۴۸

# رشد آموزش

سال دوازدهم، پاییز ۱۳۷۷، بها ۲۰۰ تومان

• تصویری خیال‌انگیز از کهکشان

۴۸

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

رشد آموزش فیزیک،
شمارهٔ ۴۸، سال تحصیلی ۷۸ـ۱۳۷۷

# رشد آموزش فیزیک

سال دوازدهم، پاییز ۱۳۷۷

بسم الله الرحمن الرحیم

۲ سرمقاله — ضرورت آموزش نگرش علمی ◆ سردبیر

۳ آموزشی — در حاشیه آموزش فیزیک ◆ سید جعفر مهرداد

۶ جوّ زمین و آب وهوا ◆ منیژه رهبر

۱۶ نوآموز — جایگاه الگوهای ریاضی در آموزش فیزیک ◆ جهانگیر ریاضی

۱۸ معرفی نرم‌افزار — فیزیک در آشپزخانه ◆ ا.ه. مازیر

۲۱ سرهم‌بندی با قانون گاوس ◆ فریستوفر برونینگ

۲۴ قانون سوم کپلر (حجمهای مساوی در زمانهای مساوی) ◆ ملفرد پرسر

۲۸ محاسبهٔ راکتانس (واکنایی) AC بدون حسابان ◆ وانسل آگرج

۳۰ کوارکها و لپتونها، ذرات تشکیل دهنده عالم ◆ محسن سربیشه‌ای

۳۴ نظریه‌های خیالی درباره کهکشانهای متشکل از پادماده در ... ◆ تامی توبوز

۳۶ سیاهچاله‌ها چگونه سیاه باقی می‌مانند ◆ رویچارد تنزل

۳۹ شروعی کند برای زلزله‌ها ◆ رویچارد گر

۴۰ المپیاد — یازدهمین المپیاد فیزیک کشور (مرحله اول و دوم)

۶۱ مرور کتاب — مغلطه در تعریف وزن ◆ محمدرضا خوش‌بین خوش‌فکر

۶۲ پژوهش — مسئله افق ◆ محمدرضا خوش‌بین خوش‌فکر

۶۳ سرگرمی فیزیکی ماه (بازخورد عجیب) ◆ هارتین تارفر

**مدیر مسؤول:** سیّد محسن گلدانساز
**سردبیر:** دکتر منیژه رهبر
**مدیر داخلی:** احمد احمدی
**طراح گرافیک:** مریم خونساری
**اعضاء هیئت تحریریه:** منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد ـ محمدرضا اجتهادی ـ محمدعلی سعادت‌بخت ـ احمد احمدی

◆ دفتر انتشارات کمک آموزشی، این مجلّات را نیز منتشر می کند: رشد کودک (ویژهٔ پیش دبستان و دانش آموزان کلاس اول دبستان) رشد نوآموز (برای دانش آموزان دوم و سوم دبستان) رشد دانش آموز (برای دانش آموزان چهارم و پنجم دبستان) رشد نوجوان (برای دانش آموزان دوره راهنمایی) رشد جوان (برای دانش آموزان دورهٔ متوسطه) مجلات رشد معلّم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، آموزش معارف اسلامی، آموزش شیمی، آموزش ادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی، آموزش ریاضی، آموزش زیست شناسی، آموزش جغرافیا (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش)

◆ مجله رشد آموزش فیزیک نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشد، می‌پذیرد. ◆ مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود. ◆ شکل قرار گرفتن جدولها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیهٔ مطلب نیز مشخص شود. ◆ نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد. ◆ مقاله های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز ضمیمهٔ مقاله باشد. ◆ در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادلهای فارسی واژه ها و اصطلاحات استفاده شود. ◆ زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحهٔ مورد استفاده باشد. ◆ مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله های رسیده مختار است. ◆ آرای مندرج در مقاله ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است. ◆ مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی شود، معذور است.

نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)

# ضرورت آموزش نگرش علمی

سردبیر

در تیرماه سال جاری شایعهٔ وقوع یک زلزله شدید در تهران در تاریخ معین و با شدت زیاد باعث نگرانی شدید مردم این شهر شد و به رغم تکذیب این شایعه از سوی مقامهای علمی مسئول، نگرانی مردم برطرف نشد و سبب شد که اکثر مردم تهران شبی را که وقوع زلزله در آن پیشگویی شده بود در فضای آزاد و در پارکها یا خارج از شهر بگذرانند. این مطلب البته منحصر به امسال نیست و اکنون مدتی است که هر سال در تابستان و در حول و حوش زمان وقوع زلزله رودبار این نوع شایعات در تهران قوت می گیرد.

شکی نیست که این نوع رفتار در واقع یکی از مشکلات جدی جامعه ما را برملا می سازد که همانا نداشتن نگرش علمی صحیح نسبت به رویدادهایی است که در اطرافمان به وقوع می پیوندند. تردیدی نیست که ایران در منطقهٔ زلزله خیز قرار دارد و این را به راحتی می توان از تعداد زلزله هایی که در سال در نقاط مختلف ایران رخ می دهد به آسانی نتیجه گرفت. البته این موضوع منحصر به ایران نیست و در بسیاری از نقاط جهان که بر روی گسلها قرار گرفته اند وقوع زلزله همواره محتمل است. ولی تفاوت نوع برخورد با مسئله میزان توسعه یافتگی را آشکار می سازد.

در بسیاری از کشورها مطالعات گسترده ای درباره زمین لرزه انجام شده و می شود[۵]. چون می دانیم که امروزه هدف اصلی از تحقیقات علمی توسعهٔ جامعه و فراهم ساختن زندگی بهتر برای افراد آن است. چون زلزله نیز یکی از مسایل مبتلا به برخی کشورهاست در این زمینه نیز تحقیقات گسترده ای صورت گرفته و نتایج آن نیز منتشر شده است و در اختیار همگان قرار دارد. نتیجه کلی این پژوهشها این است که به واسطهٔ پیچیدگی سیستمی که در آن زلزله به وقوع می پیوندد، در حال حاضر و با معلومات فعلی امکان پیشگویی زمان وقوع زلزله، محل، و شدت آن لااقل در کوتاه مدت امکان پذیر نیست. اگرچه چون به واسطه شکستگی صخره های زیرزمینی گازهایی آزاد و علائمی گسیل می شوند، می توان با قرار دادن آشکارسازهای این گازها و علائم در نقاط مناسب لحظاتی قبل از وقوع زلزله وقوع آن را پیش بینی کرد. که البته منوط به آن است که بدانیم در کجا احتمال شکستگی می رود و آشکار ساز را در آنجا قرار دهیم.

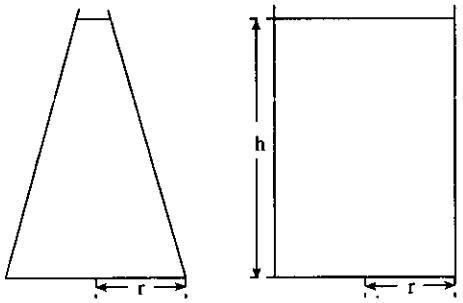
با توجه به آنچه گفته شد، اگر حداقل آموزش صحیح دربارهٔ رویدادهای طبیعی که در اطراف ما به وقوع می پیوندند به افراد جامعه داده شود، دیگر هر شخص ناآگاه و بدون صلاحیت علمی نمی تواند آرامش خاطر ساکنان یک شهر را برای مدت حدود یک ماه بر هم بزند. نکته دیگر شایان ذکر آن است که پس از روی ندادن زلزله مردم آسوده خاطر شدند و دیگر توجه ندارند که به هر حال در محلی زندگی می کنند که هر لحظه امکان وقوع زمین لرزه در آن وجود دارد و برای مقابله با آن باید شرایط را چنان فراهم سازند که در صورت وقوع چنین رویدادی که چندان هم نامحتمل نیست خسارت چندانی به بار نیاید. زمین لرزه در کشورهایی چون ژاپن و ایالات متحده و سایر نقاط به وفور رخ می دهد. تنها تفاوت کشورهای توسعه یافته با سایر کشورها در آن است که این رویداد حتی در صورت شدت زیاد در کشورهایی که آمادگی مقابله با آن را دارند تلفات چندانی به بار نمی آورد. حال آنکه در کشورهای توسعه نیافته به واسطه عدم آمادگی و غافلگیری افراد حتی زلزله های نه چندان شدید سبب کشتار فراوان می شود.

امروزه توسعه یک مفهوم کلی است که تمام زمینه های اقتصادی، سیاسی، علمی و فرهنگی را دربرمی گیرد و حصول به هر یک از آنها بدون توجه به جنبه های دیگر امکان پذیر نیست. در این راستا گام اول در راه توسعه، آموزش صحیح به افراد جامعه است تا به طور صحیح و منطقی به رویدادهایی بنگرند که در اطرافمان به وقوع می پیوندد.

# در حاشیه آموزش فیزیک

سید جعفر مهرداد

## I ـ بازبینی «متناقض نمای هیدروستاتیک»[1]



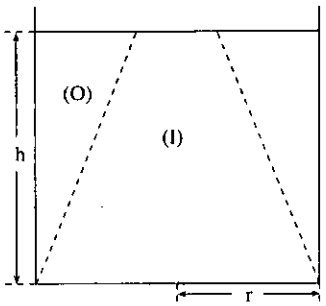

شکل ۱

می خواهیم بدون استفاده از محاسبه، متناقض نمای هیدروستاتیک را بررسی کنیم.

مطابق شکل ۱ دو ظرف به شکل مخروط ناقص k و استوانه c را درنظر می گیریم. شعاع کف ظرفها یکسان و برابر r است. در هر دو ظرف به ارتفاع یکسان h از یک مایع به چگالی $\rho$ ریخته شده است. شدت میدان گرانش زمین را g و فشار مایع بر ته ظرف را p و مساحت کف ظرفها را A و نیروی وارد از طرف مایع بر ته ظرف را F می نامیم. برای هر دو ظرف فشار و نیروی مایع وارد بر ته ظرف $P=\rho gh$ و $F=PA=\pi r^2\rho gh$ یکسان است.

در ظرف c از طرف دیواره های قائم ظرف تنها نیروی افقی بر مایع وارد می شود که برآیند مجموعه این نیروهای افقی صفر است. مطابق قانون سوم، اندازه نیرویی که از طرف ته ظرف به سوی بالا بر مایع وارد می شود برابر F و با وزن مایع در حال تعادل است. در ظرف k اندازه نیرویی که از طرف ته ظرف به بالا بر مایع وارد می شود برابر F ولی اندازه F از وزن مایع ظرف k بیشتر است.

برای بررسی این پارادوکس (= متناقض نما) و رفع این متناقض نمایی ظرف c محتوی مایع را مطابق شکل ۲ در نظر می گیریم.




شکل ۲

فرض می کنیم مایع ظرف c یا دو خط چین به دو قسمت (I) و (O) تقسیم شده است. مایع قسمت (I) در داخل مخروط ناقص فرضی با شعاع قاعده r و مایع قسمت (O) خارج این مخروط ناقص است.

برای هر عنصر سطحی کوچک واقع روی سطح جانبی مخروط ناقص فرضی، نیروی هیدروستاتیک عمود بر سطح و دارای دو همنه افقی و قائم است.

مایع (I) و (O) هر دو در حال تعادلند. برآیند نیروهای افقی مایع (I) وارد بر (O) صفر و برآیند نیروهای قائم وارد از طرف مایع (I) بر مایع (O) برابر با وزن مایع (O) و متقابل با آن است.

به جای مخروط ناقص فرضی می توانیم دیواره مخروطی واقعی از فلز نازک و سخت را جانشین کنیم که به ته ظرف استوانه ای بسته شده است.

این دیواره موجب تغییر، هیچ یک از نیروهای هیدروستاتیک نمی شود. تنها اثر آن این است که به طور واقعی مایع ظرف c به دو قسمت (I) و (O) تقسیم شده

است . اگر مایع (O) را خالی کنیم چون دیواره مخروطی ، واقعی و سخت فرض شده است فشار و نیروی وارد بر مایع (I) تغییری نمی یابد . دیواره های مخروطی محدود کننده مایع (I) دقیقاً همان نیروهایی را بر (I) وارد می کند که قبل از به کار بردن دیواره واقعی در ظرف استوانه ای مایع (O) بر (I) وارد می کرد . بنابراین نتیجه می گیریم :

**دیواره مخروطی سخت نیرویی به سوی پایین برابر با اندازه وزن (O) بر (I) وارد می کند** و مطابق قانون سوم از طرف مایع (I) نیز نیرویی به سوی بالا برابر وزن (O) بر دیواره مخروطی سخت وارد می شود .

حال بار دیگر در شکل ۱ ظرف k را مورد توجه قرار می دهیم . نیروهای قائمی که از طرف مایع ظرف مخروطی k بر ظرف وارد می شود از دو قسمت تشکیل یافته است .

۱ ـ نیرویی که از طرف مایع به سوی پایین بر ته ظرف وارد می شود و اندازه آن از حاصلضرب فشار هیدروستاتیک در مساحت ته ظرف به دست می آید .

۲ ـ نیرویی که از طرف مایع به سوی بالا بر دیواره ظرف مخروطی k وارد می گردد .

نیروی قسمت اول به سوی پایین و دارای اندازه ای برابر وزن مایع ظرف c است در حالی که نیروی قسمت دوم به سوی بالا و دارای اندازه ای برابر وزن مایع خالی شده (O) است . بنابراین برآیند نیروهای قائم که از طرف مایع بر ظرف k وارد می شود دقیقاً برابر وزن (I) مایع ظرف k است . بدین ترتیب می بینیم چگونه در ظرف k نیروی مایع وارد بر ته ظرف از وزن مایع k بیشتر است .

## II ـ قانون گأوس و میدان الکتریکی خازن :

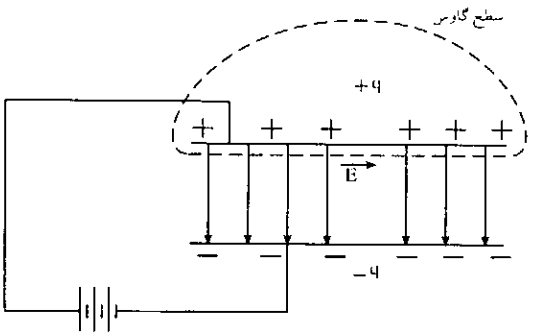
در فیزیک (۲) دوره پیش دانشگاهی ـ رشته علوم ریاضی فصل اول در بند ۱ ـ ۴ می خوانیم : « ... می توان نشان داد که اگر از میدان الکتریکی ضعیف و غیر یکنواخت نزدیک لبه های خازن صرفنظر کنیم میدان الکتریکی خازن با رابطه زیر داده می شود .

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

که در آن $\sigma$ چگالی سطحی بار روی صفحات خازن تخت است ...»

ـ با استفاده از قانون گأوس به آسانی می توانیم میدان الکتریکی خازن را محاسبه کنیم :

مطابق شکل ۳ صفحه های خازن عامل بار $+q$ و $-q$ است مساحت هر صفحه را A می نامیم . از میدان ضعیف و غیر یکنواخت نزدیک لبه های خازن صرفنظر می کنیم . فرض می کنیم در خارج صفحه ها میدان الکتریکی صفر است . سطح گأوسی در نظر می گیریم می دانیم مطابق قانون گأوس شاری که از هر سطح بسته می گذرد برابر است با بار درون این سطح تقسیم بر $\varepsilon_0$ (ثابت گذر دهی خلأ) . به عبارت دیگر $\varphi_E = \frac{q}{\varepsilon_0}$



شکل ۳

از ناحیه ای از این سطح گأوس که در خارج صفحه خازن است شار الکتریکی نمی گذرد و شار الکتریکی که از سطح گأوس واقع در میان دو صفحه می گذرد $\varphi_E = E.A$ است بنابراین می توانیم بنویسیم[۲] :

$$E.A = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma A}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

## III ـ آزمون سراسری :

مرحله اول گروه آزمایشی علوم تجربی سال ۱۳۷۷

**پرسش ۲۰۱** ـ اگر در شرایط خلأ جسمی از ارتفاع ۳۰ متری بدون سرعت اولیه رها شود ، با سرعت $24\ m/s$ به زمین می رسد . شتاب جاذبه زمین در محل آزمایش چند متر بر مجذور ثانیه است؟

۱) ۹/۶ ۲) ۹/۸ ۳) ۹/۸۱ ۴) ۱۰

با استفاده از رابطه ساده $V^2 = 2gh$ اندازه $g = 9/6\ m/s^2$ به دست می آید . مطابق کلید سؤالات سازمان سنجش آموزش کشور همین اندازه یعنی پاسخ (۱) برای پاسخ درست این پرسش اختیار شده است . نکته اساسی این است که عموماً در کتابهای درسی فیزیک به

خصوص در کتاب درسی فیزیک سال چهارم آموزش متوسط عمومی علوم تجربی چاپ ۱۳۷۶ صفحه ۱۱ با عنوان، **شتاب گرانش در نقاط مختلف زمین**، می خوانیم:

«شتاب گرانش زمین یا به عبارت دیگر شتاب سقوط آزاد اجسام را در نقاط مختلف سطح کره زمین با دقت اندازه گرفته اند و معلوم شده است که این شتاب مقدار ثابتی نیست و از نقطه ای به نقطه دیگر جزیی تغییر می کند. با آن که تغییرات g جزیی است و اثر محسوسی بر اغلب مسائلی عملی ندارد ولی بهتر این است که از وجود آنها آگاه باشیم. به طور کلی اندازه g در سطح زمین بین کمترین مقدار $9/8032\ m/s^2$ (در استوا یعنی در عرض جغرافیایی صفر و سطح دریا) و بیشترین مقدار $9/8321\ m/s^2$ (در دو قطب شمال و جنوب یعنی در عرض جغرافیایی $\pm 90^\circ$ تغییر می کند ...»

اگر این گونه تست تنها به منظور سنجش نیروی حافظه و یا توانایی محاسبه داوطلبان طرح شده باشد بهتر است داده ها مناسبتر اختیار شود. ولی اگر این تست برای اندازه گیری معلومات فیزیک دانش آموزان طرح شده، و ظاهراً نیز همین هدف مورد نظر است. در این صورت باید توجه داشته باشیم که با عنایت به متن درسی مذکور دانش آموز مردّد می ماند و شاید با صرف وقت به این نتیجه برسد که مقدار $9/8\ m/s^2$ پاسخ (۲) را اختیار کند. زیرا که این پاسخ هم در گستره مقدارهای واقعی شتاب جاذبه زمین قرار دارد و هم به پاسخ غیر واقعی حاصل از محاسبه نزدیکتر است.

وجود سه پاسخ با دو رقم با معنی و یک پاسخ با سه رقم با معنی نیز مسأله آفرین و قابل تأمل است.

**پرسش ۲۱۸:**

نحوه انتشار امواج صوتی در هوا به چه صورت است؟

۱ـ عرضی و طولی ۲ـ عرضی

۳ـ طولی ۴ـ ساکن

با توجه به پرسش درباره **نحوه انتشار** امواج صوتی در هوا، در میان پاسخها پاسخ (۴) کاملاً بی معنی و در نتیجه گمراه کننده است.


مراجع:

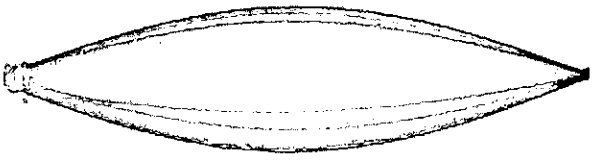
۱ـ ر ـ ش به رشد آموزش فیزیک شماره ۲۰ـ۱۹ صفحه ۶۵

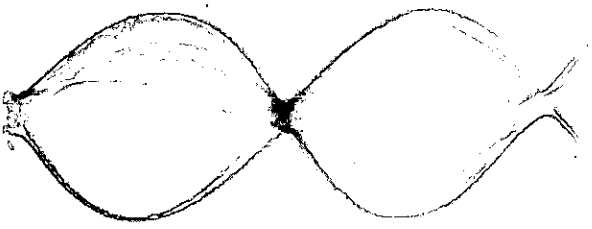
و

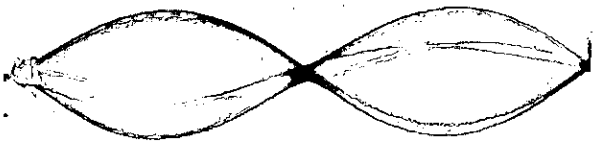
The PHYSICS TEACHER VOL 35 MAY 1997, "The Hydrostatic Paradox Revised"

۲ـ

Alvin Halpern, ph. D. Problems in Physics, 1988, p 403







# جوّ زمین و آب و هوا

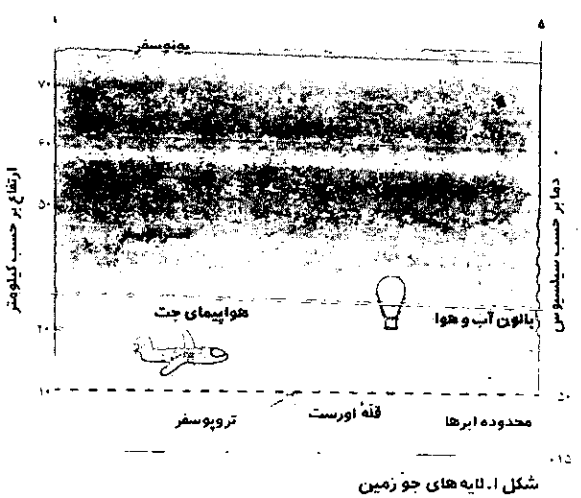
منیژه رهبر

**پیشگفتار**

**هدف مجله رشد آموزش فیزیک، آشنا کردن دبیران و دانش‌آموزان با محیط اطراف ما و شناخت سرشت پدیده‌های فیزیکی است که به طور روزمره با آنها سروکار داریم با این امید که شناخت این پدیده‌ها به ما کمک کند تا با بهره‌گیری از نیروهای موجود در طبیعت بتوانیم برای خود و جامعه‌مان مفیدتر باشیم. در این راستا از این پس در مقاله‌هایی خواهیم کوشید تا مسایل و چالشهایی را که همواره مقابل ما بوده است و در آینده از بعضی لحاظ جدیدتر خواهد شد بررسی کنیم. این سلسله مقاله‌ها را با مقاله‌ای در مورد جوّ زمین و وضعیت آب و هوا آغاز می‌کنیم.**

**سردبیر**

جوّ زمین جوّ پوششی از گاز است که زمین را احاطه کرده و در حدود $\frac{4}{5}$ آن نیتروژن و $\frac{1}{5}$ اکسیژن است، با مقادیر اندک ولی شایان توجه دیوکسید کربن و بخار آب. جوّ زمین تا چند هزار کیلومتر در فضا گسترش یافته است و با افزایش ارتفاع به سرعت رقیق می‌شود. این جوّ مطابق شکل ۱ از چند لایهٔ مختلف تشکیل شده است.




شکل ۱. لایه‌های جوّ زمین

۱ ـ **تروپوسفر** ۱۰ کیلومتر اول را اشغال کرده است و در آنجاست که بخش اعظم تغییرات صورت می‌گیرد. در این بخش دما و فشار با افزایش ارتفاع به سرعت کم می‌شود و دما از میانگین $15^{\circ}C$ در سطح دریا به $-50^{\circ}C$ در بالای آن کاهش می‌یابد و فشار (و چگالی) در ارتفاع ۱۰ کیلومتری تقریباً یک چهارم مقدار آن در سطح دریاست.

۲ ـ **استراتوسفر** از ۱۰ کیلومتری سطح زمین تا ارتفاع ۶۰ کیلومتری امتداد دارد و حاوی بخار آب و در نتیجه ابر نیست. دمای آن اگرچه هنوز کم است، اما با افزایش ارتفاع زیاد می‌شود. کمربندهای باریک تندباد که به آنها «جریانهای جت» می‌گویند، همواره در ارتفاع معین و به طرف شرق در حرکت‌اند. شرایط آن برای پرواز هواپیماهای بلند پرواز مناسب است.

۳ ـ **یونسفر** در بالای استراتوسفر قرار دارد و از لایه‌های ذرات باردار (یونها) تشکیل شده است که سیگنالهای رادیویی را به زمین برمی‌گرداند.

ترکیب جوّ تقریباً ثابت است. اما گمان می‌رود که در مراحل اولیه تاریخ کرهٔ زمین مقدار دیوکسید کربن آن بیشتر و اکسیژنش کمتر بوده است. اما با تکامل گیاهان و درختان دیوکسید کربن آن مصرف، و بر اثر فوتوسنتز اکسیژن آزاد شده است. فوتوسنتز فرایندی است که در خلال آن دیوکسید کربن و آب به کمک انرژی خورشید به گلوکز (قند) و اکسیژن تبدیل می‌شوند. خورشید چه به طور مستقیم و به صورت تابش و چه به صورت انرژی ذخیره شده در سوختهای فسیلی منبع انرژی در روی زمین است.

## (الف) تابش

تابش خورشیدی به طور کلی از نور و امواج فروسرخ با طول موج کوتاه تشکیل شده است که در حدود یک سوم آن را جوّ زمین به زمین بازمی‌تاباند. بخش اعظم این امواج با طول موج کوتاه بدون گرم کردن جوّ زمین از آن می‌گذرند

و در سطح زمین جذب و به انرژی گرمایی تبدیل می شوند، در نتیجه سطح زمین گرم می شود، و چون دمای آن نسبتاً کم است، امواج فروسرخ با **طول موج بلند** تابش می کند. این امواج را جوّ زمین و مخصوصاً بخار آب و دیوکسید کربن موجود در آن جذب می کنند. این ترکیبات مانند شیشه در گلخانه عمل می کنند و تابش خورشیدی با طول موج کوتاه را عبور می دهد اما مانع از آن می شوند که تابش با طول موج بلند ناشی از سطح زمین از جوّ فرار کند. بازتابش این امواج فروسرخ با طول موج بلند به سطح زمین و نیز به فضای خارج صورت می گیرد.

در نتیجه **سطح زمین** مطابق نمودار شکل ۲ هم به وسیله تابش مستقیم و هم توسط تابش غیر مستقیم گرم می شود. میزان گرم شدن یک منطقهٔ بخصوص به عواملی از قبیل ارتفاع، عرض جغرافیایی، سرشت سطح (مثل، زمین یا دریا بودن)، پوشش ابری، اوقات روز و سال بستگی دارد. در نتیجه گرم شدن نابرابر به وجود می آید، که باعث تغییر دما و فشار هوا می شود و مسئول بسیاری از تغییرات آب و هواست.

جوّ به طور **غیر مستقیم** اغلب بر اثر تابش گرم می شود. اما فرایندهای دیگری نیز در این عمل دخیل اند. این فرایندها عبارت اند از:

**(ب) رسانش**

گرما از سطح زمین به هوای بالای آن منتقل می شود. اما مقدار گرمایی که به این طریق منتقل می شود کم است زیرا هوا رسانای ضعیفی است.

**(ج) همرفت**

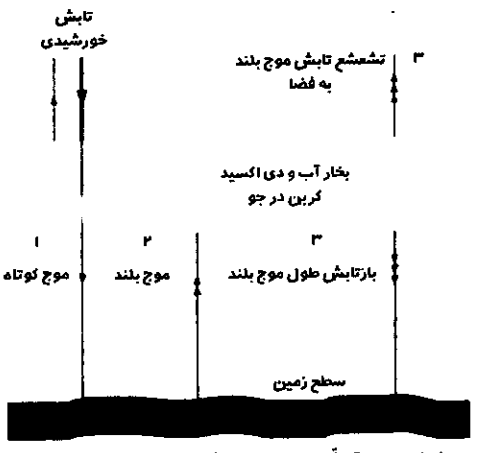
هوا بر اثر گرم شدن منبسط و چگالی آن کم می شود. در نتیجه بالا می رود. هوای سردتر و چگالتر جای آن را می گیرد و به نوبهٔ خود گرم می شود و صعود می کند. در نتیجه جریانهای همرفتی به وجود می آید که گرما را به بخشهای دیگر جوّ منتقل می کند.

**(د) تبخیر و چگالش**

بخش اعظم گرمایی که وارد جوّ زمین می شود بر اقیانوسها فرود می آید و آب را بر اثر تبخیر به بخار آب تبدیل می کند. انرژی مصرفی در این فرایند به صورت گرمای نهان تبخیر در بخار آب ذخیره می شود. اگر بخار آب سرد و به آب تبدیل شود (مانند باران) یا برف، گرمای نهان آن در داخل جوّ آزاد می شود.

**(ه) تراکم**

وقتی هوا فشرده شود، مثلاً با سقوط از ارتفاع زیاد به ارتفاع کم که در آنجا فشار هوا بیشتر است، دمای آن بر اثر کار انجام شده برای تراکم زیاد می شود. مانند آنچه در هنگام باد کردن لاستیک صورت می گیرد. افزایش دمای هوا بر اثر فشرده شدن سبب گرم شدن تلمبه می شود.




سطح زمین مستقیماً توسط ۱ و به طور غیر مستقیم توسط ۲ گرم شده

جو به طور غیرمستقیم بوسیله ۲ گرم شده است.

**شکل ۲- گرم شدن سطح زمین و جوّ آن بر اثر تابش**

## هوا و انتقال انرژی

فرایندهای بخش (الف) تا (ه) متضمن **انتقال انرژی** هستند و برای بعضی پدیده های آب و هوا نقش عامل محرک را ایفا می کنند. به عنوان مثال، جریانهای همرفتی انرژی لازم برای نسیمهای خشکی و دریا را تأمین می کنند. در بین دیگر اثرهایی که از این فرایندها انرژی می گیرند می توان از تشکیل ابر، مه، یخبندان، رعد و برق نام برد.

**گرم شدن نابرابر سطح زمین** اغلب جریانهای همرفتی را به وجود می آورد و می تواند سبب تغییرات هوا به صورت محلی (مانند نسیمهای خشکی و دریا) و سراسری شود. این اثر به صورت سراسری نقش مؤثری در جریانهای پیچیدهٔ هوا در مقیاس بزرگ دارد که در جوّ زمین به وقوع می پیوندد

و زمینهٔ تغییرات آب و هوا در جهان را فراهم می آورد.

چون بیشتر تابش خورشیدی را منطقهٔ استوایی (نوارهای دو طرف خط استوا) دریافت می کند، هوای گرم در آنجا بالا می رود و در امتداد شمال و جنوب به طرف قطبها می رود تا هوای سردتر در سطح زمین جایگزین آن شود. این حرکتها باعث اختلاف فشارهایی می شود که بادها را به وجود می آورد. حرکت زمین جهت این بادها را به طرف شرق تغییر می دهد.

**الگوی باد** حاصل در شکل ۳ نشان داده شده است. در استوا **سکون استوایی** بدون باد وجود دارد که در زمانهای قدیم کشتیهای بادبانی در آنجا از حرکت باز می ایستادند. در منطقهٔ استوایی **بادهای بسامان** در بیشتر ایام سال در نیمکره شمالی از شمال شرقی و در نیمکرهٔ جنوبی از جنوب شرقی می وزد. در قسمتهای شمالی تر و جنوبی تر بادهای متداول **غرب وزان** با شدت زیاد در اقیانوس اطلس می وزند که مسئول آب و هوا در غرب اروپا هستند و در اقیانوس آرام در ساحل غربی آفریقا می وزند.

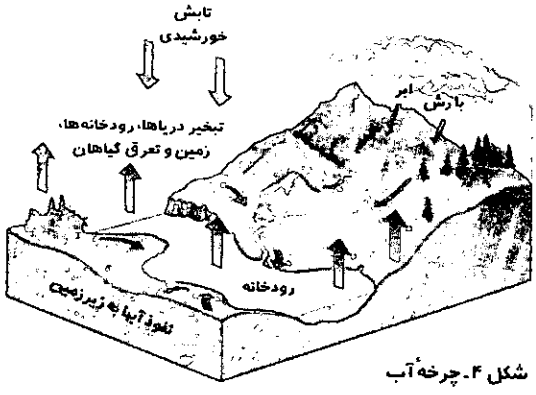
جوّ را می توان **یک سیستم انتقال انرژی عظیم** در نظر گرفت که انرژی را به صورت موضعی و سراسری با استفاده از باد از نواحی گرمتر به نواحی سردتر منتقل می کند و به این ترتیب اختلافهای دما و فشار را از میان می برد. بدین ترتیب نواحی استوایی گرمتر و نواحی قطبی سردتر از آنچه هستند نمی شوند.

**شکل ۳. الگوهای باد سراسری**

## چرخهٔ آب

منابع آب زمین محدودند و بین جوّ زمین و سطح آن چرخه های متوالی را می پیمایند. این فرایند را مدل **چرخه آب** توصیف می کند. آب پیوسته از سطح دریاها، دریاچه ها، و رودخانه ها از گیاهان و درختان و از سطح زمین تبخیر می شود. اگر بخار آب به صورت قطره های آب در ابرها متراکم شود، می تواند سرانجام به صورت برف و باران به زمین برگردد. بدین ترتیب مخازن ذخیرهٔ آب دوباره پر و چرخه تکمیل می شود (شکل ـ ۴). این فرایند بارها و بارها تکرار می شود.

چرخه آب یک «دستگاه بسته» خوانده می شود که نیروی خود را از خورشید می گیرد.




**شکل ۴. چرخهٔ آب**

## ابرها و بارندگی

### (الف) ابرها و باران

ابرها از قطره های ریز آب و در ارتفاع زیاد از ذرات یخ تشکیل شده اند که اگر به اندازهٔ کافی بزرگ باشند به صورت باران، برف، یا تگرگ می بارند. ابرها وقتی تشکیل می شوند که بخار در جوّ بر اثر سرد شدن و کم شدن ظرفیت حمل بخار آن متراکم شوند یا یخ بزنند. سرد شدن در صورتی رخ می دهد که هوا مجبور شود صعود کند. بر اثر این کار منبسط می شود زیرا فشار هوا در ارتفاعهای زیاد کم می شود. اما برای کنار زدن هوای اطراف انرژی لازم است و این انرژی را ذخیرهٔ انرژی داخلی آن تأمین می کند و در نتیجه دمای آن کم می شود.

هوا می تواند به سه طریق عمده صعود و تولید ابر و باران کند. (i) جریانهای همرفتی به واسطهٔ گرم شدن نابرابر به خصوص در بخشهایی از سطح زمین که تابش خورشیدی زیادی دریافت می کنند به وجود می آیند. این جریانها هوای

گرم را به طرف بالا می رانند (مانند نسیمهای خشکی و دریا) و می توانند باعث ریزش باران همرفتی شوند

(ii) وزش باد ممکن است هوای گرم و مرطوب را روی یک منطقهٔ کوهستانی به حرکت درآورد و باعث باران کمکی، اغلب در جهت وزش باد در منطقه شوند (شکل ـ ۵)

شکل ۵. باران کمکی

(iii) وقتی هوای گرم با هوای سرد برخورد کند، هوای گرم به بالا رانده می شود، مانند برخود جبهه هوای سرد و گرم همراه با فروبار. بر اثر این عمل می توان باران فروبار داشت.

**(ب) برف**

وقتی بخار آب مستقیماً در ابرهای بسیار سرد، متراکم و بلورهای یخ تشکیل دهد و این بلورها به هم بپیوندند، دانه های برف به وجود می آیند.

**(ج) تگرگ**

اگر قطره های باران در یک ابر تندری را جریانهای همرفتی به سرعت بالا و پایین ببرند، دمای آنها به تناوب بیشتر و کمتر از دمای انجماد می شود. دانه های تگرگ حاصل از لایه های یخ تشکیل شده اند. باران، برف، و تگرگ را بارش می گویند.

**(د) انواع ابرها**

شکل ظاهری، ارتفاع، و حرکت ابرها سر نخهای مفیدی دربارهٔ پیش بینی وضع هوا طی چند روز آینده به دست می دهند. واژگانی که برای بیان آنها به کار می روند عبارت اند از:

(i) **سیروس** (کاکلی) به معنای پر مانند، و به ابرهای بسیار بلند گفته می شود.

(ii) **کومولوس** (کومه ای) به معنای پشته ای با قاعدهٔ تخت و سرهای گرد. این ابرها در سطوح بالا، متوسط، و پایین تشکیل می شوند (شکل ۶)

(iii) **استراتوس** برای ابرهای از نوع لایه ای به کار می رود که خاکستری هستند و باعث نرمه باران می شوند و این ابرها در ارتفاعهای زیاد تشکیل می شوند.

شکل ۶. تشکیل ابرها

(iv) **نیمبوس** به معنای ابرهای بارانی که تیره و بی شکل هستند و اغلب سبب بارندگی مداوم می شوند.

(v) **آلتو** به ابرهای در سطح متوسط گفته می شود.

دو نوع ابر اصلی عبارت اند از کومولوس و استراتوس، اما اغلب ابرهایی به وجود می آیند که ترکیبی از ابرهای بالا هستند مانند سیروکومولوس، نیمبواستراتوس، کومولونیمبوس.

## سایر پدیده های آب و هوا

**(الف) شبنم و برفک**

شبنم در شبهای صاف و آرام تشکیل می شود که زمین گرما را به صورت تابش از دست می دهد. هوایی که با زمین در تماس است حاوی بخار آب زیاد است و تا زیر نقطه شبنم (یعنی دمایی که هوا اشباع است و دیگر نمی تواند بخار آب را نگه دارد) سرد می شود، قطره های ریز آب به صورت شبنم روی زمین می نشینند.

اگر نقطهٔ شبنم زیر نقطهٔ انجماد آب($0^{\circ}C$) باشد، بخار آب مستقیماً به آب تبدیل می شود و برفک به وجود می آید.

محرک هر دوی این پدیده ها انتقال انرژیی است که عامل آن گسیل تابش از زمین است.

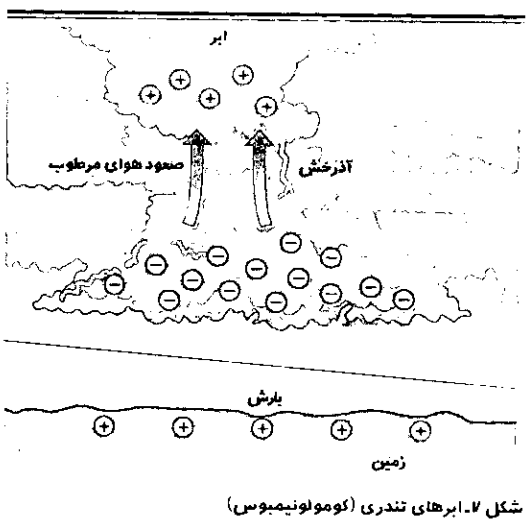
**(ب) مه و مِه گرفتگی**

مِه از قطره های ریز آب تشکیل شده است که در هوای تقریباً ساکن معلق اند. از بسیاری جهات مِه مانند ابرهای کم ارتفاع است. اما ابرها وقتی تشکیل می شوند که دمای هوا بر اثر صعود از نقطه شبنم پایین تر برود، امّا مِه وقتی به وجود می آید که لایه بزرگی از هوا بر اثر تماس با سطح سرد خنک شود.

**(ج) توفان تندری**

ابرهای غلیظ که اغلب حاوی باران اند (کومولونیمبوس) و جریانهای همرفتی شدید قطرات باران و تگرگ را در آنها پیوسته بالا و پایین می برد باعث توفان تندری می شوند. در نتیجه این حرکت شدید ذرات باردار (یونها) تشکیل می شوند. قسمت بالای آن مثبت و بقیه منفی است (شکل ۷). ولتاژ الکتریکی شدید حاصل (میلیونها ولت) که بر اثر جدا شدن بارها به وجود می آید سبب جرقه های عظیم یعنی صاعقه بین قسمتهای مختلف یک ابر، یک ابر با ابر دیگر، و یا ابر و بخشی از زمین زیر آن که بار مخالف دارد می شود.

غرش همراه با آن به علت جریان عظیم (هزاران آمپری)




شکل ۷- ابرهای تندری (کومولونیمبوس)

است که عبور می کند و باعث می شود که هوا بسیار داغ و به شدت منقبض و منبسط شود و امواج صوتی به وجود آورد.

**(د) تندباد، توفان شدید، گردبادهای استوایی**

این واژگان در بخشهای مختلف جهان برای منطقه کم فشار بسیار عمیق به کار می رود. در مرکز یا "چشم" منطقه آرامش برقرار است، اما بادهای شدید به صورت مارپیچی به سمت بالا به طرف این چشم می روند (شکل ـ ۸). این پدیده ها می توانند خسارات فراوان به بار آورند و ممکن است بر اثر جریانهای هوایی که به سرعت بالا می روند بارانهای سیل آسا نیز ببارد. این پدیده ها بیشتر روی دریاهای استوایی به وقوع می پیوندند که قادرند ذخیره عظیمی از رطوبت گرم را تأمین کنند.

منظر هوایی مرکز هاریکان در اسکاتلند

## نگرانیهای زیست محیطی

**(الف) اثر گلخانه ای**

در طی یک صد سال اخیر سوزاندن سوختهای فسیلی (ذغال سنگ، نفت، و گاز) در جهان صنعتی به افزایش مداوم دیوکسید کربن در جوّ زمین انجامیده است. بعضی دانشمندان بر این باورند که نتیجه این کار ممکن است افزایش قابل ملاحظهٔ دمای سطح زمین در آینده به واسطه عمل گلخانه ای مانند دیوکسید کربن (و سایر گازها مانند متان) باشد. در نتیجه تنظیم طبیعی دمای زمین به علت اثر گلخانه ای بر هم می خورد و ممکن است تغییرات شدید در آب و هوا مانند بالا آمدن سطح دریاها به وجود آورد که خطری برای نواحی ساحلی است. از طرف دیگر، دیوکسید کربن برای گیاهان سبز ضروری است. زیرا این

گیاهان غذای خودشان و ما را با فوتوسنتز تهیه می کنند.

**(ب) لایهٔ اوزون**

در استراتوسفر در ارتفاع ۲۰ کیلومتری لایه ای از گاز اوزون ($O_3$) وجود دارد که بخش اعظم تابش فرابنفش زیانبار خورشید را جذب می کند. چند سال پیش دانشمندان متوجه شدند که لایهٔ اوزون، به ویژه بر فراز قطب شمال و قطب جنوب نازک شده است و «حفره هایی» را به وجود آورده است. تصور می شود که عامل از میان رفتن لایه اوزون کلروفلوئوروکربنها (CFC) باشند که در افشانه ها، یخچالها، و دستگاههای تهویه به کار می روند. نور باعث می شود که کلر از CFC آزاد شود و بر اثر بر هم کنش با اوزون اکسیژن ($O_2$) تولید کند.

استفاده از CFC اکنون کم شده است و این امیدواری وجود دارد که در آینده «حفره های» اوزون ناپدید و پرتوهای فرابنفش که باعث سرطان پوست و جهشهای ژنتیکی می شوند از میان بروند.

**(ج) از بین رفتن جنگلها**

گیاهان و درختان دیوکسید کربن را بر اثر فوتوسنتز جذب و در نتیجه با اثر گلخانه ای مقابله می کنند. از بین رفتن جنگلهای سطح زمین موضوعی بسیار نگران کننده است مگر اینکه کاشت گسترده درختان به صورتی آن را جبران کند.

**(د) تعیین محل ساختارهای مختلف**

شناخت جنبه های مختلف محیط زیست در تعیین محل ساختارها اهمیت فراوان دارد. به عنوان مثال ساخت بزرگراهها و جاده ها نباید اختلال شدید در محیط زیست به وجود آورد و باعث از میان رفتن زیباییهای طبیعت شود. همین طور مخازن بزرگ آب باید در نواحی کوهستانی ساخته شوند که بارندگی فراوان است و نیروگاههای بادی باید در محلهایی احداث شوند که بادهای دائمی شدید وجود دارد. البته این مکانها اغلب در نقاطی قرار دارند که دارای مناظر طبیعی زیباست و حفظ مناظر طبیعی و عوامل محیطی دیگر مانند لزوم قطع درختان برای احداث ساختمانها نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

## نقشه های هواشناسی و پیش بینی وضع هوا

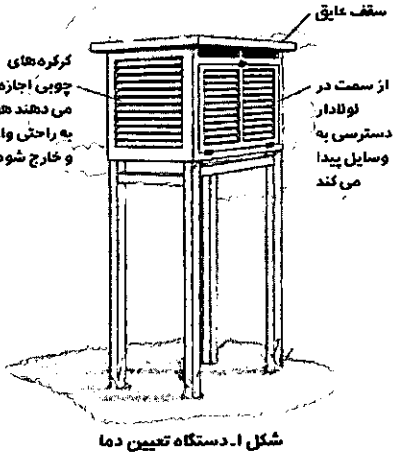
پیش بینی وضع هوا علاوه بر اینکه مورد توجه عموم افراد جامعه است، برای کشاورزان، کسانی که می خواهند سفر کنند و ستاد حوادث غیر مترقبه اهمیت فراوان دارد.

## اطلاعات مربوط به هوا

پیش بینی وضع هوا نیاز به اندازه گیریها و مشاهداتی دارد که باید در ایستگاههای هواشناسی در فاصله های زمانی منظم، معمولاً هر شش ساعت یک بار، انجام شود.

**(الف) دما**

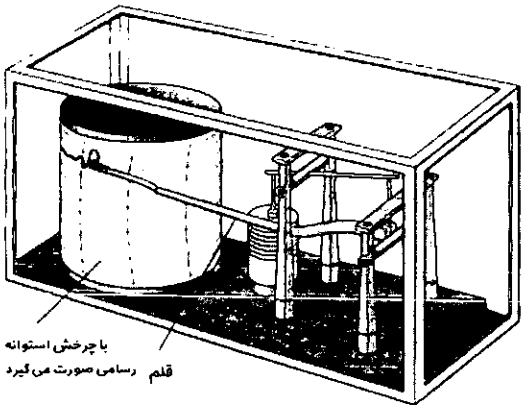
تعیین دما با استفاده از دماسنج جیوه ای که بر حسب درجهٔ سانتیگراد مدرج شده است، در *سایه*، خارج از تابش مستقیم آفتاب. ترجیحاً در محفظه ای انجام می شود که سقف آن عایق است و اطراف آن را کرکره های چوبی احاطه کرده است تا هوا بتواند به آسانی داخل و خارج شود. دمای ماکزیمم و می نیمم نیز با دماسنج مخصوص تعیین می شود. همین طور اندازه گیری رطوبت (شکل ـ ۱)



شکل ۱ـ دستگاه تعیین دما

**(ب) فشار**

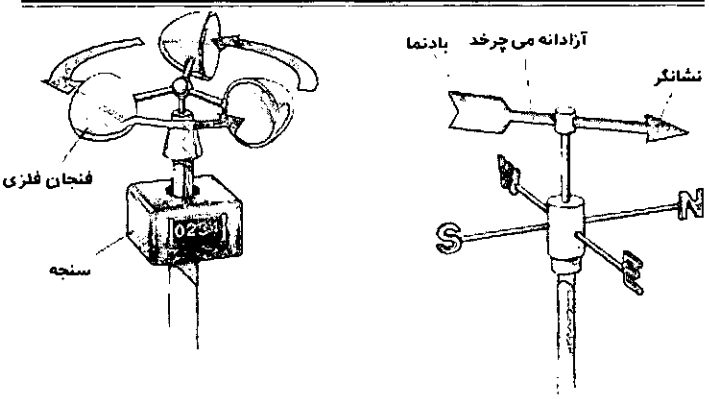
اندازه گیری فشار اهمیت بسیار دارد، زیرا تغییرات آن اغلب راهنمای خوبی برای پیش بینی وضع هواست. به طور کلی، افزایش منظم فشار علامت هوای خوب و افت سریع آن نشانهٔ هوای بد است. تغییرات فشار معمولاً روی یک فشارنگار ثبت می شود (شکل ـ ۲)




شکل ۲. فشارنگار برای اندازه‌گیری فشار

**(ج) باد**

سرعت باد با استفاده از بادسنج اندازه گیری می شود که از سه فنجان فلزی تشکیل شده است که با بازوهایی به یک میلهٔ عمودی متصل شده اند. سرعت باد از روی تعداد دورهای بادسنج از روی سنجه ای که روی آن نصب شده است خوانده می شود (شکل ـ ۳)



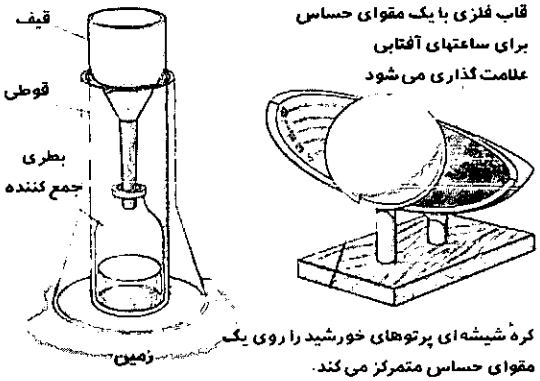

بادنما برای نشان دادن جهت باد — آنمومتر برای اندازه‌گیری سرعت باد

شکل ۳. بادسنج

جهت باد را بادنما که به صورت پیکان افقی است که آزادانه می چرخد تعیین می کند. باد به بادنما می وزد و نشانگر جهت آن را نشان می دهد. باد غربی بادی است که از سمت چپ می وزد.

**(د) ریزش باران**

باران سنج یک قوطی با دهانه قیفی به اندازه استاندارد و یک بطری جمع کنند در داخل آن تشکیل شده است (شکل ۴ ـ الف) هر ۲۴ ساعت یک بار محتوی بطری به داخل یک استوانهٔ اندازه گیر خالی می شود و میزان بارندگی بر حسب میلیمتر به دست می آید.




شکل ۴. باران سنج

**(ه) تابش خورشید**

دستگاه ثبّات تابش خورشید یک کره شیشه ای است که به عنوان عدسی عمل می کند و پرتوهای خورشید را روی یک مقوای آبی حساس ثبت می کند. (شکل ـ ۴ ـ ب). بر اثر تابش خورشید یک ردّ قهوه ای سوخته روی کاغذ حساس تولید می شود که با استفاده از آن می توان تعداد ساعتهای آفتابی را خواند.

**(و) ابرها**

پوشش ابر بر حسب کسری از عدد ۸ نشان داده می شود. آسمان کاملاً صاف $\frac{0}{8}$، نیمه ابری $\frac{4}{8}$، و تمام ابری $\frac{8}{8}$ است. هرگونه اظهار نظر دربارهٔ نوع ابرها و ارتفاع آنها نیز ثبت می شود.

**(ز) بارندگی**

نوع بارش نیز گزارش داده می شود. به عنوان مثال نم نم باران، رگبار، باران مداوم، تگرگ، برف.

## نشانه های هواشناسی

اطلاعاتی که در هر ایستگاه هواشناسی گردآوری می شود به صورت «مدل ایستگاه» غیر از فرستاده شدن به مرکز جهت رسم بر روی نقشه هواشناسی به صورت

خلاصه شده ای درمی آید که در شکل ۵ـ الف نشان داده شده است. در این مدل هر بخش از داده ها همواره دارای محل مخصوص است مگر جهت باد (که ممکن است سبب جا به جایی اندک داده های دیگر شود).

برای فشار فقط سه رقم آخر و عدد بعد از ممیّز داده می شود و اطلاعات قبل از آن حذف می شود. این مسئله ابهامی را به وجود نمی آورد زیرا فشار هوا معمولاً بین ۹۵۰- ۱۰۵۰ میلی بار است. بنابراین، اگر دو رقم اول عدد داده شد بین ۰۱ و ۴۹ باشد باید ۱۰ به جلوی آن اضافه شود. در غیر این صورت عددی که باید اضافه شود ۹ است.

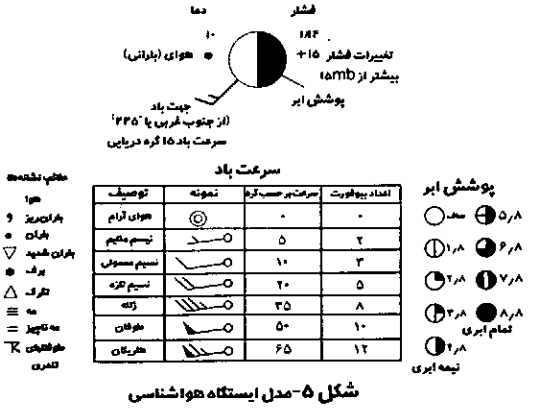
به عنوان مثال

۲۳۵ = ۱۰۲۳٫۵ mb

۹۱۶ = ۹۹۱٫۶ mb

۰۲۴ = ۱۰۰۲٫۴ mb

هرگونه *تغییر فشار* طی سه ساعت اخیر به همین صورت ثبت می شود. مثلاً، ۱۵+ به معنای افزایش فشار ۱٫۵mb و ۳۵- به معنای افت فشار ۳٫۵mb است.




شکل ۵-مدل ایستگاه هواشناسی

## نقشه های هواشناسی

### (الف) هم فشارها و بادها

یک گام اساسی در ارایهٔ یک نقشه هواشناسی یا «نمودار سینوپتیک» رسم اطلاعات مربوط به فشار ایستگاههای مختلف در منطقه است. پس از انجام این کار، خطوطی که هم فشار خوانده می شود منطقه های با فشار مساوی را به هم متصل می کند (درست مثل خطهایی که نقاط هم ارتفاع را روی یک نقشه به هم متصل می کند). اغلب این خطها با بازه های ۴mb مانند شکل ۶ نشان داده می شوند. نمودار حاصل همراه با داده های ایستگاههای مختلف کمک می کند تا تصویری کلی از وضعیت موجود و مبنایی برای پیش بینی تحولات در آینده به دست آید. به عنوان مثال،

شکل ۶-خطهای هم فشار

هم فشارهای به فاصله کم از یکدیگر نمایانگر اختلاف فشار زیاد در فاصلهٔ کم است که احتمال وزش بادهای شدید را پیش بینی می کند. هم فشارهای با فاصلهٔ زیاد نمایندهٔ بادهای خفیف اند. بادها مستقیماً در عرض هم فشارها از نقاط با فشار زیاد به نقطه های با فشار کمتر نمی وزند بلکه چرخش زمین سبب می شود که باد کم و بیش در امتداد خطوط هم فشار بوزد.

### (ب) واچرخه ها

اگر خطهای هم فشار بسته و تقریباً دایره ای با بیشترین فشار در مرکز باشد، سیستم را واچرخه یا «پر فشار» می نامند. این سیستم از هوای خشک و چگالتر تشکیل شده است که فشاری بیش از هوای عادی بر زمین وارد می کند. این وضعیت معمولاً منادی هوای آرام، صاف، و استقرار یافته است با روزهای گرم آفتابی در تابستان، در زمستان در این شرایط خطر یخبندان و مه به واسطهٔ آسمان صاف وجوددارد که افت سریع دما را در نزدیکی زمین مجاز می دارد. در این شرایط یا باد نمی وزد و یا باد خفیفی حول منطقه «پر فشار» در جهت ساعتگرد در نیمکره شمالی و در جهت پاد ساعتگرد در نیمکره جنوبی می وزد.

وقتی یک واچرخه تشکیل شد معمولاً برای چند روز حرکت نمی کند و منطقهٔ وسیعی را می پوشاند.

**(د) فروبارها (کم فشارها)**

فروبارها ناحیه هایی هستند که هم فشارها مجدداً بسته و بیضی شکل اند، اما فشار در مرکز از همه جا کمتر است. اینها را «کم فشارها» یا «چرخه ها» می نامند و حاوی هوای با چگالی کمتر است زیرا هوا گرم و منبسط شده است. بنابراین، فشار وارد بر زمین در این مورد کمتر است.

«کم فشارها» معمولاً آب و هوای آشفته، مرطوب، با باد را به همراه دارند که بادها در حول آنها در جهت پاد ساعتگرد در نیمکره شمالی و در جهت ساعتگرد نیمکره جنوبی می وزند.

معمولاً تغییر جهت باد با تغییر وضع هوا همراه است. اگر این تغییر در جهت ساعتگرد باشد (یعنی از شرق به جنوب) منادی فشار زیاد و هوای خوب است. اگر در جهت پاد ساعتگرد باشد، باید انتظار فشار کم و توفان را داشت. با این کم فشارها جبهه هایی همراه اند که چنانکه خواهیم دید وقتی محل آنها مشخص شود به پیش بینی وضع هوا کمک می کنند.

## جبهه ها

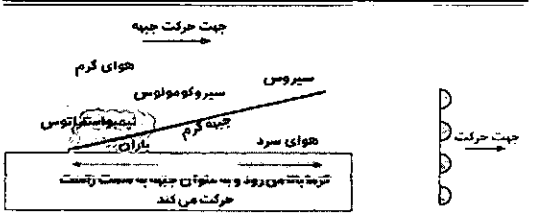
### توده های هوا

یک تودهٔ هوا حجم بزرگی از هوا با رطوبت و دمای نسبتاً یکنواخت است. این توده ناحیه بزرگی را در سطح زمین می پوشاند. مانند کویر، قاره، یا اقیانوس و ویژگی توده هوا ناشی از آنهاست. توده های هوا اغلب حرکت می کنند و وقتی یک توده به توده دیگری با ویژگیهای متفاوت برخورد کند یک «جبهه» در مرز یا لبهٔ پیشرونده تودهٔ هوا تشکیل می شود که در آن تغییرات بارزی در دما، فشار، چگالی، و رطوبت صورت می گیرد. اما اختلاط چندانی به وقوع نمی پیوندد.

اگرچه جبهه ها اغلب به وجود آورندهٔ هوای بد هستند، اما دستاورد آنها تا اندازه ای به اینکه مسیر آنها از روی خشکی باشد یا دریا بستگی دارد. برای مثال، اگر مسیر جبههٔ هوا از روی بخش عظیمی از خشکی باشد، احتمال باران کم می شود. سه نوع جبهه وجود دارد.

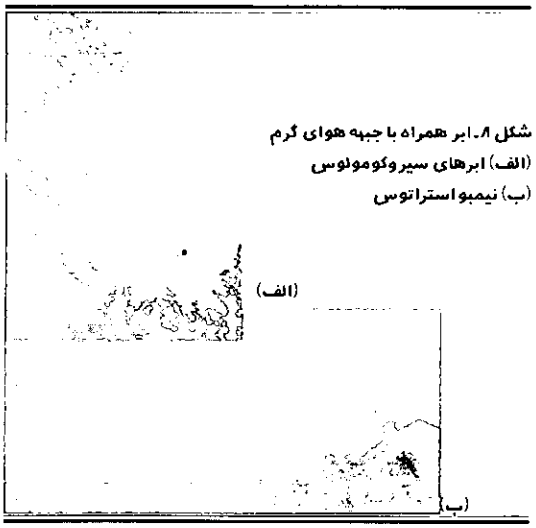
**(الف) جبههٔ گرم**

یک جبههٔ گرم وقتی تشکیل می شود که تودهٔ هوای گرم به توده خنک تری برخورد کند و برای پیشروی مجبور شود بر روی آن بلغزد (شکل ـ ۷).




**شکل ۷.** (الف) مقطع عمودی یک جبههٔ گرم
(ب) نماد یک جبههٔ گرم

در این شکل مرز بین هوای گرم و سرد به تدریج از زمین به طرف بالا شیب برمی دارد. چون هوای گرم ناچار به صعود به نواحی کم فشارتر است، پس منبسط و سرد می شود و ابرهایی (سیروکومولوس) همچون فلس ماهی آسمان را می پوشانند (شکل ۸ ـ الف)




**شکل ۸.** ابر همراه با جبهه هوای گرم
(الف) ابرهای سیروکومولوس
(ب) نیمبو استراتوس

سرانجام، وقتی ابرها غلیظ و به اندازه کافی پایین باشند (نیمبو استراتوس در شکل ۸ ـ ب) باران سنگین به مدت چند ساعت به طور مداوم می بارد که پیامد آن نرمه باران و مِه است. در هنگام شروع بارندگی دما افزایش می یابد. اولین نشانهٔ نزدیک شدن یک جبههٔ گرم دسته های کوچک ابر در سطح بالا در حدود ۱۰۰۰km جلوتر از رسیدن جبهه به سطح زمین است. محل جبههٔ گرم بر روی نقشهٔ هواشناسی را می توان با مطالعه داده های ایستگاه هواشناسی یافت. در شکل ۷ ـ الف یک *افزایش دمای کند*

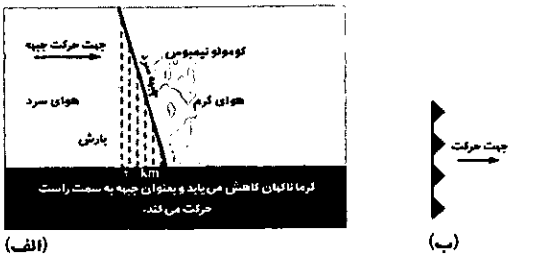
در امتداد خط ایستگاهها (از راست به چپ) به طرف جبهه و *یک افزایش بارز* در جبهه علاوه بر افزایش ابر و باران وجود دارد.

نماد یک جبههٔ گرم و جهت حرکت آن در شکل ۷ـ ب نشان داده شده است.

**(ب) جبههٔ سرد**

جبهه سرد که اغلب بلافاصله پس از جبههٔ گرم ظاهر می شود، وقتی به وجود می آید که جبههٔ سرد زیر هوای گرم به جلو رانده شود (شکل ۹ ـ الف). شیب مرز بین دو تودهٔ هوا از جبههٔ گرم تندتر و به طرف عقب در جهتی است که جبهه از آنجا می آید. در نتیجه هوای گرم را هوای سرد به سرعت به بالا می راند و ابرهای غلیظ و بلند (کومولونیمبوس) در هوایی که به سرعت بالا می رود و سرد می شود به وجود می آیند. اگر ابرها به اندازه کافی بلند باشند سر آنها را یک جریان جت مانند قطع می کند و به شکل سندان آهنگری درمی آورد (شکل ۱۰). معمولاً بارندگی کوتاه مدت به شکل رگبار در نوار باریکی صورت می گیرد (زیرا جبهه باریک است). پس از آن با بازه های رگبار و هوای آفتابی متوالی افت دما صورت می گیرد.

یک جبهه سرد با *افت ناگهانی* دما در امتداد خط ایستگاههای هواشناسی همراه است که در آنجا بارندگی شدید از ابرهای کم ارتفاع (کومولوس) صورت می گیرد. ایستگاههای پشت جبهه ممکن است هوای بهتری داشته باشند. همهٔ جبهه های سرد رفتاری چنین خوش تعریف ندارند، بلکه بعضی از آنها فقط ممکن است باعث بارندگی کمی شوند.



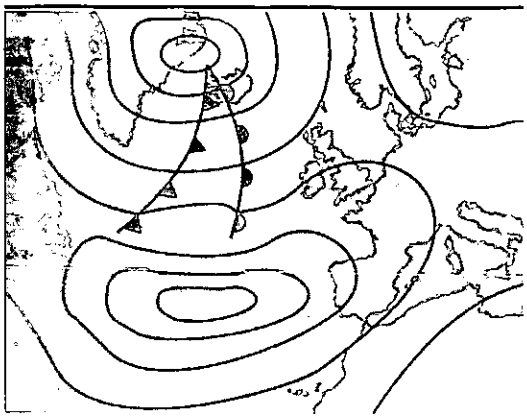

**شکل ۹ـ (الف) مقطع عمودی یک جبههٔ سرد. (ب) نماد یک جبههٔ سرد**

**شکل ۱۰ـ ابرهای سیروکومولوس وابسته به یک جبههٔ سرد**

**(ج) جبههٔ انسدادی**

سرعت جبهه های سرد در حدود دو برابر جبهه های گرم است ($50\ km/h$ در مقایسه با $25\ km/h$). وقتی یک جبههٔ سرد به یک جبهه هوای گرم می رسد، آن را از سطح زمین جدا می کند و یک «جبههٔ انسدادی» تشکیل می شود (شکل ـ ۱۱) این جبهه بارندگی مداومی را به وجود می آورد که مشخصهٔ جبههٔ گرم است و به دنبال آن رگبارهای جبههٔ سرد می بارد بدون اینکه در فاصلهٔ بین آنها هوای خوب داشته باشیم. سپس دورهٔ کم فشار سپری می شود. آشکارسازی جبهه های انسدادی مشکل تر از دو جبهه دیگر است. نقشه هواشناسی شکل ۶ مجدداً در شکل ۱۲ نشان داده شده است که در آن محل پیش بینی شده در جبهه آورده شده است. یک جبههٔ گرم که به طرف شرق حرکت می کند را یک جبههٔ سرد به طرف جنوب شرقی در یک وضعیت کم فشار دنبال می کند. دو جبهه در حوالی مرکز ناحیهٔ کم فشار به هم می رسند که پیامد محتمل آن هوای ناآرام در مناطقی است که جبهه ها از آن می گذرند.

**شکل ۱۱ـ نماد یک جبههٔ انسدادی**



**شکل ۱۲. جبهه‌های هوای گرم و سرد در یک ناحیه به هم می‌رسند.**

برگرفته از:

Tom Duncan, GCES Physics, Third edition, Jhon Murray, 1996

کوانتون

# جایگاه الگوهای ریاضی در آموزش فیزیک:

جهانگیر ریاضی
آموزش و پرورش اهواز

بدون تردید، ریاضیات پیکربندی اصلی و اساسی تجزیه و تحلیل و جمع بندی مفاهیم فیزیکی است. نیوتون فیزیک را «اصول ریاضی فلسفه طبیعت» توصیف می کند. فیزیکدان به طبیعتی می نگرد که رویدادهای آن مستقل از ذهن و خواست هر یک از ماست. او تلاش می کند اساسی ترین قوانین حاکم بر این رویدادها را بشناسد و نهایتاً آنها را در قالبی ریاضی ارائه کند.

از نقطه نظر «زیبایی شناسی» تلاش بر این است که این قالب به زیباترین شکلی، محتوای فیزیکی مورد نظر را بیان کند. این فرایندی است که به اختصار از «نگاه به طبیعت» آغاز و پس از طی فرایند نسبتاً پیچیدهٔ شناخت و کشف قانونمندی ها، به یک الگوی ریاضی می انجامد. این الگوی مدون که تجربه و طبیعت مجدداً آن را تأیید کرده است، پس از آن بارها و بارها در قالبِ «آموزش فیزیک» به علاقه مندان ارائه خواهد شد. پرسش این است که: آیا در فرایند دیگری که «آموزش فیزیک» است، یعنی گذار از الگوهای ریاضی فشرده، به گسترهٔ مفاهیم فیزیک که ارتباط جدانشدنی با طبیعت و رویدادهای واقعی دارد، دانش پژوهان بطور جدی و واقعی خود را در فضای «رویداد» و «طبیعت واقعی» احساس خواهند کرد تا بتوان درک مفاهیم و قوانین فیزیکی را به عنوان پیامدهایی از آن انتظار داشت؟ آیا وسواس و دقتی که فیزیکدان در کشف قوانین طبیعت از خود نشان می دهد، در فرایند انتقال به دانش پیشگان در آموزش فیزیک، اعمال می شود؟

موضوع این نوشتار بیشتر طرح یک مسئله است. مسئله ای که می توان از دیدگاه هایی متفاوت به آن نگریست و راه حل هایی متفاوت برای آن ارائه کرد. مسئله ای به این صورت است: «در روند آموزش مفاهیم فیزیک، جایگاه واقعی الگوها و روش های ریاضی در کجاست؟ چگونه می توان ضمن استفاده از الگوهای ریاضی در بیان موضوع فیزیکی، روح فیزیکی مطلب را حفظ کرد؟».

یک نگرش قائل به این است که برای درک مفاهیم فیزیک، ابتدا باید «الگوهای ریاضی لازم» در ذهن پژوهنده شکل بگیرد و آنرا نقطه عزیمت و اتکاء خود قرار دهد. مثلاً در فراگیری فیزیک کوانتومی به عنوان قوانین جهان اتمها، تجسم الگویی مجرد از اتمها برای درک رویدادهای آن کافی است و نیازی به استفاده از تشابهات کلاسیکی طبیعت

نیست. معادلات ماکسول در الکترومغناطیس را باید زیباترین بیان ریاضی رفتار امواج الکترومغناطیسی دانست و بدون تلاش در جهت یافتن عرصه های نزدیک به طبیعت رویداد، عمدتاً باید با الگویی ریاضی آنرا درک کرد.

رهیافت دیگر: این است که درک فیزیک را از «رفتن به فضای رویداد» آغاز کنیم و از الگوهای ریاضی به عنوان یک ابزار بسیار مفید استفاده کنیم. یعنی نگرش ما صرفاً، نگرشی ریاضی و مجرد نباشد. مسلماً مشکلات این رهیافت بیشتر است. در رهیافت دوم می توان به دو وضعیت قائل بود:

وضعیت اول: حالتی که مفاهیم فیزیک را تا حد یک «ساده نگری بسیار سطحی» از طبیعت و تلقی «صرفاً عامه فهم» نزول می دهد. مانند اینکه بخواهیم مفهوم «پتانسیل الکتریکی» را حتی در سطوح آموزش عالی، صرفاً بر اساس انرژی پتانسیل یک جسم در میدان گرانش توصیف کنیم.

وضعیت دیگر: اینکه بخواهیم ضمن پرهیز از سطحی گری، تلاش کنیم از نگاه مجرد و صرفاً ریاضی دور باشیم. به بیان دیگر روش اعتدال را مبنای کار قرار دهیم. بخواهیم رهیافتی نو در آموزش و درک مفاهیم فیزیک ارائه کنیم. ضمن درک زیبایی معادله شرودینگر، معادلات ماکسول و ... بتوانیم خود را به طبیعت رویداد نزدیک تر احساس کنیم.

برای این منظور به کدام مراجع و تجربیات باید استناد کرد؟ آیا ما به تنهایی می توانیم به نتیجهٔ تازه ای برسیم؟ آیا متون و مراجع کلاسیک و معتبر، علاوه بر رهیافتها و الگوهای ریاضی، در توصیف فیزیکی مرتبط با طبیعت رویداد، توضیح کافی داده اند؟ اگر توضیحات کافی بوده، آیا در آموزش ما خوب ارائه شده اند؟ چند نفر از



[illegible] آموختگان [illegible] می توانند درکی نسبتاً روشن و نزدیک به واقعیت از معادله شرودینگر داشته باشند؟ چند نفر میدان مغناطیسی، پتانسیل و ... را بخوبی درک می کنند؟ اشکال در کجاست؟

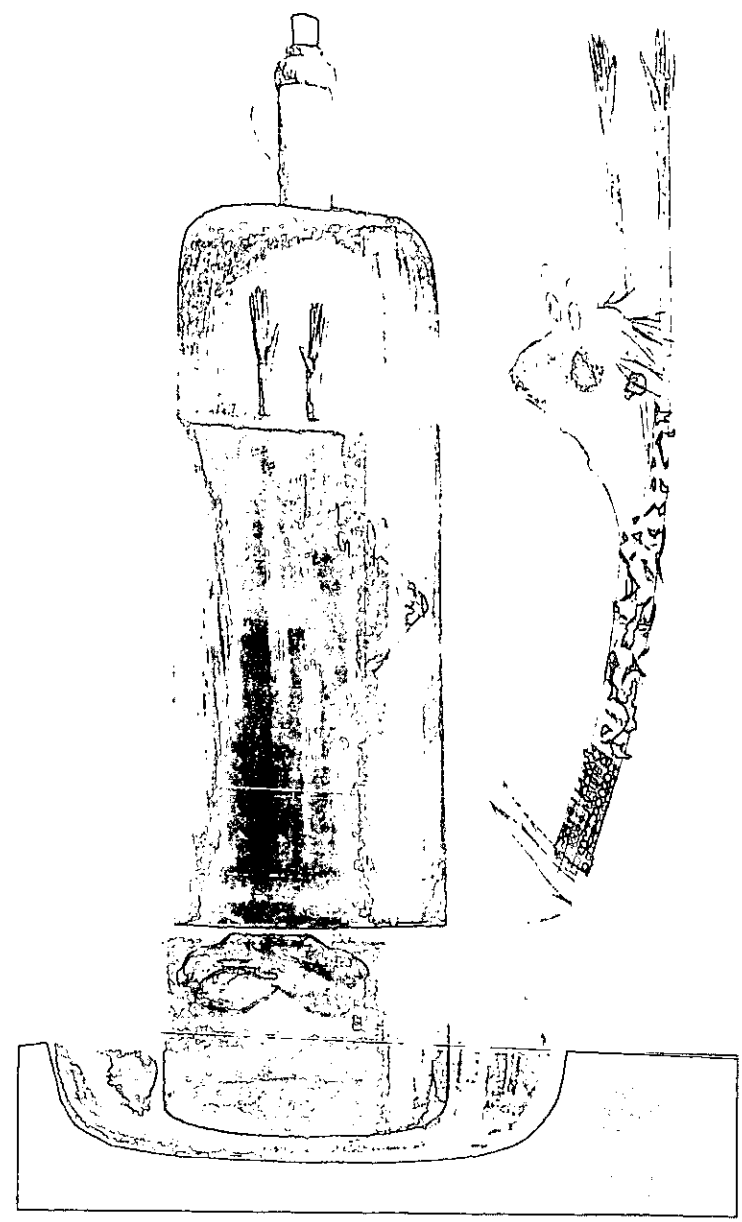
آیا اساساً لازم است چیزی بیش از یک الگوی ریاضی از مفاهیم فیزیکی و از طبیعت دریابیم؟ آیا همه دیدگاه و محتوای فیزیک همان است که در قالب های ریاضی آمده یا اینکه در ورای آن، حرفهایی بر ما پوشیده می ماند؟ و اگر در این عرصه کاری باید صورت گیرد راه آن کدام است؟

***

به نظر می رسد برای دست یابی به احساس و ادراک آنچه واقعاً در طبیعت روی می دهد و درک قوانین حاکم بر آن رفتار، اتکاء یکجانبه بر الگوهای ریاضی نمی تواند کافی باشد. به بیان دیگر، ضمن حس کردن طبیعت یک رویداد، به کارگیری الگوهای ریاضی لازم جهت تبیین رویداد، باید به عنوان یک ضرورت و یک ابزار برای ما مطرح باشد. و در عین حال، مسئله مطرح شده در این نوشتار را در آموزش فیزیک، مسئله ای کاملاً حل شده نباید تلقی کرد. بلکه باید به دنبال پاسخ ها و شیوه هایی نو و بهتر بود.

# فیزیک در آشپزخانه

ا.ا. مازین*



برای انجام دادن آزمایشهای زیر، به یک شیشه خالی، یک لگن پر از آب، یک فلاسک، یک کتری، یک گرمکن برقی و دیگر چه؟ یقیناً چیزی بسیار مهم؛ یک ذهن کنجکاو به علاوه تمایل به انجام چند «شگرد» فیزیکی، نیاز داریم.

**چرا آب به درون شیشه کشیده می شود؟**

یک لگن ساده را بردارید و در آن آب بریزید (تا عمق ۳ـ۲ سانتی متر) سپس یک شیشهٔ خالی را به صورت وارانه در لگن فرو کنید. لگن را روی گرمکن قرار دهید، آب را گرم کنید و بگذارید تا حدود ۵ دقیقه بجوشد. گرمکن را خاموش کنید. بزودی مشاهده می کنید که آب به درون شیشه جریان می یابد، بالا و بالاتر می رود تا زمانی که بخش زیادی از آن را پر کند.

حال بیائید آنچه را که دیده ایم بررسی کنیم. نیرویی که آب را درون شیشه بالا می برد چیست؟ آشکار است که این تنها می تواند نیروی ناشی از فشار جوّ باشد (که آن فشار ناشی از هوای اطراف است) این بدان معنی است که فشار هوای درون شیشه کمتر از فشار جوّ است. ولی چقدر؟ برآورد اختلاف فشار $\Delta p$ درون و برون شیشه کار چندان مشکلی نیست. این فشار برابر است با فشار هیدروستاتیک آب درون شیشه در پایان آزمایش، فرض کنید که ارتفاع ستون آب و $h \simeq ۱۰\,cm$ و چگالی آب $\rho = ۱۰^{۳}\ kg/m^{۳}$ و شتاب ناشی از گرانی $g = ۱۰\ m/s^{۲}$ باشد، با استفاده از این مقادیر به دست می آوریم:

$$\Delta p = \rho g h \simeq ۱۰^{۳}\,pa \simeq ۰/۰۱\ atm$$

حال چرا فشار هوای درون شیشه کمتر از فشار جوّ می شود؟ اولین چیزی که به ذهن می رسد این است که وقتی آب می جوشد، هوای درون شیشه گرم می شود و بخشی از

آن شیشه را ترک می کند. در واقع اگر از نزدیک به لگن نگاه کنیم متوجه خارج شدن حبابهای هوا از شیشه خواهیم شد. وقتی که هوای باقیمانده سرد شد. (پس از اینکه گرمکن را خاموش کردیم)، منقبض و فشرده می شودو بنابراین فضای خالی شده را آب اشغال می کند. حال بیایید اندازهٔ این اثر را اندازه بگیریم.

فرض کنید که حجم شیشه $V = ۲۰۰ cm^۳$ ، دمای اولیه (قبل از گرم کردن) $T_۱ = ۳۰۰ k$ ، دمای نهایی $T_۲ = ۳۷۳ k$ و فشار جوّ $p = ۱ atm \simeq ۱۰^۵ pa$ باشد. با استفاده از قانون گازهای کامل کسری از هوا را که درون شیشه باقی می ماند به دست می آوریم:

$$pV = \frac{m_۱}{M} RT_۱ \quad ,$$

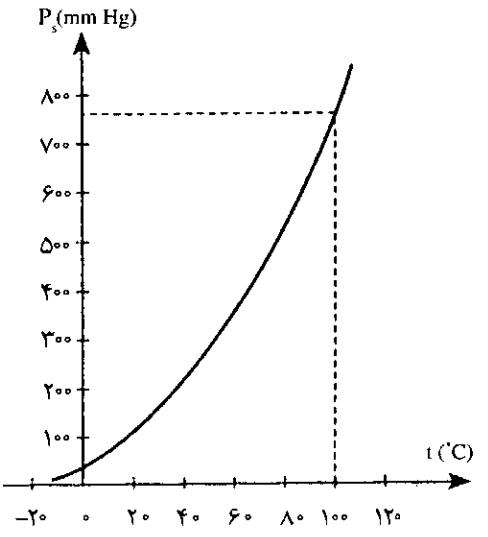
$$pV = \frac{m_۲}{M} RT_۲ \quad ,$$

از این به دست می آوریم:

$$\frac{m_۲}{m_۱} = \frac{T_۱}{T_۲} \simeq ۰/۸$$

بنابراین سرد کردن هوای گرم تا دمای اولیه آن به تراکمی معادل ٪۸۰ حجم شیشه می انجامد پس فقط ٪۲۰ را آب پر کرده است. اما می بینیم که آب بیش از نیمی از شیشه را پر کرده است! در نهایت ما فقط یک سوم کل واقعیتها را می توانیم توضیح دهیم. اگر به این مسأله توجه کنیم که آب فقط طی چند ثانیه بالا می آید و این زمان برای اینکه هوا تا دمای اتاق سرد شود بسیار کوتاه است مجبوریم بپذیریم که تحلیل ما نادرست بوده و باید به دنبال چیز دیگری بگردیم.

کجا اشتباه کرده ایم؟ چنین به نظر می رسد که ما در این فرض که شیشه کاملاً پر از هواست، دچار اشتباه شده ایم؛ ما بخارآب را فراموش کرده ایم. در واقع در طی ۵ دقیقه جوشیدن متلاطم، بخار آب به طور پیوسته شیشه را پر کرده، با هوا مخلوط شده و سعی در خارج کردن آن داشته است. وقتی که ما گرمکن را خاموش کردیم شیشه عموماً نه با هوا بلکه با بخارآب پر شده است و نه فقط بخارآب بلکه بخار اشباع شده. فشار بخار اشباع شده $p_s$ ، طی سرد کردن کم می شود و کاهش فشار بسیار سریع و ناگهانی است (شکل زیر را ببینید.) ما نیاز داریم که آب را فقط $°C$ ۰/۳ سرد کنیم تا فشار به اندازهٔ $atm$ ۰/۰۱ کاهش یابد. به طور قطع این گونه سرد شدن بیشتر مواقع به طور آنی صورت می گیرد.




آزمایش ما همچین نشان می دهد که اگر آب به اندازهٔ کافی جوشیده باشد، به هنگام سرد کردن تقریباً تمام حجم شیشه را پر خواهد کرد: عملاً هیچ محدودیتی در ارتفاع ستون آب وجود ندارد در نهایت فشار $atm$ ۱ را ستونی از آب به ارتفاع $m$ ۱۰ به وجود می آورد. این سؤال مطرح می شود که: آیا ۵ دقیقه برای تبخیر شدن مقدار مورد نیاز آب کافی است؟ بیایید سعی کنیم تا توجیهی برای این مسأله پیدا کنیم. آهنگ تبخیر به توان خروجی گرمکن، اندازهٔ لگن و امثال آن بستگی دارد. پس بیائید مقادیر واقعی بدست آمده از آزمایش را به کار گیریم. در شرایط آزمایش یک لایه آب به عمق $cm$ ۱ از لگن، در مدت ۳۰ دقیقه بخار می شود. پس در مدت ۵ دقیقه جرمی معادل $m \simeq ۳ gr$ از آب، از سطحی برابر با یک برش عرضی از رویهٔ شیشه، در حدود $۲۰ cm^۲$ بخار خواهد شد. در دمای $T = ۳۷۳ k$ و فشار $atm$ ۱ این بخار اشباع شده حجمی معادل!

لیتر ۵ $\simeq V = \frac{m}{M}\frac{RT}{p}$ را به خود اختصاص خواهد داد. فرض کنید که بخار بطور یکسان با هوا آمیخته شده باشد، نتیجه می گیریم که فقط ٪۴ = ٪۱۰۰ × $\left(\frac{۰/۲ l}{۵ l}\right)$ تمام حجم شیشه را هوا پر کرده است در حالی که ٪۹۶ باقیمانده را آب اشغال کرده است. این نتیجه در عمل نیز قابل مشاهده است.

**چه وقت بیرون کشیدن چوب پنبه فلاسک مشکل تر است؟**

برای دومین آزمایش، به یک فلاسک، ترجیحاً با یک چوب پنبهٔ نازک نیاز داریم که گلوگاه فلاسک را به خوبی مسدود کند. ولی کاملاً در آن فرو نرود. ابتدا آب را در یک کتری بجوشانید سپس آنرا در فلاسک بریزید. کمی بعد آن را دور ریخته و با چوب پنبه فلاسک را مسدود کنید. چند ساعت بعد سعی کنید که درپوش را از فلاسک بیرون بکشید. مشاهده خواهید کرد که چگونه سخت در گلوگاه فلاسک گیر کرده، شما به راحتی نخواهید توانست آن را بیرون بکشید برای همین است که باید از چوب پنبه ای استفاده کنید که اندکی از گلوگاه بیرون آمده باشد.

اگر به جای مسدود کردن یک فلاسک خالی، بر یک فلاسک پر از آب جوش درپوش می نهادیم اثر مکش بسیار کم می شد و یا کاملاً از میان می رفت ولی زمانی که $\frac{1}{4}$ و یا نیمی از فلاسک را با آب جوش پر می کنیم چه اتفاقی خواهد افتاد؟ ممکن است فکر کنید که نیروی مکشی چیزی بین این دو حد باشد. ولی اینگونه نیست، اثر آن قوی تر از حالت یک فلاسک پر است: بیائید ببینیم چرا؟

از خصوصیات بارز یک فلاسک انتقال گرمای کم آن است. در یک فلاسک یک لیتری خوب آب در هر روز فقط ۳ـ۲ درجه سرد می شود. چون گرمای ویژه آب $۴٫۲\ KJ/kg.k$ است. می توانیم گرمایی را که در یک روز فلاسک به هدر می دهد حساب کنیم. (حدود $۱۰\ KJ$) یک فلاسک خالی جرمی حدود $۲۰۰\ gr$ دارد. گرمای ویژه مربوط به مواد تشکیل دهندهٔ فلاسک (شیشه و فلز) حدود ($۰٫۵\ KJ$) است. پس انتقال گرمای $۱۰\ KJ$ متناظر با افت دمایی تا حدود $۱۰۰\ ^\circ C$ است این بدان معناست که اگر فلاسک تا دمای اتاق سرد شود $۸۰\ ^\circ C$ افت دما داشته ایم بنابر قانون شارل این کاهش دما متناظر با اختلاف فشاری برابر $۰٫۲\ atm$ است. برای چوب پنبه ای با مقطع عرضی حدوداً $۵\ cm^2$ این نتیجه به عنوان یک نیروی محسوس حدود $۱۰\ N$ است.

چون گرمای ویژه آب تقریباً ۱۰ برابر شیشه است، تنها $۱۰۰\ g$ از آب درون فلاسک دارای کاهش دما (و اختلاف فشار مربوط) با ضریب ۴ خواهد بود. برای یک فلاسک که $\frac{1}{4}$ آن پر شده اختلاف فشار با ضریب ۷ کوچک می شود. در یک فلاسک که تا نیمه پر شده این با فاکتور ۱۵ کوچکتر از حالتی خواهد بود که فلاسک خالی است.

**توضیح دهید!**

این آخرین آزمایش است. نیمی از یک فلاسک را با شیر بسیار داغی پر کنید آن را، با یک چوب پنبه مسدود کرده و فلاسک را به شدت تکان دهید. شما حبابهای شیر را اطراف درپوش خواهید دید. هوا از فلاسک خارج می شود. می توانید نشان دهید که چرا؟

مترجم: افق تیزنو

Quantum september/ october 1997, P 54 - 56

* I. I. Mazin

## توجه

**آقایان علی رزمکن، مترجم مقالهٔ «بحث درباره جوابهای یک مسأله فیزیکی» و حمیدرضا محمدی خالصی فرد مؤلف مقالهٔ «پاسخ به برخی سؤالات در زمینه اپتیک» و خانم زهرا درجه لطفاً با مدیر داخلی مجله رشد آموزش فیزیک تماس بگیرید.**

# سرهم‌بندی با قانون گاوس

کریستوفر برونیگشن

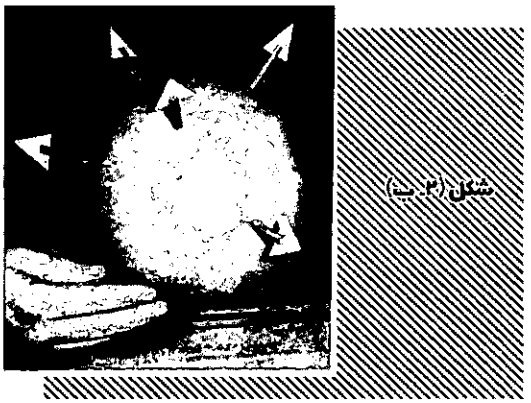
قانون گاوس می تواند برای محصلان فیزیک مقدماتی تا اندازه ای سردرگم کننده باشد. چرا که برای کاربرد آن تجسم سه بعدی مجرد و با جزئیات بسیار لازم است. اگرچه نمودارهای کتابهای درسی اکنون بهتر شده اند. به ویژه با محبوبیت روزافزون شکلهای چهاررنگ، اما هنوز جانشینی مناسب برای یک مدل در دسترس نیستند. من دریافته ام که استفاده از وسایل کمک درسی که از قطعات سرهم‌بندی شده ساخته شده اند، می تواند کمک زیادی به دانشجویان در فهم این قانون فیزیکی کند. اجزای اصلی این کار، یک تیر چسبنده با یک مغناطیس کوچک گرد از خاکهایی نادر است که به یک انتهای آن متصل شده است و در انتهای دیگر این میله، همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است آنها در رنگها و به طولهای مختلف ساخته شده اند. تا بردارهایی با اندازه و نوعهای مختلف را نمایش دهند. «این بردارها» به دانشجویان کمک می کنند تا جنبه های فضایی مسائل مربوط به قانون گاوس و کاربردهای آن را مجسم کنند.

شکل (۱): بردارهای چسبنده

برای مثال، مسئله یافتن شارالکتریکی یک کوه را در نظر بگیرید که یک بار نقطه ای مثبت در مرکز آن قرار گرفته است، پیش از شروع درس، یک بالون با حدود ۲۰ گرم براده آهن پر و باد شده است.

شکل (۲ـ الف): بردارهای چسبنده به سادگی بر سطح بالونی که با مقداری براده های آهن پر و باد شده است، نصب می شوند.

براده ها جذب انتهای مغناطیسی بردارهای اتصالی می شوند بنابراین می توان «بردارها» را در هر نقطه روی سطح بالن قرار داد. دانشجویان می توانند به وضوح مشاهده کنند که بردارهای هر جزء سطح (که در شکل ۲ـ ب نشان داده شده اند) در هر قسمت بر سطح عمودند.



شکل (۲ـ ب)

میدان الکتریکی حاصل از بار محصور که جهت آن به طور شعاعی به بیرون است، همان طور که در شکل (۲ـ ج) نشان داده شده است، بر بردارهای سطح در هر نقطه مماس است. از این رو، انتگرال سطح شار را معین می کند.

$$\varphi = \oint \vec{E}.d\vec{A} \qquad (۱)$$

که به صورت زیر درمی آید

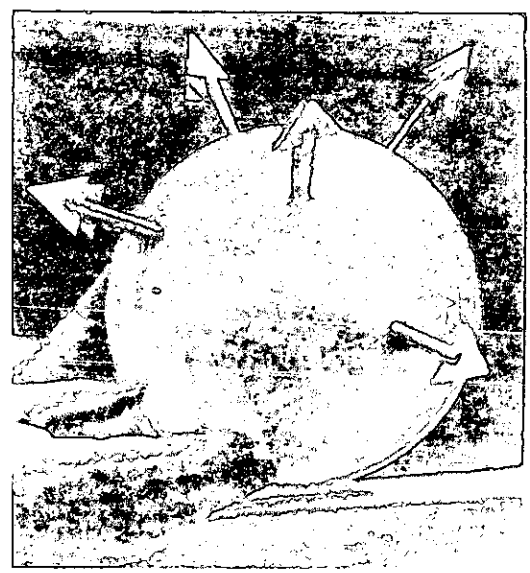
$$\varphi = E(۴\pi r^۲) \qquad (۲)$$

که در آن $r$ شعاع کره است. اما بنابه قانون کولن، بزرگی میدان در سطح کره برابر است با

$$E = \frac{۱}{۴\pi\varepsilon}\left(\frac{q}{r^۲}\right) \qquad (۳)$$

که $q$ اندازه بار نقطه‌ای و $\varepsilon$ مقداری ثابت است. از ترکیب ۲ و ۳ پس از ساده سازی داریم

$$\varphi = \frac{q}{\varepsilon_۰} \qquad (۴)$$

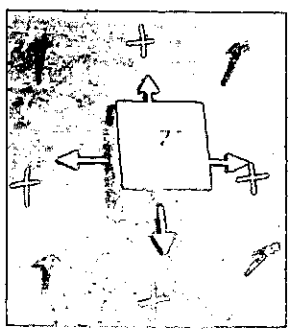


شکل (۲.ج)

خواننده متوجه می شود که این نتیجه حالت خاصی از قانون گاوس است. این نتیجه به سادگی و نه چندان دشوار با استفاده از متغیرهای ابتکاری تعمیم می یابد.

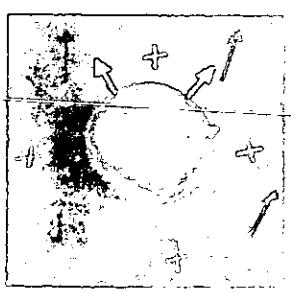
«بردارها» همچنین به دانشجویان در مدل سازی مسائل و مشکلات کاربردی از قبیل استفاده از قانون گاوس در محاسبه میدان الکتریکی در یک نقطه معلوم کمک می کنند عموماً در کاربرد قانون گاوس، نخستین مرحله انتخاب یک سطح گاوسی است که تا اندازه ای نسبت به توزیع بار متقارن باشد. اگر سطح انتخابی از تعدادی نواحی جداگانه تشکیل شده باشد، که میدان حاصل به هر قسمت آن مماس یا بر آن عمود باشد، محاسبه ساده می شود.

استفاده از مدلها می تواند گزینش یک سطح گاوسی مناسب را ساده تر کند. برای مثال هنگام استفاده از قانون گاوس برای یافتن میدان الکتریکی حاصل یک ورقه مثبت بزرگ، یک سطح فرو مغناطیسی یکنواخت از قبیل تخته گچی که در شکل ۳ نشان داده شده، می تواند برای نمایش صفحه باردار مورد استفاده قرار گیرد. بردارهای چسبنده‌ای که به صفحه متصل شده‌اند، نشان می دهند که در هر نقطه، میدان عمود بر صفحه است. شکلهای متنوعی با استفاده از آهنرباهای سرامیکی به یک صفحه متصل شده‌اند. هر کدام با یک سطح گاوسی منتخب مقایسه و آزمایش شده‌اند. برای دانشجویان بدیهی است که یک جامد راست گوشه (شکل ۳ ـ الف) یا یک استوانه (شکل ۳ ـ ب) یک سطح گاوسی انتخابی قابل قبول برای این کار است. در صورتی که یک کوه (شکل ۳ـ ج) متقارن نامناسب است.



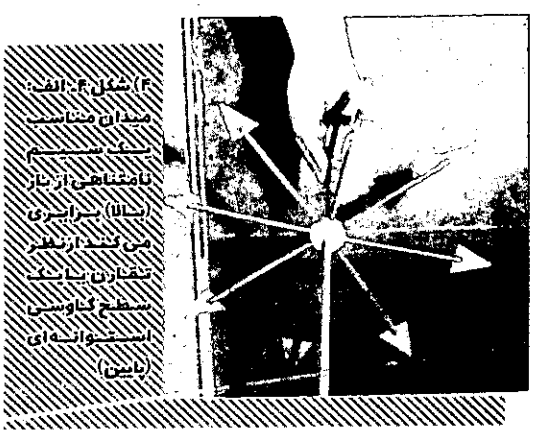
**شکل (۳.الف): هنگام انتخاب یک سطح گاوس، صحیح درنظر گرفتن بردارهای سطح جسم (روشن) و بردارهای میدان الکتریکی (تاریک) مهم است.**

**شکل (۳.ب)**



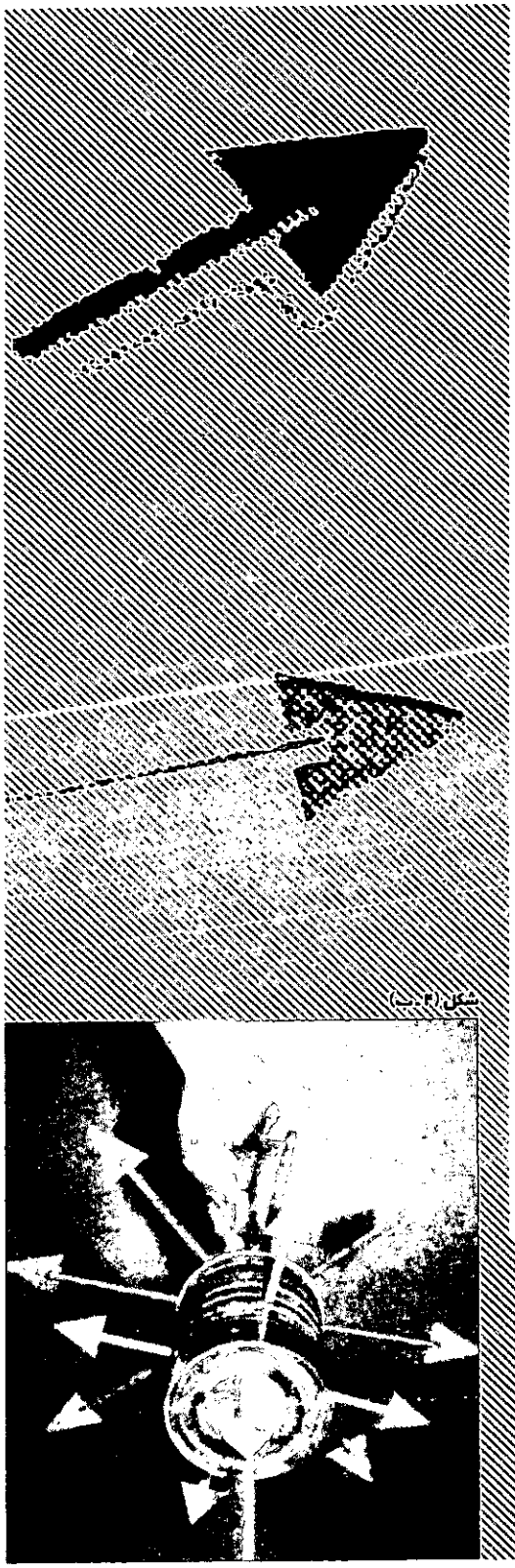
**شکل (۳.ج)**

همین طور دانشجویان می توانند از رهیافت مدل سازی هنگام یافتن میدان ناشی از یک سیم نازک بلند که به طور یکنواخت باردار شده است، استفاده کنند. یک میله نمایشگر سیم است. بردارهای اسباب بازی، نشان می دهد که میدان در هر نقطه شعاعی و به سمت خارج است. (شکل ۴ـ الف).



۴) شکل ۴ـ الف: میدان مناسب یک سیم نامتناهی از بار (بالا) برابری می کند از نظر تقارن با یک سطح گاوسی استوانه‌ای (پایین)

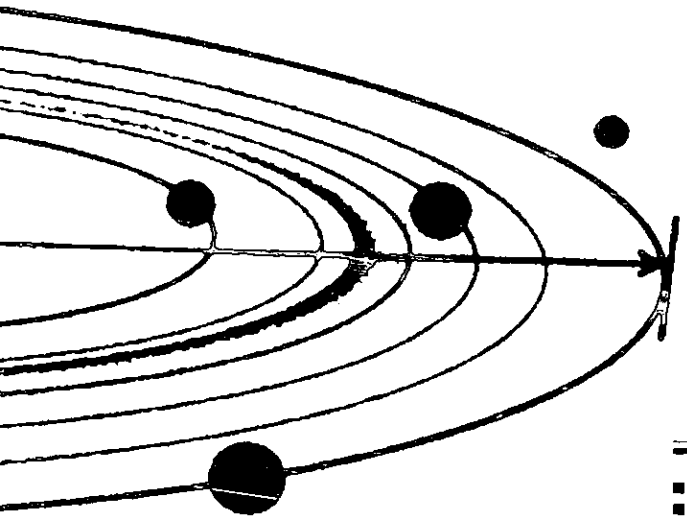
در شکل ۴ ـ ب، یک سطح گاوسی استوانه ای که مرکز آن یک سیم است (این سطح در اینجا با استفاده از قوطی قهوه نشان داده شده است)، برای نشان دادن سطح تقارنی ما مناسب است. بدیهی است که بردارهای نواحی اصلی همه جا بر میدان سیم در ناحیه مرکزی منحنی مماس هستند. و در دو انتهای سیم، میدان عمود بر سیم است. ساخت «بردارهای چسبنده» آسان، و استفاده از آن ساده و نسبتاً کم خرج است. به نظر من آنها یک ابزار با ارزش در بسیاری از جنبه های آموزش فیزیک مقدماتی هستند. اغلب بطور قابل ملاحظه ای در روشن شدن تصورات نادرست محصلان راجع به قانون گاوسی و کاربردش کمک می کنند.



شکل (۴ ـ ب)

**مترجم: صمد غلامی**

مرجع: THE PHYSICS TEACHER VOL,32,JAN,1994



# قانون سوم کپلر: حجمهای مساوی در زمانهای مساوی

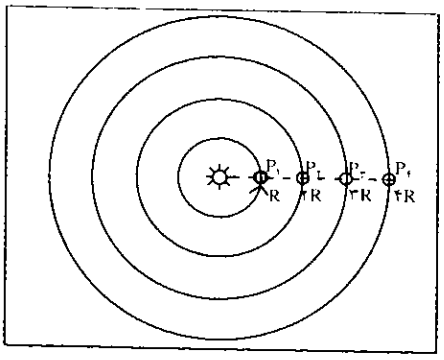
مانفرد بوشر، بخش فیزیک، دانشگاه دولتی کالیفرنیا

عدم تقارن جالب توجه در ارائه قوانین کپلر دربارهٔ حرکت سیارات آن است که قوانین اول و دوم با نمایشی هندسی ارائه شده‌اند (به ترتیب به وسیله بیضی‌های هم‌کانون و قطاع‌های هم مساحت) حال آنکه قانون سوم به وسیله یک فرمول نمایش داده شده است.

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2} \qquad (1)$$

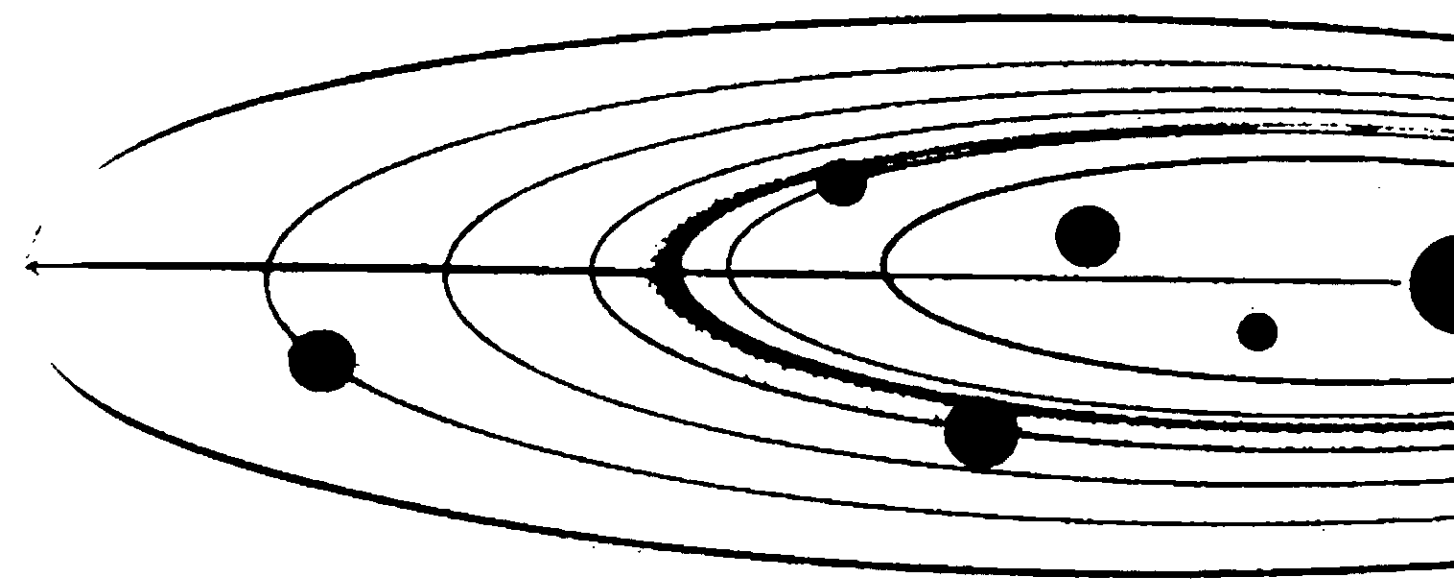
که $a$، نصف قطر بزرگ مدارهای سیارات را با $T$ دورهٔ آنها مرتبط می‌سازد. نمایش گرافیکی قوانین اول و دوم کپلر سبب شفاف شدن مفهوم این قوانین شده و تأثیر بصری آن باعث می‌شود آن را فراموش نکنیم. حال آن که در مورد قانون سوم کپلر چنین نیست: سهولت برخورد کمّی به کمک فرمول ـ که در نجوم بسیار سودمند است ـ به داشتن تصوری از این قانون نمی‌انجامد. تنها جنبه بدیهی قانون سوم کپلر که از فرمول بالا برمی‌آید آن است که سیاره بیرونی $P_2$ نسبت به سیاره درونی $P_1$ دارای دورهٔ طولانی‌تری است. [از بزرگتر بودن نصف قطر بزرگ $P_2$، یعنی $a_2 > a_1$ نتیجه می‌شود که $\frac{a_2}{a_1} > 1$ و از آنجا $(\frac{a_2}{a_1})^3 = (\frac{T_2}{T_1})^2 > 1$ و بنابراین $T_2 > T_1$.]

ولی گذشته از این جنبه، این فرمول با هیچ تصویر مفهومی و آسانی از حرکت سیارات مانند سرعت زاویه‌ای و یا سرعت مداری آنها ارتباط برقرار نمی‌کند.




◆ **شکل ۱. آزمونهای شهودی برای حرکت مداری: وقتی سیاره $P_1$ یک دور می‌زند، کمانهایی را که سیاره‌های $P_2$، $P_3$ و $P_4$ طی می‌کنند، مشخص کنید.**

برای ارزیابی حس شهودی در مورد حرکت سیاره‌ای مایلم از خواننده بخواهم تا ***بدون توسل به محاسبه***، حدس بزند هنگامی که در شکل ۱، سیاره $P_1$ یک دوره کامل را طی می‌کند. سیارات (فرضی) $P_2$، $P_3$، $P_4$ ـ که فاصله‌شان تا خورشید، دو، سه، و یا چهار برابر فاصله $P_1$ تا خورشید است ـ چه مسافتی از مدارهای دایره‌ای شان را دور زده‌اند. برای سهولت فرض کنید که در لحظهٔ معینی

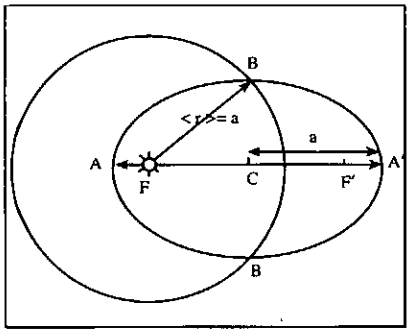


از زمان، مثلاً $t=0$، همانگونه که در شکل نشان داده شده است، هر چهار سیاره بر یک خط راست قرار داشته باشند. با مشخص کردن کمانهای واقع بین خط راست و سیاره ها در روی هر یک از مدارهای $P_1$، $P_2$، $P_3$ در لحظهٔ $t=T_1$، پیشگویی شهودی خود را به انجام رسانید. راه حل این مسئله کمی بعد در همین مقاله ارائه خواهد شد.

اگر از پیشگویی خویش مطمئن نیستید، در این زمینه تنها نخواهید بود این عدم اطمینان را تقریباً در تمامی دانش آموزان و معلمان دیده ام. آنچه تجسم فکری حرکت سیاره ای را با توجه به معادله(۱) دشوار می سازد، ترکیب عجیب توانهای مربوط به مسافتها و زمانها است. در این مقاله ترسیم هندسی ساده ای را نظیر آنچه که برای قانون دوم ارائه شده است، برای تجسم مفهومی قانون سوم کپلر ارائه خواهیم کرد. نمایش گرافیکی [قانون سوم] برآوردهای نسبتاً دقیقی از مسئله مطرح شده در شکل ۱ را امکان پذیر می سازد.

اگر به جای مقایسهٔ نصف قطرهای بزرگ، $a_1$ و $a_2$، و دوره های $T_1$ و $T_2$ مربوط به هر دو سیاره همچون $P_1$ و $P_2$ سرعتهای آنها، $V_1$ و $V_2$ و فاصله های آنها از خورشید، $r_1$ و $r_2$، با یکدیگر مقایسه شوند، درک شهودی حرکت مداری آنها نسبت به یکدیگر بسیار ساده می شود. شکلی که در مقایسهٔ سرعتهای سیارات و نیز در مقایسهٔ فاصله های آنها از خورشید وجود دارد آن است که $V$ها و $r$ها هر دو در خلال گردش سیارات به ترتیب مطابق قوانین دوم و اول کپلر تغییر می کنند. بنابراین برای چنین مقایسه ای، به سرعتهای مداری *متوسط* $<v_1>$ و $<v_2>$ و نیز فاصله های خورشید ـ سیاره ای *متوسط* $<r_1>$ و $<r_2>$ نیازمندیم. با استفاده از هندسه یک بیضی می توان نشان داد که میانگین فاصله خورشید ـ سیاره با فاصله خورشید تا $B$ رأس کوچک بیضی و نیز با نصف قطر بزرگ مدار برابر است:

$$<r>=FB=a$$

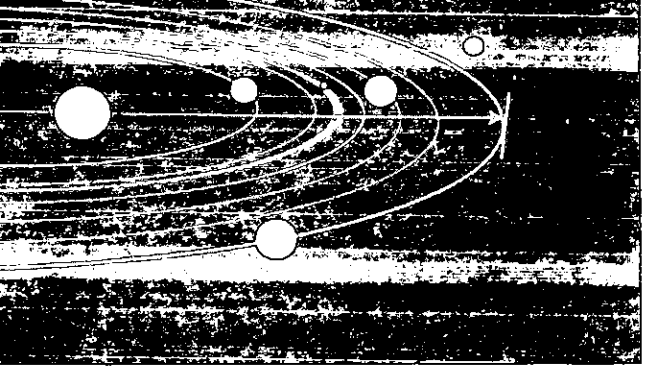



◆ **شکل ۲. هندسهٔ یک بیضی و دایرهٔ متناظر و هم مرکز با آن که قطرش با قطر بزرگ بیضی برابر است. هر دو منحنی تا نقطه $F$ دارای فاصله میانگین یکسان $<r>$ هستند. اگر این منحنیهای مدارهای سیاره به دور خورشید واقع در $F$ را نمایش دهند، آنگاه $<v>$، میانگین سرعت مداری بر روی بیضی و یا بر روی دایره متناظر یکسان است.**

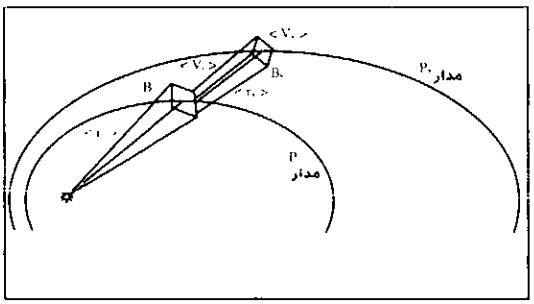
(نگاه کنید به شکل ۲) به همین ترتیب می توان نشان داد که در حرکت کپلر، میانگین سرعت مداری با سرعت واقعی سیاره در $B$ رأس کوچک مدار آن سیاره برابری می کند.

$$<V>=v(B)=\frac{2\pi a}{T}$$

مقایسه گرافیکی سرعتهای میانگین سیاره های $P_1$ و



$P_2$ با ترسیم هندسی نشان داده شده در شکل ۳ انجام شده است.




**شکل-۳**

◇ **شکل ۳. هرمهای هم حجم از خورشید تا رئوس کوچک (که با نقاط رنگی نمایش داده شده‌اند) مدارهای سیاره‌ای: $<r>$ خط مرکزی هر هرم که به صورت خط‌چین است، فاصله میانگین خورشید-سیاره است. قاعدهٔ هر هرم بر $<r>$ عمود است و طول ضلع آن با $<r>$ سرعت مداری میانگین سیاره متناسب است. (هرم $P_2$ تا اندازه‌ای توسط هرم $P_1$ پوشانده شده است.)**

دو هرم را در نظر بگیرید که رأس آنها در خورشید و قاعده شان در $B$ رأس کوچک مدار مربوط قرار داشته باشد. قاعدهٔ هرم بر خط مرکزی هرم، $<r>$، عمود است. طول ضلع قاعدهٔ هرم عبارت است از اندازهٔ جابه جایی مماسی سیاره در نزدیکی رأس کوچک، $V(B)\Delta t = <V>\Delta t$، و در طی فاصله زمانی کوچک $(\Delta t << T_1, T_2)\ \Delta t$. حجم هر هرم حاصل عبارت است از $V = \frac{1}{3}(<V>\Delta t)^2 <r>$ با این ترسیم هندسی می توان قانون سوم کپلر را به صورت زیر بازنویسی نمود:

*میانگین سرعتهای مداری هر دو سیاره چنان اند که در زمانهای مساوی هرمهای مورب با حجمهای مساوی را پدید می آورند. که رأس آنها در کانون است.*

برای اثبات، حجمهای هر دو هرم را مساوی در نظر می گیریم و عوامل مشترک را حذف می کنیم تا به این نتیجه برسیم که:

$$<V_1>^2 <r_1> = <V_2>^2 <r_2>$$

تغییر متغیر $<V> = \frac{2\pi <r>}{T} = \frac{2\pi a}{T}$ قانون سوم کپلر یعنی معادله(۱) را می دهد. تغییر ترتیب جملات، عبارت مفیدی را برای نسبت سرعت میانگین سیاره ها به دست می دهد.

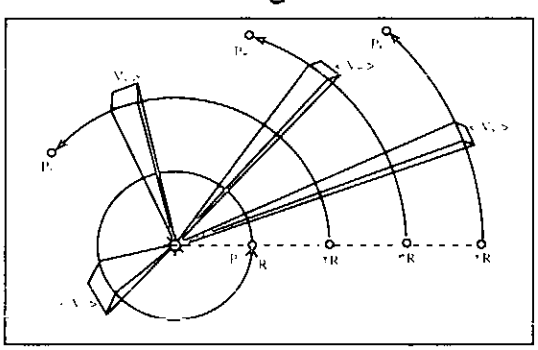
$$\frac{<V_2>}{<V_1>} = \sqrt{\frac{<r_1>}{<r_2>}}$$

توجه داشته باشید که برخلاف نمایش هندسی قانون دوم کپلر با قطاعهای هم مساحت که در هر جزیی از مدار بیضوی می توان آنها را ترسیم کرد، هر یک از این هرمهای هم حجم باید همیشه به گونه ای ترسیم شوند که *قاعدهٔ متعامد* [بر $<r>$] *آنها در* $B$ رأس کوچک مدار بیضوی قرار داشته باشد. تنها استثناء، مداری دایره ای است. که در آن تمام نقاط با یکدیگر معادل اند و هرم می تواند در جهتی قرار بگیرد که ضلع قاعده آن بر دایره مماس باشد.

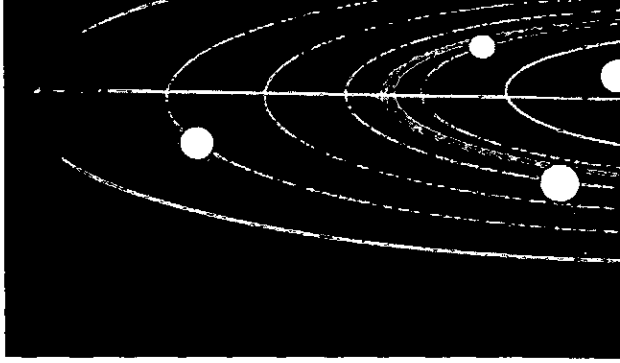
برای نمایش روش گرافیکی با یک مثال، بگذارید مجدداً به مسئله طرح شده در شکل ۱ بازگردیم. وقتی مانند این مورد، ساختن مدارها دایره ای باشند، هر نقطه واقع بر روی هر یک از مدارها می تواند برای ساختن هرم متناظر مورد استفاده قرار گیرد. به علاوه، برای مدار دایره ای ضلع قاعده هرم می تواند مماس بر مدار باشد و بنابراین جابه جایی واقعی را در یک فاصله کوتاه زمانی را نشان می دهد. این موضوع به صورت طرح وار در شکل ۴ نشان داده شده است. چون ارتفاع هرم $P_2$ دو برابر است $<r_1> = 2 <r_2>$، مساحت قاعده مربع شکل آن باید نصف مساحت قاعده هرم $P_1$ باشد.

$$<V_2>^2 = \frac{1}{2} <V_1>^2$$

**شکل-۴**




◇ **شکل ۴. روشی برای آزمون شهودی در شکل ۱، با به کار بردن هرمهای هم حجم. در حالیکه سیاره $P_1$ یک دور می زند، هر کمان قسمتی از مداری را که سیاره‌ای در امتداد آن حرکت می کند، ترسیم می کند. در اینجا، آن اضلاع قاعدهٔ هرمها، که بر مدارهای دایره‌ای مماس‌اند، مستقیماً جابه جایی سیاره‌ای را در خلال یک فاصله کوتاه زمانی $\Delta t << T_1$ نمایش می دهند.**



بنابراین میانگین سرعت مداری سیاره $P_2$ عبارت است از

$$< V_2 > \frac{V_1}{\sqrt{2}} \simeq 0/7\, V_1$$

محیط مدار $P_2$، دو برابر محیط مدار $P_1$ است، $C_2 = 2C_1$. اگر $P_2$ همان سرعت $P_1$ را داشته باشد. هنگامی که $P_1$ یک دور کامل، یعنی $360^\circ$ را، می زند، $P_2$ باید نصف یک دور یعنی $180^\circ$ را طی کند. ولی سیاره $P_2$ با فقط ۷۰٪ سرعت $P_1$ به اندازهٔ تقریباً [تقریبی] $0/7 \times 180^\circ = 126^\circ$ می چرخد و تقریباً یک سوم محیط مدارش را می پیماید. استدلال مشابهی سرعت متوسط سیاره $P_3$ را به صورت

$$< V_3 > = \frac{< V_1 >}{\sqrt{3}} \approx \frac{< V_1 >}{\frac{7}{4}}$$

به دست می دهد و میزان دوران $P_3$ تقریباً عبارت است از :

$$(\frac{360^\circ}{3}) / (\frac{7}{4}) = \frac{480^\circ}{7} = 69^\circ$$

همین طور، سیارهٔ $P_4$ دارای سرعت

$$< V_4 > = \frac{< V_1 >}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2} < V_1 >$$

است و به میزان $(\frac{360^\circ}{4}) / 2 = 45^\circ$ دوران می کند.

مسلماً برای به دست آوردن این برآوردها که مربوط به مسئله شکل ۱ هستند، مختصر محاسباتی را، اگرچه تماماً در ذهنم، انجام دادم. به هر حال، به جای اتکای کورکورانه به فرمول به کمک میانگین سرعت مداری به عنوان یک گام میانی مسأله شفاف می شود.

**مراجع و یادداشت:**


۱. مانفرد بوشه[1] و دوآن. پی. زیمنس[2]، «فاصله و سرعت میانگین در حرکت کپلر» مجله آمریکایی فیزیک [شماره های] ۶۶ و ۶۸، (۱۹۹۸) کمیت $<r>$ به عنوان میانگین مسیری فاصله (و نه میانگین زمانی آن!) فرض شده است و $<v>$ عبارت است از جذر و میانگین مربعی سرعت.


۲. نارسایی آموزشی ناشی از بیان قانون سوم کپلر بر حسب نصف قطر بزرگ آن است که ـ برخلاف قوانین اول و دوم کپلر ـ این قانون در ارتباط مستقیم با خورشید قرار نمی گیرد. در عوض بیان قانون بالا بر حسب نصف قطر بزرگ توجه بی موردی را به فاصله بین مراکز تهی بیضی های مداری تا رئوس مربوطه شان جلب می کند.

(نگاه کنید به شکل ۲) و در نتیجه باعث می شود که رابطهٔ بین فاصله ها و دوره ها تصادفی به نظر برسد. می توان از این نارسایی اجتناب کرد و چنانکه کمیت $a$ در معادله (۱) نه به صورت نصف قطر بزرگ بلکه *خط مایلی* در نظر گرفته شود که فاصله $FB$ بین کانون و رأس کوچک یک بیضی است، در آن صورت بینش صحیحی به دست می آید. رابطهٔ $FB = < r > = a$، بین خورشید و سیاره ارتباط برقرار می کند و سبب می شود که قانون سوم کپلر، که برحسب رابطه بین خطوط مایل دوره ها بیان شده است نسبت به قوانین اول و دوم کپلر (به لحاظ نقش مسلط خورشید) در وضعیت یکسانی قرار بگیرد.

**مترجم: سید مجید غدیری**


**منبع:** The Physicas Teacher Vol.36,April 1998


1. Manferd Bucher
2. Duane P. Siemens

# محاسبهٔ رآکتانس (واکنایی) AC بدون حسابان

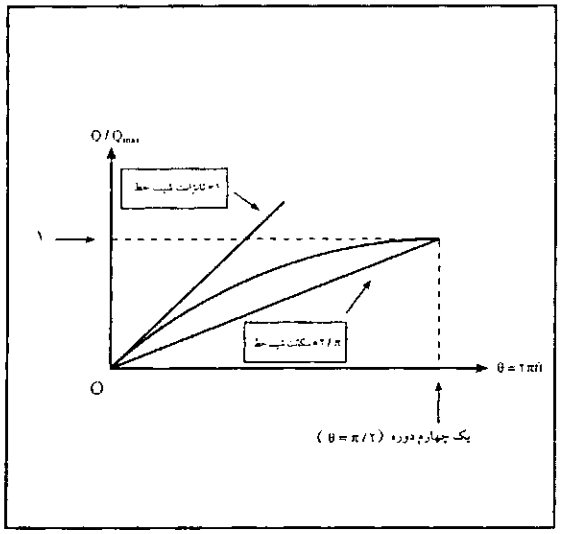
راسل آکریج

در کتابهای درسی متعارف فیزیکِ بر مبنای حسابان، بی‌درنگ فرمولهای $X_C=\frac{1}{2\pi fC}$ و $X_L=2\pi fL$ را برای رآکتانس (واکنایی) ظرفیت و القاییدگی جریانهای متناوب (ac) به دست می‌آورند. اثبات این فرمولها توأم با دیفرانسیل گیری و یا انتگرال گیری است. و چون این کار مفاهیم معیّنی را با خود به همراه می‌آورد، رضایت بخش است. ولی کتابهای درسی متعارف فیزیکِ بدون حسابان، به روشنی قادر به حصول به چنین نتایجی نیستند و معمولاً در تمامی آنها هیچگونه اثباتی به چشم نمی خورد. و البته حضور این فرمولهای نسبتاً پیچیده آنهم بدون هیچگونه اثباتی ناخوشایند است. رآکتانسها، برخلافِ مقاومتها، تابع بسامد هستند. چرا یک رآکتانس بطور مستقیم و دیگری بطور معکوس به بسامد بستگی دارد؟ چرا در حالی که L در فرمول راکتانسِ القاییدگی، ضریب است، C در فرمول راکتانسِ ظرفیتیِ مقسوم علیه است؟ چرا باید یک عاملِ عددی در فرمولهای رآکتانس موجود باشد؟ و چرا آن عامل باید عدد $2\pi$ باشد؟

اما ما خبر خوبی برای شما داریم. ما قادر به انجام محاسبه ساده شده‌ای برای رآکتانس ظرفیت شده ایم. رویدادهایی را در مدّت یک رُبع دورِ $\Delta t=\frac{T}{4}$، که در آن $T$ دوره است، در زمانی که ولتاژ خازن از صفر به بیشینه اش $V_{max}$ می رسد، در نظر بگیرید. در این دورهٔ زمانی، بار $\Delta Q$ ی خازن، برابر با $\Delta Q=C\Delta V=CV_{max}$ می شود، که در آن C ظرفیت خازن است. جریان میانگین، $I_{ave}$، به قرار زیر است:

$$I_{ave}=\frac{\Delta Q}{\Delta t}=\frac{CV_{max}}{\frac{1}{4}T}=4fCV_{max} \qquad (1)$$

رابطهٔ ترسیمی بین جریان لحظه ای حقیقیِ بیشینهٔ خازن ($I_{max}$) و جریان میانگین در این رُبع دَور، در نمودار (۱) نمایش داده شده است.




◆ **نمودار ۱. نسبت بار لحظه ای خازن به بار بیشینه اش بر حسب مقدار دور بارگیری سپری شده. توجه کنید که یک دور کامل برابر با $\theta=2\pi$ رادیان است.**

این نمودار، تمایشی است از نسبت بار لحظه ای خازن ($Q$) به بار بیشینهٔ آن $Q_m$. چون جریان، ناشی از تغییر بار است، $I_{ave}$ با شیب خطی که ازمبداء به نقطه ای بر روی ربع دور اوّل متصل می شود و $I_{max}$ با شیب خط مستقیمی که در مبداء بر منحنی مماس است، متناسب می شود. این شیبها به ترتیب برابر با $\frac{4}{\pi}$ و ۱ هستند (به نمودار ۱ مراجعه شود).

بنابراین نسبت به $I_{ave}$ به $I_{max}$ برابر با نسبت این شیبهاست: $\frac{I_{ave}}{I_{max}} = \frac{۲}{\pi}$ و در نتیجه:

$$I_{ave} = \frac{۲}{\pi} I_{max} \qquad (۲)$$

با قرار دادن این فرمول در معادلهٔ (۱) خواهیم داشت:

$$V_{max} = (\frac{۱}{۲\pi fc}) I_{max} \qquad (۳)$$

و با مقایسه این رابطه با تعریف

$$V_{max} = I_{max} X \qquad (۴)$$

برای رآکتانس جریانهای متناوب به رابطهٔ زیر می رسیم

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f c} \qquad (۵)$$

که همان فرمول رآکتانس ظرفیتی است که به طور مرسوم از محاسبات ریاضی به دست می آمد.

برای یک القاگر نیز، ما از روشهای مشابهی جهت رسیدن به فرمول رآکتانس القای برای مدارهای ac بهره می گیریم. یک ربع دور را در زمان $\Delta t = \frac{T}{۴}$، هنگامی که ولتاژ القاگر از صفر به $V_{max}$ و جریانش از $I_{max}$ به صفر می رسد در نظر بگیرید. ولتاژ متوسط ناشی از خود القایدگی، $V = -L\frac{\Delta I}{\Delta L}$، در یک رُبع دور به قرار زیر خواهد شد.

$$V_{ave} = -L(\frac{-I_{max}}{T/۴}) = ۴fLI_{max} \qquad (۶)$$

ولتاژ لحظه ای القاگر درست مثل بار لحظه ای خازن بطور سینوسی تغییر می کند. بنابراین نتیجهٔ ترسیمی بیان شده در معادلهٔ (۲) که مربوط به جریانهای خازنی است، برای ولتاژ القاگر نیز به کار می رود. لذا:

$$V_{ave} = \frac{۲}{\pi} V_{max} \qquad (۷)$$

و با قرار دادن این رابطه که برای ولتاژ متوسط در یک رُبع دور حاصل شد، در معادلهٔ (۶) خواهیم داشت:

$$V_{max} = ۲\pi f L I_{max} \qquad (۸)$$

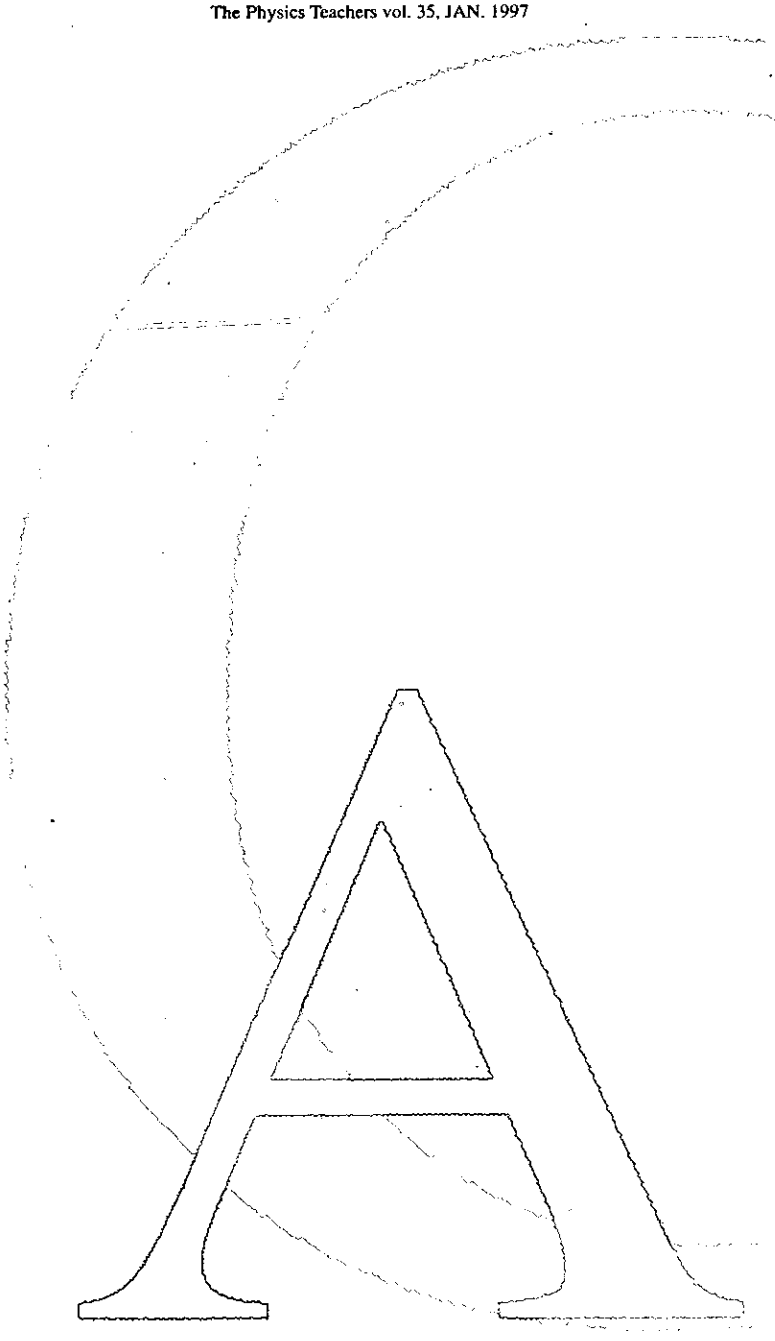
مقایسه این فرمول با معادلهٔ (۴)، تعریف زیر را برای رآکتانس می دهد:

$$X_L = ۲\pi f L \qquad (۹)$$

که همان فرمولی است که به طور مرسوم با محاسبات ریاضی رآکتانس القاییدگی حاصل می شد.

**مترجم: محمدرضا خوشبین خوش نظر**

The Physics Teachers vol. 35, JAN. 1997



هفتمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران
یزد، ۸ تا ۱۰ فروردین ۱۳۷۷

# کوارکها و لپتونها، ذرات تشکیل دهندهٔ عالم

محسن سربیشه ای
دانشگاه فردوسی مشهد

## ۱ ـ کوارکها و لپتونها

سؤالی که از قدیم الایام فلاسفه و دانشمندان مطرح می کرده اند این بوده است که ماده از چه ساخته شده است؟ یونانیان قدیم معتقد بودند که ماده از اجزاء کوچک تقسیم ناپذیری ساخته شده است، که آن را «اتم» می نامیدند. البته در همان زمان عده ای باز می پرسیدند که خود اتم از چه ساخته شده است؟ و این سؤالی است که، با وجود پیشرفتهای زیاد علم هنوز هم از سؤالهای اصلی علم است.

برای پاسخ دادن به این سؤال لازم است به اشیاء نگاه کنیم و جزئیات آنها را بررسی کنیم. برای روشن شدن مطلب ابتدا فرایند نگاه کردن به اشیاء را توصیف می کنیم. برای دیدن یک جسم ابتدا لازم است آن را به وسیلهٔ چشمه ای روشن کنیم، سپس تابش بازتابیده از جسم را با یک آشکارساز مشاهده کنیم. به عنوان مثال برای دیدن یک کتاب، خورشید (یا لامپ) می تواند به عنوان چشمه در نظر گرفته شود. نور این چشمه پس از برخورد به کتاب باز می تابد و چشم (که در اینجا همان آشکارساز است) آن را مشاهده می کند. برای دیدن جزئیات بیشتر (مثلاً اتمها) چشم غیر مسلح کافی نیست. امروزه با میکروسکوپها می توانیم ساختارهای بسیار کوچک را مشاهده کنیم. در واقع میکروسکوپ توانائی تشخیص اشیاء از یکدیگر را افزایش می دهد. در اینجا نیز عامل روشن کننده نور است. می دانیم که هر چه طول موج نور کوچکتر باشد (یا انرژی فوتونهای مربوطه بیشتر باشد) قابلیت تفکیک آن بیشتر خواهد بود. با یک نور مشخص نمی توان دو نقطه را که فاصلهٔ آنها از یکدیگر از طول موج آن نور کوچکتر است از یکدیگر تشخیص داد. اما محدودهٔ طول موج نور مرئی محدود است و لذا حداکثر فاصله ای را که می توان با نور معمولی به کمک میکروسکوپ از یکدیگر تشخیص داد در حدود $10^{-6}m$ است. بنابراین اگر از نور به عنوان عامل روشن کننده استفاده کنیم از این مرز نمی توانیم جلوتر برویم.

اما بر اساس نظریهٔ مکانیک کوانتومی و بر طبق «*فرضیه دوبروی*» به هر ذره با اندازه حرکت p یک موج با طول موج $\lambda$ نسبت داده می شود به طوری که $\lambda = \frac{h}{p}$. بنابراین می توان به جای نور (موج الکترومغناطیسی) که ذرهٔ متناظر آن *فوتون* است، از ذرات دیگر، مثلاً *الکترون*، برای روشن ساختن ماده استفاده کرد. در این صورت می توانیم با شتاب دادن به الکترونها سرعت آن ها را زیاد کنیم و در نتیجه امواج

الکترونی با طول موجهای کوچکتر تهیه کنیم و در نتیجه بیشتر به داخل ماده نفوذ کنیم. دستگاهی که این کار را انجام می دهد «*میکروسکوپ الکترونی*» نامیده می شود. با میکروسکوپ الکترونی می توان تا *ابعاد مولکولی* را از هم تمیز داد. برای تشخیص ساختارهای ریزتر، مثلاً هستهٔ اتمها، نیاز به انرژیهای زیادتری است که این انرژیها با میکروسکوپ الکترونی قابل دسترس نیست.

این ایده ها سرآغاز ساخت «*شتابدهنده*» های نوین شد. در سالهای بین ۱۹۲۸ تا ۱۹۳۲ توانستند دستگاه شتابدهندهٔ «پروتون» را بسازند. با توجه به اینکه جرم پروتون در حدود دو هزار برابر جرم الکترون است، مسلماً وقتی به سرعتهای بالا برسد طول موج آن خیلی خیلی کوچکتر از طول موج الکترونها خواهد بود. با این کار توانستند به داخل هستهٔ اتم نفوذ کنند. در واقع شتابدهنده ها مانند تلسکوپها عمل می کنند و اطلاعات «*جهان زیر اتمی*» را برملا می سازند.

با پیشرفت تکنولوژی ساخت شتابدهنده ها، در سالهای بین ۱۹۵۲ تا ۱۹۵۴ شتابدهنده های جدیدی ساخته شد و وقایعی از جهان کوچک «ریز هسته ای» کشف شد که به هیچوجه قابل پیش بینی نبود. به این ترتیب که با شتاب دادن پرتوهای پروتون و برخورد دادن آنها با ماده مرتباً ذرات جدیدی که تا آن زمان مشاهده نشده بود کشف می شد. این ذرات را «*هادرون*» نامیدند. قبل از کشف این هادرونها تنها چند ذره شناخته شده بود: *الکترون*، *پروتون*، *نوترون*، *فوتون*، *نوترینو*، و *پیون* که به عنوان عامل بر هم کنش *نوکلئونها* (پروتون و نوترون) در داخل هسته به شمار می رود. تا اواخر دههٔ ۱۹۶۰ آنقدر تعداد این ذرات زیاد شده بود که برای نامگذاری آنها حروف الفبا کافی نبود! لازم به توضیح است که این ذرات جدید همگی ناپایدارند و به سرعت وامی پاشند.

برای مطالعهٔ خصوصیات این ذرات از دستگاهی بنام «*اتاقک حباب*» استفاده می کردند. از رد پای ذرات در این دستگاه خواص آنها مورد مطالعه قرار می گرفت. از ذرات شناخته شده تنها پروتون، الکترون، فوتون، و نوترینو پایدارند و سایر ذرات ناپایدار هستند. عمر بسیاری از هادرونها آنقدر کوتاه است که حتی در داخل اتاقک حباب از خود جای پا به جا نمی گذارند.

با این تعداد ذرات جدید به نظر می رسد که هنوز این سؤال که ذرات واقعاً بنیادی کدام اند باقی است. در آن زمان برای فیزیکدانان سه نظریهٔ زیر منطقی به نظر می رسید:

(۱) «**جهان های تو در تو**»، یعنی هر گاه به سطحی از ماده برسیم ملاحظه می کنیم که ماده در آن سطح بنیادی نیست و یک سطح زیرین تر وجود دارد، و این رفتار بدون حد ادامه دارد.

(۲) «**نازلترین سطح**»، یعنی در نهایت به سطحی از ماده می رسیم که دیگر قابل تقسیم نیست.

(۳) «**فرضیه بند کفش**»، یعنی به سطحی از ماده می رسیم که هم بنیادی و هم مرکب است.

در آن زمان انتخاب سوم از بقیه موجه تر به نظر می رسید زیرا از برخورد هادرونها با یکدیگر چیز جدیدی به دست نمی آمد و دوباره هادرون تولید می شد.

در دههٔ ۱۹۶۰ یک فیزیکدان نظری بنام گلمان توانست بر اساس یک مدل ریاضی و بر اساس تقارن این هادرونها را طبقه بندی کند. (البته این هادرونها در دو دسته عمده قرار داشتند: آنهائی که اسپین نیمه صحیح دارند، مثل پروتون و نوترون، که به آنها «*باریون*» گفته می شود، و آنهائی که دارای اسپین صحیح یا صفرند، مانند پیون، که به آنها «*مزون*»

می گویند.)

بر اساس طبقه بندی «گلمان»، هادرونهای موجود را می توان از ذرات بنیادی تری ساخت. گلمان، این ذرات را که در آن زمان سه تا فرض می شد «**کوارک**» نامید و آنها را با u «**بالا**»، d «**پائین**»، s «**شگفت**» نشان داد. در این مدل که به «**مدل کوارکی**» موسوم است باریونها از سه کوارک و مزونها از **یک کوارک و یک پادکوارک** ساخته شده اند. به عنوان مثال پروتون از کوارکهای uud ساخته شده است و مزون $\pi^+$ از $u\bar{d}$ ساخته شده است. در اینجا $\bar{d}$ معرف **پاد**ذرهٔ d است. بعداً به طور تجربی در پراکندگی الکترون ـ پروتون معلوم شد که پروتون ذرهٔ نقطه ای نیست و دارای ساختار داخلی است.

این ذرات جدید دارای خواص جدیدی هستند که هادرونها فاقد آن هستند. به عنوان مثال بار الکتریکی آنها **کسری** است، و همان طوری که خواهیم دید دارای یک عدد کوانتومی دیگر بنام رنگ می باشد، و در هیچ آزمایشی مستقیماً مشاهده نشده اند.

با این آزمایشها ذراتی که در داخل هسته هستند مورد بررسی قرار گرفت. سؤال دیگری که مطرح می شود این است که آیا کوارک نوع دیگری وجود دارد؟ برای پاسخ به این سؤال آزمایش نوع دیگری طراحی شد. در این آزمایش پراکندگی الکترون ـ پوزیترون را مورد مطالعه قرار دادند. در این آزمایش الکترون و پوزیترون یکدیگر را نابود کرده تبدیل به انرژی می شوند و مجدداً این انرژی تبدیل به ماده می شود. اگر این انرژی به قدر کافی زیاد باشد ممکن است در صورتی که ذرهٔ جدیدی وجود داشته باشد تولید شود. در سال ۱۹۷۴ در همین نوع آزمایش وجود یک کوارک دیگر تثبیت شد. این کوارک را «**افسون**» نامیدند و با c نمایش می دهند. این کشف نظریه مدل کوارکی را قوت بخشید. به طوری که فیزیکدانان عموماً معتقدند که کوارکها ذرات بنیادی هستند. در آزمایشهای بعدی کوارکهای سنگین تر b «**ته**» و t «**سر**» نیز کشف شدند.

بدین ترتیب سطوح مختلف ماده که تاکنون به آنها دست یافته ایم عبارت اند از:

**مولکولها ← اتمها ← هسته ها ← هادرونها ← کوارکها**

تا اینجا از اتم شروع کردیم و در داخل هسته نفوذ کردیم. اما همان طوری که می دانیم و دیدیم در اتم ذراتی بنام الکترون نیز وجود دارند. جایگاه این ذرات کجاست؟ این ذره یکی از انواع دیگر ذرات بنام «**لپتونها**» هستند که بر هم کنش آنها نسبت به هادرونها ضعیف تر است. از این ذرات نیز شش نوع وجود دارند که همانند کوارکها بنیادی هستند. لپتونها و کوارکها همگی دارای *اسپین* $\frac{1}{2}$ هستند. لپتونها عبارت اند از:

$$e, \nu_e, \mu, \nu_\mu, \tau, \nu_\tau$$

آیا ممکن است کوارکها و لپتونها خود ذرات مرکب باشند؟ در حال حاضر این ذرات به عنوان ذرات بنیادی در نظر گرفته می شوند. برای اینکه به این سؤال پاسخ دهیم لازم است به انرژیهای بسیار بالاتر دست یابی پیدا کنیم.

**جدول ۱ ـ کوارکها**

| نام | نشانه | بار الکتریکی | اسپین |
|---|---|---|---|
| بالا | u | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}$ |
| پائین | d | $\frac{-1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ |
| شگفت | s | $\frac{-1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ |
| افسون | c | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}$ |
| ته | b | $\frac{-1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ |
| سر | b | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}$ |

**جدول ۲ ـ لپتونها**

| نام | نشانه | بار الکتریکی | اسپین |
|---|---|---|---|
| الکترون | e | -۱ | $\frac{1}{2}$ |
| نوترینو الکترون | $\nu_e$ | ۰ | $\frac{1}{2}$ |
| میوئون | $\mu$ | -۱ | $\frac{1}{2}$ |
| نوترینو میوئون | $\nu_\mu$ | ۰ | $\frac{1}{2}$ |
| تاؤ | $\tau$ | -۱ | $\frac{1}{2}$ |
| نوترینو تاؤ | $\nu_\tau$ | ۰ | $\frac{1}{2}$ |

**۲ ـ نیروها**

حال به بینیم این ذرات در سطوح مختلف با چه نیروهائی به هم می پیوندند. ابتدا لازم است در مورد

ساز و کار اعمال نیرو در سطح کوانتومی توضیحاتی بدهیم بنا به این نظریه اعمال نیرو بین ذرات از طریق مبادلـه یـک نوع ذرات دیگر انجام می شود. مشخصات این ذرات مبادله شده به نوع نیرو یا بر هم کنش بستگی دارد. ایـن ذرات بـر خلاف کوارکها و لپتونها دارای *اسپین صحیح* هستند. اکنون انواع نیروها را به اختصار شرح می دهیم.

### (الف) نیروی گرانشی

ـ این نیرو که مشهودترین نیرو است بین هر دو جرمـی اعمال می شود.

ـ عامل این بر هم کنش جرم است.

ـ ضعیف ترین نیرو است.

ـ برد آن بینهایت است.

ـ همواره جاذبه است.

ـ حرکت سیارات به دور خورشید، سقوط اجسام بـر روی زمین، ... از این نوع بر هم کنش هستند.

ـ ذرهٔ حامل این بر هم کنش *«گراویتون»* است که *اسپین* آن ۲ و جرمش صفر است.

این ذره تاکنون آشکارسازی نشده است.

### (ب) نیروی الکترومغناطیسی

ـ این نیرو بین ذرات باردار ساکن یا در حال حـرکـت وارد می شود.

ـ هم به صورت جاذبه و هم دافعه وجود دارد.

ـ عامل این کنش *بار الکتریکی* است.

ـ تشکیل اتمها و مولکولـهـا بـه خـاطـر وجـود ایـن نیروست.

ـ برد آن بینهایت است.

ـ ذرهٔ حامل آن *«فوتون»* است که بدون بار و بدون جرم است.

### (ج) نیروی رنگ

ـ این نیرو بین کوارکها وارد می شود.

ـ عامل این بر هم کنش *رنگ* است.

ـ هر کوارک علاوه بر بار الکتریکی می تواند در سه رنگ *آبی*، *قرمز*، سبز وجود داشته باشد.

ـ از ویژگیهای این نیرو این است که وقتی کوارکها بـه یکدیگر بسیار نزدیک هستند این نیرو تقریبـاً صفر است و وقتی از هم دورتر می شوند جاذبهٔ بین آنها قویتر می شود، به طوری که نمی توان آنها را از یکدیگر جدا کرد. به همین دلیل کوارک آزاد در آزمایشگاه کشف نشده است. به ایـن ویژگی *محبوس بودن کوارکها* گفته می شود.

ـ ذرات حامل این برهم کنـش *گلوئون*ها هستند، کـه *تعدادشان ۸* است.

ـ جرم و بار الکتریکی آنها صفر ولی دارای رنگ هستند.

ـ تشکیل هادرونها به خاطر این نیرو است.

ـ در واقع جاذبه نوکلئونها در داخل هسته نیز به نیروی رنگ بین کوارکها برمی گردد.

### (د) نیروی ضعیف

ـ این نیرو مسئول واپاشی کُند ذرات است.

ـ برد این نیرو بسیار کوتاه است.

ـ ذرات حامل این بـر هـم کـنـش ذرات $W^+, W^-, Z$ هستند. که جرم آنها مخالف صفر است.

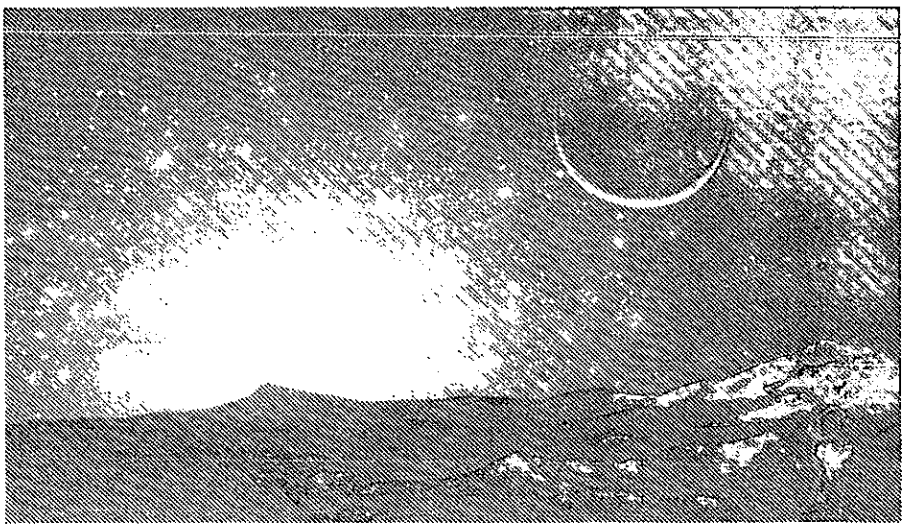
**جدول ۳ـ ذرات واسطه بر هم کنش ها**

| نام و نشانه | عامل بر هم کنش | حامل بر هم کنش |
|---|---|---|
| گراویتون | جرم | گرانشی |
| فوتون | بار الکتریکی | الکترومغناطیسی |
| گلوئون (۸ ذره) | رنگ | قوی |
| ذرات $W^+, W^-, Z$ | بار ضعیف | ضعیف |

از جمله تلاشهائی که انجام می شود مربوط به وحدت این نیروهاست. در این زمینه موفقیتهای زیادی نیز حاصل شده است.

# نظریه‌های خیالی درباره کهکشانهای متشکل از پادماده در فاصله دور

گاری تاوبز



برای آنانکه در اندیشه جهانی متشکل از نیمی ماده و نیمی پادماده هستند یافته های اخیر دلسرد کننده خواهد بود. این یافته ها حاکی از آن است که علی رغم رویاهای علمی تخیلی مطرح در همه جا هیچ پاد کهکشانی وجود ندارد. این نتیجه، دستاورد تحقیقات یک گروه سه نفری نظریه پرداز است که تجزیه و تحلیل مفصلی در مورد فیزیک نابودی ماده و پادماده و درخش پرتو گاما انجام داده اند که در سراسر آسمان گسترده شده است. حاصل تحقیقات آنها که در مجله استروفیزیکال جورنال فوریه گزارش شده بود می تواند یک پیروزی برای عقل سلیم به شمار آید. اما یک معمای همیشگی تأکید دارد: چرا مهبانگ این چنین علاقه مند به ماده است؟

جهان حاصل از مهبانگ باید شامل قسمتهای مساوی ماده و پاد ماده می بود ولی کیهان شناسان مدت مدیدی است که می دانند جهان اطراف کاملاً متشکل از ماده است. اکنون فیزیکدانان اندی کوهن از دانشگاه بوستون ـ آلوار و دِراجولا از سِرن (آزمایشگاه فیزیک بخش اروپایی نزدیک جنوا) و شلدون گلاشو از دانشگاه هاروارد تأکید دارند که ماده قسمت اعظم بخش قابل رؤیت جهان را تشکیل می دهد.

آنها انرژی منتشر شده در هنگام برخورد ماده و پاد ماده و نابودی آنها را به دقت اندازه گیری کردند و نتایج حاصل را با اندازه گیریهای واقعی قبلی پرتو گاما مقایسه کردند و به این ترتیب وجود حوزه های بزرگ پادماده را رد کردند. دیوید شرام از دانشگاه شیکاگو در این باره چنین می گوید «این شاید بهترین اندازه گیری از گستره نابودی و طیف پرتوهای گاما است که تاکنون انجام یافته است».

بهترین توضیح برای نبود پادماده در فضای نزدیک این است که بلافاصله پس از مهبانگ یک عدم تقارن مختصر بین ماده و پادماده ایجاد شد. این عدم تقارن سبب شد هنگامی که جفت نابود شد مقدار ماده بیشتری در جهان باقی بماند و به آن ظاهر یک جهان تهی از پادماده را بدهد. اما تصویر به دست آمده بیشتر وابسته به باور است تا داده های قابل اطمینان. نامتقارنیها در پارامترهای کوانتوم فیزیکی وابسته ـ مخصوصاً پدیده ای به نام نقض CP ـ در حال حاضر کمتر از حد مورد نیاز به نظر می رسد.

عدم قطعیت راهی را برای سناریوی دوم گشود، جهان

با مقادیر مساوی ماده و پاد ماده در حوزه های جدا از هم آغاز شده است وقتی که جهان تازه تولد یافته یک رشد سریع نمایی به نام انبساط را پشت سر می گذاشت این حوزه ها چنان به سرعت رشد می کردند که هیچگاه زمان لازم را برای نابودی کامل نمی یافتند. اگر چنین باشد جهان امروز باید شامل حوزه های بزرگ پاد ماده در مقیاس یک خوشه کهکشانی یا بزرگتر باشد. این کهکشانها به نظر ما مانند کهکشانهای عادی هستند اما کوهن می گوید باید اثرات غیر قابل انکاری از نابودی ماده ـ پاد ماده در مرز بین حوزه ها وجود داشته باشد.

به نظر او اگر ماده و پاد ماده در یک زمان و یک مکان نزدیک هم قرار بگیرند پرتوهای گاما با انرژی بالا در مرزهای آنها به وجود می آیند. اما علائم حاصل از حوزه های بزرگتر ـ حداقل در ابعاد خوشه های بزرگ ـ می توانند نادیده گرفته شوند. نابودی از ابتدای تاریخ در مرزهای بین دو محدوده آغاز شده است. «این پرتوهای گاما که همه جا را در بر گرفته است با انبساط جهان به انرژیهای پایین تر منتقل می شوند (انتقال به سرخ ـ اثر هابل). هم اکنون یک پرتو گامای زمینه پخشیده وجود دارد که هیچکس کاملاً نمی داند از کجا آمده است. یکی از پیشنهادهای مطرح از چند دههٔ قبل آن است که این پرتوها ناشی از پادماده است».

دوراجولا و گلاشو این نظریه را با محاسبه طیف پخشیدهٔ فوتونهای حاصل از نابودی ماده ـ پاد ماده در ابتدای جهان آزمایش کردند. این فرایند را می توان «بمب نهایی» درنظر گرفت. به گفتهٔ دوراجولا یک گاز که با یک پاد گاز برخورد می کند در یک بمباران نور نابود می شود و پاد ذرات و ذرات که به نوبهٔ خود هم پاد گاز و هم گاز را گرم می کنند باعث نابودی سریعتر آنها می شوند حاصل همچنان نابودی بیشتر و گرمای بیشتر است ... محاسبه انرژی حاصل از این واکنشهای زنجیره ای نسبتاً مشکل است (دوراجولا این مرحله را دقیقاً یک کاربرد پرزحمت در استفاده از دانش ما در محاسبات پیچیده ترمودینامیک می داند)

سه فیزیکدان به این نتیجه رسیدند که حتی در محافظه کارانه ترین تحلیل ها نابودی ماده و پاد ماده باید سیگنالی پنج بار بزرگتر از پرتوی گامای زمینهٔ پخشیده و قابل مشاهده تولید کند به گفتهٔ گلاشو: «این یک اثر فوق العاده عظیم است».

کوهن خاطر نشان می سازد که هنوز چندین راه گریز وجود دارد برای مثال اگر جهان دقیقاً شامل دو حوزه یکی کاملاً ماده و یکی کاملاً پاد ماده باشد تجزیه تحلیل های ما منطقی به نظر نمی رسد به گفته او «اگر شما به یک سمت نگاه کنید این امکان وجود دارد که در کل هیچ پرتو گامایی مشاهده نکنید» بنابراین ما در این مورد هیچ حرفی برای گفتن نداریم.

به اعتقاد شرام تجزیه تحلیل ها به طور یقین تعصبات نظریه های پیشین را که می گوید پاد ماده وجود ندارد قوت می بخشد. اما کار فقط به خاطر روشنگری نظریه پردازان انجام نشده است. در ۱۹۹۵ فیزیکدانی از سرن و مؤسسهٔ تکنولوژی ماساچوست به نام سام تینگ به کار روی یک آشکارساز به منظور پرواز در ایستگاههای فضایی که پرتوهای کیهانی پاد ماده مثل هسته های ضد کربن را که از ضد کهکشانهای دور می آیند جستجو می کنند پرداخت. قرار بود که آزمایش تینگ در شاتل فضایی ماه می ۱۹۹۷/۱۳۷۶ انجام گیرد، تینگ قول یک شام را به دو راجولا، گلاشو و کوهن داده بود به شرط آنکه تحلیل های آنها این احتمال را که آشکارساز او پاد هسته های کیهانی را مشاهده کند افزایش دهد. وی فعلاً موضوع شام را منتفی می داند.

اما تینگ که می داند چه موقع نظریات پیش بینی شده را نادیده بگیرد و به خاطر آن جایزه نوبل را برده دلسرد نشده است. به نظر گلاشو «مسئلهٔ مهم آن است که هیچ آزمایش مستقیمی تاکنون برای اندازه گیری ترکیبات پرتوهای کیهانی انجام نیافته است» و می افزاید «ما به طور قطع ادعا نمی کنیم که یافتن پاد ماده برای تینگ غیر ممکن است» بلکه می گوییم شواهد و قراین موجود حاکی از نبود آن است. به این ترتیب اگر او موفق به یافتن شد تمام طرح و نقشه ها را به هم می زند.

مترجم: محبوبهٔ محمدی

science vol 279 ,10 october 1997, p 226

# سیاهچاله‌ها چگونه سیاه باقی می‌مانند

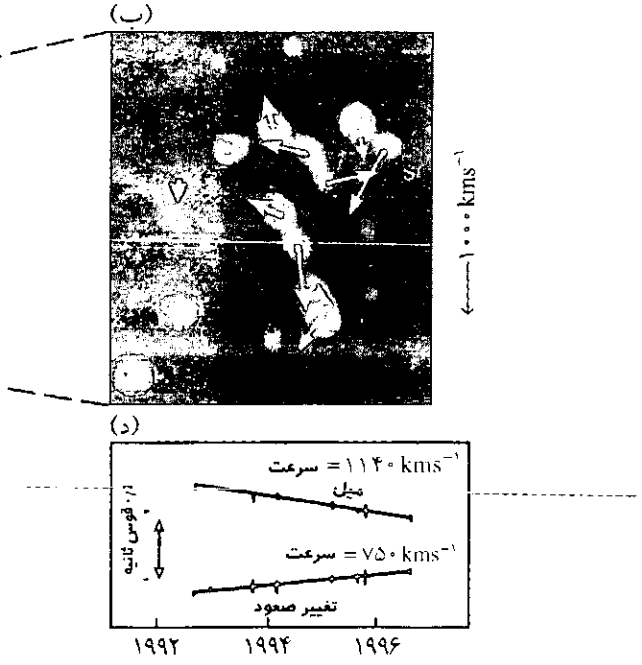
ریچارد گنزل

**به احتمال زیاد یک سیاهچاله پر جرم در مرکز کهکشان ما، و شاید مرکز بیشتر کهکشانها وجود دارد. تیرگی آنها باعث تعجب اختر فیزیکدانان شده است، اما یک توضیح ممکن در رفتار پلاسمایی که مصرف می کنند بافت شده است.**

در نظریهٔ نسبیت عام، سیاهچاله ها تراکم جرم بسیار عظیمی هستند که حتی نور هم نمی تواند از جاذبه آنها بگریزد. برخلاف آن، در اختر فیزیک برون کهکشانی سیاهچاله ها را بهترین راه برای توجیه درخشندگی هسته های کهکشانی فعال در فاصله های زیاد، مانند کوازارها، در نظر می گیرند. اخیراً، شواهدی به دست آمده اند که نشان می دهد سیاهچاله های بزرگ در مرکز بسیاری، شاید اغلب، کهکشانهای عادی نیز وجود دارند اما این کهکشانها تابشی بسیار کمتر از آنچه انتظار می رود تولید می کنند. در یک مقاله چاپ شده در *استروفیزیکال جورنال* ۱۰ ژانویه، رامش نارایان و همکارانش توضیحی ارائه داده اند که چرا یک چنین سیاهچاله ای، که گمان می رود در مرکز کهکشان ما وجود دارد، بدین سان آرام است.

تناقضی که در بالا شرح داده شد را می توان بدین گونه حل کرد که توجه کنیم سیاهچاله ها فقط در افق رویداد، شعاع به اصطلاح شوارتس شلید، که برای سیاهچاله ای با جرم یک میلیون برابر جرم خورشید برابر سه میلیون کیلومتر است، کاملاً «سیاه» هستند. در خارج از این شعاع، نور می تواند از جاذبه آن بگریزد. سیاهچاله های پر جرم در هسته های کهکشانی به واسطهٔ کشش گرانشی بسیار زیادشان ستارگان مجاور و گاز میان کهکشانی را می مکند. مادهٔ در حال تراکم (به احتمال زیاد به صورت یک قرص چرخان) در مسیرش به طرف سیاهچاله به واسطه چسبندگی بین اتمها گرم می شود و بدین ترتیب انرژی گرانشی را به تابش تبدیل می کند. محاسبات نشان می دهند که در این قرصهای متراکم در حدود ۱۰ درصد انرژی جرم سکون اولیه به صورت تابش درمی آید. این یک چشمه تابش با بیشترین کارآیی است که می توان تصور کرد، همجوشی هسته ای در ستارگان چشمه بعدی با فاصلهٔ زیاد از آن است. بدین دلیل و چند دلیل دیگر مدل «سیاهچاله پر جرم در حال رشد، توجیه استاندارد برای خروجی تماشایی انرژی از کوازارها بوده است.

در خلال دههٔ گذشته، منجمان رصدهایی با تفکیک فزاینده انجام دادند تا این مدل سیاهچاله را در کهکشانهای نزدیک با درخشندگی کم بیازمایند. توزیع جرم را می توان با اندازه گیری سرعت گاز و ستارگان به دست آورد. تمرکزهای جرم تاریک و فشرده بین یک میلیون تا چند بیلیون برابر جرم خورشید در حدود یک دو جین از کهکشانهای مجاور وجود دارد[۲]. اکنون با اطمینان می توان گفت که کهکشان NGC 4258 (مرجع ۳) و مرکز کهکشان خود ما[۴]، جرم مرکزی تاریک نمی تواند چیزی جز یک سیاهچاله باشد. در مورد کهکشان ما، دلیل وجود سیاهچالهٔ به جرم $۲\times۱۰^{۶}$ برابر جرم خورشید اندازه گیریهای سرعتهای شعاعی و ویژه حرکتهای ستارگان در فاصلهٔ پنج روز نوری از مرکز دینامیکی است، که بر یک چشمهٔ رادیویی متراکم روشن Sgr A* (شکل ـ ۱) منطبق است.

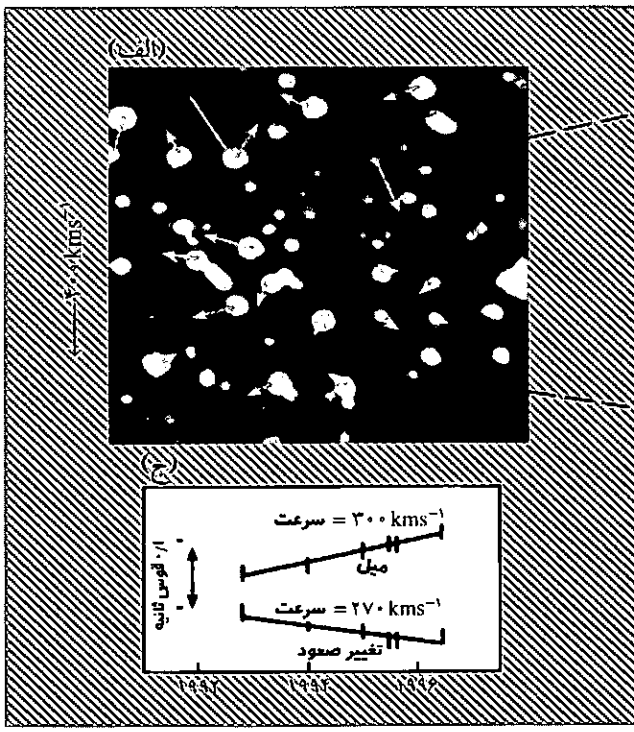


با مقایسهٔ درخشندگیهای هسته ای با مدل سیاهچالهٔ در حال رشد برای در حدود ده تا از بهترین نامزدهای سیاهچالگی، واقعیت شگفت انگیزی به دست آمده است: تعداد کمی از آنها با کارآیی بیشینه مانند یک کوازار تابش می کنند. اغلب نامزدهای سیاهچالگی مجاور به لحاظ تابش کم توان اند. حدی ترین مورد مرکز کهکشان ماست که فقط $10^{-8}$ تا $10^{-7}$ برابر توان بیشینه اش، درخشندگی به اصطلاح «ادینگتون» (که جرم سیاهچاله مرکزی آن را تعیین می کند) تابش می کند.

یک راه ظاهراً آسان برای توجیه این درخشندگیهای کم این فرض است که سیاهچاله ها با آهنگهای بسیار کند رشد می کنند. اما مرکز کهکشان حکایت دیگری را بیان می کند. سال نوری مرکزی را پلاسمای نسبتاً غلیظی از گازی پر کرده است که به صورت بادهایی از ستارگان درخشان گسیل می شوند، و با دانستن چگالی باد می توان محاسبه کرد که آهنگ جمع شدن جرم در توده مرکزی لااقل $10^{-4}$ جرم خورشید در هر سال است. با کارآیی تبدیل ۱۰ درصد. این آهنگ باعث می شود سیاهچاله در حدود ۰/۲ درصد آهنگ ادینگتون بیشینه تابش کند. بنابراین، بجزاینکه آهنگ رشد چشمه متراکم مرکزی چند مرتبهٔ بزرگی کوچکتر از مقدار بالا باشد[5]، کارآیی تابش $Sgr\,A^*$ باید کمتر از چند برابر $10^{-6}$، چهار تا پنج مرتبهٔ بزرگی کوچکتر از مدلهای قرص در حال رشد استاندارد باشد.

یکی از راه حلهای این معما را هلیاً پیشنهاد کرد، به گمان وی باد ورودی می تواند تکانه زاویه ای بسیار کمی داشته باشد، و در نتیجه به صورت شعاعی وارد شود. این جریانهای کاملاً شعاعی «بوندی- هویل» کارآیی تابش بسیار کمی دارند. هلیا سپس نشان داد که یک جریان بوندی- هویل $10^{-4}$ برابر جرم خورشید در سال به داخل سیاهچاله ای به جرم یک میلیون برابر جرم خورشید چیزی مانند طیف رادیویی یا پرتو x حاصل از $Sgr\,A^*$، از جمله گسیل فروسرخ ضعیف[4]، آن را تولید می کند. اما، حتی انحرافهای اندک از جریان کاملاً شعاعی مقدار بسیار زیادی تابشی فروسرخ تولید می کند که با آنچه مشاهده شده است سازگاری ندارد. احتمال دارد این انحرافات، لااقل به صورت گذرا، ناشی از اختلاط، کامل باد گازی ورودی، و یا بر هم کنشهای با یک قرص در حال رشد فسیلی که از قبل موجود است باشد.

کار جدید نارایان و همکاران[1] مسیر متفاوتی را دنبال می کند. در یک جریان داغ در حال رشد، گاز یونیده




**شکل ۱. ویژه حرکتهای ستارگان در مرکز کهکشان (الف) ویژه حرکتهای به دست آمده در $6''$ مرکزی به صورت بردارهایی با طول متناسب با قدر مطلق حرکت، بر تصویر فروسرخ ($2\mu m$) برهم نهاده شده است، (ب) ویژه حرکتها در نزدیکی چشمهٔ رادیویی $SgrA^*$. (ج) و (د) تغییر صعود و میل دو ستارهٔ خاص (که بر روی تصاویر بالا علامت گذاری شده اند) بین سالهای ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۷. حرکت ستاره‌ای به طور سیستماتیک با فاصله از $SgrA^*$، تا تصاویر تا $1500\ km/s$ (با فرض اینکه مرکز کهکشان در فاصله ۸۰۰۰ پارسک است) افزایش می یابد که ایجاب می کند یک جسم سیاه متراکم با جرم ۲/۷ میلیون برابر جرم خورشید در فاصلهٔ پنج روز نوری از چشمه رادیویی موجود باشد. این سیاهچالهٔ پرجرم باید در نوار فروسرخ و پرتو X به روشنی بدرخشد، اما کم نوری آن را اکنون می توان با واجفتیدگی الکترونها و یونها در گاز در حال رشد توضیح داد.**

می شود و پلاسما تشکیل می دهد. یونهای سنگین حامل بیشتر جرم و در نتیجه انرژی هستند، در حالی که الکترونها بخش اعظم تابش را (از طریق فرایندهای تابش سنکروترون، تابش ترمزی) تولید می کنند. اما در یک جریان کم چگالی شدید دماهای یونها و الکترونها ممکن است واجفتیده شوند[۸-۱۰۰] در نتیجه، بیشتر انرژی گرانشی بر اثر چسبندگی به انرژی گرمایی یونها (در یک چنبرهٔ یون داغ)[۹-۱۰] تبدیل می شود، و الکترونها آن را به صورت تابش گسیل نمی کنند.

در عوض، انرژی گرانشی با جریان پهن ـ رفت در امتداد افق رویداد سیاهچاله حرکت می کند.[۱۰،۱۱] چنین جریانی حتی در یک قرص رشد یابنده به شدت اتلافی، به کارآیی انرژی اندکی می انجامد. امکان استفاده از چنین مدلی برای مرکز کهکشان ما را بیش از یک دهه قبل پیشنهاد کردند،[۱۲] اما اکنون نارایان و همکاران نشان داده اند که یک مدل دینامیکی کمّی و خودسازگار می توان ساخت که به بیشتر رصدهای Sgr A* برای سیاهچاله ای به جرم ۲٫۶ میلیون برابر جرم خورشید که با آهنگ $10^{-4}$ برابر جرم خورشید در سال رشد می کند برازش یابد. مانند مدل بوندی ـ هویل ملیا، این مدل جریان رشد یابنده با سیطره حرکت پهن ـ رفت می تواند شکل طیف تابش گسیل شده را با قله هایی در نوارهای میلیمتری پرتو x و گسیل بسیار ضعیف در منطقه مریی و فروسرخ نزدیک توجیه کند.

با عوض کردن جهت بحث، نارایان و همکاران متذکر شدند که موفقیت این مدل (و مدل ملیا) تردیدی باقی نمی گذارد که جرم تاریک در مرکز کهکشان باید در واقع یک سیاهچاله به معنای دقیق نسبیت عام باشد. فقط اگر افق رویداد وجود داشته باشد انرژی گرانشی می تواند واقعاً از نظر ناپدید شود. در غیر این صورت، باید یک «سطح» وجود داشته باشد که در آن جریان انرژی گرانشی و گرمایی بالاخره به گرما تبدیل شود. این بحث فرض وجود سیاهچاله ها را تقویت بیشتری می کند.

طبیعی است که عدم قطعیتهایی نیز وجود دارد. اولاً، می توان پرسید با چه دقتی می توان از رصدها آهنگ جریان رشد یابنده را تعیین کرد. بجز عدم قطعیت یک مرتبهٔ بزرگی در برآورد این آهنگ، تغییرات زمانی جریان می تواند اهمیت داشته باشند. اما، زمان دینامیکی برای بادهای ستاره ای در نزدیکی Sgr A* فقط ۱۰۰ سال است، و رصدهای پرتو x پر انرژی نشان می دهد که فعالیت Sgr A* در ۱۰۰ سال قبل چندان بیش از امروز نبوده است. (پرتوهای x سخت را ابرهای میان ستاره ای چگال پراکنده می سازند. با نگاه کردن به تابش پراکنده از ابرها در فاصلهٔ ۱۰۰ سال نوری از Sgr A* ، می توان درخشندگی پرتو x آن در ۱۰۰ سال قبل را نتیجه گرفت.) ثانیاً، جزییات فیزیک پلاسمای جریان پهن ـ رفت و واقعیت جواب دو دمایی مسایل پیچیده ای هستند که تابع پارامترهای ناشناخته اند.

با وجود این، این کار بهترین پاسخ به این پارادوکس شگفت است. چرا بسیاری از سیاهچاله ها چنین سیاه اند؟ زیرا در بیشتر اوقات خوراک خود را با کارآیی اندک به تابش تبدیل می کنند.

مترجم: منیژه رهبر

Nature/ Vol 391/ January 1998 P 16 -17

# شروعی کند برای زلزله‌ها

ریچارد کِر

اگر به اختیار زلزله شناسان بود، هر زلزله یک پیش درآمد می داشت ـ روزها یا هفته ها آماده سازی در امتداد گسلی که در حال شکستن می بود. در این صورت پیش بینی زلزله به مسئله مشاهدهٔ سیگنالهای مناسب تبدیل می شد. مطالعات نظری و آزمایشگاهی نشان می دهد که گسلها با نزدیک شدن به گسیختگی باید علائم هشدار دهنده‌ای گسیل کنند، اما تاکنون کسی این علائم را نیافته است. اکنون، پژوهشگران با استفاده از یک روش دور زدن ـ آزمون اثرات کشندی بر زمان زلزله ـ شاهدی قوی را یافته اند که شروع به لغزش گسلها سبب تراکم تنش ساعتها یا روزها قبل از گسیختگی کامل می شود. به گفتهٔ توماس هیتون از انستیتوی تکنولوژی کالیفرنیا در پاسادنا «خبر خوش آن است که باید چیزی قبل از زلزله ها به وقوع بپیوندد.» اما هشدار می دهد که تضمینی برای پیشگویی موفقیت آمیز وجود ندارد پس «خبر بد آن است که این چیز ممکن است به قدری کوچک باشد که نتوان از آن استفاده کرد.»

جان وایدیل زلزله شناس دانشگاه کالیفرنیا در لوس آنجلس و همکارانش این خبر خوش را از زمان ۱۳۰۰۰ زمین لرزهٔ کوچک و متوسط در گسل سنت آندریاس کالیفرنیا در شهر پارک فیلد، و در یکی از شاخه های گسل، کالاوراس، بیرون کشیدند. محرک غایی زمین لرزه ها در این گسلها حرکت آهستهٔ صفحات تکتونیک در دو طرف است، که به طور مداوم تنشی را به میزان ۰/۱ میلی بار در ساعت به آن می افزاید که طی سالیان به مقدار ۱ تا ۱۰۰ بار لازم برای گسیختگی گسل می رسد. اما کششهای گرانشی ماه و خورشید، که در زمین نیز مانند اقیانوس باعث کشند می شوند، تنش را نیز تغییر می دهند ـ بسیار سریعتر از تغییر آن به وسیلهٔ تکتونیکها. با زیاد و کم شدن کشندها، تنش در گسلها با آهنگ چند میلی بار در ساعت به تناوب افزایش و کاهش می یابد.

اگر افزایش مداوم تنش حاصل از تکتونیکها و تغییرات سریع کشندها تنها عوامل دخیل بودند، به نظر گروه وایدیل، کشندها می توانستند گاهی سبب زلزله در گسلهایی شوند که به نقطه شکست نزدیک بودند. در این صورت اثر بسیار ظریف می بود ـ اغلب زلزله شناسان مدتها قبل طرحهای پیشگویی

شکل ـ بستر آزمون کشندی ـ کشندهای زمین در زمان زلزله‌های کوچک در گسل سنت آندریاس، که در زیر این تپه‌های نزدیک پارک فیلد قرار دارد، تاثیری ندارد.

زلزله با استفاده از کشندها را رد کرده‌اند. با وجود این، رویداد زلزله هنگامی که کشش کشندها بیشینه است، مثلاً، در هنگام شروع ماه و یا وقتی بدر کامل است، متداول‌تر است. رویداد آنها نسبت به کشندها در صورتی کاتوره‌ای می‌شود که فرایند سومی به سرعت تنش را درست قبل از زلزله وارد گسل و بر اثرات کشندی غلبه کند.

وایدیل و همکارانش برای ردیابی هرگونه تأثیر کشندی، فقط زلزله در امتداد بخشهای مستقیم دو گسل را در نظر گرفتند که بالغ بر ۱۳۰۴۲ زلزله ۱ تا ۶ ریشتری می‌شد. تعداد زیاد رویدادها همراه با جهتگیریهای معلوم گسل ـ که محاسبه قابل اعتماد تنشهای کشندی را امکان‌پذیر می‌ساخت ـ سبب حساسیت بسیار زیاد این مطالعه شد. اما آنها هیچگونه همبستگی بین دو پدیده نیافتند. از ۱۳۰۴۲ زلزله تعداد زلزله هایی که در مواقعی رخ داده بود که تنشهای کشندی در جهت شکست گسلها بود فقط ۹۶ زلزله بیشتر از مواقعی بود این تنشها مانع از آن می‌شدند. بعضی منابع تنش کوتاه مدت باید بر اثرهای کشندی غلبه کرده باشند. به نظر وایدیل «نبود همبستگی کشندی نشان می‌دهد که فرایندهای آماده‌سازی دیگری در روزهای قبل از زلزله دخیل‌اند». در ساعتهای آخر پیش از زلزله تنش باید با سرعتی چندین برابر آنچه در خلال چرخه کشندی رخ می‌دهد ـ لااقل ۱۵۰ میلی‌بار در ساعت، افزایش یابد.

آیا زلزله شناسان می‌توانند این حرکت آماده‌سازی را به دام اندازند و به وسیلهٔ آن زمین لرزه را پیشگویی کنند؟ هیچکس هنوز نمی‌داند. با توجه به نظریه ها و آزمایشهای تجربی، فرایندی که باعث ایجاد تنش می‌شود لغزش آرام اما شتابگیرنده بر قطعه کوچکی از گسل است. این لغزش باعث می‌شود که تنش در لبه های این تکه با سرعت بیشتر و بیشتر افزایش یابد، تا ناحیه بزرگتری از گسل اطراف در یک زلزله گسیخته شود. به نظر جیمز دیتریش نظریه پرداز و آزمایشگر مرکز بررسی زمین شناختی ایالات متحده در منه لو پارک در کالیفرنیا «آنچه نمی‌دانیم اندازه زلزله است». گسترهٔ برآوردها از یک قطعه به عرض چند صد متر قبل از یک زلزله ۵ ریشتری است که می‌توان آن را با زلزله سنجهایی که در نزدیکی سطح زمین دفن شده‌اند آشکار ساخت، یا فقط یک تکه به اندازهٔ چند متر که برای آن آشکارسازی ناممکن است. پژوهشگران ممکن است از زلزله بعدی ۶ ریشتری در ناحیه پر از سنجش افزار پارک فیلد تا از یک طرح پیشنهادی برای دیدبانی قطعه کوچکی از گسل پارک‌فیلد که منظماً در زلزله‌های ۱ ریشتری شکسته می‌شود دریافت دارند. این پاسخ ممکن است پیش بینی زلزله را ممکن یا برای همیشه ناممکن سازد.

مترجم: منیژه رهبر

Science vol 229, 13 February 1998, p985

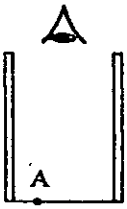
# یازدهمین المپیاد فیزیک کشور

## بخش اول: سؤال‌های چند گزینه‌ای فیزیک

**توجه:**

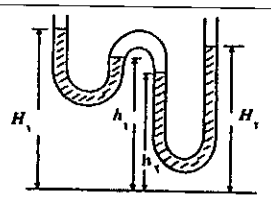
**سؤال‌های ۱ تا ۲۸ چند گزینه‌ای هستند و به هر گزینه که درست علامت زده شود نمره مثبت و به گزینه‌ای که نادرست علامت زده شود نمرهٔ منفی داده خواهد شد. نمرهٔ مثبت گزینهٔ درست و نمرهٔ منفی هر گزینهٔ نادرست همراه هر سؤال در پرانتز نوشته شده است. هر سؤال فقط یک گزینهٔ درست دارد و انتخاب بیش از یک گزینه معادل با پاسخ نادرست است.**

۱ ـ جسم $A$ در کف یک ظرف مکعب مستطیلی قرار دارد. مطابق شکل، دو دیوارهٔ متقابل ظرف آینه هستند و ناظری از بالا به درون ظرف نگاه می‌کند. ناظر می‌تواند جسم $A$ و تعدادی از تصاویر آن در آینه ها را مشاهده کند. اگر ظرف را از آب پر کنیم تعداد تصاویر قابل مشاهده از همان نقطه: $(-\frac{5}{4}, +5)$




الف) حتماً بیشتر می‌شود.
ب) حتماً کمتر می‌شود.
ج) هرگز تغییر نمی‌کند.
د) بیشتر می‌شود یا تغییر نمی‌کند.
هـ) کمتر می‌شود یا تغییر نمی‌کند.

۲ ـ درون لوله ای مطابق شکل، که در صفحهٔ قائم قرار دارد، مقداری آب می‌ریزیم. در قسمتی از لوله مقداری هوا گیر افتاده است. ارتفاع سطح آزاد آب در قسمت های مختلف لوله، مطابق شکل $H_1$، $H_2$، $h_1$ و $h_2$ است. کدامیک از گزینه های زیر الزاماً درست است؟ $(-\frac{4}{3}, +4)$



الف) $h_2 = h_1 < H_2 = H_1$

ب) $h_2 = h_1 = H_2 = H_1$

ج) $H_2 - h_2 = H_1 - h_1$

د) $H_1 = H_2$ و در حالت کلی دربارهٔ $h_2 - h_1$ چیزی نمی‌توان گفت.

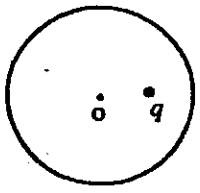
۳ـ مطابق شکل بار نقطه‌ای $q$ درون یک پوستهٔ کروی رسانای بدون بار قرار دارد. از طرف کره بر بار $q$ $(-۱, +۳)$

الف) نیرویی وارد نمی‌شود.

ب) نیرویی در راستای شعاع و به سمت مرکز وارد می‌شود.

ج) نیرویی در راستای شعاع و به سمت خارج وارد می‌شود.

د) نیرویی در راستای عمود بر شعاع وارد می‌شود.




۴ـ مقاومت الکتریکی مواد با تغییر دما تغییر می‌کند. در دماهای نزدیک صفر، مقاومت الکتریکی یک ماده در دمای $\theta$ از $R = R_0(1+\alpha\theta)$ به دست می‌آید، که در آن $R_0$ مقاومت در دمای صفر درجه و $\alpha$ ضریب ثابتی است که به جنس مقاومت بستگی دارد. $\alpha$ را ضریب دمایی مقاومت می‌نامند. حال فرض کنید دو مقاومت با ضریب دمایی مقاومت $\alpha$ و $\alpha'$، در دمای صفر درجه مقاومت‌های $R_0$ و $R_0'$ دارند. این دو مقاومت را به طور سری می‌بندیم. ضریب دمایی مقاومت معادل کدام است؟ $(-\frac{۳}{۴}, +۳)$

الف) $\frac{\alpha\alpha'}{\alpha+\alpha'}$ ب) $\frac{\alpha+\alpha'}{۲}$

ج) $\alpha+\alpha'$ د) $\frac{R_0\alpha + R_0'\alpha'}{R_0 + R_0'}$

هـ) $\frac{R_0\alpha' + R_0'\alpha}{R_0 + R_0'}$

۵ـ در یک ظرف مقدار معینی گاز کامل به حجم $V_1$ و فشار $P_1$ وجود دارد. حجم و فشار گاز را تغییر می‌دهیم تا حجم آن $V_2 = ۲V_1$ و فشار آن $P_2 = \frac{P_1}{۲}$ شود. نمودار تغییرات فشار گاز بر حسب حجم آن مطابق شکل است. دمای گاز طی این تحول: $(۴, -۱)$

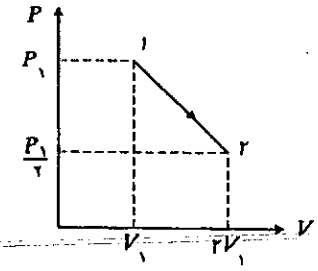
الف) همواره کاهش می‌یابد.

ب) همواره افزایش می‌یابد.

ج) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

د) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

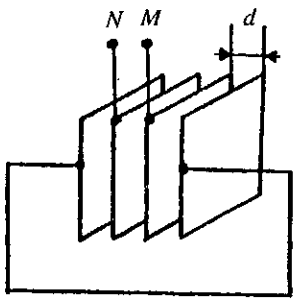
هـ) همواره ثابت است.




۶ـ مطابق شکل چهار صفحهٔ رسانا به فاصلهٔ $d$ از یکدیگر قرار دارند. مساحت هر کدام از صفحات $A$ و بین آنها هوا است. صفحات انتهایی را به یکدیگر متصل می‌کنیم. ظرفیت معادل بین نقاط $M$ و $N$ کدام است؟ $(-\frac{۴}{۳}, +۴)$

الف) $\frac{۲}{۳}\varepsilon_0\frac{A}{d}$ ب) $\frac{۱}{۳}\varepsilon_0\frac{A}{d}$

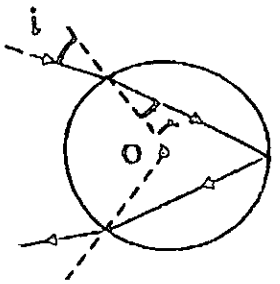
ج) $۳\varepsilon_0\frac{A}{d}$ د) $\frac{۳}{۲}\varepsilon_0\frac{A}{d}$




۷ـ پرتو نور تک‌رنگی به یک قطرهٔ باران می‌تابد و پس از یک بار بازتابش از آن خارج می‌شود. قطره را کروی فرض می‌کنیم. زاویهٔ تابش پرتو ورودی $i$ و زاویهٔ شکست $r$ است. زاویهٔ انحراف نور از جهت اولیه چقدر است؟ $(-\frac{۴}{۳}, +۴)$

الف) $\pi - 2r$ ب) $\pi + 2i - 2r$

ج) $\pi + 2i - 4r$ د) $\pi - 2i + 2r$

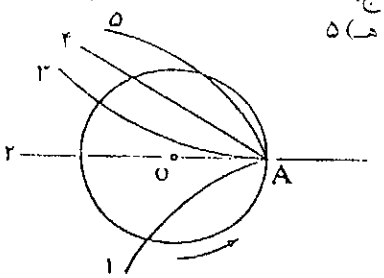



۸ـ بر روی یک میز ساکن افقی، تپانچه ای مطابق شکل با سرعت ثابت در یک مسیر دایره ای حرکت می کند. تپانچه همواره به سمت مرکز دایره نشانه می رود و دوران آن در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت است. در لحظه ای که تپانچه از نقطهٔ $A$ می گذرد، گلوله ای از آن شلیک می شود. کدامیک از مسیرهای مشخص شده در شکل می تواند مسیر حرکت گلوله بعد از شلیک باشد. $(+۴, -۱)$

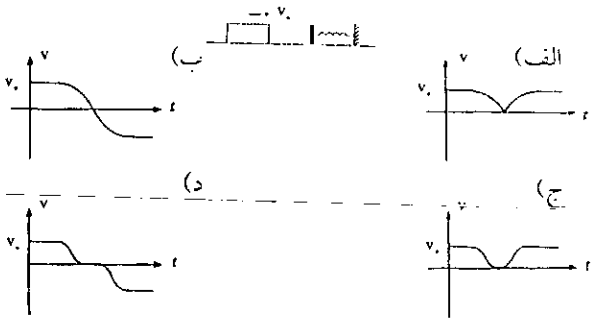
الف) ۱ ب) ۲

ج) ۳ د) ۴

هـ) ۵




۹ـ جسمی که با سرعت $V_0$ روی یک سطح افقی بدون اصطکاک در حال حرکت است، مطابق شکل با فنری برخورد می کند. کدام نمودار می تواند تغییرات سرعت جسم بر حسب زمان را نشان دهد؟ $(+۴, -\frac{۴}{۳})$




۱۰ـ یک پوستهٔ فلزی که روی پایهٔ نارسانا قرار دارد، بار الکتریکی $Q$ دارد. نیرویی که بر قسمت کوچکی از این پوسته وارد می شود را $F$ می نامیم. نیروی $F$: $(+۳, -\frac{۳}{۴})$

الف) به طرف بیرون پوسته و متناسب با $Q$ است.

ب) به طرف داخل پوسته و متناسب با $Q^۲$ است.

ج) به طرف بیرون پوسته و متناسب با $Q^۲$ است.

د) به طرف داخل پوسته و متناسب با $Q$ است.

هـ) به طرف بیرون است اگر $Q > ۰$، و به طرف داخل است اگر $Q < ۰$، و در هر دو صورت متناسب با $Q$ است.

۱۱ـ رسانایی به طول $L$ و مقطع مربع با ضلع $a$، دارای مقاومت $R$ است. این رسانا را به شکل فنری به شعاع $r$ درمی آوریم و آن را می فشاریم تا حلقه های آن به هم بچسبند. $r$ خیلی بزرگ تر از $a$ و خیلی کوچک تر از $L$ است. مقاومت میان دو انتهای فنر چند برابر $R$ می شود؟ $(+۳, -۱)$

الف) $\frac{La^۲}{۴\pi^۲r^۳}$ ب) $\frac{a^۲}{۴\pi^۲r^۲}$

ج) $\frac{a^۳}{۲\pi^۲r^۳}$ د) $\frac{La}{۲\pi r^۲}$

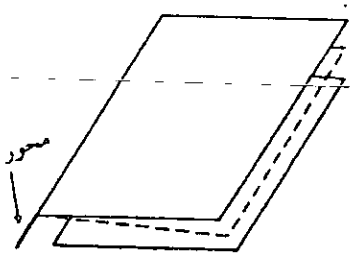
۱۲ـ یک خازن تخت با صفحات مستطیل دارای بار $Q_0$، اختلاف پتانسیل $V_0$ و انرژی $U_0$ است. مطابق شکل یکی از صفحه ها را می توان دور محوری که از یک لبهٔ آن می گذرد چرخاند. یک عامل خارجی با چرخاندن صفحه، دو لبهٔ صفحات را قدری به هم نزدیک می کند. بار، اختلاف پتانسیل و انرژی خازن به ترتیب $Q$، $V$ و $U$ می شود. کدام گزینه درست است؟

الف) اگر خازن به باتری وصل باشد، $Q < Q_0$، $V = V_0$ و $U < U_0$.

ب) اگر خازن به باتری وصل باشد، $V = V_0$، $Q > Q_0$ و $U = U_0$.

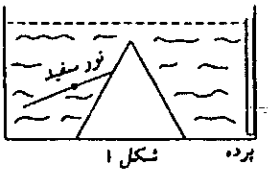
ج) اگر خازن به باتری وصل نباشد، $Q = Q_0$، $V < V_0$ و $U = U_0$.

د) اگر خازن به باتری وصل نباشد، $Q = Q_0$، $V < V_0$ و $U < U_0$.

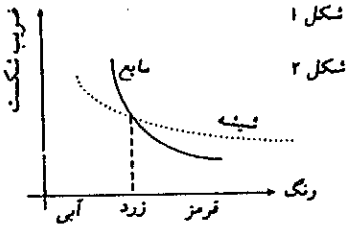


۱۳ ـ به یک منشور شیشه‌ای که تماماً در یک مایع قرار گرفته است باریکهٔ نور سفیدی می تابانیم و رنگ های طیف را روی پرده می اندازیم (شکل ۱). ضریب شکست شیشه ومایع برای رنگ های مختلف نور سفید، در نمودار شکل(۲) مشخص شده است. در گزینه های زیر، رنگ های مشاهده شده روی پرده از بالا به پایین مرتب شده است. کدام گزینه درست است؟ $(+۴ , -\frac{۴}{۵})$

الف) قرمز، زرد، آبی.
ب) آبی، زرد، قرمز.
ج) زرد، آبی، قرمز.
د) زرد، قرمز. آبی.
هـ) قرمز، آبی، زرد.
و) آبی، قرمز، زرد.



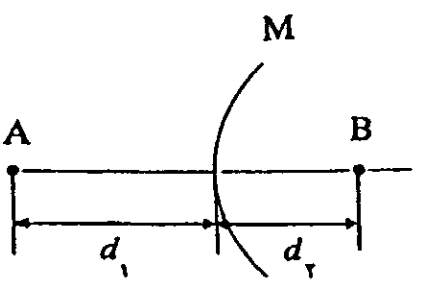
شکل ۱



شکل ۲

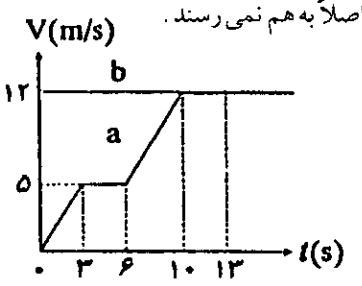
۱۴ ـ مطابق شکل آینهٔ $M$ قسمتی از سطح یک پوستهٔ کروی نازک است که هر دو طرف آن بازتابنده است. از نقطهٔ نورانی $A$ تصویر مجازی $B$ تشکیل می شود. اگر یک نقطهٔ نورانی در $B$ قرار دهیم، کدام گزینه دربارهٔ نوع و فاصلهٔ تصویر آن از آینه، $d$، درست است؟ $(+۳ , -\frac{۳}{۴})$

الف) حقیقی، $d = ۲d_۱$.
ب) مجازی، $d = d_۲$.
ج) مجازی، $d = d_۱$.
د) حقیقی، $d = ۲d_۲$.
هـ) حقیقی، در شرایط معینی $d = d_۲$.




۱۵ ـ دو متحرک $a$ و $b$ روی یک خط راست و در یک جهت حرکت می کنند. نمودار سرعت ـ زمان دو متحرک که در لحظهٔ $t = ۰$ در یک مبدأ بوده اند مطابق شکل است. این دو متحرک: $(+۳ , -۱)$

الف) در ۱۵۶ متری مبدأ به هم می رسند.
ب) بعد از ۱۰ ثانیه به هم می رسند.
ج) بعد از ۱۳ ثانیه به هم می رسند.
د) اصلاً به هم نمی رسند.

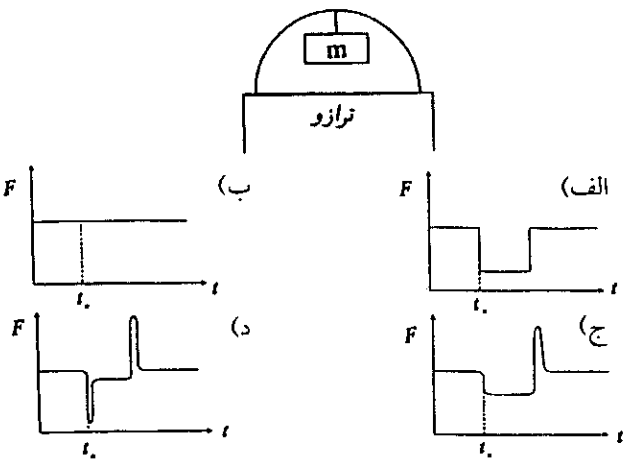



۱۶ ـ یک قطعه یخ ۲۰ گرمی از حالت سکون، داخل دریاچه ای به دمای صفر درجهٔ سلسیوس سقوط می کند و نیمی از آن ذوب می شود. حداقل ارتفاعی که یخ از آن افتاده چقدر است؟ $(+۳ , -۱)$

$(L_f = ۳۳۳\, kJ/kg$ ، $g = ۱۰\, m/s^۲$ ، $C = ۴/۲\, kJ/kg\, K)$

الف) $۱۶/۶۵\, km$
ب) $۳۳/۳\, km$
ج) $۶۶/۶\, km$
د) $۸/۸۲\, km$

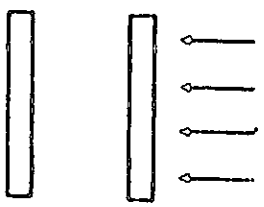
۱۷ ـ وزنهٔ $m$ مطابق شکل از سقف یک ظرف شیشه ای که روی یک ترازو قرار گرفته آویزان است. در لحظهٔ $t = t_۰$ نخ نگهدارندهٔ وزنه پاره می شود. ترازو نیروی $F$ را نشان می دهد. کدامیک از نمودارهای زیر، به طور کیفی تغییرات نیروی $F$ بر حسب زمان است؟ $(+۴ , -\frac{۴}{۳})$



۱۸ ـ دو سطح نیم‌آینه ای که هرکدام ۵۰ درصد از نور را عبور و بقیه را بازمی تابانند موازی یکدیگر قرار گرفته اند. اگر یک دسته پرتو نور عمود بر آنها بتابد، چه کسری از آن از مجموعه عبور می کند؟ (۴+، ۱−)

الف) $\frac{۱}{۲}$ ب) $\frac{۱}{۳}$ ج) $\frac{۱}{۴}$

د) $\frac{۲}{۷}$ هـ) صفر



۱۹ ـ در یک ظرف مقداری مایع $a$ به وزن $w$، و در ظرف دیگری مقداری مایع $b$ به همان وزن وجود دارد. مقداری مایع به وزن $u$ از ظرف اول برمی داریم و در ظرف دوم می ریزیم. مخلوط را به هم می زنیم تا یکنواخت شود. سپس به همان وزن $u$ از مخلوط برمی داریم و در ظرف اول می ریزیم. با فرض این که دو مایع اثر شیمیایی بر یکدیگر ندارند، نسبت وزن مایع $b$ در ظرف اول به وزن مایع $a$ در ظرف دوم برابر است با: (۳+، $-\frac{۳}{۵}$)

الف) $\frac{w}{w+u}$ ب) $\frac{w-u}{w}$

ج) ۱ د) $\frac{w+u}{u}$

هـ) $\frac{w}{w-u}$ و) $\frac{w+۲u}{۲w+u}$

۲۰ ـ تقریباً ۲/۵ ثانیه طول می کشد تا نور از زمین به ماه برود و برگردد. قطر ظاهری ماه ۰/۵ درجه است، یعنی زاویهٔ دو خطی که دو سر یک قطر ماه را به چشم ناظری در زمین وصل می کنند ۰/۵ درجه است. جرم ماه، بر حسب کیلوگرم، به کدامیک از اعداد زیر نزدیکتر است؟ هر کمیت دیگری را که لازم است تخمین بزنید. (۳+، ۱−)

الف) $۱۰^{۱۸}$ ب) $۱۰^{۲۳}$

ج) $۱۰^{۲۸}$ د) $۱۰^{۳۳}$

۲۱ ـ در ظرفی، مطابق شکل، تا ارتفاع $h$ آب ریخته ایم. در ته این ظرف دریچه ای قرار دارد که مساحت مقطع آن $S$ است. همزمان با باز کردن دریچه، از بالا جریان آبی وارد ظرف می کنیم. حجم آب ورودی در واحد زمان $D$ است. در اثر این کار، ارتفاع آب تغییر می کند و به مقدار تعادلی $h$ می رسد. کدامیک از گزینه های زیر درست است؟ (۴+، ۱−)

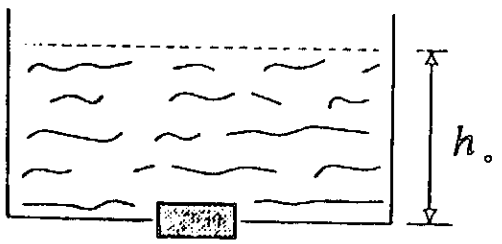
الف) $h$ همواره بزرگتر از $h_۰$ است.

ب) $h$ همواره کوچکتر از $h_۰$ است.

ج) $h$ متناسب است با $\frac{D}{S}$.

د) $h$ متناسب است با $(\frac{D}{S})^۲$.

هـ) $h$ متناسب است با $\frac{D}{\sqrt{S}}$.




۲۲ ـ به مقداری یخ در دمای صفر درجهٔ سلسیوس مقداری نمک طعام با همین دما اضافه می کنیم. کدامیک از اتفاق های زیر رخ می دهد؟ (۳+، ۱−)

الف) یخ شروع به ذوب شدن می کند و دمای مجموعه زیاد می شود.

ب) یخ شروع به ذوب شدن می کند و دمای مجموعه کم می شود.

ج) دمای مجموعه کم می شود و یخ ذوب نمی شود.

د) دمای مجموعه زیاد می شود و یخ ذوب نمی شود.

۲۳ ـ چهار ظرف یکسان داریم که در سه تا از آنها آب و در چهارمی محلول آب نمک می ریزیم. هر چهار ظرف را روی شعله می گذاریم تا محتوایشان به جوش بیاید. شعله های زیر ظروف شمارهٔ ۱، ۲ و ۴ یکسان و شعلهٔ ظرف شمارهٔ ۳ از آنها بزرگ تر است. پس از به جوش آمدن مایعات، در ظرف شمارهٔ ۱ دو تخم مرغ و در سه ظرف دیگر هریک، یک تخم مرغ می اندازیم و از این لحظه زمان می گیریم. زمان پخته شدن تخم مرغ ها را به ترتیب $t_۱$ تا $t_۴$ می گیریم. فرض کنید تخم مرغ ها یکسانند و در اثر انداختن آنها در ظرف، مایع درون ظرف از جوشیدن نمی افتد. کدام گزینه درست است؟ (۳+، $-\frac{۳}{۵}$)

الف) $t_۱ = t_۲ = t_۳ = t_۴$

ب) $t_۱ > t_۲ > t_۳ > t_۴$

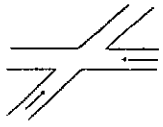
ج) $t_۱ > t_۲ = t_۳ > t_۴$

د) $t_1 = t_2 = t_3 > t_4$

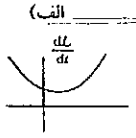
هـ) $t_1 = t_4 > t_3$ و $t_3 < t_4$

و) $t_1 = t_2 = t_3 < t_4$

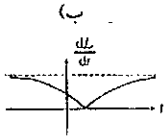
۲۴ـ روی دو جادهٔ مستقیم متقاطع مطابق شکل، دو اتومبیل با سرعت ثابت به طرف محل تقاطع در حرکت‌اند، و موقعیتشان چنان است که با هم به تقاطع نمی‌رسند. فرض کنید فاصله دو اتومبیل در هر لحظه از هم $L$ باشد. نمودار $\frac{dL}{dt}$ بر حسب زمان $(t)$ شبیه کدامیک از شکل‌های زیر است؟ $(+۵ , -\frac{۵}{۴})$



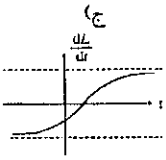
الف)



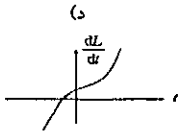
ب)



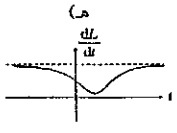
ج)



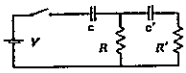
د)



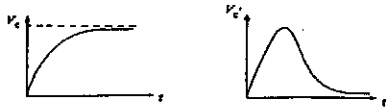
هـ)



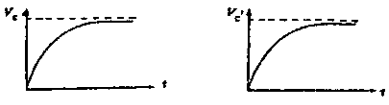
۲۵ـ در مدار شکل مقابل، خازن‌ها در ابتدا بدون بارند. در لحظهٔ $t = ۰$ کلید را می‌بندیم. کدامیک از گزینه‌های زیر به طور کیفی نمودار اختلاف پتانسیل دو سر خازن‌های $C$ و $C'$ را بر حسب زمان نشان می‌دهد؟ $(+۵ , -\frac{۵}{۳})$



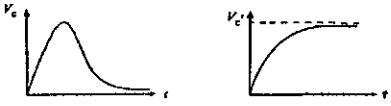
الف)



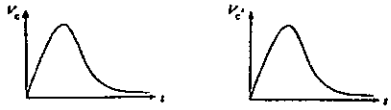
ب)



ج)



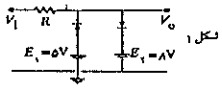
د)



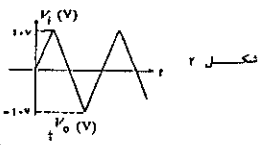
۲۶ـ حباب هوایی از کف استخری به عمق $۴m$ بالا می‌آید و به سطح آب می‌رسد. حباب در کف استخر به شکل کره‌ای به شعاع $a_۰$، و در سطح آب به شکل نیمکره‌ای به شعاع $a$ است. فشار هوای محیط $۱۰^۵ Pa$، چگالی آب $۱۰^۳ kg/m^۳$، $g = ۱۰ m/s^۲$ و تغییرات دمای آب استخر ناچیز است. نسبت $a/a_۰$ به کدامیک از اعداد زیر نزدیکتر است؟ $(+۴ , -\frac{۴}{۳})$

الف) ۰/۷ ب) ۰/۹ ج) ۱/۱ د) ۱/۴

۲۷ـ دیود یک قطعهٔ الکترونیکی است که با نماد (A ⊣⊢ K) نشان داده می‌شود. رفتار تقریبی یک دیود معین چنین است: یا $V_A - V_K < ۱V$ است و جریانی از دیود نمی‌گذرد، یعنی دیود مانند یک کلید باز است؛ یا جریانی از $A$ به $K$ به هر مقدار می‌گذرد، که در این حالت $V_A - V_K = ۱V$ است. مداری مطابق شکل(۱) درنظر بگیرید. تغییرات اختلاف پتانسیل ورودی $V_i$ مطابق شکل(۲) است. کدام گزینه تغییرات اختلاف پتانسیل خروجی $V_o$ را درست نشان می‌دهد؟ $(+۵ , -\frac{۵}{۳})$

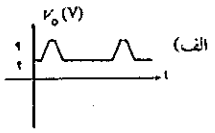


شکل ۱

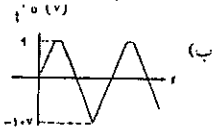


شکل ۲

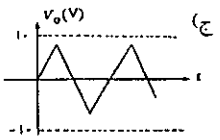
الف)



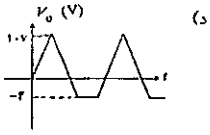
ب)



ج)

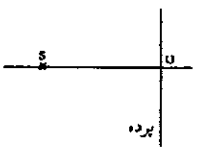


د)



۲۸ـ شدت یک چشمهٔ نقطه‌ای نور در فاصله $x$ از آن متناسب با $\frac{۱}{x^۲}$ است. مطابق شکل چشمهٔ نقطه‌ای $S$ مقابل پرده قرار دارد. شدت این چشمه در نقطهٔ $O$، ۳/۶ واحد است. یک آینهٔ تخت بزرگ موازی پرده در طرف دیگر چشمه قرار می‌دهیم، به طوری که فاصلهٔ چشمه از پرده و آینه یکسان باشد. شدت نور در نقطهٔ $O$ چند واحد می‌شود؟ $(+۴ , -\frac{۴}{۳})$

الف) ۴/۵ ب) ۴ ج) ۴/۸ د) ۵/۴



**بخش دوم: مسئله‌های کوتاه**

**بیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه توضیح زیر را به دقت بخوانید:**

**در مسئله‌های شمارهٔ ۱ تا ۷ باید پاسخ را بر حسب واحدهای مورد نظر (مثلاً میلیمتر، متر، کیلوگرم، میکروفاراد، وغیره) که در صورت مسئله آمده با دو رقم به دست آورید. این عدد را در پاسخنامه در دو خانهٔ بالای هر سؤال بنویسید و سپس خانه‌های مربوط به این عدد دو رقمی را در برگهٔ پاسخنامه سیاه کنید. توجه کنید که رقم یکان عدد مورد نظر را در ستون یکان و رقم دهگان را در ستون دهگان پاسخنامه سیاه کنید.**

**مثال- فرض کنید ظرفیت خازنی را بر حسب میکروفاراد خواسته باشند و شما عدد ۲۶/۷ میکروفاراد به دست آورید. ابتدا آن را گرد کنید و ۲۷ میکروفاراد بگیرید و سپس، مطابق شکل، پاسخ خود را در پاسخنامه وارد کنید.**

**توجه:**

**۱- خانه‌های سیاه شده با دستگاه خوانده می‌شود و اعداد نوشته شده بالای هر سؤال ملاک تصحیح نخواهد بود.**

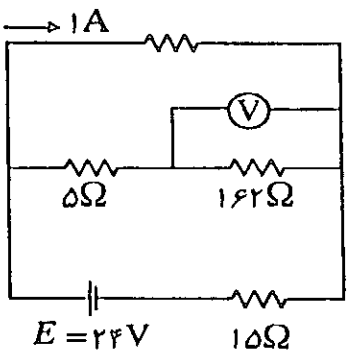
**۲- پاسخ نادرست در این بخش نمرهٔ منفی ندارد.**

| | دهگان | یکان |
|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۷ |
| ۱ | ۱ | ۲ |
| ۲ | ۲ | |
| ۳ | ۳ | |
| ۴ | ۴ | |
| ۵ | ۵ | |
| ۶ | ۶ | |
| ۷ | | |
| ۸ | ۸ | |
| ۹ | ۹ | |

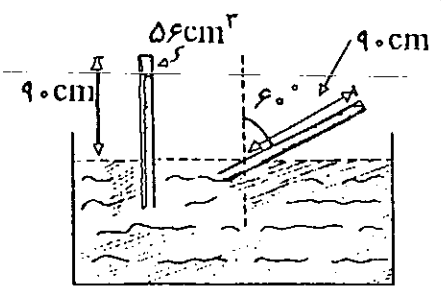
۱ ـ نور خورشید تقریباً بدون جذب شدن به لایه‌های بالایی جوّ زمین می‌رسد. در این نقاط توانی که از واحد سطح عمود بر جهت تابش خورشید می‌گذرد، $1/4\ kW/m^2$ است. سفینهٔ رهیاب، که در تابستان ۱۳۷۶ به سیارهٔ مرّیخ رسید، مرّیخ نورد کوچکی داشت که انرژی خود را (به وسیلهٔ باتری‌های خورشیدی روی سطحش) از خورشید تأمین می‌کرد. مساحت مجموعهٔ این باتری‌های خورشیدی در حدود $0/20\ m^2$ است. فاصلهٔ مرّیخ تا خورشید ۱/۵ برابر فاصلهٔ زمین تا خورشید است. جوّ مرّیخ بسیار رقیق است و می‌توان فرض کرد که نور خورشید تقریباً بدون جذب به سطح آن می‌رسد. سطح باتری‌های خورشیدی مرّیخ نورد همواره بر جهت تابش خورشید عمود نیست. زاویهٔ خط عمود بر سطح باتری‌های خورشیدی با جهت تابش را $\theta$ می‌نامیم. متوسط $\cos\theta$ را ۰/۳۰ فرض کنید. مقدار متوسط توانی که باتری‌های خورشیدی مرّیخ نورد دریافت می‌کنند چند وات است؟ (۸ نمره)

۲ ـ در یک گاز کامل $PV = nRT$، که در آن $n$ تعداد مول‌های گاز و $R$ ثابت گازها و برابر با $R = 8/3\ J/(mol\ K)$ است. داخل یک استوانهٔ عایق بندی شده ۶۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد و یک پیستون با وزن ناچیز نیز روی آب قرار دارد. مساحت سطح پیستون $250\ cm^2$ و فشار هوا $10^5\ Pa$ پاسکال است. به آب داخل استوانه $39\ kJ$ گرما می‌دهیم. پیستون چند سانتیمتر بالا می‌رود؟ بخار آب را یک گاز کامل فرض کنید. ظرفیت گرمایی ویژهٔ آب $4200\ J/(kg\ K)$، گرمای نهان تبخیر آب $2/3 \times 10^6\ J/kg$، و جرم مولی آب $18\ g$ است. (۸ نمره)

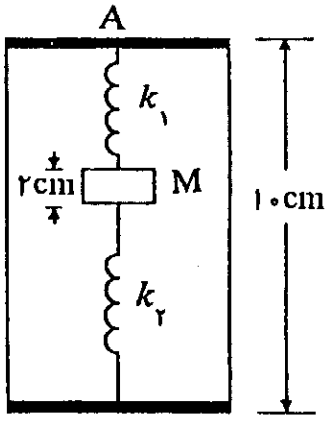
۳ ـ در مداری مطابق شکل، ولت سنج ۸ ولت را نشان می‌دهد. بقیهٔ کمیت‌های مورد نیاز روی شکل داده شده است. مقاومت ولت سنج چند کیلواهم است؟ (۸ نمره)



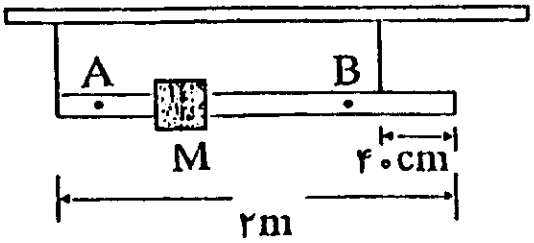

۴ ـ مطابق شکل، حجم فضای خالی بالای ستون جیوه در حالت قائم که خلأ فرض می‌کنیم، $56\ cm^3$ است. سطح مقطع لوله $4\ cm^2$ و فاصلهٔ انتهای بستهٔ لوله تا سطح جیوه در تشتک $90\ cm$ است. چنانچه لوله نسبت به امتداد قائم $60^\circ$ منحرف شود، نیروی وارد بر ته لوله از طرف جیوه چند نیوتن است؟ فشار هوای بیرون $10^5\ Pa$ است. (۸ نمره)



۵ـ دو فنر ایده‌آل بسیار سبک ثابت‌های $k_1 = ۲۰ N/m$ و $k_2 = ۱۲ N/m$ دارند و طول عادی هر کدام $۵\ cm$ است. جسم $M$ به جرم $۴۰ g$ و ضخامت $۲\ cm$ را مطابق شکل میان دو فنر قرار می‌دهیم و آنها را به طور قائم در جعبه‌ای به طول $۱۰\ cm$ می‌گذاریم، به طوری که قاعدهٔ $A$ بالا قرار گیرد. اگر جعبه را برگردانیم تا قاعدهٔ $A$ در پایین قرار گیرد، جسم $M$ چند میلیمتر نسبت به قاعدهٔ $A$ جابه‌جا خواهد شد؟ $(g = ۱۰ m/s^2)$ (۸ نمره)

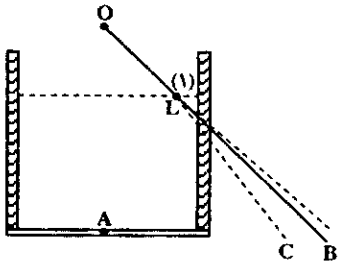



۶ـ میلهٔ یکنواختی به طول $۲\ m$ و به وزن $۴۰ N$ با دو نخ از سقف آویزان است. یکی از دو نخ به یک انتهای میله و نخ دیگر مطابق شکل به ۴۰ سانتیمتری انتهای دیگر میله بسته شده است. هر یک از نخ‌ها حداکثر می‌تواند نیروی $۶۰ N$ را تحمل کند. جسم $M$ به وزن $۵۰ N$ می‌تواند روی میله به چپ و راست حرکت کند. اگر جسم $M$ در فاصلهٔ $A$ و $B$ حرکت کند نخها پاره نمی‌شوند. حداکثر فاصلهٔ $A$ و $B$ چند سانتیمتر است؟ (۸ نمره)




## پاسخ تشریحی سؤالات مرحله‌ی اول یازدهمین المپیاد فیزیک

۱ـ فرض کنیم پرتو(۱) آخرین پرتوی باشد که ناظر می‌تواند ببیند. این پرتو در امتداد $OB$ است. (شکل ۱) وقتی ظرف را پر از آب می‌کنیم به علت شکست پرتو در سطح آب پرتو نهایی(۱) از امتداد $CL$ ناشی می‌شود. یعنی فاصله‌ی دید ناظر کاهش می‌یابد. حال اگر تصویری از $A$ در فاصله‌ی $BC$ وجود داشته باشد از تعداد تصاویر کم می‌شود و اگر تصویری نباشد تعداد تصاویر کم نخواهد شد. بنابراین گزینه‌ی «هـ» درست است.




شکل ۱

۲ـ چون فشار در تمام هوای گیر افتاده در لوله یکسان است پس فشار در ارتفاع $h_1$ و $h_2$ مساوی است. هم چنین فشار در ارتفاع $H_1$ و $H_2$ یکسان است (فشار هوا). بنابراین اختلاف فشار در ارتفاع‌های $H_2$ و $h_2$ و هم چنین $H_1$ و $h_1$ برابر است. یعنی گزینه‌ی «ج» درست است.

$$(H_2 - h_2 = H_1 - h_1)$$

۳ـ فرض کنیم بار $q$ مثبت باشد. چگالی بار منفی القا شده در بخشی از کره که به بار $q$ نزدیک‌تر است، بیشتر از بخش دیگر کره است. پس یک نیرو به سمت کره ایجاد می‌شود به طوری که وقتی $q$ در مرکز کره است این نیرو صفر می‌شود. به علت تقارن نیز نیرو شعاعی خواهد بود پس گزینه‌ی «ج» درست است.

۴ـ با توجه به اطلاعات مسئله مقاومت‌های $R$ و $R'$ به صورت زیر با دمای $\theta$ تغییر می‌کنند:

$$R = R_0(۱ + \alpha\theta)$$

$$R' = R_0'(۱ + \alpha'\theta)$$

وقتی دو مقاومت را به طور سری می‌بندیم مقاومت معادل چنین محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} R_t &= R + R' \\ &= R_0(۱ + \alpha\theta) + R_0'(۱ + \alpha'\theta) \\ &= (R_0 + R_0') + (R_0\alpha + R_0'\alpha')\theta \\ &= (R_0 + R_0') + \left(۱ + \frac{R_0\alpha + R_0'\alpha'}{R_0 + R_0'}\theta\right) \end{aligned}$$

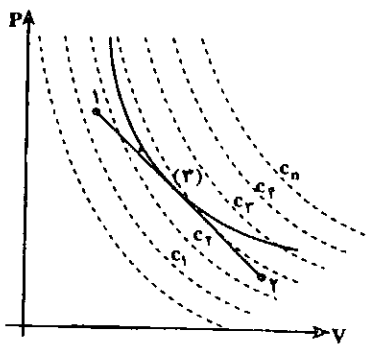
با مقایسه‌ی این رابطه با مقاومت معادل

$$R_t = R_{\circ}(1+\alpha''\theta)$$

می توان دید که ضریب دمایی معادل بـه صـورت زیـر است:

$$\alpha'' = \frac{R_{\circ}\alpha + R_{\circ}'\alpha'}{R_{\circ} + R_{\circ}'}$$

۵ـ اگر به نمودار داده شده در مسئلـه تـوجـه شـود (شکل ۲) می بینیم که نقاط ۱ و ۲ دارای دمای مساوی هستند زیرا $P_1V_1 = P_2V_2$ است، یعنی نقاط ۱ و ۲ روی یک منحنی تک دما قرار دارند. منحنی تک دما یعنی منحنـی ای کـه ($PV$=ثابت) است و مقدار ثابت با افزایش دما، افـزایـش می یابد. یعنی منحنی های تک دما منحنی هایی به صـورت $C_n, \ldots, C_2, C_1$ هستند که روی هر یک از این منحنی ها دمـا ثابت است و به ترتیب نیز در آنها دما افزایش می یابد. روشن است که یکی از این منحنی ها از نقـاط ۱ و ۲ می گذرد، و یک منحنی مثل $C_2$ می توان یافت که بر خط گذرنده از نقاط ۱ و ۲ در نقطه ی ۳ مماس می شود. روشن است که نقطه ی ۳ نقطه ای از منحنی $C_2$ است که با آن همدما است و چون دمای منحنـی $C_2$ از $C_1$ بیشتر است پس از نقطـه ی ۱ به ۳ روی خط ترسیم شده در نمودار، دما افزایش می یابـد و از نقطـه ی ۳ به ۲ کاهش می یابد. پس گزینه ی «د» درسـت است.

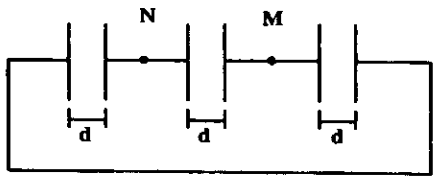



شکل ۲

۶ـ صفحات رسانای نشان داده شده(شکل ۳) در مسئله را می توان به صورت معادل زیر نشان داد؛ چون ظرفیـت معادل بین $M$ و $N$ خواسته شده است، پس دو خازن سمت چپ و راست با هم سری و خازن وسط با آنها موازی است. پس ظرفیت معادل چنین محاسبه می شود؟

$$C_t = \frac{CC}{C+C} + C = \frac{C^2}{2C} + C$$
$$= \frac{1}{2}C + C = \frac{3}{2}C = \frac{3}{2}\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$$

که در آن از ظرفیت هر یک از خازن ها که بـه صـورت $C = \varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ است، استفاده شده است. پس گزینـه ی «د» درست است.

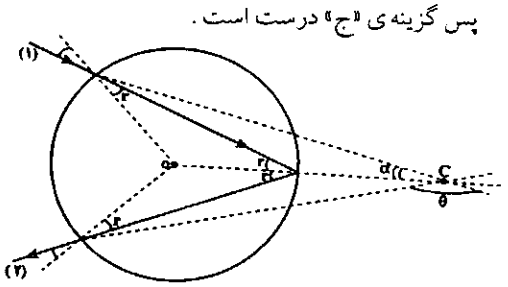



شکل ۳

۷ـ با توجه به شکل(شکل ۴) امتداد پرتوهای تابش(۱) و پرتو بازتابش(۲) از نقطـه ی $C$ می گذرد. طبق تعریف، زاویه ی $\theta$ را زاویه ی انحراف می گوییم. مطابـق شـکـل داریم:

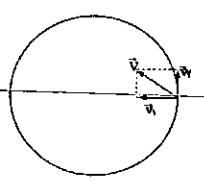
$$\alpha = \pi - [(i-r)+(\pi-r)]$$
$$\therefore \alpha = 2r - i$$
$$\theta = \pi - 2\alpha = \pi - 2(2r-i)$$
$$\therefore \theta = \pi + 2i - 4r$$

پس گزینه ی «ج» درست است.




شکل ۴

۸ـ وقتی تپانچه از نقطه ی $A$ می گذرد، گلوله شلیـک می شود. پس سرعت گلوله برآیند یک سرعت در امـتـداد شعاع دایـره، $\vec{V}_1$، و یک سرعت مماس بر دایـره، $\vec{V}_2$، است(مطابق شکل ۵). پس عملاً گلوله با سرعت ثابت $V$ که در امتداد بردار $\vec{V} = (\vec{V}_1 + \vec{V}_2)$ است حرکت می کنـد. پس گزینه ی «د» درست است.

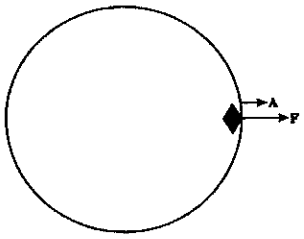


شکل ۵

۹ـ وقتی جسم با فنر برخورد می کند سـرعـتـش کـم

می شود تا به صفر برسد و سپس به علت نیروی فنر، جسم در جهت عکس حرکت اولیه اش سرعت می گیرد تا به همان سرعت $V_0$ برسد. چون در سؤال، نمودار اندازه ی سرعت خواسته شده، پس $V$ همواره مثبت است. پس گزینه ی «الف» و «ج» می توانند درست باشند. چون در گزینه ی «ج» در سرعت $V=0$ می نیمم نشان می دهد یعنی مشتق $V$ نسبت به زمان صفر است و این نشان می دهد که در آن نقطه شتاب نیز صفر است، در صورتی که می دانیم در این حالت شتاب صفر نمی شود. پس گزینه ی «الف» درست است.

۱۰ ـ قسمت کوچکی از پوسته ی کروی به سطح $A$ را در نظر بگیرید. (شکل ۶) مقدار بار روی این قسمت کوچک متناسب با $Q$ و سطح $A$ است. هم چنین بار روی بقیه ی سطح کره متناسب با $Q$ و سطح مربوطه اش است. از آنجا که نیروی وارد بر $A$ از طرف بقیه ی سطح کره متناسب با حاصل ضرب بار روی سطح $A$ و بار روی بقیه ی سطح کره است، پس این نیرو متناسب با $Q^2$ است. هم چنین چون بارها هم نام اند نیرویی به سمت بیرون به سطح $A$ وارد می شود. پس گزینه ی «ج» درست است.




شکل۶

۱۱ ـ بستگی مقاومت $R$ به طول $L$ و مقطع مربع $a$ به صورت $R=\rho\frac{l}{a}$ است که در آن $\rho$ مقاومت ویژه است. حال اگر این رسانا را به شکل فنری به شعاع $r$ درآوریم. تعداد حلقه های فنر برابر $n=\frac{l}{2\pi r}$ است. بنابراین طول مقطع این رسانا در حالت فنری برابر $l'=na=\frac{la}{2\pi r}$ است. پس مقاومت دو انتهای فنر برابر $R'=\rho\frac{l'}{a'}=\rho\frac{\frac{la}{2\pi r}}{2\pi ra}$ می شود. پس:

$$R'=\rho\frac{l}{a}\left(\frac{a^2}{4\pi^2r^2}\right)=R\left(\frac{a^2}{4\pi^2r^2}\right)$$

بنابراین گزینه ی «ب» درست است.

۱۲ ـ اگر خازن به باتری وصل باشد، اختلاف پتانسیل بین صفحات ثابت می ماند یعنی $V=V_0$. وقتی فاصله ی صفحات کم می شود ظرفیت خازن افزایش می یابد و از رابطه ی $Q=CV$، $Q$ نیز افزایش می یابد $(Q>Q_0)$. هم چنین با استفاده از $U=\frac{1}{2}CV^2$ چون $C$ افزایش یافته $U$ نیز افزایش می یابد $(U>U_0)$. بنابراین هیچ کدام از گزینه های «الف» و «ب» این را برآورده نمی کنند. اگر خازن به باتری وصل نباشد، بار $Q$ ثابت می ماند $(Q=Q_0)$ و چون $C$ افزایش یافته پس از $V=\frac{Q}{C}$، $V$ کاهش می یابد $(V<V_0)$. هم چنین با استفاده از $U=\frac{1}{2}QV$ با کاهش $V$، $U$ نیز کاهش می یابد $(U<U_0)$. پس گزینه ی «د» درست است.

۱۳ ـ چون برای رنگ قرمز ضریب شکست مایع کمتر از شیشه است پس هنگام خروج نور قرمز از شیشه انحراف نور قرمز از خط قائم بر منشور بیشتر شده و به سمت پایین منحرف می شود. در مورد نور زرد هیچ انحرافی مشاهده نمی شود چون ضریب شکست شیشه و مایع برای رنگ زرد یکسان است. در مورد رنگ آبی ضریب شکست مایع بیشتر از شیشه است پس نور آبی خروجی به خط قائم بر منشور نزدیک تر می شود و بالای پرده می افتد. پس به ترتیب از بالا به پایین «آبی، زرد، قرمز» مشاهده می شود و گزینه ی «ب» درست است.

۱۴ ـ وقتی نقطه ی نورانی $A$ تصویر مجازی $B$ را می دهد آینه ی $M$ به شکل آینه محدب عمل می کند. می دانیم تصویر یک جسم در آینه ی محدب همواره در فاصله ی کانونی آینه است، یعنی $B$ در فاصله ی کانونی آینه واقع است. حال اگر $B$ یک نقطه ی نورانی باشد، آینه ی $M$ به صورت یک آینه ی مقعر عمل می کند و اگر جسمی در فاصله ی کانونی آینه ی مقعر باشد یک تصویر مجازی از آن تشکیل می شود. چون همان شرایط پرتوهای حالت اول نیز در این حالت برقرار است، تصویر آن در نقطه ی $A$ تشکیل می شود. یعنی تصویر $B$ یک تصویر مجازی و به فاصله ی $d_1$ از آینه واقع است. پس گزینه ی «ج» درست است.

۱۵ ـ می دانیم سطح زیر نمودار سرعت ـ زمان جابه جایی متحرک را نشان می دهد. همان طوری که از شکل دیده می شود جابه جایی متحرک $b$ سطح زیر خط افقی، $V=12\frac{m}{S}$ است و جابه جایی متحرک $a$ سطح زیر خط شکسته است. دیده می شود که این دو سطح هیچ گاه با هم برابر نمی شوند یعنی این دو متحرک هیچ گاه به هم نمی رسند. پس گزینه ی «د» درست است.

۱۶ ـ جرم اولیه ی یخ را $m$ می گیریم. مقدار $m' = \frac{m}{۲}$ از جرم یخ ذوب شده است. با توجه به اصل بقای انرژی، اگر انرژی پتانسیل آزاد شده صرف ذوب شدن یخ شده باشد، داریم:

$$mgH = m'l_f \Rightarrow ۲gH = l_f$$
$$\Rightarrow H = \frac{۳۳۳\times۱۰^۳}{۲\times۱۰} = ۱۶۶۵۰m = ۱۶/۶۵km$$

یعنی گزینه ی «الف» درست است.

۱۷ ـ در طی زمان سقوط ترازو کمتر نشان می دهد و هنگام برخورد باید نیرویی رو به بالا وارد کند تا اندازه حرکت وزنه را به صفر برساند. پس گزینه ی «ج» درست است. ضمناً گزینه ی «د» درست نیست، چون هنگام شروع حرکت وزنه، تغییر اندازه حرکت در یک زمان کوتاه (نظیر موقع توقف آن) نیاز نیست.

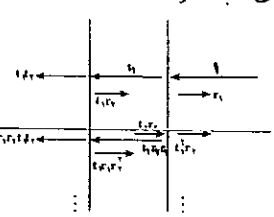
۱۸ ـ در حالت کلی اگر فرض کنیم سطح اول کسر $r_۱$ را بازمی تاباند و کسر $t_۱$ را عبور می دهد می توانیم بنویسیم $r_۱ + t_۱ = ۱$. هم چنین برای سطح دوم اگر کسر بازتابشی $r_۲$ وکسر عبوری $t_۲$ باشد، داریم: $r_۲ + t_۲ = ۱$. بنابراین کسر عبوری از کل مجموعه ی دو نیم آینه می شود (مطابق شکل ۷):

$$f = t_۱t_۲ + r_۱r_۲t_۱t_۲ + t_۱r_۲r_۱r_۲r_۱t_۲ + \cdots$$
$$= t_۱t_۲\left[۱ + r_۱r_۲ + (r_۱r_۲)^۲ + \cdots\right]$$
$$= t_۱t_۲\frac{۱}{۱-r_۱r_۲}$$

در این حالت $r_۱ = r_۲ = t_۱ = t_۲ = \frac{۱}{۲}$ است. پس:

$$f = \frac{\frac{۱}{۴}}{۱-\frac{۱}{۴}} = \frac{\frac{۱}{۴}}{\frac{۳}{۴}} = \frac{۱}{۳}$$

پس گزینه ی «ب» درست است.



شکل۷

۱۹ ـ به علت بقای جرم باید این نسبت برابر ۱ باشد. پس گزینه ی «ج» درست است.

۲۰ ـ چون در مدت ۱/۲۵ ثانیه نور از ماه به زمین برمی گردد و سرعت نور نیز $۳\times۱۰^۸ \frac{m}{S}$ است، پس فاصله ی ماه تا زمین

$$l = ۳\times۱۰^۸\times۱/۲۵ = ۳/۷۵\times۱۰^۸ m$$

است. چون قطر زاویه ای ماه ۰/۵° است پس قطر ماه برابر $d = l\left(۰/۵\times\frac{\pi}{۱۸۰}\right)$ است. پس جرم ماه می شود:

$$m = \rho v = \rho\times\frac{۴}{۳}\pi R^۳ = \rho\times\frac{۴}{۳}\pi\left(\frac{d}{۲}\right)^۳$$
$$= \frac{۱}{۶}\pi\rho d^۳$$

چون ماه تقریباً صخره ای است و می دانیم چگالی صخره تقریباً $۵\,gr/cm^۳$ است، پس:

$$m = \frac{۱}{۶}\pi\times۵\times۱۰^۳\times\left(۳/۷۵\times۱۰^۸\times\frac{\pi}{۳۶۰}\right)^۳$$
$$\approx ۱۰^{۲۳}\,kg$$

یعنی گزینه ی «ب» درست است.

۲۱ ـ چون در حالت تعادل مقدار جرم اضافه شده در واحد زمان با مقدار خارج شده برابر است، بنابراین داریم $D = \rho sv$. که در آن $\rho$ چگالی آب و $S$ سطح دریچه و $V$ سرعت خروج آب از دریچه است. سرعت خروج آب از دریچه از رابطه ی $v^۲ = ۲gh$ به دست می آید. پس در حالت تعادل داریم:

$$D = \rho s\sqrt{۲gh} \Rightarrow h = \left(\frac{D}{\rho s}\right)^۲ \Big/ ۲g$$

یعنی $h$ متناسب با $\left(\frac{D}{S}\right)^۲$ است. پس گزینه ی «د» درست است.

۲۲ ـ وقتی نمک طعام به یخ اضافه می شود چون دمای انجماد مجموعه کمتر از صفر درجه سلسیوس است پس مخلوط نمی تواند در حالت انجماد باشد و مقداری از یخ ذوب می شود. از طرفی چون گرمای لازم برای ذوب این مقدار یخ از محیط دریافت شده پس دمای محیط کاهش یافته و در حالت تعادل محیط و سیستم موردنظر، دمای سیستم کاهش می یابد. پس گزینه ی «ب» درست است.

۲۳ ـ چون دمای جوش آب نمک بالاتر از آب است پس دمای ظرف شماره ی ۴ بیشتر از سه ظرف دیگر است. پس زمان پختن تخم مرغ در این ظرف کمتر از بقیه ی ظرف ها است. زمان پختن بقیه ی ظرف ها نیز چون همگی در آب خالص هستند فرقی نمی کند. پس گزینه ی «د» درست است.

۲۴ ـ در فواصل خیلی دور تغییرات $L$ تقریباً ثابت

است. وقتی دو اتومبیل به هم نزدیک می شوند $\frac{dL}{dt}$ منفی است و در جایی که فاصله ی دو اتومبیل به کمترین مقدار خود می رسد $\frac{dL}{dt}$ صفر شده و وقتی باز فاصله ی بین دو اتومبیل افزایش می یابد $\frac{dL}{dt}$ مثبت شده و در فواصل خیلی دور به سمت یک ثابت میل می کند. پس گزینه ی «ج» درست است.

۲۵ـ وقتی کلید را می بندیم به علت عبور جریان از $R$ و $R'$ ولتاژ دو سر $C$ و $C'$ افزایش می یابد. پس از زمان به اندازه ی کافی بزرگ هیچ جریانی از $R$ و $R'$ نمی گذرد یعنی هیچ افت ولتاژدر دو سر مقاومت ها به وجود نمی آید. پس ولتاژ دو سر $C$ به سمت $V$ و ولتاژ دو سر $C'$ صفر می شود. یعنی گزینه ی «الف» درست است.

۲۶ـ فشار داخل حباب در عمق ۴ متری برابر

$$P_1 = P_0 + \rho gh$$
$$= 10^5 + 10^3 \times 10 \times 4$$
$$= 1/4 \times 10^5\ Pa$$

است و فشار حباب در سطح آب برابر فشار جوّ یعنی $P_2 = 10^5\ Pa$ می شود. با توجه به این که دمای حباب تغییر نمی کند، داریم:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{1/4 \times 10^5}{10^5}$$
$$= 1/4$$

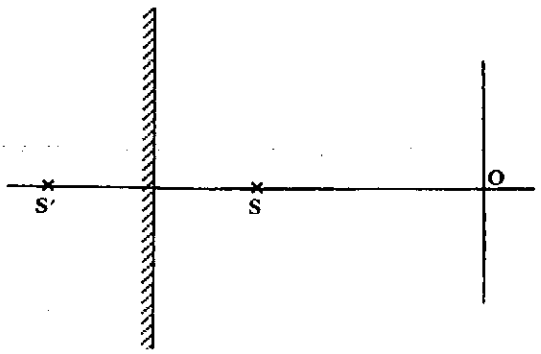
هم چنین $V_1 = \frac{4}{3}\pi a_0^3$ و $V_2 = \frac{2}{3}\pi a^3$ است پس:

$$\frac{\frac{2}{3}\pi a^3}{\frac{4}{3}\pi a_0^3} = 1/4 \Rightarrow \frac{a}{a_0} = (2/8)^{\frac{1}{3}} \simeq 1/4$$

یعنی گزینه ی «د» درست است.

۲۷ـ با کمی دقت در صورت سؤال، متوجه می شویم که در ابتدا جریان تنها در شاخه ی مربوطه به $E_1$ وجود دارد و پتانسیل $V_o$ مقدار ثابت ۴ ولت است. پس از آن که $V_i$ به ۴ ولت می رسد، دیگر جریان از شاخه ی $E_1$ و از $E_2$ نمی گذرد و این دیودها در این حالت مثل یک کلید باز عمل می کنند. بنابراین $V_o$ با افزایش $V_i$ به طور خطی افزایش می یابد. بعد که $V_i$ به ۹ ولت رسید، دیود مربوط به شاخه ی $E_2$ بسته شده و اختلاف پتانسیل $V_o$ در ۹ ولت ثابت می ماند و در همین ۹ ولت، تا وقتی که $V_i$ به ۱۰ ولت می رسد، باقی می ماند. به همین ترتیب می توان بقیه ی نمودار را به دست آورد. این مطالب نشان می دهد که گزینه ی «الف» درست است.

۲۸ـ وقتی یک آینه در سمت دیگر چشمه ی S قرار می دهیم، یک تصویر از آن در آینه تشکیل می شود ($S'$). (شکل ۸) این تصویر چشمه ای جدید است که فاصله ی آن از نقطه $O$ سه برابر فاصله ی $S$ از نقطه $O$ است. یعنی شدت ناشی از $S'$، $\frac{1}{9}$ شدت چشمه ی $S$ در نقطه ی $O$ است. اگر شدت $S$ در نقطه ی $O$، ۳/۶ واحد باشد، شدت $S'$ در نقطه ی $O$، $\frac{3/6}{9} = 0/4$ واحد می شود. پس شدت کل در نقطه ی $O$ برابر $3/6 + 0/4 = 4$ واحد است. پس گزینه ی «ب» درست است.




**مسئله های کوتاه**

۱ـ چون فاصله ی مریخ تا خورشید ۱/۵ برابر فاصله ی زمین تا خورشید است و هم چنین شدت نور خورشید در زمین $1/4\ \frac{km}{m^2}$ است، پس شدت نور خورشید در مریخ می شود:

$$I_2 = 1/4 \times \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = 1/4 \times \left(\frac{1}{1/5}\right)^2$$
$$= \frac{1/4}{(1/5)^2 m^2}$$

پس توان متوسط دریافت شده توسط باتری های خورشیدی می شود:

$$\overline{P} = \overline{IA\cos\theta} = \frac{1400}{(1/5)^2} \times 0/2 \times 0/3$$
$$\approx 37\ \ Watt$$

یعنی جواب ۳۷ وات است.

۲ـ گرمای داده شده به آب برای این که از صفر درجه ی سلسیوس به ۱۰۰ درجه سلسیوس برسد برابر است با:

$$Q_1 = mc\Delta\theta = 60 \times 4/2 \times 100$$
$$= 2/52 \times 10^4\ J$$

بنابراین بقیه ی گرمای داده شده صرف تبدیل شدن آب به بخار می شود.

$$Q_2 = Q - Q_1 = 39\times10^3 - 2/52\times10^4$$
$$= 1/38\times10^4\ J$$

پس مقدار جرمی از آب که به بخار تبدیل شده برابر است با:

$$m_2 = \frac{Q_2}{l} = \frac{1/38\times10^4}{2/3\times10^6} = 6\times10^{-3}\ kg$$

بنابراین حجم بخار آب تولید شده که فشار آن برابر فشار هوا یعنی $10^5\ Pa$ و دمای آن $100^\circ C$ است می شود:

$$PV = nRT = \frac{m_2}{M}RT$$
$$V = \frac{m_2}{M}\frac{RT}{P}$$
$$= \frac{6\times10^{-3}}{18\times10^{-3}} \times \frac{8/3\times373}{10^5}$$
$$= 1/03\times10^{-2}\ m^3$$

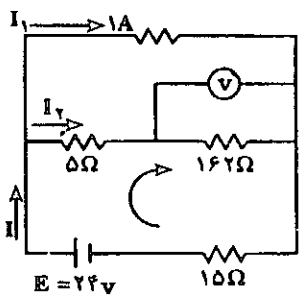
پس پیستون به اندازه ی

$$h = \frac{V}{A} = \frac{1/03\times10^{-2}}{250\times10^{-4}} \approx 0/41\ m$$

یا به اندازه ی $41\ cm$ بالا می رود.

توجه: در این مسئله از کار انبساطی بر روی بخار آب و هم چنین افزایش انرژی پتانسیل بخار آب صرف نظر شده است.

۳ـ مطابق شکل ۹، $I = I_1 + I_2 = 1 + I_2$ است. با نوشتن قانون کیرشهف برای حلقه ی نشان داده شده در شکل داریم:




شکل ۹

$$24 = 15I + 5I_2 + 8$$
$$24 = 15(1 + I_2) + 5I_2 + 8$$
$$20I_2 = 1 \Rightarrow I_2 = \frac{1}{20}A$$

پس:

$$V = RI_2$$
$$8 = \frac{R_1\times162}{R_1+162} \times \frac{1}{20}$$
$$\therefore R_1 = 13\ K\Omega$$

۴ـ وقتی لوله قائم است طول فضای خالی لوله برابر است با: $h = \frac{V}{A} = \frac{56}{4} = 14\ cm$. پس

فشار هوا می شود:

$$P_1 = 90 - 14 = 76\ cmHg$$

وقتی لوله به اندازه ی $60^\circ$ منحرف می شود، فشار در سطح جیوه که همان فشار هواست برابر فشار از طرف ته لوله به جیوه و فشار ارتفاع قائم جیوه داخل لوله است. یعنی:

$$P_1 = P + 90\cos60^\circ$$
$$\Rightarrow 76 = P + 45$$
$$\Rightarrow P = 31\ cmHg$$

پس:

$$F = PA = \frac{31\times10^5}{76} \times (4\times10^{-4})$$
$$\approx 16/3$$

پس جواب تقریباً $16N$ است.

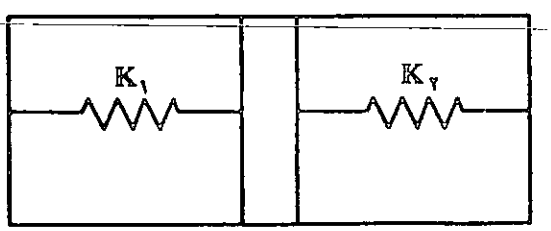
۵ـ فرض می کنیم در حالت افقی جرم $m$ در مکان ترازمندی $x$ قرار گرفته باشد. (شکل ۱۰) در این حالت نیروهای مساوی $F$ از دو طرف بر آن اثر می کنند. با عمودی کردن دستگاه نیروهای اضافه $F_1$ و $F_2$ از طرف فنرها رو به بالا به جسم وارد می شود، به طوری که

$$F_1 + F_2 = mg$$

اگر جسم نسبت به نقطه ی $x$ به اندازه ی $\Delta l$ در سمت فشردن شدن $k_2$ جابه جا شده باشد (شکل ۱۱) داریم:

$$k_1\Delta l + k_2\Delta l = mg \Rightarrow \Delta l = \frac{mg}{k_1 + k_2}$$

اگر دستگاه از سمت دیگر عمودی شود تا فنر $k_1$

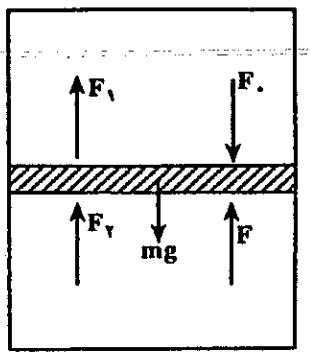


در زیر قرار گیرد، نظیر همین داستان تکرار می شود و جسم به اندازه ی همان $\Delta l$ در سمت فشرده شدن $k_1$ از نقطه ی $x$ جابه جا می شود. بنابراین کل جابه جایی جسم در حین برگرداندن آن عبارت است از:

$$۲\Delta l = \frac{۲mg}{k_1+k_2} = \frac{۲\times ۰/۰۴\times ۱۰}{۲۰+۱۲} = \frac{۰/۸}{۳۲} = ۰/۰۲۵\,m$$

پس جواب مسئله ۲۵ میلیمتر است.

۶ـ آخرین وضعیت سمت راست جسم $M$(نقطه ی $B$) حالتی است که کشش نخ سمت راست برابر $۶۰N$ می شود(شکل ۱۲) یعنی $T_2 = ۶۰N$ هم چنین داریم:

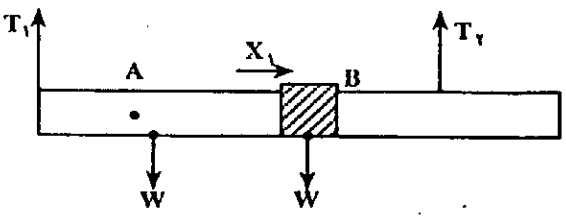



شکل-۱۱

$$T_1 + T_2 = W + W$$
$$= ۴۰ + ۵۰ = ۹۰N$$
$$\Rightarrow T_1 = ۳۰N$$

بنابراین اگر گشتاور نیروها را حول مرکز میله بنویسیم، می شود:

$$T_2 \times ۰/۶ = T_1 \times ۱ + ۵۰x_1$$
$$x_1 = \frac{۶۰\times ۰/۶ - ۳۰}{۵۰} = \frac{۶}{۵۰} = ۰/۱۲\,m = ۱۲\,cm$$




شکل-۱۲

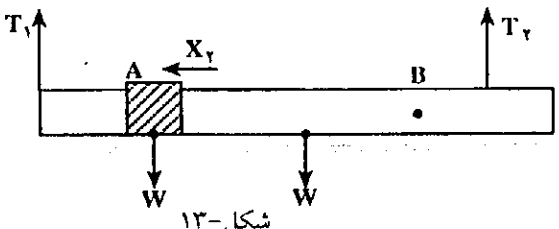
آخرین وضعیت سمت چپ جسم $M$(نقطه ی ) نیز حالتی است که کشش نخ سمت چپ برابر $۶۰N$ می شود، (شکل ۱۳) یعنی $T_1 = ۶۰N$، پس $T_2 = ۳۰N$. از تعادل گشتاور نیروها داریم:

$$T_1 \times ۱ = ۵۰x_2 + ۳۰\times ۰/۶$$
$$x_2 = \frac{۶۰-۱۸}{۵۰} = \frac{۴۲}{۵۰} = ۰/۸۴\,m = ۸۴\,cm$$

بنابراین فاصله ی $AB$ می شود:

$$\overline{AB} = x_1 + x_2 = ۱۲ + ۸۴ = ۹۶\,cm$$

پس جواب ۹۶ سانتی متر است.

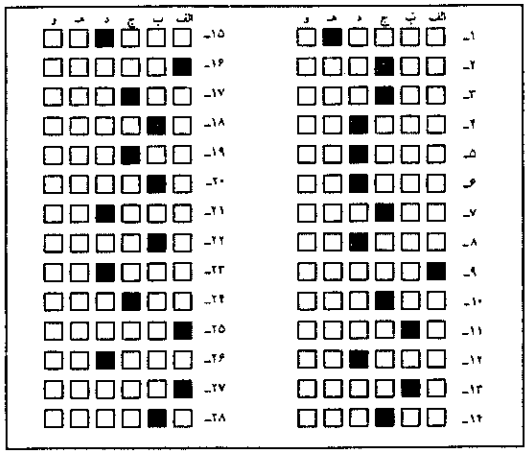



شکل-۱۳

۱

تنظیم پاسخها: محمود بهمن آبادی

کلید پاسخ به سؤالات مرحله ی اول یازدهمین المپیاد فیزیک کشور سال تحصیلی ۷۷ـ۱۳۷۶




| ۱ | | ۲ | | ۳ | | ۴ | | ۵ | | ۶ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| یکان | دهگان | یکان | دهگان | یکان | دهگان | یکان | دهگان | یکان | دهگان | یکان | دهگان |
| ۷ | ۳ | ۱ | ۴ | ۳ | ۱ | ۶ | ۱ | ۵ | ۲ | ۶ | ۹ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۱ | ۱ | ■ | ۱ | ■ | ۱ | ■ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ■ | ۲ | ۲ | ■ | ۲ | ۲ | ۲ |
| ■ | ۳ | ۳ | ۳ | ■ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| ۴ | ۴ | ۴ | ■ | ۴ | ۴ | ۴ | ۴ | ۴ | ۴ | ۴ | ۴ |
| ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ■ | ۵ | ۵ | ۵ |
| ۶ | ۶ | ۶ | ۶ | ۶ | ۶ | ■ | ۶ | ۶ | ۶ | ■ | ۶ |
| ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ |
| ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ | ■ |
| ۹ | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ | ■ | ۹ |

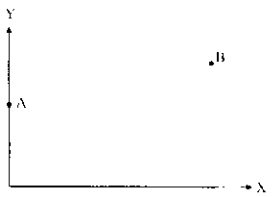
در سؤال های ۱، ۲ و ۴ به ترتیب جواب های ۳۸، ۴۲ و ۱۷ نیز قابل قبول است.

# یازدهمین المپیاد فیزیک کشور

## مرحله‌ی دوم

## آزمون نظری: اردیبهشت ماه ۱۳۷۷

۱ـ محور اصلی یک آینهٔ کروی محور $x$ است و نقاط $A$ و $B$ نیز، به ترتیب، در مختصات $\begin{vmatrix}0\\2\end{vmatrix}$ و $\begin{vmatrix}5\\3\end{vmatrix}$ قرار گرفته‌اند (طول‌ها بر حسب سانتیمتر است).




الف ـ اگر $A$ یک جسم حقیقی و $B$ تصویر آن باشد، مختصات محل مرکز و رأس آینه، و نیز نوع آینه را مشخص کنید.

ب ـ اگر $B$ یک جسم حقیقی و $A$ تصویر آن باشد، مختصات مرکز و رأس آینه، و نیز نوع آینه را مشخص کنید. (۸ نمره)

۲ـ بر قطرات ریز کروی که در هوا سقوط می‌کنند، نیروی مقاومت $f$ در خلاف جهت سرعت وارد می‌شود. این نیرو با شعاع قطره $R$ و سرعت آن $V$ متناسب است و از رابطه $f = 6\pi\eta RV$ به دست می‌آید. در این رابطه $\eta$ ضریب ثابتی است (ضریب گرانروی) که مقدار آن برای هوا $1/8\times10^{-5}\ Ns/m^2$ است.

الف ـ نشان دهید قطرات ریز هنگام سقوط در میدان گرانش زمین، به سرعت ثابتی به نام سرعت حد می‌رسند. این سرعت را برای قطراتی با چگالی $\rho$ به دست آورید و از روی آن توضیح دهید که چرا قطرات ریز آرام‌تر سقوط می‌کنند.

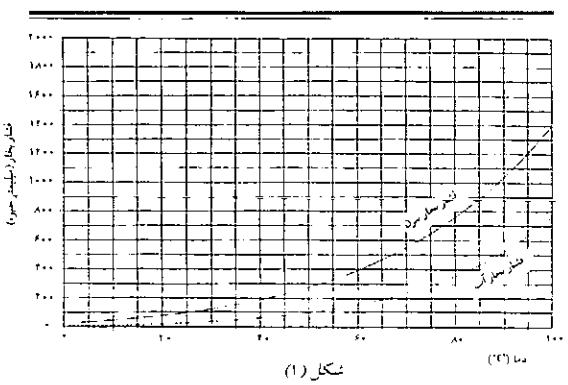
در آزمایش میلیکان (برای سنجش بار الکترون) قطرات ریز روغن به داخل محفظه‌ای از هوا، که در آن میدان الکتریکی یکنواخت $E$ برقرار است، پاشیده می‌شوند و با تابش کوتاه‌مدت پرتو $x$، بار الکتریکی پیدا می‌کنند. میدان الکتریکی را می‌توان با یک اختلاف پتانسیل قابل تنظیم، تغییر داد و آن را چنان تعیین کرد که قطرهٔ معینی به حالت معلق در آید. با قطع کردن اختلاف پتانسیل اعمال شده، میدان الکتریکی از بین می‌رود و قطره در مدت کوتاهی به سرعت حد می‌رسد.

ب ـ قطرهٔ معینی در میدان الکتریکی $E = 3/1\times10^{4}\ V/m$ به حالت معلق در می‌آید و پس از قطع اختلاف پتانسیل با سرعت $v_1 = 4/5\times10^{-5}\ m/s$ سقوط می‌کند. بار الکتریکی قطرهٔ روغن چقدر است؟ چگالی روغن را $900\ kg/m^3$ و $g = 10\ m/s^2$ بگیرید. (۱۰ نمره)

۳ـ هر مایعی در یک ظرف در بسته با بخار خود به حالت تعادل می‌رسد. در حالت تعادل فشار بخار مایع تابعی از دما است. نقطهٔ جوش مایع دمایی است که در آن دما فشار بخار مایع با فشار هوای محیط برابر باشد.

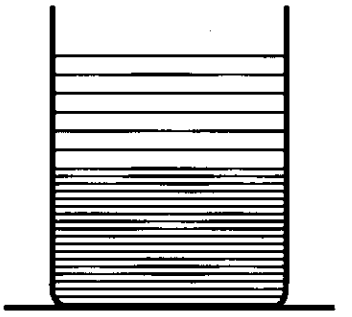
الف ـ در قلهٔ دماوند، آب در $80^{\circ}C$ می‌جوشد. با توجه به نمودار شکل (۱)، فشار هوا در قلهٔ دماوند را به دست آورید.

ب ـ بنزن در قلهٔ دماوند در چه دمایی می‌جوشد؟



شکل (۱)

دو مایع مخلوط نشدنی که در یک ظرف باشند (مطابق شکل (۲)) در دمایی می جوشند که از نقطهٔ جوش هر دو مایع کمتر است. علت این پدیده حباب هایی است که در مرز دو مایع به وجود می آید. در این حباب ها مجموع فشارهای بخار دو مایع با فشار محیط در این دما برابر می شود و مایع می جوشد.



**شکل ۲**

به این ترتیب، مجموعه در دمایی می جوشد که مجموع فشارهای بخار دو مایع با فشار محیط برابر شود. در این حالت، اگر فشار مایع $A$ برابر با $P_A$، و فشار بخار مایع $B$ برابر $P_B$ باشد، نسبت مولی دو بخار $A$ و $B$ در بخار خارج شونده $\frac{n_A}{n_B} = \frac{P_A}{P_B}$ است.

ج ـ همراه برگه های پاسخنامهٔ شما نموداری مانند نمودار شکل (۱) وجود دارد. نمودار مجموع فشار بخارهای آب و بنزن برحسب دما را در این نمودار رسم کنید و همراه پاسخنامه تحویل دهید.

د ـ مخلوط آب و بنزن در قلهٔ دماوند در چه دمایی می جوشد؟

هـ ـ در این دما نسبت مول های آب به بنزن در بخار مخلوط چقدر است؟

و ـ اگر مخلوطی از یک مول آب و دو مول بنزن در قلهٔ دماوند بجوشد، کدام یک از دو مایع زودتر تمام می شوند؟ (۱۲ نمره)

۴ـ سطح مقطع یک خط لولهٔ انتقال نفت افقی $۵۰۰\text{cm}^۲$ است. به علت اصطکاک، فشار در سراسر لوله یکسان نیست. در این لوله، در هر کیلومتر، فشار به اندازهٔ $۲\times۱۰^۴\text{Pa}$ افت می کند. از این خط لوله، روزانه ۶۰۰۰ متر مکعب نفت منتقل می شود.

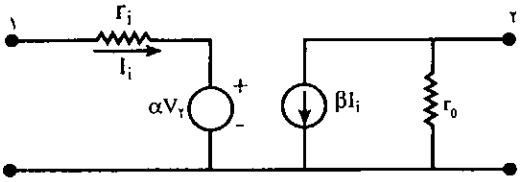
الف ـ نیروی اصطکاک نفت با لوله در هر متر از لوله چند نیوتن است؟

ب ـ سرعت انتقال نفت را به دست آورید.

ج ـ فاصلهٔ دو تلمبهٔ نفت ۱۲۰km است. به ازای انتقال هر متر مکعب نفت میان دو تلمبه خانه، چه مقدار انرژی تلف می شود؟

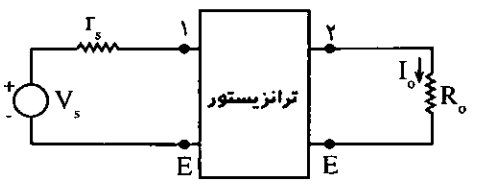
د ـ توان تلمبه را به دست آورید. (۱۰ نمره)

۵ ـ ترانزیستور یک قطعهٔ الکترونیکی است که سه سر دارد. شکل (۱) مدار معادل ترانزیستور را نشان می دهد.




شکل (۱)

در این ⊕ شکل یک چشمه جریان است که جریانی در جهت مشخص شده از آن می گذرد و در این ⊕ یک چشمهٔ ولتاژ با قطب بندی مشخص شده است. ضرایب $\alpha$ ، $\beta$ ، $r_i$ و $r_o$ اعداد ثابتی هستند که به مشخصات ترانزیستور بستگی دارد و $V_۲$ اختلاف پتانسیل نقطهٔ ۲ نسبت به نقطهٔ $E$ است. این ترانزیستور را در مدار شکل (۲) که یک تقویت کننده است به کار می بریم. کمیت های زیر را برحسب مشخصات ترانزیستور و $R_o$ و $r_s$ حساب کنید. $V_۱$ اختلاف پتانسیل نقطهٔ ۱ نسبت به نقطهٔ $E$ است.




شکل (۲)

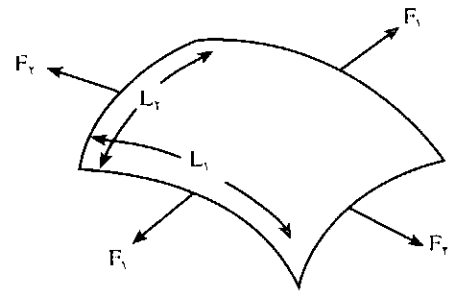
الف ـ بهرهٔ جریان یعنی $A_i = \frac{I_o}{I_i}$

ب ـ مقاومت ورودی یعنی $Z_i = \frac{V_۱}{I_i}$

ج ـ بهرهٔ ولتاژ یعنی $A_v = \frac{V_2}{V_s}$

(۱۲ نمره)

۶ـ یک پوستهٔ بسیار نازک کشسان را در نظر بگیرید. در هر ضلع یک مستطیل کوچک از این پوسته به طول‌های $L_1$ و $L_2$، مطابق شکل (۱) از طرف بقیهٔ پوسته نیروهای $F_1$ و $F_2$ وارد می‌شود. این نیروها بر سطح پوسته مماس و بر ضلع مستطیل عمودند. اگر اضلاع مستطیل یاد شده هنگامی که $F_1$ و $F_2$ صفر شود، یعنی پوست کشیده نشده باشد، $L_{01}$ و $L_{02}$ باشد، ضریب کشسانی پوسته، $k$ را با رابطهٔ زیر تعریف می‌کنیم.




شکل (۱)

$$k = \frac{F_1 / L_{01}}{(L_2 - L_{02}) / L_{02}} = \frac{F_2 / L_{02}}{(L_1 - L_{01}) / L_{01}}$$

یک بادکنک باد نشده به شکل یک کره به شعاع $a$ در نظر بگیرید. بادکنک را باد می‌کنیم تا فشار درون آن $P$ و شعاع آن $R$ شود. فشار هوای بیرون را $P_0$ بگیرید و $P$ را بر حسب $R$ و سایر کمیت‌ها به دست آورید. برای زاویه‌های کوچک، می‌توان زاویه بر حسب رادیان را با سینوس آن یکی گرفت. (۸ نمره)

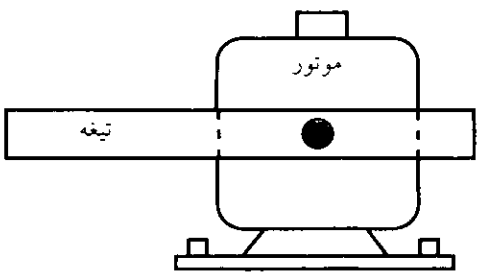
۷ـ شعاع محور یک موتور الکتریکی $r$ است. از یک تیغه به وزن $W$ سوراخی به شعاع تقریبی $r$ بیرون آورده و آن را، مطابق شکل (۱)، روی محور موتور نصب کرده‌ایم. فاصلهٔ گرانیگاه تیغه تا محور دوران $d$ است. چون تیغه با محور موتور کاملاً درگیر نیست، هنگامی که محور موتور می‌چرخد، تیغه را با خود نمی‌چرخاند. فرض کنید نیروی اصطکاک میان تیغه و محور موتور چنان است که تیغه افقی می‌ماند.

الف ـ ابتدا فرض کنید محور موتور با تمام سطح سوراخ روی تیغه در تماس است. گشتاور نیروی اصطکاک وارد بر محور موتور را حساب کنید.

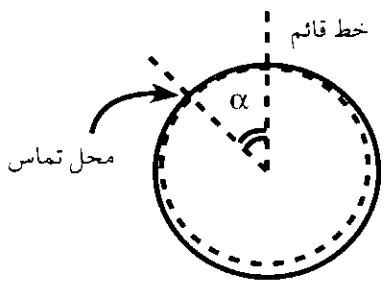
اکنون فرض کنید قطر سوراخ کمی از قطر محور موتور بزرگتر است، به طوری که مطابق شکل (۲) تماس محور با سطح سوراخ تقریباً روی یک خط است.

ب ـ توضیح دهید که چرا برای افقی ماندن تیغه، خط تماس محور موتور با سطح سوراخ نمی‌تواند در بالاترین جای محور موتور باشد.

ج ـ زاویهٔ $\alpha$ را که در شکل (۲) مشخص شده است، به دست آورید. برای سادگی، محور دوران را بر محور سوراخ منطبق بگیرید. در این حالت چه محدودیتی روی محل گرانیگاه تیغه وجود دارد؟ (۸ نمره)




شکل (۱)

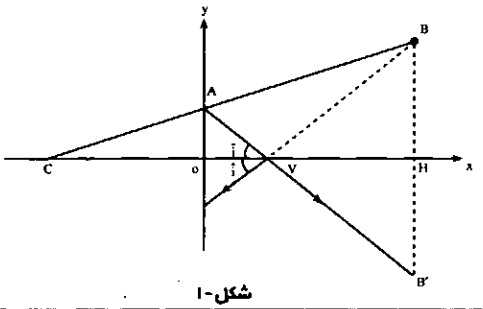



شکل (۲)

**▼ حل مسئله ۱**

الف ـ چون هر پرتویی که از مرکز آینه عبور کند روی همان امتداد بازتابش می‌شود، بنابراین با وصل کردن نقاط $A$ و $B$ به یکدیگر و امتداد دادن آن می‌توان مرکز آینه را به دست آورد. چون محور اصلی آینه محور $x$ است پس محل تقاطع آن با خطی که از $A$ و $B$ می‌گذرد مرکز آینه را تعیین

می کند (نقطهٔ $c$).



شکل-۱

$$\frac{\overline{OC}}{\overline{CH}} = \frac{\overline{OA}}{\overline{BH}} \Rightarrow \frac{\overline{OC}}{\overline{OC}+۵} = \frac{۲}{۳} \Rightarrow \overline{OC} = ۱۰\,\text{cm}$$

بنابراین مختصات نقطهٔ $C$ عبارتست از $C\begin{vmatrix}-۱۰\\ ۰\end{vmatrix}$.

علامت منفی به خاطر آن است که نقطهٔ $C$ در سمت منفی محور $x$ واقع است.

همچنین برای به دست آوردن رأس آینه می توانیم تصویر نقطهٔ $B$ نسبت به محور $x$ را به دست آوریم (نقطهٔ $B'$). از وصل کردن نقطهٔ $A$ به $B'$ رأس آینه به دست می آید (نقطهٔ $V$). زیرا می دانیم که هر پرتویی که به رأس آینه برخورد کند همان زاویه ای که نسبت به محور اصلی دارد ($\hat{i}$) با همان زاویه منعکس می شود. داریم:

$$\frac{\overline{OA}}{\overline{OV}} = \frac{\overline{BH}}{\overline{VH}} \Rightarrow \frac{۲}{\overline{OV}} = \frac{۳}{۵-\overline{OV}} \Rightarrow \overline{OV} = ۲\,\text{cm}$$

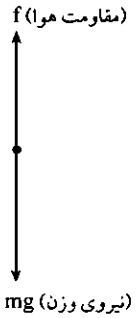
بنابراین مختصات $V$ عبارت است از $V\begin{vmatrix}۲\\ ۰\end{vmatrix}$

از این رو شعاع این آینه ۱۲cm است و فاصلهٔ کانونی آن ۶cm می شود، یعنی جسم حقیقی $A$ در فاصله کانونی واقع است. پس $B$ یک تصویر مجازی است که چون هر فاصلهٔ آن از محور اصلی بیشتر از فاصلهٔ جسم $A$ تا محور اصلی است، آینهٔ مورد نظر کاو (مقعّر) است.

ب ـ اگر $B$ یک جسم حقیقی و $A$ تصویر آن باشد، باز نقاط رأس و مرکز آینه همان شرایط قسمت الف را دارد و همان مختصات به دست می آید. امّا این بار نوع آینه کوژ (محدب) می شود، چون فاصلهٔ تصویر از محور اصلی کمتر از فاصلهٔ جسم تا محور اصلی است.

**▼حل مسئله ۲**

الف ـ وقتی یک قطرهٔ کروی با سرعت ثابتی سقوط می کند یعنی برآیند نیروهایی که به آن وارد می شود، صفر است. به عبارتی نیروی مقاوم $f$ برابر نیروی وزن آن می شود، یعنی:



شکل ۲ ـ نمودار جسم آزاد یک قطرهٔ کروی

$$f = mg$$

$$۶\pi\eta R V_\ell = (\frac{۴}{۳}\pi R^۳\rho)g$$

که در آن $V_\ell$ سرعت حدّی قطره و $R$ شعاع و $\rho$ چگالی جرمی قطره هستند.

$$V_\ell = \frac{۲}{q}\frac{\rho g}{\eta} R^۲ \qquad (۱)$$

بنابراین برای قطرات از یک جنس ($\rho$ یکسان) هر چه شعاع قطره ($R$) کوچکتر باشد، سرعت حدّی $V_\ell$ کمتر خواهد بود.

ب ـ وقتی یک قطرهٔ باردار در میدان الکتریکی به حالت معلّق در می آید یعنی نیروی الکتریکی $qE$ اعمال شده به آن برابر نیروی وزن آن می شود. $q$ بار الکتریکی قطره و $E$ میدان الکتریکی خارجی است. داریم:

$$qE = mg$$

$$qE = (\frac{۴}{۳}\pi R^۳\rho)g \Rightarrow q = \frac{۴\pi g\rho}{۳E}(\frac{۹}{۲}\frac{\eta V l}{\rho g})^{\frac{۳}{۲}}$$

که در آن به جای $R$ از رابطهٔ (۱) استفاده شده است.

$$q=\frac{18\pi}{E}\mu V_t\sqrt{\frac{\mu V_t}{2\rho g}}$$

$$=\frac{18\times 3/14}{3/1\times 10^{4}}\times(1/8\times 10^{-5}\times 4/5\times 10^{-5})$$

$$\sqrt{\frac{1/8\times 10^{-5}\times 4/5\times 10^{-5}}{2\times 9000\times 10}}$$

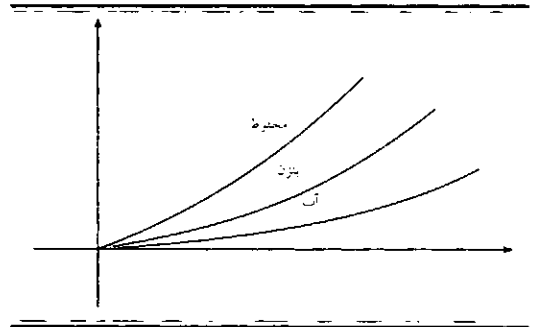
$$=3/6\times 10^{-19}C$$

**▽حل مسئله ۳**

الف ـ با توجه به نمودار داده شده، خطی افقی که منحنی فشار بخار آب را در دمای $80^{\circ}C$ قطع می کند. ترسیم می کنیم. فشار بخار متناسب با این دما، حدود $350mmHg$ است. یعنی فشار هوا در قلهٔ دماوند تقریباً ۳۵۰ میلیمتر جیوه است.

ب ـ خط افقی رسم شده در قسمت الف منحنی فشار بخار بنزن را در دمای $57^{\circ}C$ قطع می کند. یعنی بنزن در دمای $57^{\circ}C$ می جوشد.

ج ـ می توانیم در هر دمای مشخص مجموع فشارهای بخار آب و بنزن را تعیین و فشار بخار دو مایع را به دست آوریم. با وصل کردن این نقاط به یکدیگر منحنی مجموع فشار بخارهای آب و بنزن بر حسب دما تعیین می شود (مطابق شکل).




د ـ همان خطی که در قسمت الف رسم کردیم، نمودار مجموع فشار بخارهای اب و بنزن را در دمای حدود $50^{\circ}C$ قطع می کند. یعنی مخلوط آب و بنزن در قلهٔ دماوند در دمای حدود $50^{\circ}C$ می جوشد.

هـ ـ مطابق نمودار فشار بخار آب و بنزن در این دما، به ترتیب حدود ۱۰۰ و ۲۸۰ میلیمتر جیوه است. بنابراین مطابق اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{h_{\text{آب}}}{h_{\text{بنزن}}}=\frac{P_{\text{آب}}}{P_{\text{بنزن}}}=\frac{100}{280}=0/36$$

و ـ با توجه به قسمت (هـ) چون به ازای هر مول بنزن، حدود ۰/۳۶ مول آب بخار می شود. پس وقتی دو مول بنزن بخار می شود، حدود ۰/۷۲ مول آب بخار می شود. بنابراین حدود ۰/۲۸ مول آب باقی می ماند. یعنی بنزن زودتر تمام می شود.

**▼حل مسئله ۴**

الف ـ چون افت فشار به علّت اصطکاک است بنابراین نیروی اصطکاک نفت با لوله در هر متر می شود:

$$\frac{\Delta F}{\Delta L}=A\frac{\Delta P}{\Delta L}=(500\times 10^{-4})(2\times 10^{4})$$

$$=10^{3}\,N/km \Rightarrow \frac{\Delta F}{\Delta L}=1\,N/m$$

ب ـ چون روزانه ۶۰۰۰ متر مکعب نفت منتقل می شود، سرعت انتقال نفت می شود:

$$V=\frac{D}{A\times t}=\frac{6\times 10^{3}}{(500\times 10^{-4})(86400)}=1/39\,m/s$$

که در آن $D$ حجم نفت منتقل شده در روز، $A$ سطح مقطع لولهٔ انتقال نفت، و $t$ زمان یک روز که ۸۶۴۰۰ ثانیه است.

ج ـ طولی از لولهٔ انتقال نفت که یک متر مکعب از نفت را در برمی گیرد برابر است با:

$$V=A\ell'=1(m^{3})\Rightarrow \ell'=\frac{1}{A}=$$

$$\frac{1}{500\times 10^{-4}}=20\,m$$

یعنی در هر ۲۰ متر از لوله یک متر مکعب نفت وجود دارد. فرض کنید طول $\Delta L$ از نفت از مبداء به مقصد منتقل شود بنابراین در طول $120km$ انرژی تلف شده برابر است با:

$$\frac{\Delta W}{\Delta L}=\frac{\Delta F}{\Delta L}\times L=(1\,\mathrm{N/m})\times(120\times10^{-3}\,\mathrm{m})=$$

$1/2\times10^{5}\,\mathrm{J/m}$ .

بنابراین انرژی تلف شدهٔ مربوط به یک متر مکعب که ۲۰ متر از لوله را می پوشاند برابر است با

$$W=\frac{\Delta W}{\Delta L}\times\ell'=(1/2\times10^{5}\,\mathrm{J/m})(20\,\mathrm{m})$$

$$=2/4\times10^{6}\mathrm{J}$$

یعنی به ازای انتقال هر متر مکعب، $2/4\times10^{6}$ ژول انرژی تلف می شود.

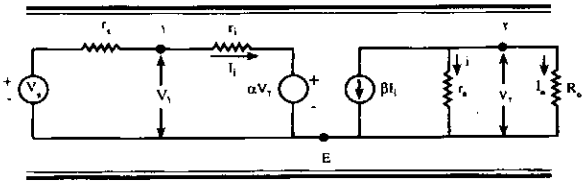
د ـ با توجه به اینکه روزانه ۶۰۰۰ متر مکعب نفت منتقل می شود و برای انتقال هر متر مکعب از آن $2/4\times10^{6}$ ژول انرژی مصرف میشود پس توان تلمبه برابر است با :

$$P=\frac{WD}{t}=\frac{(2/4\times10^{6})(6\times10^{3})}{86400}$$

$$=1/66\times10^{5}\,\mathrm{W}$$

$$\therefore P=166\,\mathrm{KW}$$

**▼حل مسئله ۵**




الف ـ با توجه به جهت جریانهای مربوط به شاخه های مدار سمت راست نقطه $E$ رابطهٔ زیر را می توان نوشت :

$$\beta I_i+\frac{V_2}{r_o}+I_o=o\quad,\quad V_2=I_o R_o$$

$$\therefore\ \beta I_i=\frac{-I_o R_o}{r_o}-I_o$$

$$Ai=\frac{I_o}{I_i}=-\frac{\beta}{1+\frac{R_o}{r_o}}=-\frac{\beta r_o}{r_o+R_o}$$

ب ـ با توجه به اینکه $V_1=r_i I_i+\alpha V_2$ است داریم

$$\beta Z_i=\frac{V_1}{I_i}=\frac{r_i I_i+\alpha V_2}{I_i}=r_i+\alpha\frac{I_o R_o}{I_i}$$

$$=r_i+\alpha R_o A_i$$

$$Z_i=r_i-\frac{\alpha\beta R_o r_o}{r_o+R_o}$$

ج ـ از روی مدار سمت چپ نقطهٔ $E$ روشن است که $V_s=(r_s+r_i)I_i+\alpha V_2$ پس :

$$A_v=\frac{V_2}{V_s}=\frac{I_o R_o}{I_i(r_s+r_i)+\alpha V_2}$$

$$=\frac{R_o A_i I_i}{I_i(r_s+r_i)+\alpha R_o A_i I_i}$$

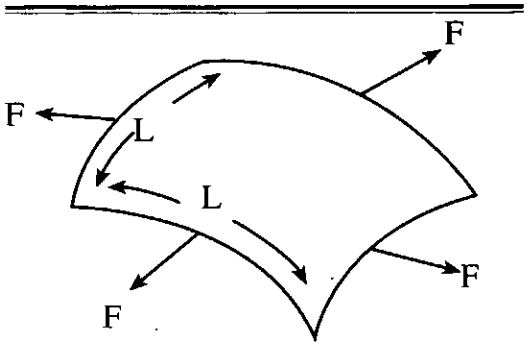
$$=\frac{R_o A_i}{r_s+r_i+\alpha R_o A_i}=\frac{1}{\alpha+\frac{r_s+r_i}{R_o A_i}}$$

$$\therefore A_v=\frac{1}{\alpha-\frac{(r_s+r_i)(r_o+R_o)}{\beta r_o R_o}}$$

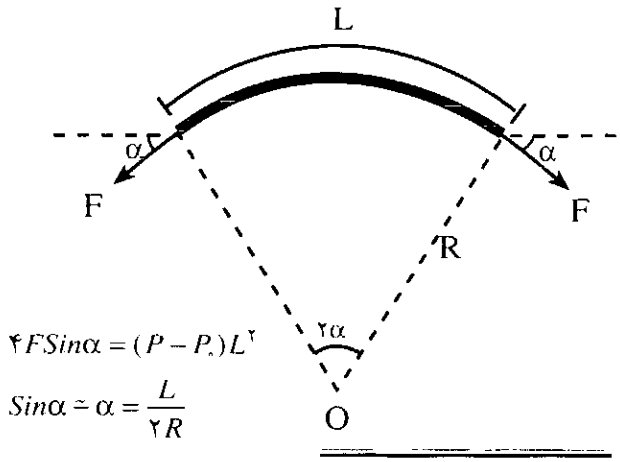
**▼حل مسئله ۶**

خط کوچکی به طول $L_\circ$ روی بادکنک باد نشده در نظر می گیریم. وقتی بادکنک را باد می کنیم طول این خط کوچک به $L=L_\circ\frac{R}{a}$ افزایش می یابد. پس :

$$\Delta L=L-L_\circ=L_\circ\frac{R}{a}-L_\circ=L_\circ(\frac{R}{a}-1)$$



حال روی بادکنک باد شده، مربعی به ضلع $L$ در نظر می گیریم. نیروهای عمود بر سطح این مربع چنین است:




$$۴FSin\alpha = (P - P_۰)L^۲$$

$$Sin\alpha \simeq \alpha = \frac{L}{۲R}$$

مطابق تعریف داریم:

$$k = \frac{F/L_۰}{\Delta L/L_۰} = \frac{F}{\Delta L}$$

بنابراین به دست می آوریم:

$$۴k\Delta L\frac{L}{۲R} = (P - P_۰)L^۲$$

$$\frac{۲k}{R} = (P - P_۰)\frac{L}{\Delta L} = (P - P_۰)\frac{L_۰\frac{R}{a}}{L_۰(\frac{R}{a} - ۱)} =$$

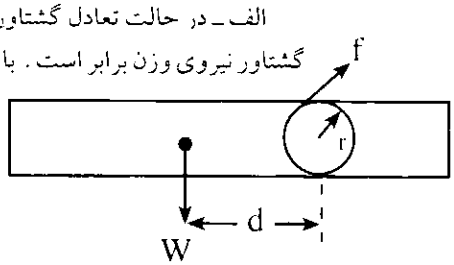
$$(P - P_۰)\frac{R}{R - a}$$

با ساده کردن می توان دید که فشار نهایی بادکنک می شود:

$$P = P_۰ + \frac{۲k(R - a)}{R^۲}$$

**▼حل مسئله ۷**

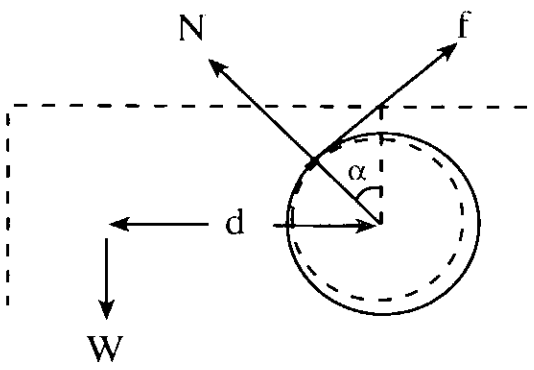
الف ـ در حالت تعادل گشتاور نیروی اصطکاک با گشتاور نیروی وزن برابر است. با توجه به شکل(۱) داریم




$$\tau = ft = wd$$

ب ـ اگر تماس محور موتور با سوراخ در بالاترین جای محور باشد، نیروی اصطکاک افقی است که با هیچ نیروی افقی دیگری خنثی نمی شود تا تسمه به حالت افقی بماند.

ج ـ نیروهایی که به تیغه وارد می شود مطابق شکل (۲) است. در حالت تعادل داریم:




$$\begin{cases} fr = wd \\ fCos\alpha = NSin\alpha \\ w = fSin\alpha + NCos\alpha \end{cases}$$

$$f = \frac{wd}{r} \Rightarrow N = \frac{wd}{r}\frac{Cos\alpha}{Sin\alpha}$$

$$\therefore w = \frac{wd}{r}Sin\alpha + \frac{wd}{r}\frac{Cos^۲\alpha}{Sin\alpha} \Rightarrow \frac{d}{r}\frac{۱}{Sin\alpha} = ۱ \Rightarrow$$

$$Sin\alpha = \frac{d}{r} < ۱ \Rightarrow d < r$$

یعنی محلّ گرانیگاه، داخل سوراخ روی تسمه است.

**تنظیم از: محمود بهمن آبادی**

# مغلطه در تعریف وزن

محمدرضا خوش بین خوش نظر

یکی از مغالطه ها و یا بهتر بگویم مغلطه های [!] مهمّ کتابهای درسی فیزیک، تعریف وزن است. نگارنده با مرور بر کلیهٔ این کتابها به حتّی یک مورد تعریف صحیح این کمیّت برنخورد. خوب است که در اینجا به تعریفی که مهمترین کتاب فیزیک پایهٔ دانشگاهی (۱) داشته است بپردازیم:

«وزن هر جسم عبارت است از نیروی جاذبه ای که زمین به آن وارد می کند.» (ص ۹۲)

و آنگاه که می خواهد حالت بی وزنی را در سفینه ها توجیه کند چنین می گوید:

«... در نواحی ای از فضا که اثرهای گرانشی وجود ندارند، وزن یک جسم صفر است. در یک سفینهٔ فضایی که از قید گرانش آزاد است (؟!)، بلند کردن یک قطعهٔ سربی بزرگ کار ساده ای است (W=۰) ...» (ص ۹۴)

ولی همین که با مسئله آسانسور مواجه می شود و سرِ این تعریفِ مغلطه آمیزش به سنگ می خورد، مجبور به مغلطهٔ دیگری می شود و احساسِ افزایش (یا کاهش) وزن را به کمیّت مجعولی به نام «وزن ظاهری» منتسب می کند. (ص ۱۰۱).

حال آنکه اگر تعریف دیگری را جایگزین این تعریف شبهه آمیز بکنیم، دیگر نه لازم است که به غلط یک سفینهٔ فضایی را از قید گرانش آزاد بدانیم (ولو اینکه نیروی گرانش اندک باشد) و یا با بازی با کلمات، عبارت مجعول «وزن ظاهری» را وارد کارزار کنیم. یک کتاب ارزشمندِ قدیمیِ روسی تحت عنوان «سرگرمی های فیزیک» (۲) تنها کتابی است که تعریفی صحیح از وزن ارائه کرده است:

«وزن عبارت است از نیرویی که جسم با آن نیرو نقطهٔ تعلیق خود را می کشد و یا بر تکیه گاه خود فشار وارد می کند. جسمی که در حال افتادن است نمی تواند ترازوی فلزی را بکشد، زیرا هر دو با هم در حال سقوط هستند. جسمی که در حال افتادن است هیچ چیز را نمی کشد و بر هیچ چیز فشار وارد نمی کند. از این رو اگر بپرسیم وزن یک جسم هنگام سقوط چقدر است مثل آن است که پرسیده باشیم وزن یک جسم هنگامی که وزن ندارد چقدر است.»

آنگاه همین کتاب در ادامه مثال زیبای دیگری نیز می آورد:

«فندوق شکنی را در یک کفهٔ ترازو بگذارید و یک بازوی آنرا با نخی به قلّاب بالای آن بیاویزید. در کفهٔ دیگر آنقدر وزنه بگذارید تا تعادل برقرار شود. حال با شعلهٔ چوب کبریت نخ را بسوزانید. پس از اینکه نخ سوخت، بازوی آویزان فندوق شکن بر روی کفهٔ ترازو می افتد. چون اجسام هنگام سقوط وزن ندارند، کفهٔ حاوی فندوق شکن برای لحظه ای بالا می رود.»

حالا به گمانم دانش آموزان به خوبی قادر به توجیه احساس بی وزنی در سفینه و یا مسئله آسانسور باشند. و به گمانم حال بتوانند به این سؤال ساده نیز پاسخ دهند که چرا سفینه ها به دور خود می چرخند؟

مراجع:

۱. فیزیک (جلد اوّل). فرد هالیدی و رابرت رزنیک (۱۹۷۸). ترجمهٔ نعمت الله گلستانیان و محمود بهار (۱۳۶۶). مرکز نشر دانشگاهی

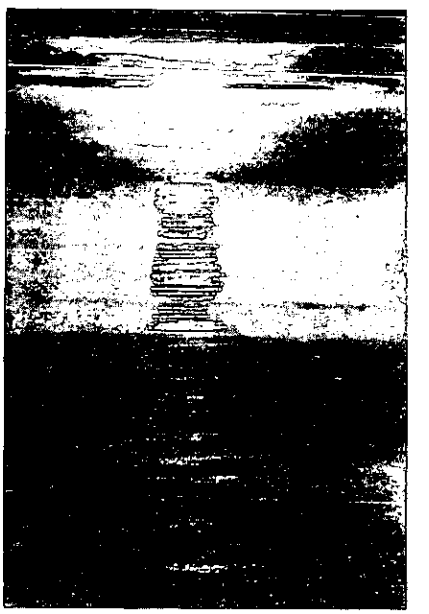
۲. سرگرمیهای فیزیک. انتشارات امیرکبیر (۱۳۶۳)

3. Elementery Physics, I.P. Gurskii Mir publishese, 1987

# مسئله افق

محمد رضا خوش بین خوش نظر

در سال ۱۳۴۴ / ۱۹۶۵، دو فیزیکدان آمریکایی به نامهای آرنوپنزیاس و رابرت ویلسون، یک آشکارساز بسیار حساس مایکرو ویو را آزمایش کردند. آن دو ضمن آزمایش متوجه شدند که آشکارساز آنها بیش از آنچه که انتظار می رفت، نوفه دریافت می کند. آنها می دانستند که نوفه ای که منبع آن درون جو باشد، وقتی آشکارساز مستقیماً روبه بالا نباشد، قویتر از هنگامی است که روبه بالاست. ولی آشکارساز را به هر سو که گرداندند، نوفهٔ اضافی تغییری نمی کرد. بنابراین منشأ آن را در خارج جو دانستند. همچنین چون میزان نوفه در طول شب و روز و در سراسر سال ثابت باقی می ماند، سرچشمهٔ آنرا در خارج از منظومهٔ شمسی و حتّی خارج از کهکشان جستجو کردند. چرا که در غیر این صورت، حرکت زمین جهت آشکارساز را تعییر می داد و باعث تغییر نوفه می شد.



تقریباً همزمان با پنزیاس و ویلسون، باب دیکی[1] و جیم پی بلز[2] از دانشگاه پرینستون بر روی نظریه ای که گاموف قریب به یک دهه پیش از آن ارائه کرده بود، کار می کردند. به گفتهٔ گاموف، جهان آغازین باید جهانی بسیار چگال و گداخته می بود، چندان که تابش در نهایت شدت باشد. او بنابر محاسبهٔ بسیار ساده ای ادعا کرد که ما باید تابش زمینهٔ کیهانی ای ناشی از یک تابش جسم سیاه را در دمای $5k^\circ$ دریافت داریم. دیکی و پی بلز نیز ضمن تکرار این ادّعا استدلال کردند که هر چند بر اساس سرگذشت گرمایی عالم، باید بخش هایی از آن تابش جهان آغازین قابل رویت باشد، امّا به دلیل انبساط جهان، نور مورد نظر چندان انتقال به سرخ می یابد، که به صورت ماکروویو بنظر می رسد. دیکی و پی بلز در تدارک جستجوی این تابش ماکروویو بودند که پنزیاس و ویلسون با آگاهی یافتن از نظریهٔ آنها به علت آن نوفهٔ اضافی در آشکارسازیشان پی بردند. آنها آن نوفهٔ اضافی را مربوط به تابش زمینه ای در دمای $3/5\,k^\circ$ دانستند. در اوایل سال ۱۹۹۰ وسیلهٔ بسیار دقیقی جهت آشکارسازی تابش ماکروویو زمینه تحت عنوان[3] COBE ساخته شد. COBE در سال ۱۹۹۳ تابش زمینه ای در $T_\circ = 2/726\,k^\circ$ آشکار ساخت. البته COBE بواسطهٔ دقت بسیارش، نکات تازه ای را نیز مطرح کرد. از جمله مشاهدهٔ یک ناهمسانگردی در شدت تابش زمینه. یعنی در بعضی جهتها به شدتهایی دست می یافتند که مقدارشان اندکی با یکدیگر متفاوت بود. این ناهمسانگردی در حدود $\delta T = (3\circ\pm5)\mu k^\circ$ بود. برای این ناهمسانگردی سه دلیل عمده مطرح می کنند: ۱) پدیدهٔ دوپلری ناشی از حرکت زمین ۲) عدم تقارن کروی عالم ۳) ناهمگنی عالم.

حال سؤالی که مطرح می شود این است که چرا آشکارساز برای تابش های حاصل از نواحی ای که با یکدیگر رابطهٔ علّی ندارند، در تمام جهتها دمای نسبتاً یکسانی را می دهد؟ در حالی که می دانیم طبق اصل علیت اینشتین، در مشاهده های همزمان، مشاهده پذیرها نباید روی هم اثر بگذارند. برای رفع این مشکل ادّعا می شود که در لحظات آغازین آفرینش، عالم به شدت یکنواخت بوده و نقاط عالم با یکدیگر روابط علّی پیچیده ای داشته اند. آنگاه مطابق آنچه که مدلهای تورمی پیشگویی می کنند، نقاط همبستهٔ عالم بطور نمایی از یکدیگر جدا شده و جهان کنونی را تشکیل داده اند. بنابراین همدمایی کنونی عالم ناشی از همدمایی لحظات آغازین آفرینش است.

Refernces:

1. Roos,M. (1994). Introduction to Cosmology, John WeiLy &-Soos

2. Mather, J.C., Cheng, E.S., Cottingham D.A. (1993). THe Astrophysical Journal Letters, 345, L 37.

1- (Dicke)

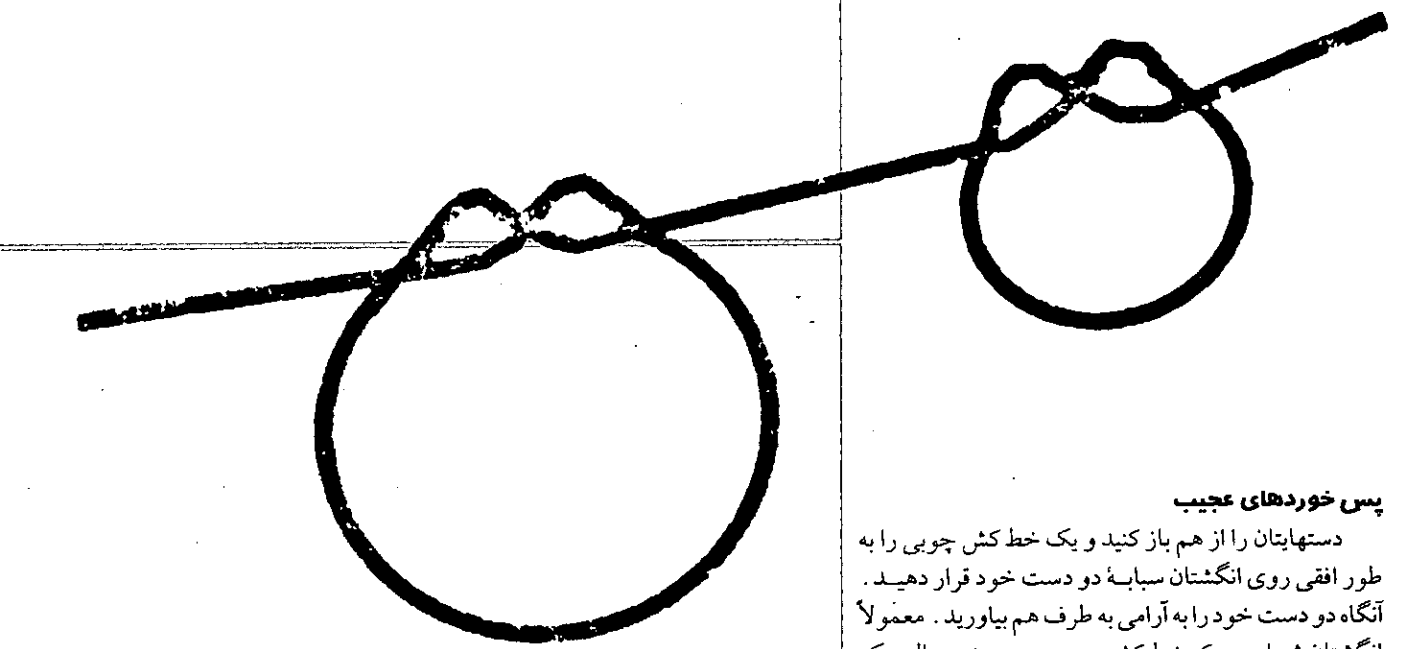
2- Peebles

3- Cosmic Background Explorer Satellite

سرگرمی فیزیکی ماه

# بازخورد عجیب

نویسنده: مارتین گاردنر



یک طناب بلندتر با پنج یا شش گره کوچک و بزرگ می تواند یک کلاس را به هیجان آورد. هنگامی که دو نفر از دانش آموزان دو سر طناب را به آرامی بکشند.

مترجم: محمد حسین شمس (دبیر فیزیک)

۱. مقاله آروی. من کاسو که در مجله فیزیکس تیچر شمارهٔ ۳۱ صفحه ۲۲۲ سال ۱۹۹۳ چاپ شده است را ببینید.

## پس خوردهای عجیب

دستهایتان را از هم باز کنید و یک خط کش چوبی را به طور افقی روی انگشتان سبابهٔ دو دست خود قرار دهید. آنگاه دو دست خود را به آرامی به طرف هم بیاورید. معمولاً انگشتان شما در مرکز خط کش به هم می رسند. حال یک وزنه کوچک به یک سر خط کش ببندید و بار دیگر آن کار را تکرار کنید. این بار انگشتان شما در مرکز ثقل مجموعه، که خط کش در آنجا در حال تعادل خواهد بود به هم می رسند. دلیل این امر نیروی اصطکاک است. اگر یک انگشت را جلوتر از یک انگشت دیگر قرار دهید، (از لبه خط کش دورتر و به مرکز خط کش نزدیکتر). وزن روی آن افزایش می یابد و باعث افزایش نیروی اصطکاکِ بین آن انگشت و خط کش می شود. و همین امر جلو حرکت انگشت را می گیرد. در حالی که انگشت دیگر، با اصطکاک و وزن کمتری که روی خود دارد، قسمت زیادتری از خط کش را می پیماید.[۱]

می توان کار مشابهی را با یک طناب انجام داد. مطابق شکل یک گره بازِ بزرگ در یک سر طناب و یک گره بسته تر در انتهای دیگر طناب ببندید. به آرامی یک سر طناب را بکشید. گره ها در یک لحظه بسته خواهند شد.

فرم اشتراک

فرم اشتراک

فرم اشتراک

فرم اشتراک

فرم اشتراک

فرم اشتراک

فرم اشتراک

علاقه مندان می‌توانند با تکمیل فرم اشتراک و ارسال آن به نشانی: تهران صندوق پستی ۳۳۳۱ / ۱۵۸۷۵ (دفتر انتشارات کمک‌آموزشی) مجله مورد علاقه خود را دریافت دارند.

**شرایط اشتراک:**

۱ ـ واریز حداقل مبلغ ۱۰ / ۰۰۰ ریال به عنوان علی‌الحساب به حساب شماره ۲۹۶۶۲۰۰۰ (بانک تجارت شعبه سرخه حصار ـ کد ۳۹۵ ـ در وجه شرکت افست) و ارسال اصل رسید بانکی همراه با فرم تکمیل شده اشتراک به نشانی دفتر انتشارات کمک‌آموزشی.

۲ ـ شروع اشتراک مجلات از زمان وصول فرم درخواست اشتراک می‌باشد و یک ماه قبل از اتمام مبلغ علی‌الحساب جهت تمدید اشتراک اطلاع داده خواهد شد.

| | | |
|---|---|---|
| نام و نام خانوادگی: | تاریخ تولد: | میزان تحصیلات: |
| نشانی کامل پستی: استان | شهرستان: | خیابان: |
| کوچه: | پلاک: | کدپستی: |
| تلفن: | شماره و تاریخ رسید بانکی: | |
| مجله یا مجلات درخواستی: | | امضاء |

مشخصات و نشانی خود را کامل و خوانا بنویسید تا در امر ارسال مجله مشکلی بوجود نیاید.

ارسال اصل رسید بانکی ضروری می‌باشد.

روابط عمومی دفتر انتشارات کمک‌آموزشی

◆ بخش عمدهٔ کوه یخ در زیر آب قرار دارد.