

یاد بگیریم چگونه تدریس کنیم^۱



دیوید برسود

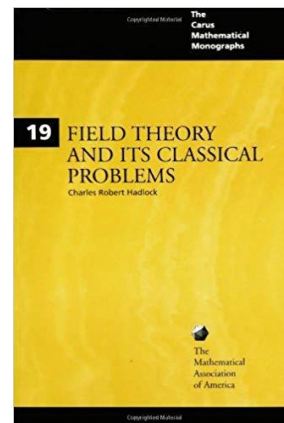
بهمن ماه ۹۸

(نوشته شده برای ویکی‌نوشت)

یادگیری تدریس، فرایندی است که در سراسر دوران تدریس ادامه دارد، یا بهتر است بگوییم باید ادامه داشته باشد. برای من، لحظات فراوانی وجود داشته که باعث تغییر نگاهم به تدریس شده است و اکنون مایل هستم از این فرصت استفاده و چهار مورد از آن‌ها را ذکر کنم.

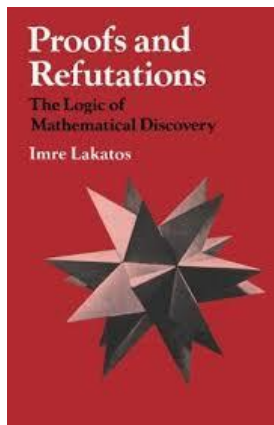
اولین آن در اوایل دوران تدریس اتفاق افتاد. یکی از دانشجویان که به دلیل تداخل زمانی با درس‌های دیگرش نمی‌توانست درس جبر مجرد را با دیگران بگیرد، آن را تحت عنوان مطالعه‌ی مستقل با من گرفت. من به تازگی کتاب "نظریه‌ی میدان و مسئله‌های کلاسیک آن" را خوانده و عاشق روش کتاب بودم. کتاب با سه مسئله‌ی کلاسیک رسم با خط‌کش نامدرج و پرگار (تربیع دایره، تضعیف مکعب و تثلیث زاویه) شروع می‌کرد و با استفاده از

آن‌ها به نظریه‌ی حلقه‌ها معنی می‌بخشید. کتاب بیست و چهار فصل داشت و هر فصل تعداد کمی مسئله. از دانشجویم خواستم که بعضی از فصل‌ها را بخواند و مسئله‌های آن فصل‌ها را حل کند. اوایل ترم، قبل از هر جلسه، خودم مسئله‌ها را حل می‌کردم. ولی به تدریج کارهای دیگرم باعث شد که کمتر برای این کار وقت بگذارم. علاوه بر این، معمولاً مسئله‌هایی که دانشجویم نمی‌توانست حل کند، برای من هم سخت بود. آخر ترم، از او به خاطر این که اغلب اوقات راه حل مسئله‌ها را آماده نکرده بودم معذرت‌خواهی کردم. او در پاسخ گفت، نه، اتفاقاً آن جلسه‌ها بهترین جلسه‌های کلاس بودند چرا که مشاهده می‌کردم شما چگونه به مسئله‌هایی که راه حل آنها را نمی‌دانید، فکر می‌کنید. این اولین جرقه آگاهی بود: این که تدریس، نه درباره‌ی ارائه‌ی شسته و رفته‌ی ریاضیات، بلکه بیشتر درباره‌ی کمک کردن به دانشجویان است تا یاد بگیرند چگونه با مسئله‌های چالش‌برانگیز مواجه شوند.



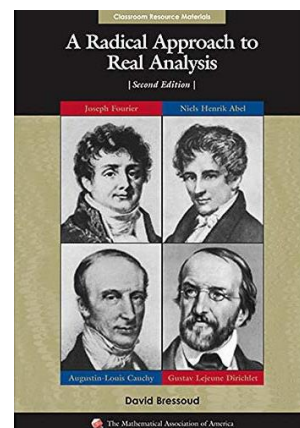
دومین جرقه آگاهی در انتهای درسی ناامید کننده در آنالیز حقیقی بود. بعد از کلی کلنجار رفتن با تعاریف و قضیه‌هایی که دانشجویان فقط حفظ می‌کردند و حتی در مسئله‌های مصنوعی هم به سختی می‌توانستند از آن‌ها استفاده کنند، به نقطه‌ی اوج درس، سری‌های فوریه رسیدیم. من با هیجان توضیح دادم که چگونه هر چه ما تاکنون مطالعه کرده بودیم، در کنار هم قرار می‌گیرند تا به این سری‌های نامتناهی با این رفتار نامتعارف معنی ببخشیم. اما دانشجویان کلاس، از استفاده من از آن مطالبی که به سختی به یاد می‌آوردند، هیجان‌زده نشدند.

^۱ برسود، دیوید (بهمن ماه ۱۳۹۸)، یاد بگیریم چگونه تدریس کنیم، ویکی‌نوشت شماره ۱۳.



وقتی به این شکست فکر کردم متوجه شدم که درس را دقیقاً در جهت برعکس ارائه کرده بودم. در تاریخ، سؤال‌های مربوط به سری‌های فوریه اول ظاهر شدند و ساختار بخشیدن به آنالیز ریاضی در قرن نوزدهم، هم در تعاریف و هم در قضایا، تلاشی بود برای پاسخ به آن سؤال‌ها. در این فکرها بودم که کتاب اثبات‌ها و ابطال‌ها از ایمره لاکاتوش، را خواندم. اولین پیوست کتاب در مورد «اثبات» کوشی از این «قضیه» است که هر مجموع نامتناهی از توابع پیوسته، پیوسته است. دفعه‌ی بعد که درس آنالیز حقیقی را ارائه کردم این «اشتباه»^۲ کوشی را در سنگ‌بنای درس قرار دادم و آن را تبدیل به فرصتی کردم که دانشجویانم با سختی‌های ریاضیدان‌ها در مواجهه با ریاضیات جدید آشنا شوند. علاوه بر این، از آن استفاده کردم تا آن‌ها را متوجه نقش تعاریف دقیق کنم.

اولین بار که درس آنالیز حقیقی را این گونه ارائه کردم یکی از دانشجویانم اعتراض کرد که اگر کوشی می‌توانسته است اشتباه کرده باشد، چطور ما می‌توانیم مطمئن باشیم آنچه در کلاس‌های ریاضی به ما آموزش داده می‌شود درست است؟ به تدریج متوجه شدم که این سؤالی اساسی است و الان مایلم که همه‌ی دانشجویانم، چنین سؤالی را، نه لزوماً به شکل اعتراض، بلکه به عنوان شروعی برای خودآگاهی از معنی یادگیری در ریاضیات ببرند. آن درس ساختار کتاب من در آنالیز حقیقی را شکل داد: روشی نامتعارف در آموزش آنالیز حقیقی.



خوش شانس بودم که در آخرین سال تدریسم در دانشگاه ایالتی پن، دیوید اسمیت هم آنجا بود. دیوید یکی از نویسندگان پروژهای «حسابان همچون یک آزمایشگاه» بود. در آن سال، از منابع او برای تدریس حساب دیفرانسیل و انتگرال پیشرفته استفاده کردم. دوشنبه، چهارشنبه و جمعه، یک ساعت کلاس داشتیم و سه‌شنبه و پنجشنبه، یک ساعت کارگاه با مَث کد^۳. روش درس به طور ثابت این گونه بود که یک مفهوم جدید در کلاس معرفی می‌شد و بعد در کارگاه کامپیوتر به طور عددی و گرافیکی مورد تجربه و تحقیق قرار می‌گرفت و در کلاس بعدی در مورد آنچه دیده و تجربه کرده بودیم بحث می‌شد؛ به خصوص، به این توجه می‌شد که جایگاه آن در تصویر کلی‌تری که در حال شکل دادن آن بودیم چیست.

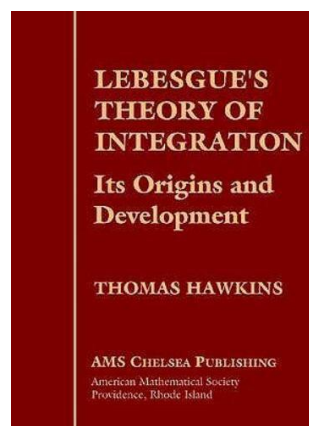
بعضی دانشجویان از این روش راضی نبودند. به خصوص در اوایل ترم اول که آن‌ها باید هم با تکنولوژی مورد استفاده آشنا می‌شدند و هم با نوع جدیدی از ریاضی‌ورزی. چند نفری در تعطیلات بین ترم از کلاس انصراف دادند. اما در ترم دوم، کلاس به خوبی و با سرعت پیش رفت. در اواسط آن ترم اتفاق ساده‌ای افتاد که سومین جرقه‌ی آگاهی من شد. یکی از دانشجویانم به من گفت که در

^۲ اگر بتوان آن را اشتباه محسوب کرد. می‌شود گفت که منظور کوشی از همگرایی آن چیزی است که ما امروزه به آن همگرایی یکنواخت می‌گوییم. در هر صورت، مثال خوبی است از مشکلاتی که تعاریف مبهم ایجاد خواهند کرد.

^۳ بعدها وقتی به جای مَث کد از ممتیکا و آر استفاده کردم، به خوبی نسخه‌ی سال ۱۹۹۳ مَث کد پی بردم. ابزار مورد استفاده در مَث کد ساده بود و در حالی که ممتیکا و آر ابزارهای حاضر و آماده برای محاسبات مختلف دارند و برای دانشجویان مثل جعبه‌های سیاه می‌مانند که کارهای را انجام می‌دهند بدون این که آنها بفهمند چگونه. این هیچ وقت به تأثیرگذاری تجربه‌ی من با مَث کد نشد.

امتحان ریاضی مهندسی یکی از فرمول‌ها را فراموش کرده بود، اما توانسته بود آن را با استفاده از آن چه در درس حسابان یاد گرفته بود، به دست بیاورد. این سطح از آگاهی و توانایی انتقال دانش، چیزی است که من برای همه‌ی دانشجویانم آرزو می‌کنم.

از آن به بعد، همیشه از پروژه‌ها برای واداشتن دانشجویان به توسعه‌ی درک شخصی‌شان از مفاهیم استفاده کرده‌ام. اگر چه هیچ وقت همچون آن سال در دانشگاه ایالتی پن، درس‌هایم در پروژه تنیده نبودند، ولی همیشه تلاش کرده‌ام در هر درسی، دانشجویانم حداقل سه پروژه برای توسعه و به‌کارگیری دانش‌شان داشته باشند.



چهارمین جرقه‌ی آگاهی که برای این ویکی نوشت انتخاب کرده‌ام در یک درس آنالیز حقیقی زده شد. درس قرار بود در ترم دوم در دانشگاه مک الستر ارائه شود. مدتی قبل، وقتی کتاب روشی نامتعارف در آموزش آنالیز حقیقی را می‌نوشتیم با کتاب نظریه‌ی انتگرال لبگ، خاستگاه‌ها و تبلور آن از توماس هاکینز، آشنا شده بودم. کتاب بر اساس پایان‌نامه‌ی دکترای او در تاریخ ریاضی است و برای خواننده‌ای نوشته شده که با انتگرال لبگ آشنا است. اما کتاب آن چنان در توصیف موانع و مشکلات ریاضی‌دان‌ها در هنگام جهش به انتگرال لبگ غنی است که با خودم فکر کردم منبع بی‌نظیری برای درس آنالیز حقیقی در ترم دوم خواهد بود.

یازده دانشجویی برای کلاس ثبت نام کرده بودند. در سه هفته‌ی اول به طور فشرده مقدمات نظریه‌ی اندازه را با استفاده از کتاب مبانی انتگرال و اندازه‌ی لبگ از بارتل، مرور کردیم. سپس کلاس را به دانشجویان واگذار کردم و قرار شد در هر جلسه دو دانشجو، یک یا دو بخش از کتاب هاکینز را ارائه دهد.

درس خیلی بیشتر از آنچه فکر می‌کردم برای دانشجویانم چالش ایجاد کرد به طوری که آنها یک یا یک و نیم ساعت قبل از هر سمینار با هم جلسه می‌گذاشتند تا آنچه را که قرار بود سمینار بدهند، بفهمند. در آخر آن ترم یکی از دانشجویان گفت که چگونه از اینکه کتاب به طور مداوم او را از تعادل خارج می‌کرده، یاد گرفته است. هاکینز در هر بخش دستاوردی را توضیح می‌دهد که در بخش بعد متوجه می‌شوید یا بن‌بست بوده است یا درکی ناقص از موضوع.

بعدها بر اساس این تجربه کتاب روشی نامتعارف در آموزش نظریه‌ی انتگرال لبگ را نوشتم. هدف من علاوه بر ارائه‌ی مقدمه‌ای بر نظریه اندازه و انتگرال لبگ، انتقال حس و تجربه‌ای از جستجو و کشف آنالیز در اواخر قرن نوزدهم بود. برای همین از بن‌بست‌ها و درک‌های ناقص نوشتم. از میان همه‌ی کتاب‌هایی که تا به حال نوشته‌ام، این کتاب را بیشتر دوست دارم.

وقتی شروع به تدریس کردم فکر می‌کردم وظیفه‌ی من این است که ریاضیات را به بهترین نحوی که می‌توانم توضیح بدهم و با توضیحاتم راه را برای دانشجویانم هموار کنم. آنچه به تدریج یادگرفتم اهمیت چالش‌هایی است که برای آنها فراهم می‌کنم تا آنها خود را در موقعیتی بیابند که مجبور شوند توانایی خود را برای رویارویی با موضوعات ناآشنا گسترش دهند. نحوه‌ی برقراری تعادل بین چالش و حمایت، از کلاسی به کلاس دیگر فرق می‌کند، ولی یادگرفته‌ام که این اساس آن چیزی است که تدریس نامیده می‌شود.

مراجع:

Bartle, R. G. (۱۹۶۶). *The Elements of Integration and Lebesgue Measure*. New York, NY: John Wiley & Sons.

Bressoud, D. M. (۲۰۰۷). *A Radical Approach to Real Analysis*, ۲nd edition. Washington, DC: MAA Press.

Bressoud, D. M. (۲۰۰۸). *A Radical Approach to Lebesgue's Theory of Integration*, New York, NY: Cambridge University Press.

Hadlock, C. R. (۱۹۷۵). *Field Theory and Its Classical Problems*, Washington, DC: MAA Press.

Hawkins, T. (۱۹۷۵). *Lebesgue's Theory of Integration: Its Origins and Development*, ۲nd edition. Providence, RI: AMS Chelsea Publishing.

Lakatos, I. (۱۹۷۶). *Proofs and Refutations: The Logic of Mathematical Discovery*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Moore, L. C. & Smith, D. A. (۱۹۹۲). *Project CALC: Calculus as a Laboratory Course*, preliminary edition. Lexington, MA: D.C. Heath & Co.



مترجم

امیرحسین اصغری؛ دانشگاه جان مورس لیورپول

ویرایش متن، آماده و خوشگل سازی فایل پی - دی - اف

شراره تقی دستجردی؛ خانه‌ی ریاضیات اصفهان