نمی‌دهند و اینکۀ چگونۀ می‌توان روش‌های آموزشی را اصلاح نمود تا دانشجویان بهتر فیزیک را یاد بگیرند، بوجود آمده است. عده‌ای از محققان و طراحان برنامه‌های آموزشی سعی نموده‌اند تا با ترکیب نتایج تحقیقات آموزشی با فناوری جدید، محیط‌های آموزشی مفیدتر و مؤثرتری ایجاد نمایند.

یکی از نتایج این تلفیق تحقیقات با فناوری، همین بستۀ آموزشی فیزیک است. در این مجموعه، گروه فیزیک عمل- مینا (ABP)<sup>۱</sup> یک محیط آموزشی جدید به وجود می‌آورد. از آنجا که محیط‌های آموزشی گوناگونی جهت تدریس فیزیک مقدماتی وجود دارد، گروه ABP یک ساختار تفکیک شده را ترجیح داده است که در آن هر مرحله را می‌توان در یک مقطع زمانی مشخص انجام داد و یا می‌توان تمام مراحل را در کل زمان آموزش با هم اجرا نمود. این کتاب چگونگی تغییر تدریس فیزیک در نتیجۀ این محیط‌های آموزشی جدید را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد.

در این کتاب اجزای این ساختار تفکیک‌شده، چگونگی به کارگیری آنها، فلسفۀ آموزشی، تئوری شناختی (دراکی)<sup>۲</sup>، تحقیقات آموزشی و فناوری جدیدی که این بستۀ آموزش فیزیک بر مبنای آن تدوین شده است، توضیح داده می‌شوند.

## نیازمندی‌های معمول یک کلاس فیزیک

معمولاً تمام ملزومات پیشنهادی توسط هر ناشر و نویسنده برای یک کلاس فیزیک، برخاسته از متن درسی است (شکل ۱-۱ را ببینید). این ابزارها مرتبط با متن درسی هستند و معمولاً همه چیز، از «خلاصه‌های کوتاه» برای دانشجویان گرفته تا اسلایدهای رنگی برای مدرسان را در بر می‌گیرند. ممکن است یک دیسک فشرده (CD) حاوی تعدادی شبیه‌سازی نیز در دسترس باشد که این CD در اغلب موارد جذاب نیست و اطلاعات اندکی راجع به چگونگی استفاده از آن به دانشجویان و اساتید ارائه می‌شود. از طریق هماهنگی با مؤسسات می‌توان آموزش دروس را همراه با آزمایشگاه‌های عملی اجرا نمود. اما متن درسی، پایه و اساس کار بوده و نحوه انتخاب آن معمولاً وابسته به محتوای مطالب مدنظر است. (که چه چیزی باید تدریس شود و تدریس درست آنها به چه شکل است.) این مسائل، موضوعات بسیار مهمی هستند.

<sup>۱</sup> Activity-Based Physics Group / Pat Cooney, Karen Cummings, Priscilla Laws, David Sokoloff, Ron Thornton, and myself (خودم).

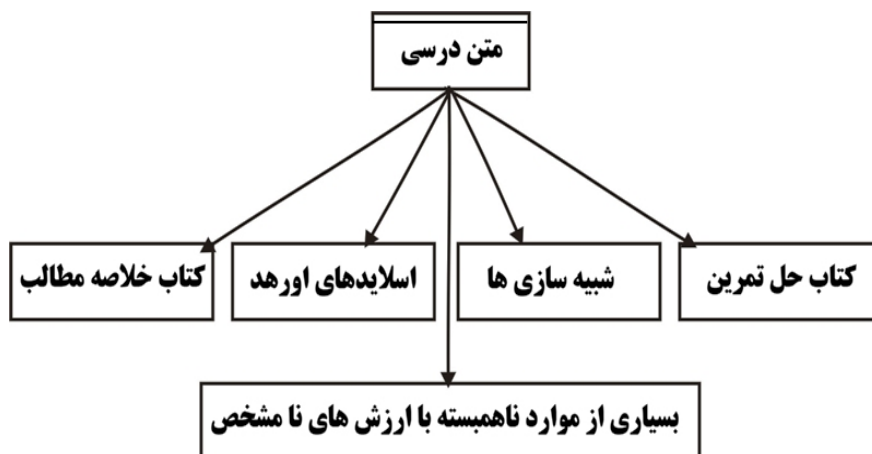
<sup>۲</sup> cognitive theory

تحقیقات گسترده نشان می‌دهند که آموزش مؤثر دانشجویان، به ندرت ناشی از متن درسی است. دانشجویان اغلب در درک یک متن درسی فیزیک دچار مشکل می‌شوند، در نتیجه تنها تعداد اندکی از آنها متن درسی را با آن دقت و جامعیتی که ما انتظار داریم، مطالعه می‌نمایند. بیشتر یادگیری دانشجویان در نتیجه فعالیت‌هایی است که در آنها مغز درگیر (یا به اصطلاح مغز روشن) است.

(یعنی در زمان‌هایی که دانشجویان به شدت فکر کرده و سعی می‌نمایند تا مطالب را به درستی درک کنند.) آموزش مؤثر زمانی به وقوع می‌پیوندد که ما محیط‌هایی به وجود آوریم که در آنها دانشجویان به سمت انجام چنین فعالیت‌هایی تشویق و یاری شوند.

نوآوری‌های معتبری که بر روی انجام استدلال از طریق فعالیت‌های هدفمند در کلاس‌ها، کلاس‌های حل تمرین، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های آموزشی تمرکز می‌کنند، در یادگیری بهتر دانشجویان مؤثرتر هستند. برای اغلب دانشجویان انجام این گونه فعالیت‌ها به اندازه مطالعه متن درسی مفید و بااهمیت است.

بسته آموزش فیزیک چیزی بیش از یک متن درسی همراه با وسایل کمک آموزشی است. این مجموعه با جمع‌آوری یک سری اجزا و فعالیت‌های عملی قوی، همراه با یک متن درسی تهیه شده است که دانشجویان را وادار می‌کند تا یاد بگیرند آنچه که برای یادگیری فیزیک لازم است را انجام دهند.

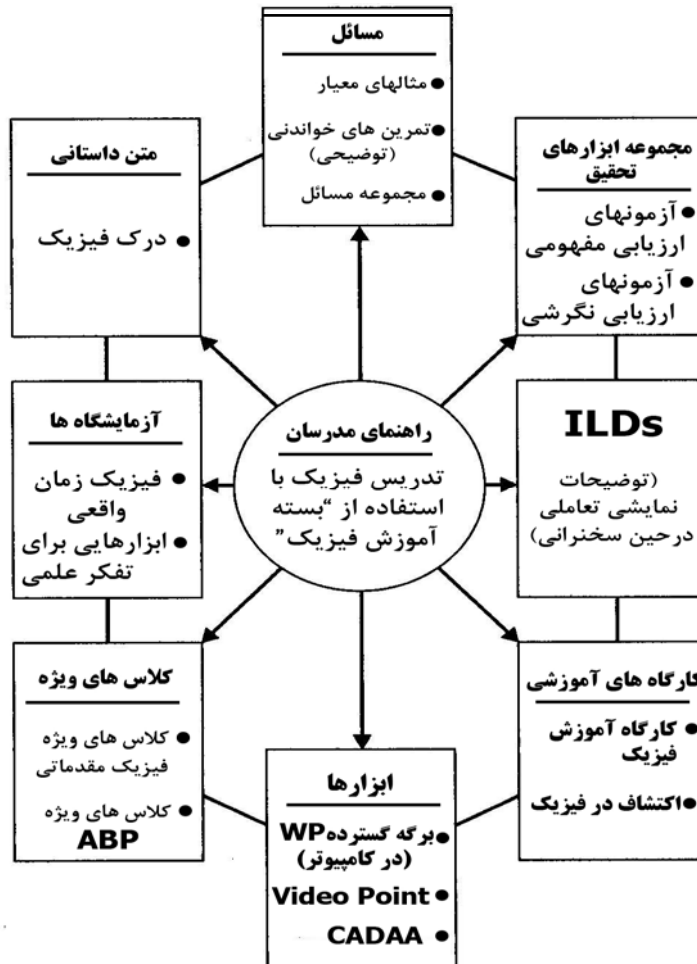


شکل(۱-۱): طرح‌واره‌ای از ملزومات مربوط به یک دوره آموزش فیزیک

## یک روش جدید دیگر: بسته آموزشی فیزیک

گروه ABP ساختار جدیدی طراحی کرده است که مجموعه گسترده‌ای از وسایل آموزشی یکپارچه را در بر می‌گیرد: یعنی «بسته آموزشی فیزیک». اجزای این مجموعه به صورت شماتیک در شکل (۱-۲) نشان داده شده‌اند.

دو مشخصه ویژه بسیاری از اجزای این مجموعه عبارتند از:



شکل (۱-۲): اجزای این بسته آموزشی فیزیک

به کارگیری فعالیت‌های هدایت‌شده برای کمک به دانشجویان در یادگیری، (۲) استفاده از فناوری جدید، مخصوصاً جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها به کمک کامپیوتر (CADAA).<sup>۱</sup> این بسته آموزشی شامل اجزای زیر می‌باشد:

- راهنمای مدرسان: تدریس فیزیک با استفاده از بسته آموزشی فیزیک<sup>۲</sup>: این کتاب تنها راهنمایی برای مطالب این بسته آموزشی (و دیگر موارد آموزشی هماهنگ با آن) است، بلکه شرح و توضیحی دربارهٔ ایجاد انگیزه و چارچوب تئوری آن نیز می‌باشد. داده‌هایی که میزان مؤثر بودن این بسته را نشان می‌دهند نیز در این کتاب ارائه شده‌اند.
- متن داستانی: درک فیزیک<sup>۳</sup>: این متن، نسخه تجدید نظر شده‌ای از متن درسی کلاسیک هالیدی، رزینک و واکر است که با توجه به مواردی که طبق تحقیقات آموزشی، دانشجویان در آنها دچار مشکل می‌شوند، اصلاح شده است. در این شیوه بیان جدید، بر روی اصول تجربی فیزیک نیز تأکید می‌شود و نه تنها آنچه را که می‌دانیم توضیح می‌دهد، بلکه چگونگی دستیابی به این دانش را نیز بیان می‌نماید (برای آگاهی از جزئیات بیشتر در مورد اینکه این متن درسی چگونه تغییر یافته است، فصل ۱۰ را ببینید).
- مسائل: از آنجا که بیشترین میزان یادگیری دانشجویان در یک کلاس فیزیک هنگام حل مسئله است، این بسته با مسائل انتخابی مناسب در متن داستانی (مسائل معیار) و همچنین با مسائل تکمیلی گوناگون شامل مسائل تخمینی، تفسیر نمایش و مسائل پر محتوا دنیای واقعی همراه شده است. این مسائل هم در قسمت متن داستانی و هم در CD آخر کتاب و هم در کتاب مسائل تکمیلی قرار دارند.
- مجموعه ابزارهای عملی تحقیق: مجموعه‌ای از ابزارها برای ارزیابی میزان پیشرفت در آموزش است که شامل انواع مختلف آزمون‌های ارزیابی مفهومی و آزمون‌های ارزیابی نگرشی می‌باشد. این آزمون‌ها در CD همراه کتاب قرار داده شده‌اند.
- توضیحات عملی تعاملی در حین سخنرانی (ILDs)<sup>۴</sup>: توضیحات عملی هدایت‌شده (به کمک کاربرگه<sup>۵</sup>) هستند که در انجام آنها از CADAA استفاده می‌گردد تا به دانشجویان در درک، تجسم و تصویرسازی مفاهیم یاری شود.

<sup>۱</sup> computer-assisted data acquisition and analysis

<sup>۲</sup> Redish

<sup>۳</sup> Cummings, Laws, Redish, and Cooney

<sup>۴</sup> Interactive Lecture Demonstrations (Sokoloff and Thornton)

<sup>۵</sup> worksheet

- **کارگاه‌های آموزشی** : سه مجموعه کامل از کارگاه‌های آموزشی و روش‌های ویدئویی (بصری) به همراه این مجموعه است:
  ۱. فیزیک کارگاهی<sup>۱</sup>: یک دوره کامل آموزش فیزیک به کمک آزمایشگاه در سطح محاسباتی با استفاده از CADAA، ویدئو و مدلسازی عددی است.
  ۲. *اکتشافات در فیزیک*<sup>۲</sup>: این بخش، قسمتی از پروژه علمی کارگاه آموزشی و به صورت یک برنامه آموزشی آزمایشگاهی می‌باشد و کمتر به ریاضیات مطالب می‌پردازد و طوری طراحی شده است که برای متخصصین غیرعلوم پایه و دانشجویان دبیری قابل استفاده باشد.
  ۳. *آموزش فیزیک با کند و کاو*<sup>۳</sup>: یک دوره آموزشی به سبک کارگاه‌های آموزشی می‌باشد که برای دانشجویان دبیری و معلمان در حال خدمت مناسب است.
- **ابزارها**<sup>۴</sup> : تجهیزات کامپیوتری جهت استفاده در آزمایشگاه‌ها، کلاس‌های ویژه و کارگاه‌های آموزش فیزیک هستند که شامل نرم‌افزاری برای جمع‌آوری، نمایش و تحلیل داده‌های CADAA، نرم‌افزاری برای استخراج و ترسیم داده‌ها و همچنین برگه‌های گسترده کامپیوتری<sup>۵</sup> جهت تحلیل داده‌های عددی می‌باشند.
- **کلاس‌های ویژه** : شامل دو مجموعه جهت استفاده در بخش‌های حل تمرین است. در این مجموعه‌ها از فعالیت‌های هدایت‌شده گروهی (گروه‌های کوچک) جهت یادگیری مفاهیم و روش استدلال کیفی استفاده می‌شود:
  ۱. *کلاس‌های ویژه برای فیزیک مقدماتی*<sup>۶</sup> : مجموعه‌ای از کاربرگ‌های ارائه شده توسط گروه آموزش فیزیک در دانشگاه واشنگتن (UW)<sup>۷</sup> است.
  ۲. *کلاس‌های ویژه ABP*<sup>۸</sup> : کلاس‌های ویژه اضافی به سبک کلاس‌های ویژه دانشگاه واشنگتن هستند؛ اما در این کلاس‌ها تمامی ابزارهای تکنولوژیکی این بسته آموزشی - شامل CADAA، استخراج داده‌ها از تصاویر، و شبیه‌سازی‌ها با هم تلفیق شده و به کار گرفته می‌شوند. در این کلاس‌ها دامنه سرفصل‌های آموزشی نیز وسعت داده می‌شود به طوری که مطالب فیزیک جدید را نیز در بر می‌گیرد.
- **آزمایشگاه‌ها** : مجموعه‌ای از آزمایشگاه‌ها هستند که در آنها از CADAA استفاده می‌شود تا دانشجویان در درک مفاهیم و تجسم مطالب یاری گردیده و مبنای

<sup>۱</sup> Laws

<sup>۲</sup> Jackson, Laws, and Franklin

<sup>۳</sup> McDermott et al.

<sup>۴</sup> Laws, Cooney, Thornton, and Sokoloff

<sup>۵</sup> spreadsheets

<sup>۶</sup> McDermott et al.

<sup>۷</sup> University of Washington

<sup>۸</sup> ABP Tutorials (Redish et al.)



تجربی علم فیزیک را بهتر درک کنند. دو سطح از آزمایشگاه‌ها در این بسته وجود دارد:

۱. فیزیک زمان واقعی<sup>۱</sup>: برای آموزش فیزیک در سطح دانشگاهی مناسب است.
۲. ابزارهایی برای تفکر علمی<sup>۲</sup>: مشابه فیزیک زمان واقعی است اما در سطحی پایین‌تر، جهت به کارگیری در آموزش فیزیک سطح دبیرستان.

هر یک از اجزای این بسته آموزشی را می‌توان به طور مستقل و جداگانه به کار گرفت؛ اما روش، فلسفه و اصول کلی آنها یکپارچه و بدون تناقض با هم است. در نتیجه، می‌توانید در زمان مناسب و مقتضی، یکی از قسمت‌های این مجموعه را به کار برده تا میزان کارایی آن را ارزیابی کنید و یا اینکه می‌توانید چندین بخش از این بسته را با هم به کار برده و در همه قسمت‌های آموزشی کلاستان تغییر ایجاد نمایید.

جزئیات بیشتر درباره اجزای مختلف این بسته در فصل‌های ۷ تا ۹ و روش‌های به کارگیری آنها در فصل ۱۰ آورده شده است. کسانی که با تحقیقات و انگیزه اصلاح برنامه‌های جدید آموزش فیزیک آشنایی دارند می‌توانند مستقیماً به فصل‌های ذکر شده رجوع کنند. اما اگر شما با تحقیقات و تئوری اجزای این بسته آشنا نیستید، ادامه این فصل و همچنین فصل‌های بعدی را مطالعه کنید. در این فصل‌ها انگیزه و پیش‌زمینه‌های موجود را بیان می‌کنم.

## انگیزه

چرا به این بسته فیزیک نیاز داریم؟ اغلب ما با استفاده از یک متن درسی می‌توانستیم مطالب مورد نظر را به طور کامل بیاموزیم. اما امروزه چه تفاوتی به وجود آمده است؟ بعضی چیزها تغییر کرده‌اند و در آینده حتی بیشتر از این دستخوش تغییر می‌شوند:

- دانشجویانی که به آنها آموزش می‌دهیم تغییر نموده‌اند.
  - اهداف ما از تدریس این دانشجویان تغییر کرده است.
  - امروزه در مورد چگونگی یادگیری دانشجویان نسبت به گذشته مطالب بیشتری می‌دانیم.
  - امروزه ابزارهای بیشتری نسبت به گذشته (هم از نظر فناوری و هم از نظر محیط‌های آموزشی جدید) در اختیار داریم.
- بحث درباره این موضوعات را در قالب دو پرسش جمع بندی می‌کنم:
۱. به چه کسانی آموزش می‌دهیم و چرا؟
  ۲. چرا تحقیقات در زمینه آموزش فیزیک (PER)<sup>۱</sup> لازم است؟

<sup>۱</sup> RealTime Physics (Thornton, Laws, and Sokoloff)

<sup>۲</sup> Thornton and Sokoloff

## به چه کسانی آموزش می‌دهیم و چرا؟

از آنجایی که هم مشکلات مربوط به تدریس فیزیک و هم راه‌حل این مشکلات به دانشجویان تحت تعلیم بستگی دارد، لذا بیایید کار را با بررسی اینکه دانشجویان ما چه افرادی هستند و در چند سال آینده احتمالاً چه افرادی خواهند شد شروع نماییم.

### پیشرفت سایر علوم

هنگامی که در چهار دهه پیش مطالعه علمی را به عنوان یک دانش‌آموز دبیرستانی به طور جدی شروع کردم، به نظرم تنها علم فیزیک، یک علم واقعی بود. منظورم از علم واقعی، دانش دستیابی به قوانین بنیادین طبیعت و درک مفهوم آنها بود. به عنوان یک دانش‌آموز دبیرستانی شیفته همبستگی و ارتباط بین ریاضیات (که بسیار آن را دوست داشتم) و فیزیک (که برای تجسم دنیای واقعی آن را به کار می‌بردم). شده بودم. حداقل برای خودم، تا حد زیادی درست می‌اندیشیدم.

فیزیک، نگین تاج جواهر علوم است، که بین اصول و عمل ارتباط زیبایی برقرار می‌سازد. معادلهٔ انیشتین « $E = mc^2$ » و بمب اتمی که بر سیاست و حتی احساسات روزمره بسیاری از مردم عادی در طی نیم قرن اخیر تأثیر عمیقی گذاشت تنها نوک این کوه یخی است. مکانیک کوانتومی ما را در شناخت ساختار ماده و در نتیجه در تولید ترانزیستور و لیزر راهنمایی نموده و شیوه زندگی را تا حد زیادی تغییر داده است.

آنچه که به عنوان یک دانش‌آموز دبیرستانی متوجه آن نبودم عبارت بود از غفلت از پیشرفت‌های عظیم در حال وقوع در دیگر علوم بالغ مانند زیست‌شناسی و شیمی و همچنین رشد روزافزون علوم نوین و نوپای کامپیوتر و عصب‌شناسی.<sup>۱</sup> اما امروزه یک دانش‌آموز دبیرستانی علاقمند به علم، فرصت‌های هیجان‌انگیزی در زمینه‌های جالب و آموزنده در گستره وسیعی از علوم مختلف دارد، از مدلسازی کیهان گرفته تا مدلسازی فرآیندهای عصبی مغز. امروزه فیزیک تنها یکی از جواهرات پرارزش در تاج جواهر علوم می‌باشد.

پیشرفت علم فیزیک به طرق مختلف سبب تسهیل رشد علوم دیگر نظیر توسعه تئوری‌های گرانشی تا ایجاد FMRI (تصویرسازی عملی رزونانس مغناطیسی)<sup>۲</sup> می‌شود. FMRI ابزاری است که با استفاده از رزونانس مغناطیسی هسته‌ای به صورت درونی تغییرات متابولیسم مغز را در هنگام تفکر افراد در مورد مسائل مختلف ردیابی می‌کند. دانشجویانی که به مطالعه این علوم می‌پردازند باید قسمتی از برنامه آموزش خود را به

<sup>۱</sup> Physics Education Research

<sup>۲</sup> neuroscience

<sup>۳</sup> Functional Magnetic Resonance Imaging

علم فیزیک اختصاص دهند. اما این دانشجویان دقیقاً از ما چه می‌خواهند؟ علم فیزیک چه نقشی می‌تواند (و باید) در فرآیند آموزش یک متخصص علم زیست‌شناسی یا شیمی ایفا نماید؟ همچنین چه نقشی می‌تواند (و باید) در تعلیم یک مهندس یا یک پیراپزشک داشته باشد؟

### اهداف علم فیزیک برای همه

آموزش فیزیک به طور سنتی و معمول دو نقش بسیار بارز در روند تحصیلات دانشمندان ایفا کرده است: هم به کارگیری و تعلیم فیزیکدانان حرفه‌ای و هم جدا نمودن و شناسایی دانشجویانی که ممکن است در بحث ریاضیات در علوم مهندسی و یا در مباحث حفظی در علوم پزشکی توانایی لازم را نداشته باشند.

با افزایش تعداد دانشجویان محصل در رشته‌های تحصیلی دیگر، اولین نقش ذکر شده در بالا بخش کوچک‌تری از فعالیت ما را در بر می‌گیرد. دومین نقش نیز به نظر می‌رسد که دیگر مناسب محیط‌های کنونی نباشد، یعنی در زمانی که مهندسان، دانشمندان و شاغلین بخش پزشکی نیاز مبرم و فزاینده‌ای به یادگیری سیستم‌ها و ابزارهای پیچیده کاری خود دارند.

امروزه بهبود کیفیت آموزش فیزیک نسبت به گذشته اهمیت بیشتری یافته است. اول اینکه، افراد بیشتری از دبیرستان‌ها فارغ‌التحصیل شده و روانه دانشگاه‌ها می‌شوند. اکثر این دانشجویان یا علاقمند به کارهای علمی هستند و یا دوست دارند شغلی در یک محیط تکنولوژیکی رو به رشد پیدا نمایند.

دوم اینکه، امروزه دولت‌ها و مردمی که این مؤسسات را حمایت و پشتیبانی می‌کنند، به احتمال زیاد سیستم آموزشی (و در نتیجه معلمان و مدیران آنها) را مسئول مستقیم یادگیری دانشجویان و یا عدم یادگیری آنها می‌دانند. در حالی که در گذشته، دانش‌آموزان و دانشجویان شخصاً مسئول یادگیری خود بودند و کمتر به میزان تأثیرگذاری و کارایی شیوه آموزش توجه می‌شد.<sup>۱</sup> در حال حاضر، با توجه به نیاز محیط‌های کاری به پرسنل فنی‌تر و باسوادتر، لازم است تا ما هر آنچه در توان داریم جهت آموزش موفق دانشجویانمان به کار بندیم.

وظیفه کنونی یک معلم فیزیک این است که بداند چگونه می‌شود درصد بیشتری از مردم را در جهت فهم سازوکار جهان، نحوه منطقی اندیشیدن و نحوه سنجش علم یاری نمود. این موضوع در کشورهای دموکراتیک که افراد بالغ در انتخاب فرمانده و رهبر

<sup>۱</sup> نهایتاً هر دانشجو در واقع خودش مسئول یادگیری‌اش می‌باشد. اما موضوع این است که آیا دانشجویان باید خودشان به تنهایی - بدون توجه به آنچه که ما به آنها ارائه می‌دهیم - همه چیز را فراگیرند یا اینکه به کمک محیط‌های آموزشی مناسب و با تعامل بیشتر با اساتید آموزشی این دانشجویان مطالب بیشتری می‌آموزند. این موضوع با جزئیات بیشتر در فصل ۲ تحت عنوان «اصل یادگیری اجتماعی» مورد بحث قرار گرفته است.

دخیل می‌باشند رهبرانی که نه تنها در مورد حمایت از علوم پایه، بلکه دربارهٔ مسائل مربوط به فناوری تصمیم‌گیری می‌کنند دارای اهمیت مضاعف است. بسیار ارزشمند است که درصد زیادی از مردم دارای سطح تفکر بالایی باشند و نتوان آنها را با سوء استفاده‌ها و حقه‌بازی‌های علمی فریب داد.

### آیا قبلاً به این اهداف نائل شده‌ایم؟

آیا روش تدریس سنتی و متداول فیزیک کارآیی و بازده مناسب دارد؟ متأسفانه، به نظر می‌رسد که جواب منفی باشد. تحقیقات وسیع تعداد زیادی از محققان در زمینهٔ آموزش فیزیک نشان داده است که آموزش سنتی فیزیک در مورد درصد زیادی از دانشجویان مؤثر نمی‌باشد. بسیاری از دانشجویان درس فیزیک را دوست ندارند؛ خیلی از آنها فکر می‌کنند که فیزیک هیچ ارتباطی با زندگی شخصی و یا اهداف بلندمدتشان ندارد؛ و بسیاری از آنها در کسب مهارت‌های لازم جهت موفقیت در دوره‌های آموزشی پیشرفته ناکام می‌مانند.

به نظر می‌رسد که ماهیت این مشکل باید نوعی «عدم تناسب بازدارنده»<sup>۱</sup> باشد. استاد مطالب را به سوی دانشجویان می‌فرستد و مشاهده می‌نماید که اطلاعات داده شده به همان شکل و یا مشابه از طرف آنها بازگردانده می‌شود (شکل ۳-۱)، اما دانشجویان عملاً مطالب اندکی آموخته‌اند.

### در مواجهه با تشخیص مواردی که کارآیی ندارند چه می‌توان انجام داد؟

اگر می‌خواهیم وضعیت را بهبود بخشیم، بهترین راه استفاده از ابزارهای علمی موجود در جهت شناخت اوضاع می‌باشد. باید پدیدهٔ مدنظر را ابتدا مشاهده کرده و سپس سعی کنیم درک صحیحی از آن کسب نماییم. از اساتید و روان‌شناسان علم شناخت، دو نکتهٔ مهم می‌آموزیم:

- برای شناسایی موارد کارآمد و مؤثر باید به جای تمرکز بر روی آنچه که تدریس می‌نماییم، روی آنچه که دانشجویان می‌آموزند تمرکز کنیم.
- نباید به ارزیابی میزان موفقیت دانشجویان بسنده کنیم. باید به آنچه که دانشجویان در مورد آن می‌اندیشند و چگونگی یادگیری مطالب توسط آنها توجه کرده و آن را مورد تحلیل و بررسی قرار دهیم.

<sup>۱</sup> impedance mismatch (عدم تناسب امپدانس)