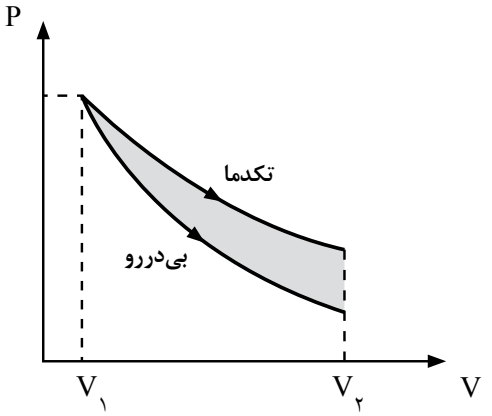
مقایسهٔ منحنی‌های تکدما و بی‌دررو

مهدی نوعی باهوش
دبیر فیزیک ناحیهٔ ۲ شهرری

چکیده

در کتاب فیزیک دبیرستان، سال سوم رشتهٔ ریاضی، دو منحنی بی‌دررو و تکدما در حالت انبساط روی نمودار P-V رسم شده‌اند. براساس توضیحی که کتاب داده است، منحنی تکدما بالاتر از منحنی بی‌دررو قرار می‌گیرد (شکل ۱) ولی توضیح کتاب درسی به مقدار زیادی دشوار و غامض است. در این مقالهٔ کوتاه این مسئله به دو طریق متفاوت توضیح داده می‌شود. روش اول مبتنی بر کتاب‌های دانشگاهی و روش دوم براساس یک طرح ابتکاری مبتنی بر برهان خلف است.

کلیدواژه‌ها: منحنی تکدما، منحنی بی‌دررو، برهان خلف، ضریب اتمیسیته و کار



شکل ۱. مقایسهٔ منحنی‌های تکدما و بی‌دررو در حالت انبساط

۱. روش کتاب‌های دانشگاهی در توضیح مسئله

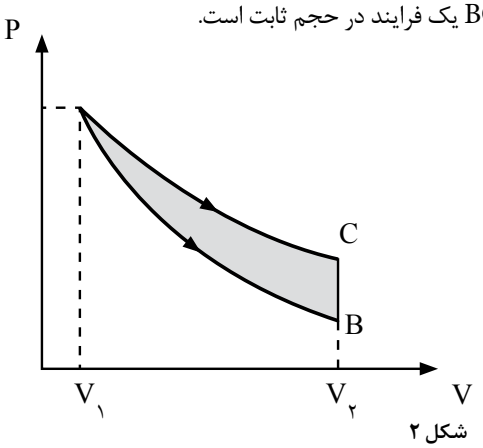
در کتاب‌های ترمودینامیک دانشگاهی به کمک معادله‌های دیفرانسیل با مشتقات جزئی، معادلهٔ فرایند بی‌دررو به شکل $P = \frac{C}{V^{\gamma}}$ به‌دست می‌آید. در این معادله γ ضریب اتمیسیته نام دارد و از رابطهٔ $\gamma = \frac{C_{MP}}{C_{MV}}$ پیروی می‌کند.

چون ضریب اتمیسیته عددی بزرگ‌تر از یک است، پس شیب منحنی بی‌دررو همواره از منحنی تکدما با معادلهٔ $P = C/V$ بیشتر است و این موضوع خود ایجاب می‌کند که در حالت انبساط منحنی تک‌دما با شیب کمتر در بالای منحنی بی‌دررو قرار بگیرد.[۱]

۲. بررسی براساس برهان خلف

در روش برهان خلف، ابتدا یک فرض اولیه به عنوان فرض درست در نظر گرفته می‌شود. اگر روابط منطقی به تضاد برسد یا به گزارهٔ نادرستی ختم شود، فرض اولیه باطل و فرض دیگری جایگزین آن می‌گردد.

ابتدا شکل ۲ را به عنوان یک حالت کلی در نظر می‌گیرم. در این شکل، دو منحنی AB و AC دو فرایند نامشخص و خط BC یک فرایند در حجم ثابت است.



شکل ۲

الف) فرض: AC بی‌دررو و AB تکدما

مسلم است که دمای نقطهٔ C از نقطهٔ B بیشتر است.

اکنـون فرض می‌کنیـم AB یک منحنی تکدمـا و AC یک منحنی بی‌دررو باشـد؛ بنابراین: $T_A=T_B$ و در نتیجه $T_C>T_A$. پس می‌توان نتیجه گرفت که در فرایند AC دما افزایش یافته و انرژی درونی زیاد شده است و $\Delta U>0$. همچنین طبق فرض در فراینـد AC به دلیل بـی‌دررو بودن $\Delta U=W$ پس کار W مثبت است.

(نتیجهٔ گرفته شده با واقعیت فیزیکی در تناقض است؛ زیرا کار انبساط همواره منفی است. پس فرض اولیه باطل می‌گردد.)

ب) فرض: AC تکدما و AB بی‌دررو

اکنـون فرض می‌کنیم AC تکدما و AB بی‌دررو اسـت؛ بنابراین: $T_A=T_C$ و می‌توان گفت $T_A>T_B$. پس در فرایند AB دما کاهش می‌یابد و انرژی درونی کم و منفی می‌شـود و چون در این فرایند $\Delta U=W$، بنابراین کار W منفی می‌شـود که با فیزیک مسئله سازگار است.

(چـون فرض اولیه به تناقض نرسـید و با واقعیت فیزیکی سازگار شد، فرضیه درست تلقی می‌گردد.)

۳. نتیجه‌گیری

هر روشی به غیر از روش‌های ریاضی، توأم با دشواری‌هایی خواهد بود ولی برای خاتمهٔ مقاله روش برهان خلف را به شکل خلاصه بیان می‌کنیم.

AC بی‌دررو

$AB \Rightarrow T_A=T_B \Rightarrow T_A<T_C \Rightarrow \Delta U_{AC}>0$ تکدما

$\Rightarrow W_{AC}>0$ (تناقض)

$BC \Rightarrow T_C>T_B$ در حجم ثابت

$AC \Rightarrow T_A=T_C$ تکدما

$AB \Rightarrow T_A>T_B \Rightarrow \Delta U_{AB}<0$ بی‌دررو

$\Rightarrow W_{AB}$ (تأیید فرض)

$BC \Rightarrow T_C>T_B>$ در حجم ثابت

پی‌نوشت

۱. C مقدار ثابتی است.

منابع

۱. احمدی، احمد و...، **فیزیک ۳ و آزمایشگاه سال سوم ریاضی فیزیک**، تألیف سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، وزارت آموزش‌وپرورش، ۱۳۸۹.

۲. هالیـدی، دیوید، رزنیک، رابرت و جرل واکر؛ مبانی فیزیک ویرایش ۲۰۰۸، مترجم: فرشید نورعلی شاهی، نشر آذرباد، ۱۳۸۹.

۳. زیمانسکی و دیتمن؛ **حرارت و ترمودینامیک**، مترجم: حسین توتونچی، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۴.

محاسبهٔ سرعت هواپیما

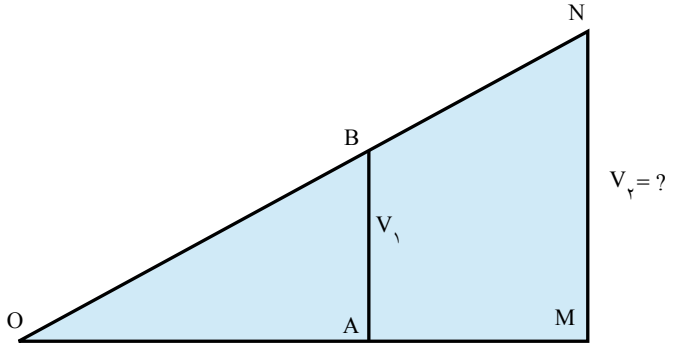
حشمت کاکا

دبیر فیزیک استان ایلام، کارشناس ارشد فیزیک

گاهی اوقات می‌توان به‌سادگی و بدون قلم و کاغذ هم از فیزیک استفاده کرد و لذت برد. یک‌بار که در پرواز تهران به باکو در کنار پنجره هواپیما بودم و از آنجا ابرهای شهریورماه و حرکت آن‌ها را نگاه می‌کردم، با خود فکر کردم که آیا می‌توان سرعت حرکت هواپیما را محاسبه کرد. البته جواب مثبت و محاسبه‌ام به صورت سادهٔ زیر بود:

فاصلهٔ من تا پنجره در حدود $OA = 20cm = 0/2m$ (شکل) بود و لکه‌ای که روی شیشه بود، نسبت به مناظر زمین با سرعت تقریبی $V_1 = AB = 1cm/s = 0/01m/s$ حرکت می‌کرد. پس با توجه به ارتفاع حدوداً سه کیلومتری ما از زمین $(OM = 3km = 3000m)$ و با استفاده از تشابه مثلث‌ها داریم:

$$OM/OA = V_2/V_1$$
$$3000/0/2 = V_2/0/01$$
$$V_2 = 150m/s = 540km/h$$



هنگام پیاده‌شدن، از عوامل پرواز سؤال نمودم و دانستم که سرعت واقعی هواپیما $600km/h$ بوده و ده درصد با محاسبهٔ من تفاوت داشته است.