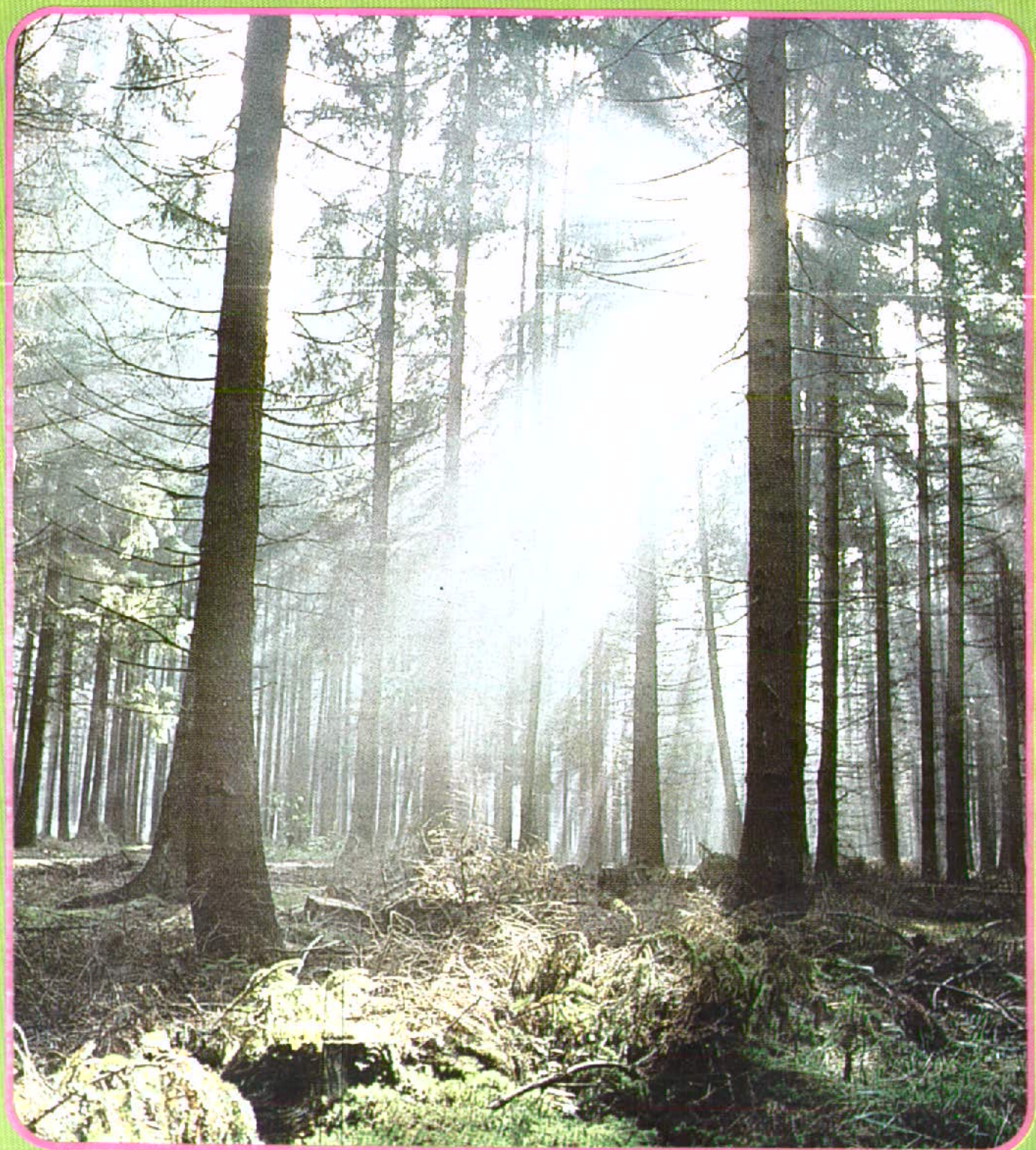
رشد آموزش فیزیک

سال نهم ـ تابستان ۱۳۷۲ ـ شماره مسلسل ۳۳

بها ۳۵۰ ریال



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

رشد آموزش فیزیک

سال نهم ـ تابستان ۱۳۷۲ ـ شماره مسلسل ۳۳

نشریهٔ گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، تلفن ۴ ـ ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۴۳)

مجله رشد آموزش فیزیک هر سه ماه یکبار به منظور اعتلای دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش‌پژوهان در این رشته منتشر می‌شود. جهت ارتقاء کیفی آن نظرات ارزنده خود را به صندوق پستی تهران ۳۶۳ ـ ۱۵۸۵۵ ارسال فرمائید.

زیر نظر هیأت تحریریه رشد آموزش فیزیک:

دکتر عزت‌الله ارضی — دکتر منیژه رهبر

دکتر ابوالقاسم قلمسیاه — غلامعلی محمودزاده

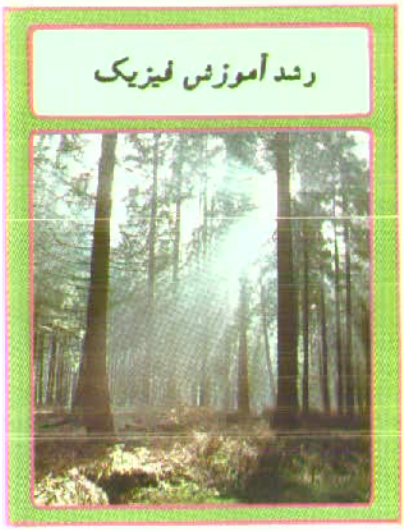
سیدجعفر مهرداد

مدیر داخلی: محمدعلی سعادت‌بخت

مسؤول هماهنگی و تولید: فتح‌الله فروغی

امور فنی، صفحه آرایی و رسامی: خالد قهرمانی‌دهبکری

دستیار ناظر چاپ: محمد کشمیری



روی جلد: انتشار راستخط نور

پیشگفتار		۳
سرگذشت فیزیک (قسمت شانزدهم)	دکتر ابولقاسم قلمسیاه	۴
لبهٔ فضا ـ زمان	ترجمهٔ دکتر منیژهٔ رهبر	۸
در طرح سؤالهای امتحان نهائی دقت بیشتری کنیم	غلامعلی محمودزاده	۱۸
فیزیک در دههٔ آینده (۱۹۹۹ ـ ۱۹۹۰)، قسمت دوم	ترجمهٔ دکتر علی پذیرنده	۲۲
عدسیها، روزنه‌ها، پرده‌ها، و چشم	ترجمهٔ محمدعلی سعادت‌بخت	۲۸
مسائل پنجمین المپیاد فیزیک ایران		۳۴
پاسخ پنجمین المپیاد		۳۷
مسائل ششمین المپیاد فیزیک ایران		۴۴
پاسخ ششمین المپیاد		۴۶
پرسشهای گزینش دانشجو سال ۱۳۷۳ (مرحلهٔ اول)، رشته‌های علوم ریاضی ـ فنی و تجربی		۵۰
پاسخهای تشریحی گزینش دانشجو ۱۳۷۲ (مرحلهٔ اول)	گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف	۵۸

پیشگفتار

در پیشگفتار شمارهٔ پیش رشد آموزش فیزیک اشاره کردیم که با حملهٔ مغول و یورش تیموریان و ترکمانان، درخت تنومند تمدن کهنسال ایران اسلامی کم‌کم از پای در آمد. به دنبال آن عواملِ مهم انحطاط و ضعف کشور را به صورت زیر برشمردیم: عدم توجه پادشاهان صفویه به پایه‌گذاری علمی و فنی مملکت، قطع ارتباط مستقیم بین ایران و اروپای در حال رشد از طریق سواحل مدیترانه، تسلط و سیاست جهانگیرانه دولتهای امپراطوری بریتانیا و روسیه، درگیری ایران با ترکان عثمانی و حملهٔ ازبکان و فتنهٔ افاغنه، جنگهای داخلی و جدالهای بی‌حاصل مذهبی، بیخبری و فساد و رشوه خواری اکثر رجال حکومتهای گذشته و ...

پس از آن عوامل منفی در راه پیشرفت آموزش و پژوهش علوم را در ایران بدین قرار ذکر کردیم: جاذبهٔ شغلهای پردرآمد در مقایسه با تحصیل در رشته‌های علمی، کمبود ابزار و لوازم و نشریات لازم علمی، عدم تبادل مستقیم اطلاعات علمی، کافی نبودن تعداد پژوهشگر، معلوم نبودن زمینهٔ مشخص تحقیق، فرار مغزها، ناآشنایی به کارهای گروهی در علوم، نداشتن اطلاعات و آمار دقیق از نیازهای اساسی کشور، فداکردن کیفیت با افزایش گیج کننده تعداد دانشگاه‌ها و دانشجوها، مدرک گرایی که هر روز تنور آن گرم‌تر می‌شود...

* * * *

در ادامه بحث گذشته، مطالب زیر قابل ذکر و توجه است:

۱ـ بعضی افراد مستعد از کشورهایی مانند ایران برای ادامهٔ تحصیل عالیتر به کشورهای پیشرفته می‌روند و پس از فراغت تحصیل به دلایل متعدد ـ موجه یا ناموجه ـ به وطن باز نمی‌گردند. یا آنکه پس از بازگشت به وطن و برخورد با عوامل نامساعد، اسیر مهاجرت به خارج می‌شوند. از این مسأله اجتماعی برای ما و جامعه نظیر ما عموماً به «فرار مغزها» تعبیر می‌شود.

اگر قرار باشد دستگاه‌های آموزش و پرورش و آموزش عالی کشور بار آموزش و پرورش اولیهٔ این گونه افراد را با هزینهٔ سنگین آن به دوش بکشند و سرانجام آنها را به رایگان در اختیار کشورهای پیشرفته قرار دهند، چه کار بی‌ثمری است که انجام می‌گیرد؟

از اولین و مهمترین و واجبترین وظیفهٔ هر انسان نسبت به کشوری که در آن به دنیا آمده و در دامن آن پرورش یافته و از دسترنج مردم زحمتکش آن وسایل زندگی و تحصیل فراهم آورده، این است که در ادای دین به آن کوچکترین کوتاهی روا ندارد.

بی‌تعارف و بی‌شائبه باید بگوییم که برای همهٔ ما خاک پای آموزگاری که در دورترین نقطه کشور به آموزش فرزندان این مملکت اشتغال دارد، عزیزتر از نام بلند آوازهٔ استاد ایرانی تباری است که در نامدارترین دانشگاه‌های دنیا مشغول تدریس بوده و ایران را فراموش کرده است.

در گذشته مردم بزرگوار ایران بیش از اندازه ناز «فرنگ رفته‌ها» را به دوش رنجیدهٔ خود، کشیده و تاوان گران آن را نیز پرداخته است. دیگر وامدار کوچک ابدالهای آنان نخواهد بود. برای از بین بردن فاصلهٔ علمی کشور ما با کشورهای پیشرفته، بر عهده ما معلمان است که با یک بسیج عمومی، تعلیم و تعلم علوم را واجب عینی تلقی کنیم و فرزندان ایران اسلامی را چنان بپرورانیم که همه نیروها در یک سو و با حداکثر توان در خدمت به ایران به کار گرفته شوند.

بنابر داستانهای ایران، در جنگ میان منوچهر و افراسیاب قرار شد تیری پرتاب کنند که هر جا بر زمین نشیند مرز میان ایران و توران شود. «آرش» پهلوان کماندار لشکر ایران که عهده‌دار چنین امری بود همهٔ هستی خویش را در این سودا گذاشت و «از جبال البرز تیری بیفکند که از بامداد تا نیمروز برفت»... امروز هم به وجود چنین نامدارانی در عرصهٔ دانش نیازمندیم و امیدوار ....

در جامعهٔ ما کم و بیش خدمتگزاران بلند مرتبهٔ صادقی وجود دارد که به سائقهٔ استفاده از مواهب این سرزمین، تنها به

بقیه در صفحه ۴۹

سرگذشت فیزیک

(دنباله) پایان قرن نوزدهم
از ۱۸۸۰ تا ۱۹۰۰ م.

(قسمت شانزدهم)

ترجمهٔ دکتر ابوالقاسم قلمسیاه

کشف ماهیت پرتوهای رادیوآکتیو ـ بحثی که قبلاً راجع به فرضیه فروپاشی رادیوآکتیو به میان آمد مرجع خاصی که از روی تامّل و بصیرت باشد برای شناخت ماهیت پرتوهای رادیوآکتیو نبود؛ جُز بیان اینکه فرض شود که رادیوآکتیویته اورانیوم و توریوم در زمان دلخواهی فروپاشی نمی‌کنند که «دربارهٔ تبدیل رادیوآکتیو بعنوان بوجود آورنده ماده نظر افکنیم.» بهمین جهت راذرفرد و سادی تلویحاً فهماندند که این پرتوها ویژگی ماده (ذرّات) را دارند. در واقع از ۱۸۹۹ م. می‌دانستند که تشعشع بتا در میدان مغناطیسی منحرف می‌شود (در همان جهتی که پرتوهای کاتودی منحرف می‌شوند)، و اندازه‌گیری انحرافهای الکتریکی و مغناطیسی بوسیله بکرِل (در ۱۹۰۰ م.) هیچ شکی دربارهٔ ماهیت ذره‌ای این تشعشع و همانندی ذرّات بتا با الکترونهای منفی باقی نگذاشته بود. این مطلب بوسیله آزمایشهای مستدل و. کاوفمان[1] (در ۱۹۰۲ م.) بیشتر مورد تأیید قرار گرفت. بوسیله این آزمایشها، بویژه، سرعت بسیار زیاد (چند درصد سرعت نور) ذرات بتا که در پاره‌ای از موارد با چنین سرعتی گسیل می‌شدند به اثبات رسید.

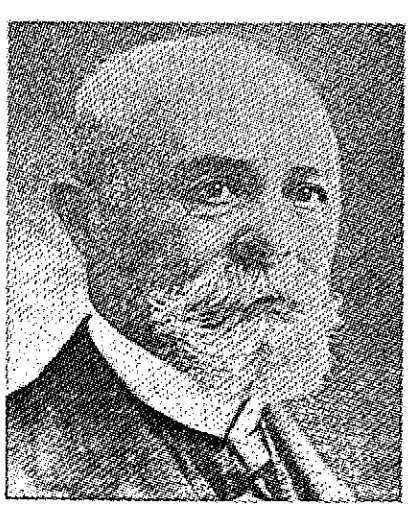
با وجود این، در ۱۹۰۲ در مورد تابش آلفا وضعیت چندان صریح و روشن نبود؛ بسیاری از پژوهشگران به علت عدم موفقیتشان در آشکارسازی انحراف تابش آلفا بوسیله میدانهای مغناطیسی و احتمالاً چشمه‌های رادیوآکتیو ضعیفی که در دسترسشان بود، اصطلاح صرفاً توصیفی «غیرقابل انحراف» رابکار می‌بردند. یک رشته آزمایش (که حدود هفت سال طول کشید) لازم بود تابه ماهیت تابش آلفا پی برده شود. از این آزمایشها نتایجی جنبی نیز حاصل شد، از جمله، تعیین مستقیم مقدار بار الکتریکی بنیادی با دقت قابل قبول، و تحقیق متقاعدکننده‌تر در فرضیه پایه نظریه جنبشی گازها.

در مدتیکه تصور می‌شد تابش آلفا در میدان مغناطیسی منحرف نمی‌شود، بسیاری از محققان آن را از نوع پرتو X می‌دانستند که به آسانی جذب می‌شود.

از سپتامبر ۱۹۰۲ م. (شهریور ۱۲۸۱) راذرفرد و سادی به این موضوع تمایل داشتند. آنان ضمن شرح دادن کشف جدید تابش بتا از محصولات توریوم چنین نوشتند: «اخیراً پی برده شده است... که ترکیبات توریوم، علاوه بر یک نوع پرتوهای

رونتگن، پرتوهائی نیز گسیل می‌دارند که بسیار نفوذ پذیرند و در میدان مغناطیسی منحرف می‌شوند.» ولی در ژانویه ۱۹۰۳ م. راذرفرد در این گفته بکلی تجدید نظر کرد و چنین نوشت: «اخیراً بطور غیر مستقیم به این نتیجه رسیده‌ام که پرتوهای آلفا در واقع اجرام بارداری هستند که با سرعت زیاد پرتاب می‌شوند.» در ماه مه ۱۹۰۳ میلادی راذرفرد و سادی دیگر تردیدی نداشتند: «این مدرک روشن دال بر اینست که فرض کنیم خروج یک ذره باردار نه صرفاً توام با تبدیل است بلکه این خروج در واقع تبدیل است.»

مدرک قاطعی که برروی آن این تجدید نظر پایه گذاری شد عبارت بود از مشاهده انحراف پرتوهای آلفا در میدانهای مغناطیسی و الکتریکی (در فوریه ۱۹۰۳). او از اندازه گیریهائی که بوسیله ساده‌ترین اسبابها (یعنی یک الکتروسکوپ با ورقه‌های طلا بعنوان آشکارساز و یک لایه نازک برومید رادیوم به عنوان چشمه آلفازا) بعمل آورد نتیجه گرفت که تابش بسهولت جذب شونده‌ای که از این چشمه ساطع می‌شود متشکل از ذراتی است دارای بار مثبت که جرم آنها با



آنری بکرل (۱۸۵۲-۱۹۰۸ م.)

جرم اتم هیدروژن یا اتم هلیوم قابل مقایسه است و با سرعتهائی در حدود یکدهم سرعت نور پرتاب می‌شوند.

لازم به تذکر است که حتی در دهه ۱۹۶۰ م. هم تقریباً باور نکردنی بود که راذرفرد چگونه توانسته است چنین اطلاعات دقیقی را از آن آزمایش ساده و خام بدست آورد. او در واقع بار ویژه (بار واحد جرم) ذرات را با دقت ۲۰٪ تخمین زده بود. او چند ماه قبل از این آزمایش (یعنی در نوامبر ۱۹۰۲) اظهار کرده بود که گاز ظاهراً خنثای هلیوم (که تازه در منابع زمینی کشف شده بود) فقط در معادنی یافت می‌شود که اورانیوم و توریوم جزء عمده آنها را تشکیل می‌دهند و چنین نوشته بود: «تصور بر این است که طبیعتاً وجود هلیوم ...نمی‌تواند ارتباطی با رادیوآکتیویته آن داشته باشد.» ولی از ماه مه ۱۹۰۳ با تجدیدنظر در تصور قبلی خود، این اندیشه بصورت عقیده محکم شخصی تبلور یافت: هلیوم یک محصول نهائی رادیواکتیویته است؛ در واقع ذرات آلفا و هلیوم حالتهای فعّال و غیرفعال یک نوع محصول غائی هستند؛ در حقیقت ذرات آلفا اتمهای هلیوم بار دارند. این اظهار نظر، عقیدهٔ شخصی راذرفرد در آن زمان بود، ولی برای اثبات آن هنوز راه درازی را در پیش داشت.

از ۱۹۰۶ م. دسترسی به چشمه‌های تابشی قویتر امکان‌پذیر شد و راذرفرد می‌توانست تابش آلفا را در شرایط آزمایشی دقیقتر از پیش بررسی کند. او نشان داد که ذرات آلفا از هر چشمه‌ای که تابش کنند، بار ویژه ($\frac{e}{m}$) آنها درست نزدیک به نصف بار ویژه یونهای هیدروژن در الکترولیت‌هاست. بنابراین، این ذرات ممکن است ذرّاتی «تک بار»با جرم ۲، یا ذراتی دارای بار مضاعف با جرم ۴، و یا ذراتی با بار سه و جرم ۶ باشند. واضح است اگر جرم m مستقیماً مشخص شود باید بار الکتریکی تعیین گردد.

در ۱۹۰۷ م. راذرفرد به منچستر نقل مکان کرد و سال بعد او و هانس‌گایگر[۲] فیزیک‌دان آلمانی (۱۸۸۲ - ۱۹۴۵) (که از شاگردان راذرفرد بود) بوسیله سه رشته اندازه گیری مجزّا بار

فردریک سادی (۱۸۷۷ - ۱۹۵۶ م.)

ذره آلفا را بطور تجربی تعیین کردند: میزان گسیل ذرات آلفا از یک چشمه ضعیف، میزان انتقال بار بوسیله ذرات از یک چشمه بسیار قوی، و مقایسه شدتهای این چشمه‌ها. مقدار بار بدست آمده برای ذره آلفا $۹/۳ \times ۱۰^{-۱۰}$ واحد الکترواستاتیک (esu) بود. بار الکترونی (یونی) معین که برای مقایسه در دسترس آنها بود از $۳/۱ \times ۱۰^{-۱۰}$، $۴/۰۶ \times ۱۰^{-۱۰}$ واحد بار الکترواستاتیکی (esu) ردیف شده بود. حساسیت آشکاری وجود داشت تا نتیجه گیری شود که ذره آلفا حامل سه واحد بار است ـ ولی راذرفرد اظهار داشت که اندازه بار بنیادی باید قاعدتاً به مقدار $۴/۶۵ \times ۱۰^{-۱۰}$ (esu) اصلاح شود. ادراک او در این مورد بعدها به تحقّق پیوست (بار واحد به دقت اندازه گیری شده «$۴/۸۰ \times ۱۰^{-۱۰}$ esu» است).

در ۱۹۰۹ میلادی راذرفرد به اتفاق یکی دیگر از شاگردانش، ج. ت. رویدز[۳] آزمایش قطعی راانجام دادند. آنان چشمه‌ای قوی از اماناسیون رادیوم را داخل یک لوله موئین کردند. دیواره لوله را نازک ساخته بودند، بتصور اینکه ذرات آلفا بتوانند از آن بگذرند. در یکی از آزمایشها لوله موئین بوسیله ورقه سربی بسته شده بود و درون ظرفی خالی از هوا قرار داشت. پس از چند روز که ورقه سربی را برداشته و در خلاء ذوب کردند، بوسیله طیف سنجی معلوم شد که گاز هلیوم از سرب خارج شده است. آزمایشهای کنترل نشان دادند که از پیش هلیوم در سرب نبوده است و لوله موئین هم مانع عبور هلیوم معمولی تحت فشار قابل توجه است. راذرفرد از این آزمایش ساده به هدفی که از مدتها قبل به آن اندیشیده بود دست یافت: اتمهای گاز هلیوم ذرات آلفای «مُرده»اند. با بازگشت به نتایج سال پیش، یعنی تعیین باری که توسط ذره آلفا حمل می‌شود، راذرفرد ادّعا کرد که ذرات آلفای «زنده»، اتمهای تند حرکت هلیوم (با جرم ۴) هستند که دو بار مثبت حمل می‌کنند. بدین طریق اظهار نظر پیشین او درباره اندازه بار الکترونی بنیادی نیز تأئید شد.

در ۱۹۰۳ م، سِرویلیام رمزی و سادی به تولید هلیوم از رادیوم و اماناسیون آن پی بردند. در ۱۹۰۸ م. سِرجیمزدوار[۴] شیمی ـ فیزیک‌دان اسکاتلندی (۱۸۴۲ - ۱۹۲۳ م.)، میزان تولید هلیوم را بطور کمی تعیین کرد و آزمایش بوسیله ب.ب. بولتوود و راذرفرد در ۱۹۱۱ م. تکرار شد؛ نتیجه چنین بود: درون یک ظرف بسته محتوی رادیوم تحت شرایط ثابت، هلیوم به میزان ۱۷۲ میلیمتر مکعب در سال به ازای هر گرم رادیوم (در دما و فشار استاندارد) جمع می‌شود.

یادآور می‌شود که راذرفرد و گایگر قبلاً (۱۹۰۸ م.) میزان گسیل ذرات آلفا از مقدار معین رادیوم را تعیین کرده بودند. وقتی این مقدار با تعیین میزان جمع شدن هلیوم بوسیلهٔ بولتوود و راذرفرد (از راه حجم‌سنجی) تلفیق شد، آنچه که در واقع بدست آمد برآورد مستقیمی از تعداد ملکولهای یک گاز کامل موجود در واحد حجم در دما و فشار استاندارد بود. این ثابت نظریه جنبشی گازها عبارتست از عدد لوشمیت[۵] (تقریباً $۲/۶۸۷ \times ۱۰^{۱۹}$)، و توافق میان مقدار ثابت حاصل از این آزمایشها و آنچه بوسیله روشهای سابق بطور غیرمستقیم بدست

آمده بود پایه استواری را برای نظریه جنبشی گازها فراهم ساخت.

پژوهشهای نخستین درباره نفوذپذیری تابش بتای حاصل از اورانیوم نشان داده بودند که این تابش (مشخص شده بوسیله خاصیت یونش، یا اثرگذاری بر صفحه عکاسی) وقتی از ورقه آلومینیومی بضخامت تقریباً ۰/۵ میلیمتر، یا از ورقه مسی بضخامت ۰/۱۵ میلیمتر بگذرد شدّتش به نصف تقلیل می‌یابد و قانون جذب آن تقریباً بصورت تابع نمائی است. در ۱۹۰۰ م. پُل ویلارد[۶] فیزیکدان فرانسوی (۱۸۶۰ - ۱۹۳۳ م.) گزارش داد که اثر آشکار شده بر صفحه عکاسی نشان می‌دهد یکدسته از پرتوهای نفوذی رادیوم از آهن به ضخامت ۲۰ سانتیمتر یا از سرب به ضخامت چند سانتیمتر می‌گذرد؛ علاوه بر این در میدان مغناطیسی منحرف نمی‌شود. چنین بنظر می‌رسید که تابش نوع سوّمی (غیر از تابشهای آلفا و بتا) کشف شده بود. بکرل مشاهدات ویلارد را تأیید کرد، و در ۱۹۰۲ م. راذرفرد نشان داد که این پرتوهای مورد بحث از قشر فعّال حاصل از رادیوم ساطع می‌شوند و پرتوهای بسیار مشابهی نیز از قشر فعّال حاصل از توریوم گسیل می‌شوند. ولی او این نظر را که، پرتوهای بسیار نافذ کشف شده از لحاظ ویژگی و نوع با پرتوهای بتا اختلاف خواهند داشت، بیدرنگ قبول نکرد (زیرا الکترونهائی که سرعت آنها بسیار نزدیک به سرعت نور بودند در میدان مغناطیسی منحرف نمی‌شدند).

در مقاله‌ای تحت عنوان «تبدیل رادیوآکتیو» (مه ۱۹۰۳ م، اردیبهشت ۱۲۸۲) در یک پی‌نوشت، نخستین نشانه چنین پذیرشی یافت می‌شود: «این پرتوها هنوز به اندازه کافی مورد آزمایش قرار نگرفته‌اند تا بحث درباره نقشی را که در فرایندهای رادیوآکتیو دارند ممکن سازند». سپس، برای نخستین بار در ژوئن ۱۹۰۳ م. (خرداد ۱۲۸۲) راذرفرد این تابش بسیار نافذ را بطور آشکار با نام مجزّای «پرتوهای گاما» معرّفی کرد: «سه نوع تابش مجزّا و مشخص از اجسام رادیوآکتیو خودبخود گسیل می‌شوند که می‌توانند پرتوهای α و β و γ نامیده شوند...پرتوهای γ احتمالاً مانند پرتوهای رونتگن هستند....» دیگران قبلاً درباره این اظهارنظر آخری اندیشیده بودند، ولی راذرفرد یکسال بعد جداً به آن پرداخت. با دنبال کردن تحقیقی از A. S. Eve (در ۱۹۰۴ م)، چنین نوشت: «هر مدرک تجربی که تاکنون بدست آمده موافق با این نظر است که پرتوهای γ عبارتند از پرتوهای بسیار نافذ رونتگن که منبع تولید آنها درون اتوم ماده رادیوآکتیو است و در لحظه خروج ذرات β یا کاتودیک گسیل می‌شوند....می‌توان انتظار داشت که پرتوهای رونتگن در لحظهٔ پرتاب شدن ناگهانی الکترون یا ذره بتا تولید شوند، همچنانکه در توقف ناگهانی آنها ایجاد می‌شوند.»

در اینجا بحث دربارهٔ رادیوآکتیویته را که تا دهه اول قرن بیستم ادامه یافت متوقف می‌کنیم و این بحث را ضمن شرح پیشرفتهای فیزیک در قرن بیستم عنداللزوم ادامه خواهیم داد. اینک به سایر پیشرفتهای این علم تا پایان قرن نوزدهم میلادی می‌پردازیم.

دنباله دارد

زیرنویسها:

۱- W. Kaufmann

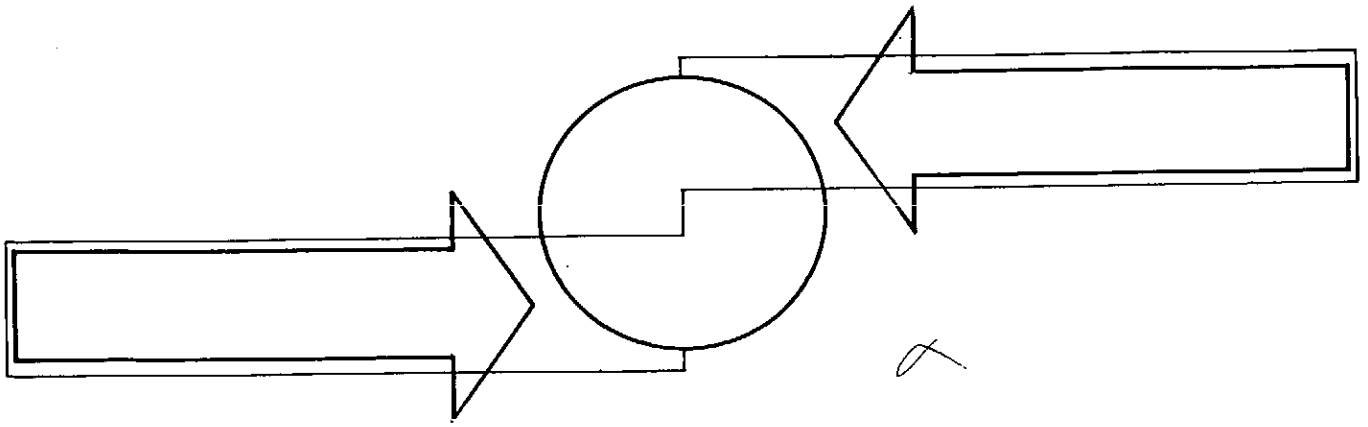
۲- Hans Geiger

۳- J. T. Royds

۴- Sir James Dewar

۵- Loschmidt number

۶- Paul Villard



لبهٔ فضا ـ زمان[1]

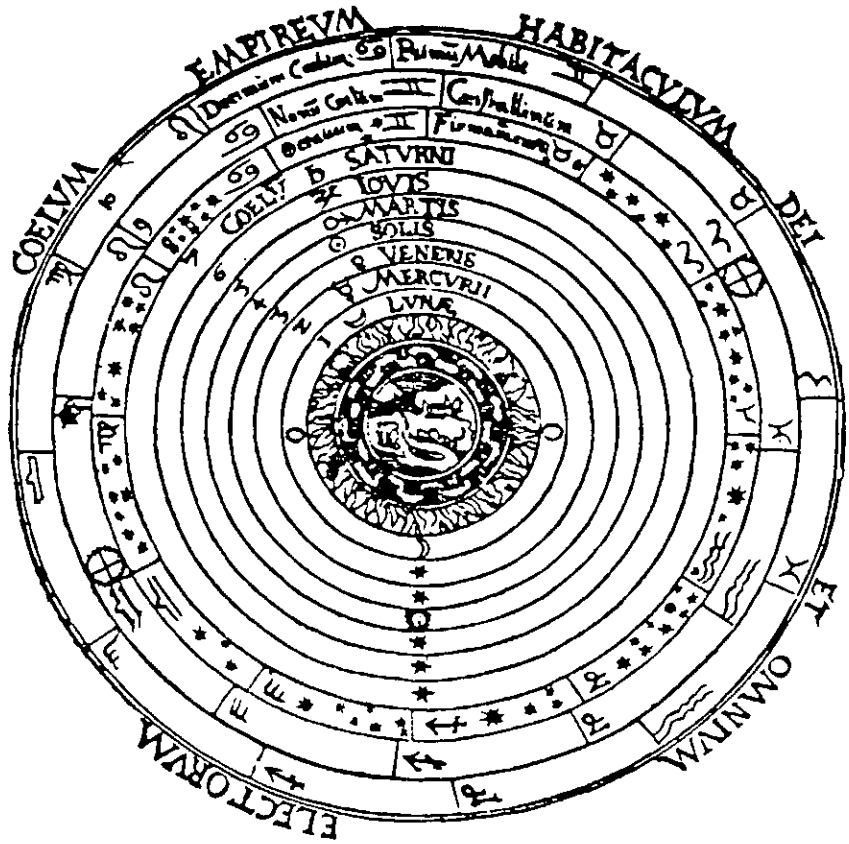
نوشتهٔ: استیون هاوکینگ[2]
ترجمهٔ: دکتر منیژهٔ رهبر

از زمان پیدایش تمدن این سؤالها همواره ذهن بشر را به خود مشغول داشته است: آیا جهان از نظر زمان آغازی دارد؟ آیا عمر جهان روزی به پایان خواهد رسید؟ جهان از نظر فضایی، کراندار است یا نامتناهی؟ در این مقاله می‌خواهم به برخی از این سؤالها با توجه به پیشرفتهای جدید علم پاسخ دهم. اغلب آنچه را که خواهم گفت پذیرفته شده است، گرچه در مورد برخی مسائل هنوز اختلاف وجود دارد. بهرحال، نتیجه‌گیری نهایی من بر مبنای کارهای جدیدی است که تاکنون در مورد آنها اجماع حاصل نشده است.

در اغلب اساطیر اولیه و یا داستانهای مذهبی، جهان یا لااقل ساکنان انسانی آن به وسیلهٔ یک موجود الهی در گذشتهٔ نسبتاً نزدیک مانند ۴۰۴۴ قبل از میلاد خلق شده است. در حقیقت ضرورت «علت اولیه» برای خلقت جهان به عنوان دلیلی برای اثبات وجود خداوند به‌کار رفته است. از طرف دیگر فیلسوفهای یونانی مانند افلاطون یا ارسطو، طرفدار دخالت الهی در امور جهانی نبودند و بیشتر طرفدار این باور بودند که جهان همواره وجود داشته است و وجود خواهد داشت.

بیشتر مردم دنیای قدیم تصور می‌کردند که جهان از نظر فضایی کراندار است. در کیهانشناسیهای اولیه، جهان صفحهٔ مسطحی بود که آسمان مانند لگنی بر روی آن قرار داشت. بهرحال، یونانیها متوجه شدند که جهان گرد است. آنها مدل استادانه‌ای ساختند که در آن زمین کره‌ای بود که توسط تعدادی کرهٔ دیگر احاطه شده بود که حامل خورشید، ماه و سیارات بودند. خارجی‌ترین کره حامل ستارگان ثابت بود که فاصلهٔ نسبی آنها از زمین یکسان بود ولی بنظر می‌رسید که در آسمان می‌چرخند.

این مدل که در آن زمین در مرکز عالم قرار داشت مورد پذیرش کلیسای مسیحی قرار گرفت. جاذبه بسیار این مدل در آن بود که فضای بسیاری را در خارج از کرهٔ ستارگان برای بهشت و دوزخ باقی می‌گذاشت، گرچه موقعیت دقیق آنها هرگز مشخص نبود. این مدل تا قرن هفدهم مورد توجه بود. در این قرن مشاهدات گالیله نشان داد که به‌جای این مدل باید مدل کوپرنیکی قرار داده شود که در آن زمین و سایر سیارات گرد خورشید می‌چرخند. وی به این وسیله نه تنها از دست کره‌های دیگر خلاص شد بلکه نشان داد که ستارگان ثابت باید در فواصل بسیار زیاد قرار گرفته باشند زیرا هیچگونه حرکت محسوسی نسبت به زمین که علاوه بر حرکت گرد محور خود به دور خورشید نیز می‌گشت نداشتند. با تشخیص این مطلب و رها



شکل ۱ – سیستم بطلمیوسی از کیهان‌شناسی آپیان (۱۵۵۳).

کردن باور زمین-مرکزی، طبیعی بود فرض شود که ستارگان خورشیدهایی مانند خورشید ما هستند که تقریباً به طور یکنواخت در جهان نامتناهی توزیع شده‌اند.

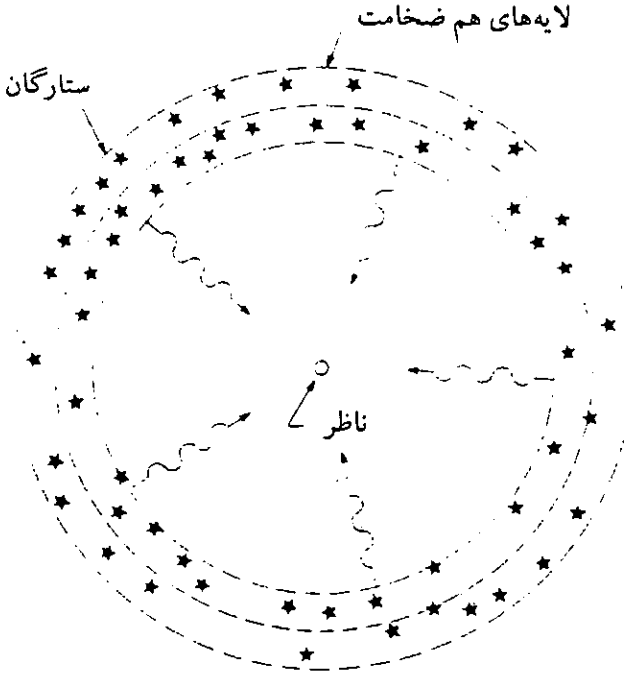
بهرحال، این مدل مشکلی را به وجود می‌آورد: طبق نظریهٔ گرانش نیوتون که در سال ۱۶۸۷ میلادی به چاپ رسید، هر ستاره به طرف ستارهٔ دیگر موجود در جهان کشیده می‌شود. با توجه به این نکته چرا ستارگان همگی به یک نقطهٔ تکی سقوط نمی‌کنند؟ خود نیوتون سعی کرد نشان دهد که این مسئله در مورد مجموعهٔ کراندار از ستارگان صحیح است ولی در یک جهان نامتناهی، نیروی گرانشی وارد بر ستاره توسط جاذبهٔ ستارگان در یک طرف با نیروی وارد بر طرف دیگر متعادل می‌شود.

بنابر این نیروی خالص وارد بر هر ستاره صفر است و بنابر این بی‌حرکت باقی می‌ماند. این در حقیقت مثالی از اشتباهاتی است که شخص در هنگام افزودن تعداد نامحدودی از کمیتها می‌تواند بدام آن گرفتار شود. زیرا با افزودن آنها در مراتب مختلف شخص می‌تواند نتایج متفاوتی بدست آورد. می‌دانیم که یک توزیع نامتناهی از ستارگان نمی‌تواند در صورتی که بین آنها نیروی رباییشی وجود داشته باشد بی‌حرکت باقی بماند. بلکه شروع به حرکت به طرف یکدیگر می‌کنند. تنها راه موجود برای داشتن یک جهان نامتناهی ایستا آن است که نیروی گرانش در فواصل زیاد به صورت دافعه در آید. حتی در این صورت، جهان ناپایدار خواهد بود، زیرا اگر ستارگان اندکی بیکدیگر نزدیک شوند نیروی جاذبه بر دافعه غلبه خواهد کرد و ستارگان با یکدیگر برخورد می‌کنند. از طرف دیگر، اگر اندکی از یکدیگر دور شوند، دافعه غالب می‌شود و آنها از یکدیگر دورتر می‌شوند.

پندارهٔ جهان بی‌انتهای تغییرناپذیر مشکل دیگری را به

وجود می‌آورد که اولین بار اخترشناس سویسی جی.ال. دوشاسو[3] متوجه آن شد و بعدها اچ. اولبرز[4] در مورد آن کار کرد. اگر فضا به طور یکنواخت از ستارگانی با درخشندگی متوسط یکسان پر شده باشد با یک محاسبهٔ ساده به این نتیجه می‌رسیم که شار کلی نور ستارگان که به هر نقطه از جهان می‌رسد بینهایت است!

دلیل این مطلب به روشنی در شکل ۲ نشان داده شده است. یک رشته لایه‌های کروی هم مرکز با ضخامت یکسان را در نظر بگیرید که حول نقطه‌ای مانند زمین رسم شده‌اند. با توجه به فرض یکنواختی، تعداد ستارگان در هر لایه با حجم آن لایه متناسب خواهد بود. برای لایه‌ای به شعاع r این حجم با r^2 متناسب است. از طرف دیگر، طبق قانون عکس مجذور فاصله برای شار نور، شدت نور حاصل از یک لایه در فاصلهٔ r از زمین با $\frac{1}{r^2}$ متناسب است. عامل r^2 بدینوسیله از بین می‌رود، بنابراین شار کل نور در زمین به علت ستارگان موجود در هر لایهٔ فضا مستقل از شعاع لایه است. با افزودن نور حاصل از کلیهٔ



شکل ۲ – اگر جهان با زمان تغییر نکند و به طور یکنواخت با ستارگانی با درخشندگی متوسط تا بینهایت پرشده باشد، آنگاه شار نوری که از هر لایه با ضخامت یکسان به ناظر می‌رسد، یکسان است. این مدل منجر به یک آسمان مشتعل در شب هنگام می‌گردد.

لایه‌ها در جهانی که از نظر مکانی نامتناهی است، شار نور باید بینهایت شود.

در محاسبات دقیقتر این نکته را در نظر می‌گیرند که ستارگان نزدیک در برابر نور حاصل از ستارگان دور دست مانع ایجاد می‌کنند و در نتیجه شدت نور در سطح زمین به جای بینهایت، قابل مقایسه با شدت نور در سطح خورشید بدست می‌آید. پس آسمان تاریک شبانه باید مانند کوره‌ای سوزان باشد. بدیهی است که در مدل ایستای جهان ایرادی وجود دارد و این مسئله که چرا آسمان در هنگام شب تاریک است پارادوکس اولبرز[5] خوانده می‌شود.

با وجود این مسائل و مشکلهای دیگر، اغلب قریب به اتفاق مردم در قرن هجدهم و نوزدهم بر این باور بودند که جهان از نظر زمانی تغییر نمی‌کند. این سؤال که آیا جهان نقطهٔ آغازی دارد به متافیزیک مربوط می‌شد. شخص می‌توانست تصور کند که جهان همواره موجود بوده و یا در حال حاضر و یا در زمان بسیار قدیم خلق شده است. عقیده به جهان ایستا تا سال ۱۹۱۵ که اینشتین نظریهٔ نسبیت عام خود را فرمولبندی کرد به قوت خود باقی بود. نظریهٔ اینشتین نظریهٔ گرانش نیوتون را تعدیل کرد تا با اکتشافهای مربوط به انتشار نور سازگار باشد. بنابراین یک به اصطلاح «ثابت کیهان شناسی» به آن افزود که نیروی دافعه‌ای بین ذرات در فواصل زیاد ایجاد می‌کرد. این نیروی دافعه با نیروی جاذبهٔ گرانشی عادی متعادل می‌شد. و بدین ترتیب حل یکنواخت ایستایی برای جهان بدست می‌آمد.

بعدها معلوم شد که این عمل متعادل کننده ناپایدار است و نمی‌تواند مدل کیهان‌شناسی رضایتبخشی را بدست دهد. بهرحال، مدل اینشتین دارای جنبهٔ جالب توجه دیگری بود که ارزش ماندنی داشت. این جنبه به هندسهٔ فضایی آن مربوط می‌شود و یک جنبهٔ اساسی نظریهٔ نسبیت عام اینشتین آن است که فضا (یا به طور دقیقتر فضا ـ زمان) می‌تواند خمیده شود. در حقیقت، گرانش به طور دقیق به صورت واپیچیدگی یا خمیدگی در هندسهٔ فضا ـ زمان ظاهر می‌شود. مدل اینشتین در مورد جهان مثال خوبی از خمیدگی فضاست.

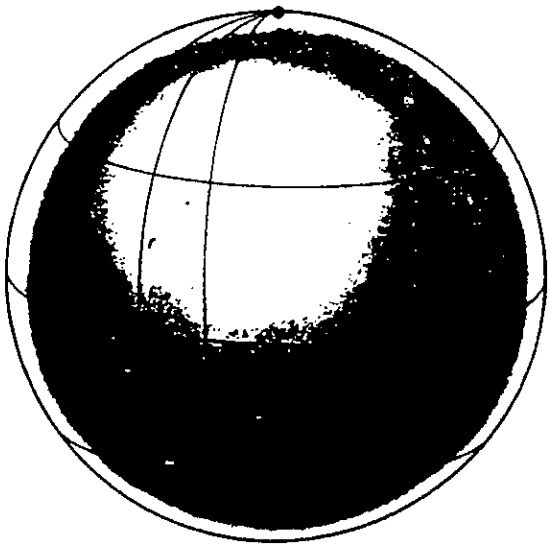
در فضای تخت (یعنی در غیاب گرانش) قوانین عادی هندسه اقلیدسی قابل استفاده‌اند. مثلاً حجم کره‌ای به شعاع r برابر $\frac{4}{3}\pi r^3$ است. در مدل اینشتین در مورد جهان، گرانش متوسط تمام ستارگان سبب می‌شود که حجم فضایی که توسط

کره‌ای به شعاع r احاطه شده است از $\frac{۴}{۳}\pi r^۳$ کمتر باشد. یک راه آسان برای شرح این مطلب استفاده از قیاس دو بعدی برای فضای سه بعدی است. رویهٔ دو بعدی یک توپ خصوصیتی مشابه جهان اینشتین دارد. شکل ۳ دایره‌های هم مرکزی را نشان می‌دهد که بر روی توپ رسم شده‌اند. در این مورد مساحت احاطه شده توسط دایره‌های متناظر با حجم احاطه شده توسط رویه‌های کروی در سه بعد است. با نگاه کردن به شکل به آسانی می‌توان باور کرد که مساحت احاطه شده توسط دایرهٔ به شعاع r کمتر از $\pi r^۲$ است که همگی آنرا در هندسه اقلیدسی خوانده‌ایم. دلیل این مسئله خمیدگی رویهٔ توپ است.

خمیدگی یکنواخت توپ به سمت داخل نه تنها از نظر هندسهٔ رویهٔ آن بلکه از نظر توپولوژی آن نیز حائز اهمیت است. توپولوژی شاخه‌ای از ریاضیات است که به چگونگی اتصال خطها، رویه‌ها و غیره به یکدیگر مربوط می‌شود. هندسهٔ دقیق مورد نظر نیست. بنابر این از نظر یک توپولوژیست یک دونات (doughnut) با یک سیب‌زمینی متفاوت است، زیرا سیب‌زمینی فاقد حفره است ولی تمایزی بین یک دونات و یک فنجان وجود ندارد (رک شکل ۴)

بدیهی است که توپولوژی یک توپ با توپولوژی یک صفحهٔ تخت نامتناهی - که معادل دو بعدی جهان نامتناهی بدون گرانش است - تفاوت دارد. رویهٔ توپ در عین متناهی بودن بیکران است. یعنی موجود تختی که بر روی رویهٔ این توپ زندگی می‌کند می‌تواند به هر نقطه در روی رویهٔ آن برود بدون این که در هیچ کجا با لبه یا مرزی مواجه شود. می‌توان گفت که خمیدگی توپ سبب می‌شود که رویه «بر روی خودش بسته شود».

وضعیت مشابهی در جهان اینشتین حکمفرماست. حجم آن متناهی است و یک ناظر می‌تواند اصولاً تمام فضا را کشف کند، در عین حال در آن مرز یا لبه‌ای وجود ندارد. فضا بر روی خود خمیده و بسته می‌شود تا معادل سه بعدی یک رویهٔ کروی را به وجود آورد تجسم این ترتیب آسان نیست، کوشش در جهت آن نیز ضروری نمی‌باشد. از نظر ریاضی پندارهٔ فضای کروی سه بعدی بسته (به طور دقیق اَبَر کره) کاملاً منطقی است و اینشتین بر این باور بود که جهان در حقیقت از نظر فضایی متناهی است. بهرحال، در این مدل زمان نامتناهی است.



شکل ۳ – اگر دایره‌های هم مرکز بر روی رویهٔ یک کره رسم شوند، مساحت محصور کمتر از $\pi r^۲$ خواهد بود. به طور مشابه محیط آن کمتر از $۲\pi r$ می‌شود.

شکل ۴

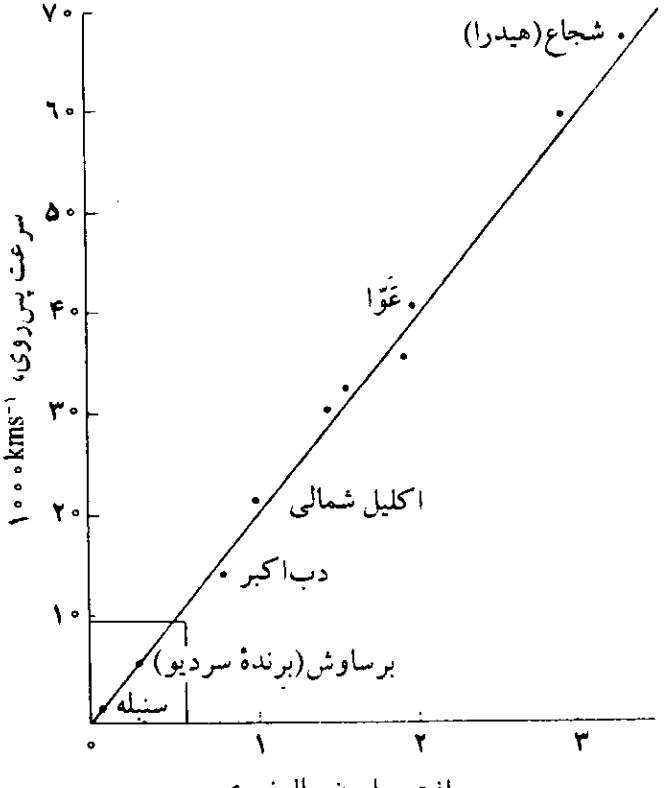
کیهانشناسی نوین

مدل جهان ایستای اینشتین یکی از فرصتهای بزرگ از دست رفته در فیزیک نظری است: اگر وی توصیف اولیهٔ نسبیت عام بدون ثابت کیهانشناسی را رها نکرده بود، می‌توانست پیش‌بینی کند که جهان باید در حال انبساط یا فروریختن باشد. بهرحال، در عمل قبل از مشاهدهٔ نور حاصل از کهکشانهای دیگر توسط کیهانشناسانی مانند اسلیفر[۶] و هابل[۷]، متوجه نشدند که جهان با زمان تغییر می‌کند. نور مرئی متشکل از امواجی مانند امواج رادیویی است با این تفاوت که طول موج یا فاصلهٔ بین قله‌های موج آن بسیار کوتاهتر است. اگر نور را از یک منشور بگذرانیم، مانند یک رنگین‌کمان به طول موجها یا رنگهای تشکیل دهندهٔ آن تجزیه می‌شود. اسلیفر و هابل متوجه الگوی مشخصی برای طول موجها یا رنگهای نور ستارگان در کهکشان ما شدند ولی این الگو به سمت قرمز یا طول موجهای بلندتر طیف، انتقال یافته بود. تنها دلیل منطقی این پدیده آن بود که کهکشانها از ما دور می‌شوند. در این مورد فاصلهٔ بین قلهٔ موجها افزایش می‌یابد، همینطور اگر نور حاصل از چشمه‌ای که به سوی ما حرکت می‌کند را در نظر بگیریم قله‌ها بیکدیگر نزدیک می‌شوند و طول موج کاهش می‌یابد. این اثر که به انتقال دوپلری مشهور است توسط پلیس برای اندازه گیری سرعت اتومبیلها به کار می‌رود.

در سالهای ۱۹۲۰ دوپلر متوجه این واقعیت قابل توجه شد که هر چه کهکشانی از کهکشان ما دورتر باشد انتقال به سرخ بیشتر خواهد بود. این بدان معنی بود که کهکشانها با آهنگی تقریباً متناسب با فاصله‌شان از ما دور می‌شوند (رک شکل ۵) پس جهان چنان که قبلاً تصور می‌شد ایستا نبوده بلکه در حال انبساط است. آهنگ انبساط بسیار کند است: تقریباً چیزی مانند بیست هزار میلیون سال طول می‌کشد تا فاصلهٔ دو کهکشان دو برابر شود. ولی این مطلب ماهیت بحث در این مورد که جهان دارای آغاز و پایان است را تغییر می‌دهد. این تنها یک سؤال متافیزیکی مانند مورد جهان ایستا نیست؛ چنانکه خواهیم گفت ممکن است یک آغاز یا پایان فیزیکی بسیار واقعی برای جهان وجود داشته باشد.

اولین مدل واقعی جهان در حال انبساط که با نظریهٔ نسبیت عام انیشتین و مشاهدات هابل در مورد انتقال به سرخ سازگار بود توسط فیزیکدان و ریاضیدان روسی الکساندر فریدمان[۸] در سال ۱۹۲۲ پیشنهاد شد. بهر حال تا اواخر دههٔ ۱۹۲۰ که مدلهای مشابهی توسط افراد دیگر کشف شد به این مدل توجه چندانی نشد. در مدل فریدمان و تعمیمهای بعدی آن فرض شده است که جهان در هر نقطهٔ فضا و در تمام جهات یکسان است. بدیهی است که این فرض در همسایگی نزدیک ما فرض مناسبی نیست: زیرا بی‌نظمیهای محلی مانند زمین و خورشید وجود دارد و ستارگان مرئی در جهت مرکز کهکشان از سایر جهات بیشتر است. بهرحال، اگر به کهکشانهای دوردست بنگریم، متوجه می‌شویم که آنها به طور تقریباً یکنواخت در جهان توزیع شده‌اند و در تمام جهات یکسان هستند. بنابر این، به نظر می‌رسد این مدل در بزرگ مقیاس، تقریب مناسبی باشد.

بهترین دلیل یکنواختی بزرگ مقیاس، از مشاهدهٔ تابشهای میکروویو زمینه حاصل می‌شود که در سال ۱۹۶۵ توسط آرنوپنزیاس و رابرت ویلسون در آزمایشگاه تلفن بل کشف شد (رک شکل ٦). جهان برای امواج رادیویی با طول موج چند سانتیمتر بسیار شفاف است. لذا این امواج باید از فاصلهٔ



شکل ۵ – منحنی مشخصهٔ سرعت - فاصله که انبساط جهان را نشان می‌دهد. قسمت پایینی سمت چپ ناحیه‌ای است که تا سال ۱۹۲۹ توسط هابل بررسی شده است.

بسیار دور به ما رسیده باشند. هر بی‌نظمی بزرگ مقیاس در جهان سبب می‌شود که تابشهایی که از جهات مختلف به ما می‌رسند دارای شدت متفاوت باشند. درحالی که شدت مشاهده شده با دقت بسیار زیاد (در حدود یک قسمت در 10^4) در جهات مختلف یکسان است.

سه نوع مدل فریدمان تعمیم یافته وجود دارد (رک شکل ۷) در یکی از مدلها کهکشانها با سرعتی به اندازهٔ کافی کم از یکدیگر دور می‌شوند که در نهایت نیروی جاذبهٔ بین آنها مانع از دور شدن بیشتر آنها می‌شود و پس از مدتی شروع به نزدیک شدن بیکدیگر می‌کنند. جهان تا یک اندازهٔ ماکزیمم منبسط می‌شود و سپس شروع به فروریختن می‌کند. در مدل دوم، سرعت دور شدن کهکشانها از یکدیگر به اندازه‌ای زیاد است که نیروی جاذبه نمی‌تواند مانع از دور شدن آنها گردد و جهان برای همیشه منبسط خواهد شد. بالاخره، مدل سومی وجود دارد که در آن کهکشانها با آهنگ بحرانی از یکدیگر دور می‌شوند که مانع از فروریختن مجدد آنها می‌شود. اساساً می‌توانیم با مقایسهٔ آهنگ انبساط فعلی با چگالی متوسط جرم، در حال حاضر تعیین کنیم که کدامیک از مدلهای فوق متناظر با جهان فعلی ماست. جرم مادهٔ موجود درجهان که مستقیماً قابل مشاهده است برای توقف انبساط کافی نیست. بهرحال، دلایل غیرمستقیم بر وجود جرم غیر قابل مشاهده وجود دارد. این مسئله را گاهی مسئله مادهٔ تاریک می‌نامیم. این که جرم «نامرئی» در نهایت برای توقف انبساط کافی است یا خیر جای بحث دارد.

شکل ٦- آرنوپنزیاس و رابرت ویلسون با دستگاهی که به طور تصادفی در سال ۱۹۶۵ تابش گرمایی ناشی از مهبانگ را آشکار کرد. پنزیاس و ویلسون برای کشف مهم خود جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۷۸ را دریافت داشتند.

تکینی[۹] مهبانگ

در آن مدل فریدمان که جهان در نهایت باز فرو می‌ریزد، مانند مدل ایستای اینشتین فضا نامتناهی ولی بیکران است. در دو مدل دیگر فضا نامتناهی است ولی زمان در هر سه مدل فریدمان دارای مرز یا لبه است. انبساط از حالتی با چگالی بینهایت، به نام تکینی مهبانگ شروع می‌شود. بهترین راه تجسم مهبانگ در نظر گرفتن فیلم جهان در حال انبساط است که در جهت زمانی عکس به نمایش گذاشته شود. یک ناحیهٔ کروی جهان در این حالت به سرعت منقبض می‌شود تا شعاع آن به صفر برسد. در این هنگام، تمام جرم و انرژی موجود در حجم کروی فضا در یک نقطهٔ تک یا در تکینی متراکم شده است. در این مدل ایده‌آلی فرض می‌شود که تمام جهان قابل مشاهده از این نقطه شروع به انبساط کرده است. بعلاوه، در مدلی که جهان باز فروریخته می‌شود، جهان در نهایت به این تکینی که به اصطلاح فرو ریزش بزرگ نامیده می‌شود، باز می‌گردد.

اگر تکینیهای این مدلهای ایده‌الی را جدی بگیریم، نتایج عمیقی بدست می‌آیند. به واسطه تراکم بینهایت ماده و انرژی، خمیدگی فضا - زمان در تکینیهای فریدمان بینهایت می‌شود.

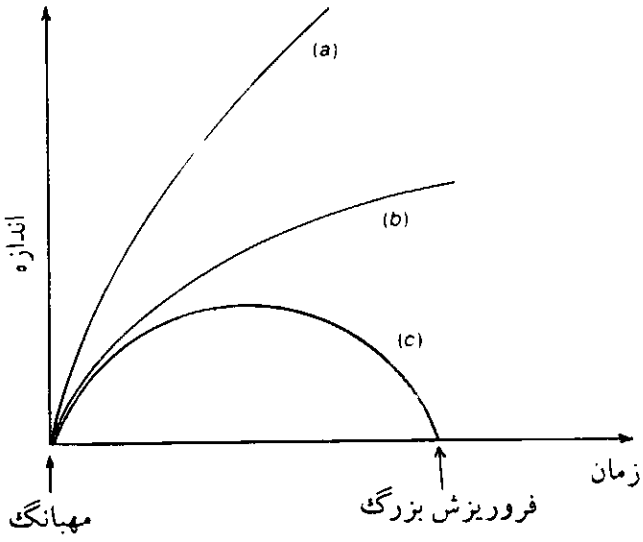
در این شرایط مفاهیم فضا و زمان معنایی نخواهند داشت. بعلاوه، چون کلیهٔ نظریه‌های فعلی بر زمینهٔ فضا - زمان فرمولبندی شده‌اند، بنابراین کلیهٔ آنها در این تکینیها غیر قابل استفاده می‌شوند. بنابراین، اگر وقایعی قبل از مهبانگ رخ داده باشند، از روی آنها نمی‌توان حالت فعلی جهان را پیش‌بینی کرد زیرا قابلیت پیش‌بینی در مهبانگ از میان رفته است. همین‌طور، راهی برای تعیین آنچه قبل از مهبانگ رخ داده است از روی وقایع بعد از مهبانگ وجود ندارد. این بدان معنی است که وجود یا عدم وقایع قبل از مهبانگ کاملاً متافیزیکی است. این وقایع هیچگونه تأثیری بر حالت فعلی جهان ندارند. می‌توان از یک اصل اقتصادی که بنام تیغ اوکام[10] معروف است استفاده کرد و آنها را از نظریه حذف کرد و گفت که زمان از هنگام مهبانگ آغاز شده است. همین‌طور، راهی برای پیش‌بینی یا تأثیر وقایع بعد از فرو ریزش بزرگ وجود ندارد. بنابراین می‌توان آنرا پایان زمان در نظر گرفت.

آغاز و پایان احتمالی زمان که در راه حلهای فریدمان پیش‌بینی شده‌اند با ایده‌های اولیه تفاوت بسیار دارند. قبل از راه حلهای فریدمان، آغاز و پایان زمان چیزی بود که از خارج جهان به آن اعمال شده بود: ضرورتی برای آغاز یا پایان وجود نداشت. از طرف دیگر در مدلهای فریدمان آغاز و پایان جهان دلایل دینامیکی دارند. هنوز می‌توان تصور کرد که جهان توسط یک عامل خارجی در حالتی متناظر با زمانی بعد از مهبانگ خلق شده است. ولی این که جهان قبل از مهبانگ آفریده شده است معنایی ندارد. از آهنگ انبساط کنونی جهان می‌توان زمان مهبانگ را بین ده تا بیست هزار میلیون سال برآورد کرد.

بسیاری از مردم ایدهٔ آغاز و پایان زمان را نمی‌پسندیدند، بنابراین کوششهایی در جهت اجتناب از این نتیجه گیری بعمل آمد. یکی از آنها مدل حالت ایستای، جهان بود که در سال ۱۹۴۸ توسط هرمن بوندی، توماس گولد و فرد هویل پیشنهاد شد. طبق پیشنهاد این مدل چون با دور شدن کهکشانها از هم، کهکشانهای جدیدی در میان آنها از ماده‌ای که دائماً «خلق می‌شود» به وجود می‌آید. بنابراین، جهان کم و بیش در همه زمانها یکسان است و چگالی آنها تقریباً ثابت می‌ماند. این مدل دارای این مزیت بزرگ است که پیش بینیهای آن با مشاهده قابل بررسی است. متأسفانه، مشاهدات چشمه‌های رادیویی توسط مارتین رایل و همکارانش در کمبریج در سالهای ۱۹۵۰ و اوایل سالهای ۱۹۶۰ نشان داد که تعداد چشمه‌های رادیویی در گذشته باید بیشتر بوده باشد که با مدل حالت ایستا ناسازگار است.

کشف تابش میکروویو زمینه توسط پنزیاس و ویلسون که ظاهراً تمامی کیهان را به طور یکنواخت می‌پوشاند میخ نهایی را به تابوت مدل ایستا زد. اندازه گیریهای طیف این تابش بدون هیچ تردیدی نمایانگر تعادل گرمایی است، یعنی طیف تابشی جسم سیاه با دمایی که اندکی از ۳K کمتر است (رک شکل ۸). این تابش در نظریهٔ مهبانگ دارای توضیح طبیعی است - این تابش یادگار گرمای اولیه‌ای است که مهبانگ را همراهی می‌کرده است. بهرحال، در مدل ایستا هیچگونه فاز چگال داغی که این تابش گرمایی بتواند از آن سرچشمه بگیرد موجود نیست، و حضور آن دارای هیچگونه توضیح طبیعی نیست.

کوشش دیگر در جهت اجتناب از شروع زمان این پیشنهاد بود که ممکن است تکینی در نتیجهٔ تقارن بسیار زیاد راه حلهای فریدمان به وجود آمده باشد. این مطلب حرکت نسبی هر دو



شکل ۷ - شعاع ناحیه‌ای از جهان بر حسب زمان برای سه نوع مدل فریدمان رسم شده است. در حالت الف) جهان دارای چگالی کم است و از گرانش خود می‌گریزد. آهنگ انبساط به مقداری یکنواخت می‌رسد. منحنی (ب) متناظر با حالت بحرانی است که در آن جهان تازه از گرانش خود گریخته است. در این مدل جهان با آهنگی کند شونده ولی برای همیشه منبسط می‌شود. منحنی (ج) متناظر با جهانی بسیار چگال است. جهان پس از انبساط تا یک مقدار بیشینه شروع به انقباض می‌کند و بالاخره در فروریزش بزرگ از میان می‌رود.

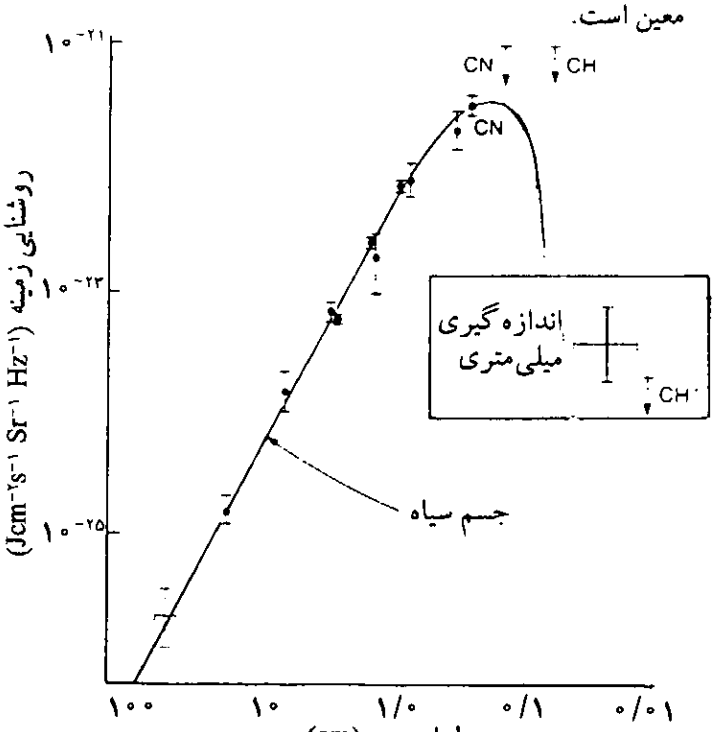
کهکشان در امتداد خطی که آنها را بهم متصل می‌کند محدود می‌سازد. بنابراین، اگر زمانی آنها با یکدیگر برخورد کنند تعجب‌آور نیست. بهرحال، در جهان واقعی کهکشانها دارای سرعتهای کاتوره‌ای عمود بر امتداد خطی هستند که آنها را بهم متصل می‌کند.

ممکن است انتظار رود که جهان بدون نامتناهی شدن چگالی از حالت منقبض شونده به حالت منبسط شونده برود. در حقیقت، در سال ۱۹۶۳ دو دانشمند روسی بنامهای ای.لیفشیتز و آی‌کالاتنیکوف ادعا کردند که این مسئله در هر راه‌حلی از معادلات نسبیت عام پیش می‌آید. ادعای آنها بر این مبنا بود که کلیه راه حلهای با یک تکینی باید از چند قید و یا تقارن تبعیت کند. بهرحال، بعدها متوجه شدند که راه حلهای عمومی‌تر با تکینی وجود دارد که ناچار به پیروی از قید یا تقارن نیستند.

این مطلب نمایانگر آن بود که تکینیها می‌توانند در حلهای عمومی نسبیت عام به وجود آیند ولی به این سئوال پاسخ نمی‌دادند که این تکینیها حتماً باید رخ دهند. به هرحال، بین سالهای ۱۹۶۵ و ۱۹۷۰ قضایای چندی ثابت کردند که هر مدلی از جهان که از نسبیت عام پیروی کند، یکی از دو فرض منطقی دیگر در مورد آن صادق باشد و شامل آن مقدار ماده باشد که در جهان مشاهده می‌کنیم، باید دارای تکینی مهبانگ باشد. همین قضیه پیش‌بینی می‌کند که تکینی دیگری وجود دارد که سبب پایان زمان می‌شود به شرط آن که تمام جهان باز فروریزد. حتی اگر سرعت انبساط آن به اندازه‌ای باشد که مانع از فروریختن تمامی آن شود، هنوز انتظار داریم که نواحی جایگزین شده‌ای مانند ستارگان سنگین سوخته شده فرو بریزند تا سیاه چاله‌هایی را به وجود آورند. این قضیه‌ها پیش‌بینی می‌کند که تکینیهایی وجود دارند که متناظر با پایان زمان برای هر شخص نگونبخت یا بیباکی است که در آن بیافتد.

نظریهٔ کوانتومی به یاری می‌شتابد

نظریهٔ نسبیت عام اینشتین احتمالاً یکی از دو کار بزرگ فکری قرن بیستم است. بهرحال، این نظریه کامل نیست زیرا کلاسیکی است. یعنی شامل اصل عدم قطعیت نمی‌باشد. کشف بزرگ دیگر مکانیک کوانتومی است. طبق اصل عدم قطعیت برخی جفت کمیتها مانند مکان و سرعت ذره را نمی‌توان همزمان با دقت بسیار زیاد اندازه گرفت. هرچه پیش‌بینی مکان ذره دقیقتر باشد، دقت در پیش‌بینی سرعت ذره کمتر خواهد بود و بعکس. مکانیک کوانتومی در سالهای اولیهٔ این قرن گسترش یافت تا رفتار سیستمهای بسیار کوچک مانند اتمها یا ذرات بنیادی را توصیف کند. مخصوصاً مسئله‌ای در مورد ساختار اتم وجود داشت که تصور می‌شد از تعدادی الکترون تشکیل شده است که حول هستهٔ مرکزی می‌چرخند، درست مانند سیارات که گرد خورشید می‌چرخند. طبق نظریهٔ کلاسیک این الکترونها به واسطهٔ حرکتشان باید امواج نورانی تابش می‌کردند. این امواج حامل انرژی بودند و بنابراین الکترونها باید در مسیر مارپیچی حرکت کرده و بالاخره با هسته برخورد کنند. بهرحال، در مکانیک کوانتومی این رفتار مجاز نیست زیرا نشستن الکترون بر هسته با اصل عدم قطعیت ناسازگار است زیرا در این صورت سرعت و مکان معین خواهد داشت. در عوض مکانیک کوانتومی پیش‌بینی می‌کند که الکترون مکان معین ندارد ولی احتمال وجود آن در منطقهٔ معینی در اطراف هسته گسترده شده است و چگالی احتمال حتی در هسته معین است.



شکل ۸ – اندازه‌گیری زمینهٔ همسانگرد در طول موجهای رادیویی در مقایسه با طیف جسم سیاه در دمای ۲/۷K، حد بالای حاصل از مولکولهای میان ستاره‌ای با اندازه‌گیریهای میلیمتری ناسازگار است که می‌توان آنرا مربوط به خط ناپیوسته‌ای دانست که بر روی زمینهٔ پیوسته قرار گرفته است.

پیش‌بینی نظریهٔ کلاسیک که طبق آن چگالی احتمال وجود الکترون در هسته بینهایت است مشابه پیش‌بینی نظریهٔ نسبیت عام است که طبق آن یک تکینی مهبانگ با چگالی بینهایت وجود دارد. بنابراین، می‌توانیم امیدوار باشیم که با ترکیب نسبیت عام و مکانیک کوانتومی، نظریهٔ گرانش کوانتومی را بدست آوریم. بنابراین در می‌یابیم که تکینیهای فضای گرانشی یا بسط آن مانند مورد فضای اتم است.

اولین نشانهٔ دال بر این مطلب کشف سیاهچاله‌ها بود که در اثر فروریختن نواحی جایگزین شده مانند ستارگان به وجود آمده است، البته این نقاط با در نظر گرفتن اصل عدم قطعیت مکانیک کوانتومی کاملاً سیاه نیستند. بلکه، سیاهچاله مانند یک جسم داغ ذرات و پرتوهایی را گسیل می‌کند. کمتر بودن جرم سیاهچاله معادل دمای بیشتر آنست. این تابشها حامل انرژی هستند و در نتیجه جرم سیاهچاله کاهش می‌یابد که به نوبهٔ خود سبب افزایش آهنگ گسیل می‌شود. بنظر می‌رسد که سیاهچاله بالاخره در انفجار عظیمی از تابش کاملاً ناپدید شود. کلیهٔ ماده‌ای که سیاهچاله را تشکیل داده است و هر فضانورد نگونبختی که در سیاهچاله افتاده باشد کاملاً از میان می‌رود، این مطلب لااقل در قسمتی از جهان که ما در آن هستیم صحیح است. بهرحال، انرژی معادل جرم سیاهچاله طبق رابطهٔ معروف اینشتین $E=mc^2$ باقی خواهد ماند تا به وسیله سیاهچاله به صورت تابش گسیل شود. بنابراین انرژی معادل جرم فضانورد به جهان بازگردانده می‌شود. بهرحال، این شکل ضعیفی از فناناپذیری است زیرا مفهوم ذهنی فضانورد از زمان قطعاً به پایان رسیده است و ذراتی که فضانورد را تشکیل می‌دهد همان ذراتی نیستند که سیاهچاله بازگسیل می‌کند. با وجود این، تبخیر سیاهچاله‌ای دال برآنست که فروریختن گرانشی ممکن است منجر به پایان کامل زمان نشود.

مسئله شرایط اولیه

مسئله واقعی در مورد وجود تکینی در لبه یا مرز فضا - زمان آن است که قوانین علم، حالت اولیهٔ جهان را در تکینی تعیین نکرده است، بلکه فقط به مشخص کردن تکامل بعد از آن می‌پردازد. این مطلب حتی اگر تکینی وجود نداشت و زمان به طور نامحدود به عقب برمی‌گشت موجود بود. قوانین علم، حالت جهان را در گذشتهٔ بسیار دور مشخص نمی‌کند. برای جدا کردن یک حالت خاص از میان کلیهٔ حالتهای ممکن که توسط قانون مجاز هستند، باید علاوه بر این قوانین شرایط مرزی داشته باشیم تا حالت جهان را در تکینی اولیه یا گذشتهٔ بسیار دور مشخص کند. بسیاری از دانشمندان از گفتگو در مورد شرایط مرزی جهان ابا دارند زیرا حس می‌کنند که این موضوع در قلمرو متافیزیک یا مذهب است. بالاخره ممکن است بگویند که جهان در یک حالت کاملاً اختیاری آغاز شده است. این مطلب می‌تواند صحیح باشد، ولی در این صورت باید به صورت کاملاً اختیاری نیز تکامل یافته باشد. در حالی که کلیهٔ شواهد موجود نشان می‌دهند که تکامل جهان به صورت کاملاً مشخص و به صورت قانونمند صورت گرفته است. بنابراین، فرض این که قوانین ساده‌ای حاکم بر شرایط مرزی هستند و حالت جهان را تعیین می‌کنند غیر منطقی نیست.

در نظریهٔ نسبیت عام کلاسیک که اصل عدم قطعیت جزیی از آن نیست، حالت اولیهٔ جهان، نقطه‌ای با چگالی بینهایت است. تعیین این که شرایط مرزی جهان در این تکینی چگونه باید باشد بسیار مشکل است. بهرحال، با توجه به مکانیک کوانتومی احتمال از میان رفتن این تکینی وجود دارد. سپس این سؤال پیش می‌آید که فضا - زمان به جای نقطه‌ای با خمش بینهایت به چه صورتی در می‌آید.

در بررسی این نکته، باید خصوصیت عجیبی را در نظر بگیریم که مکانیک کوانتومی می‌تواند به فضا - زمان ببخشد. در نظریهٔ نسبیت فضا و زمان با یکدیگر رابطهٔ نزدیک دارند. در واقع، فیزیکدانها ترجیح می‌دهند که فضا و زمان را رویهمرفته یک پیوستار چهار بعدی فضا - زمان در نظر بگیرند. بهرحال، هنوز تفاوتهای فیزیکی بین فضا و زمان وجود دارد که یکی از آنها مربوط به اندازه‌گیریهای فواصل چهار بعدی بین دو نقطه در فضا - زمان است. اگر فاصلهٔ نقاط در زمان بیش از فاصلهٔ آنها در فضا باشد (مانند لحظات متوالی در یک نقطهٔ فضایی) مربع فاصلهٔ چهار بعدی منفی می‌شود. برعکس، مربع فاصلهٔ چهار بعدی دو نقطه در فضا - زمان که برای آن فاصلهٔ فضایی بیش از فاصلهٔ زمانی باشد. (یعنی حوادث همزمان در مکانهای مختلف) مثبت است.

در جهان اولیه، که در آن فضا بسیار فشرده بود اثر پخش‌کنندگی اصل عدم قطعیت می‌توانست این تفاوت اساسی بین فضا و زمان را از بین ببرد. ممکن است مربع فاصلهٔ زمانی تحت شرایطی مثبت شود. در این مورد، فضا و زمان تفاوتهای دیگر خود را از دست می‌دهند - می‌توانیم بگوییم که زمان

کاملاً فضایی می‌شود ـ و در این مورد صحیحتر است که بجای فضا ـ زمان از فضای چهار بعدی صحبت کنیم. محاسبات نشان می‌دهند که وقتی از هندسهٔ جهان در چند صدم ثانیهٔ اولیه صحبت می‌کنیم نمی‌توانیم از این حالت اجتناب کنیم. پس سؤالی در مورد چگونگی فضای چهار بعدی پیش می‌آید که باید با از میان رفتن اثرات پخش کنندهٔ کوانتومی به صورت هموار به فضا ـ زمان شناخته شده بپیوندد.

یک راه ممکن، خم شدن فضای چهار بعدی است که سطح بسته‌ای را بدون هیچ مرز یا لبه‌ای تشکیل دهد مانند سطح یک توپ یا جهان اینشتین البته در چهار بعد. در مورد مدل جهانی که دگر بار منقبض می‌شود و سه بعد فضای معمولی به صورت یک ابر کره بسته می‌شوند، این فرض جدید ایجاب می‌کند که تمامی فضا ـ زمان محدود و بیکران باشد. این به نوبهٔ خود به مفهوم کامل بودن جهان است که احتیاجی به شرایط اولیهٔ ندارد. لازم نیست که حالت جهان را در گذشته بسیار دور معین کنیم و هیچگونه تکینی که در آن اعتبار قوانین فیزیکی از بین برود وجود نخواهد داشت. می‌توان گفت شرایط مرزی در این حالت به صورت بدون مرز در می‌آید.

باید تأکید شود که این یک پیشنهاد برای شرایط مرزی جهان است. نمی‌توان آنها را از سایر اصول استنتاج کرد ولی می‌توان یک رشته شرایط مرزی منطقی انتخاب و محاسبه کرد که با این شرایط، وضعیت کنونی جهان چگونه می‌شود و آیا این وضعیت با مشاهدات سازگار است. محاسبات در این مورد بسیار مشکل هستند و تاکنون فقط در مورد مدلهای ساده‌ای که دارای تقارن زیاد هستند انجام شده‌اند. بهرحال، نتایج بدست آمده بسیار دلگرم کننده است. این نتایج پیش‌بینی می‌کنند که جهان باید در شرایطی نسبتاً هموار و یکنواخت آغاز شده باشد. سپس از دورانی که به نام دوران‌نمایی یا «تورمی» معروف است گذشته باشد که طی آن اندازهٔ آن به میزان زیاد افزایش یافته است ولی چگالی آن یکسان باقی مانده، سپس جهان بسیار داغ شده و تا حالتی که امروزه آنرا مشاهده می‌کنیم منبسط و در اثر انبساط سرد شده است.

این جهان یکنواخت در بزرگ مقیاس در همهٔ جهات یکسان است ولی شامل غیر یکنواختیهای موضعی است که به صورت ستارگان و کهکشانها در آمده‌اند.

در آغاز انبساط جهان چه رخ داده است: آیا فضا ـ زمان در مهبانگ داری لبه‌ای بوده است: پاسخ آن است که اگر شرایط مرزی جهان به صورت بدون مرز باشد، زمان در جهان اولیه به خوبی تعریف نخواهد شد همانطور که جهت شمال، در قطب شمال زمین به خوبی تعریف نشده است. این که قبل از مهبانگ چه رخ داده است مثل آن است که بگوییم نقطه‌ای را تعریف کنید که در فاصلهٔ یک کیلومتری شمال قطب شمال قرار گرفته است. کمیتی را که ما به عنوان زمان اندازه می‌گیریم دارای آغازی است ولی این بدان معنی نیست که فضا ـ زمان دارای لبه است. درست همانطور که سطح زمین، لااقل چنان که به من گفته‌اند، درقطب شمال لبه ندارد. البته من هرگز آنجا نبوده‌ام.

متناهی و بدون مرز و لبه بودن فضا ـ زمان در صورت واقعیت داشتن نتایج فلسفی مهمی خواهد داشت. این بدان معنی است که می‌توانیم جهان را یک مدل ریاضی تبین کنیم که کاملاً توسط قوانین علمی تعیین شده‌اند، در این مورد احتیاجی به شرایط مرزی نخواهیم داشت. البته هنوز شکل دقیق این قوانین حاکم بر جهان را نمی‌دانیم. در حال حاضر قوانین جزیی چندی وجود دارند که در تمام شرایط غیر از حالتهای بسیار حدی بر جهان حکمفرما هستند. بهرحال، احتمال دارد که این قوانین، جزیی از یک نظریهٔ واحد باشند که هنوز کشف نشده است. در این مورد پیشرفت قابل توجهی حاصل شده است و احتمال زیادی وجود دارد که بتوانیم این قانون واحد را تا پایان قرن کشف کنیم. شاید این توهم پیش آید که باکشف این قانون بتوانیم همه چیز را در جهان پیش‌بینی کنیم، ولی توان پیش‌بینی ما با اصل عدم قطعیت محدود می‌شود. طبق این اصل بعضی کمیتها را نمی‌توان به دقت پیش‌بینی کرد و تنها تعیین توزیع احتمال آنها امکان‌پذیر است. همچنین پیچیدگی معادلاتی که حل آنها فقط در شرایط بسیار ساده امکان‌پذیر است توان پیش‌بینی ما را محدود می‌کند. بنابراین، هنوز تا همه چیزدانی راه درازی در پیش داریم.

زیرنویسها:

۱- The Edge of Spacetime
۲- Stephen Hawking
۳- J.L. de Chesequx
۴- H. Olbers
۵- Olbers' Paradox
۶- Slipher
۷- Hubble
۸- Alexander Friedmann
۹- Singularity
۱۰-Occam's razor

مرجع:

The New Physics

در طرح سؤالهای امتحان نهائی دقت بیشتری کنیم

غلامعلی محمودزاده[1]

سالهاست که دانش‌آموزان کلاس چهارم دبیرستان و دبیران فیزیک، هر گروه به نوعی، از سؤالهای امتحان نهائی درس فیزیک آسیب می‌بینند. دانش‌آموز، پرسشها و مسائل کتاب درسی را می‌بیند و خود را برای سؤالهایی از آن نوع آماده می‌کند.

دبیر، با وقتی محدود و مطالب متنوع و گسترده کتاب و فشارهای ناشی از کنکور سراسری مرحلهٔ اول روبرو است. او باید کتاب را به نحوی مطلوب و حداکثر تا اواسط اسفندماه به پایان برساند و دانش‌آموزان خود را جهت شرکت در کنکور مرحلهٔ اول و امتحان نهائی آماده سازد.

اما، در پایان و در همان هنگام که دانش‌آموز می‌خواهد نتیجه کار یکسالهٔ خود را ببیند و با خاطری آسوده برای گذراندن مرحلهٔ دوم کنکور آماده شود، و دبیر آماده است تا با دیدن موفقیت دست‌پرورده‌های خود، با لبخندی، خستگی یکساله را جبران کند و برای کاری مجدد آماده شود، با سؤالهایی که اکثراً هیچگونه تشابه و مناسبتی با پرسشها و مسائل کتاب ندارند، روبرو می‌شود.

نتیجه آن که، دانش‌آموز درس فیزیک را قله‌ای رفیع و دست نیافتنی می‌بیند و لاجرم از فیزیک رویگردان و گریزان می‌شود. و اگر ضریب ۲ یا ۳ این درس در کنکور سراسری نمی‌بود، کمتر دانش‌آموزی کتاب فیزیک را جهت مطالعه باز می‌کرد، همانند کتاب زمین شناسی. دبیر هم کمتر از دانش‌آموز لطمه نمی‌بیند. او هم پژمرده و دلسرد می‌رود تا اگر بتواند در سال آینده در کلاس‌های پایین تدریس کند.

از سوی دیگر، تب پزشکی و دندانپزشکی و مهندسی باعث شده که درخشانترین و با استعدادترین دانش‌آموزان و سرمایه‌های اصلی کشورمان به سوی این رشته‌ها کشیده شوند، هرچند لازم است، اما این عزیزان و این مشاغل، پشتوانه لازم دارند.

حتی علاقه‌مندترین دانش‌آموزان از ادامهٔ تحصیل در رشتهٔ فیزیک سرباز می‌زنند و توصیه‌های دبیران دلسوز، هیچ ثمری ببار نمی‌آورد.

تصور نشود که جاذبه‌های کاذب (هر چند بی‌اثر نیست)، عامل اصلی این عدم توجه به رشته‌های علوم پایه است. باید توجه داشت که دانش‌آموزان، روان و ذهنی پاک از آلودگی‌های مادی دارند. تعداد انگشت شماری که در چند سال اخیر در المپیاد ریاضی و فیزیک شرکت کرده‌اند و بدون گذراندن کنکور وارد دانشگاه شده‌اند، با ادامهٔ تحصیل در رشتهٔ ریاضی و یا فیزیک، نشان داده‌اند که این ادعا از واقعیت چندان دور نیست. دست اندرکاران و برنامه ریزان و آنها که با دلسوزی بیشتری آینده‌نگری دارند، باید به این مهم توجه بیشتری کنند.

ایجاد علاقه و شوق برای خواندن علوم پایه باید در سنین کودکی و نوجوانی در دانش‌آموزان پرورش یابد. این کار می‌تواند با طرح سؤالهای امتحانی مناسب، آغاز شود.

اعتراض همه جانبهٔ دبیران باعث شده که در یکی دو دورهٔ اخیر، سؤالهای امتحان نهائی درس فیزیک و مکانیک در سطح مناسب‌تری نسبت به دوره‌های قبلی طرح شود. اما هنوز هم سؤالها به سطح مطلوب نرسیده‌اند. تعداد سؤالها اکثراً زیاد و هر سؤال شامل چند قسمت است که اصلاً به هم مربوط نیستند و در لابه‌لای آنها به سؤالهای مشکل برمی‌خوریم. نیم‌نگاهی به نمرهٔ امتحان نهائی دانش‌آموزان مؤید این ادعاست. آیا باور کردنی است که دانش‌آموزی که در مسابقه جهانی المپیاد

فیزیک موفق به اخذ مدال شده است، در امتحان نهائی و در درس فیزیک و مکانیک نمره‌ای حدود ۱۱ یا ۱۲ بگیرد؟ برای نمونه به چند پرسش و مسئله از سؤالهای امتحان نهائی توجه فرمایید. لطفاً دقت کنید که این سؤالها برای کلاس چهارم و در سطح دبیرستان طرح شده‌اند.

۱ - اگر به فرض یک جسم از سطح زمین به طرف مرکز آن حرکت کند، شدت میدان جاذبه وارد بر آن چگونه تغییر می‌کند و چرا؟ (مکانیک رشتهٔ ریاضی - فیزیک خردادماه ۶۵)

۲ - دو وزنه به جرمهای $M = ۸۰۰g$ و $M' = ۶۰۰g$ بوسیله ریسمانی که از روی قرقره‌ای گذشته بهم متصل هستند. یک طرف ریسمان در امتداد قائم و طرف دیگر آن در امتدادی است که با افق زاویه ۶۰° می‌سازد و وزنه M' روی سطح شیبداری است که زاویه شیب آن ۳۰° است. اگر وزنه‌ها از حال سکون به حرکت درآیند، سرعت آنها پس از ۵ ثانیه $۱۲/۵ \frac{m}{s}$ می‌شود. نیروی کشش ریسمان و ضریب اصطکاک بین M' و سطح شیبدار را حساب کنید (جرم ریسمان و اصطکاک قرقره ناچیز و $g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$ و $\sqrt{۳} = ۱/۷$) ۱/۲۵ نمره (مکانیک چهارم ریاضی - فیزیک شهریور ۶۷). لطفاً این مسئله را حل کنید و توجه داشته باشید که زاویه نخ متصل به وزنه M' با سطح افق روی ۶۰° ثابت نمی‌ماند.

۳ - شخصی یک منبع صوتی به فرکانس ۶۹۰ هرتز در دست دارد و با سرعت $۵ \frac{m}{s}$ از یک دیوار بزرگ دور می‌شود. اگر امواج حاصل از منبع صوت به دیوار برخورد کرده و منعکس شوند، شخص بین صوت منبع و صوت منعکسه (پژواک صوت) در هر ثانیه چند ضربان می‌شنود (سرعت صوت در هوا ۳۴۰ متر بر ثانیه است).

این مسئله را حل کنید و توجه کنید که اثر صوت روی گوش انسان ۰/۱ ثانیه است و معمولاً ضربانهای حدود ۷ الی ۸ هرتز قابل تشخیص هستند.

نمونه‌هایی نظیر مسائل فوق که دارای اشکال هستند در سؤالهای امتحان نهائی فراوان یافت می‌شود. علاوه بر این، مسائل یا پرسشهایی طرح می‌شوند که خارج از توان دانش‌آموز متوسط و خوب است که در اینجا به آنها اشاره‌ای نشده است.

در کتاب مکانیک چهارم ریاضی - فیزیک (چاپ قبل از سال ۶۸) دو سؤال به شماره‌های ۸ و ۹ در فصل کار و انرژی (فصل ۸) آمده بود که به اندازه کافی بحث انگیز بود. تا جایی که استاد فرزانه آقای سیدجعفر مهرداد در مجله رشد فیزیک شماره ۶ و در پی آن آقای دکتر احمد شیرزاد در شمارهٔ ۸ همان مجله، مجبور به پاسخ دادن به یکی از آن دو سؤال شدند.

اکنون در سؤالهای امتحان نهائی، آن هم در رشتهٔ علوم تجربی در دیماه ۷۰ و پس از حذف آن سؤالها از کتاب، با یکی از همان دو سؤال (سؤال شماره ۹ فصل ۸ کتاب مکانیک چهارم ریاضی - فیزیک چاپ قبل از سال ۶۸) که به گونه‌ای دیگر طرح شده است، روبرو می‌شویم.

اینکه دانش‌آموز رشتهٔ تجربی چگونه می‌تواند به این سؤال پاسخ دهد، مسئله‌ای دیگر است!

برای آن که به عمق ماجرا پی ببرید بهتر است به سؤال شماره ۲ امتحان نهائی دیماه ۷۰ و جواب طراح سؤال توجه کنید.

سؤال شمارهٔ ۲ - اگر R شعاع متوسط زمین باشد، اولاً بیان کنید اگر ماهواره‌ای به جرم M از مسیری به شعاع ۲R به مسیری به شعاع ۳R انتقال داده شود، انرژی مکانیکی ماهواره کاهش می‌یابد یا افزایش (با ذکر دلیل).

ثانیاً تغییر انرژی جنبشی ماهواره را در این تغییر مکان بر حسب M و R محاسبه کنید.

جواب طراح که از ریز بارم عیناً رونوشت شده است چنین است:

۲ - کاهش می‌یابد (۰/۲۵ نمره). بعلت کاهش g و V (۰/۵ نمره)

$$E_{۱c} = \frac{۱}{۲} M V^۲ \ (۰/۲۵) = \frac{۱}{۲} M(R^۲ \times \frac{g}{۲R}) = \frac{۱}{۴} MRg \ (۰/۲۵)$$

$$E_{۲c} = \frac{۱}{۲} M \ (R^۲ \times \frac{g}{۳R}) = \frac{۱}{۶} MRg \ (۰/۲۵)$$

$$\Delta E_c = \frac{۱}{۴} MRg - \frac{۱}{۶} MRg = \frac{۱}{۱۲} MRg \ (۰/۲۵)$$

آیا می‌توان با توجه به رابطهٔ $E_p = mgh$ و $V = R\sqrt{\frac{g.}{r}}$ و بیان اینکه g و V کاهش می‌یابد، به سادگی با این سؤال برخورد کرد و از آن گذشت؟ اجازه دهید کمی عمیق‌تر به سؤال فوق توجه کنیم.

انرژی پتانسیل کمیتی نسبی و مقایسه‌ای است. این بدان معنی است که ما، همواره تغییرات انرژی پتانسیل را اندازه می‌گیریم. به همین لحاظ لازم می‌شود سطح پتانسیل مقایسه انتخاب کنیم. یعنی انرژی پتانسیل را در جایی برابر صفر گرفته و انرژی پتانسیل سایر اجسام را نسبت به آن بسنجیم.

سطح پتانسیل مقایسه را کجا باید انتخاب کرد؟ جواب این سؤال بستگی به مسئله مورد نظر دارد. مثلاً در نوسان یک آونگ ساده، انرژی پتانسیل گرانشی آونگ را در پایین‌ترین نقطه برابر صفر می‌گیریم. در اینجا حرکت ماهواره مورد بحث است. بهتر است انرژی پتانسیل گرانشی را در نقطه‌ای بی‌نهایت دور از تمام جرمها برابر صفر بگیریم. (به مجله رشد فیزیک شماره‌های ۶ و ۸ مراجعه کنید)

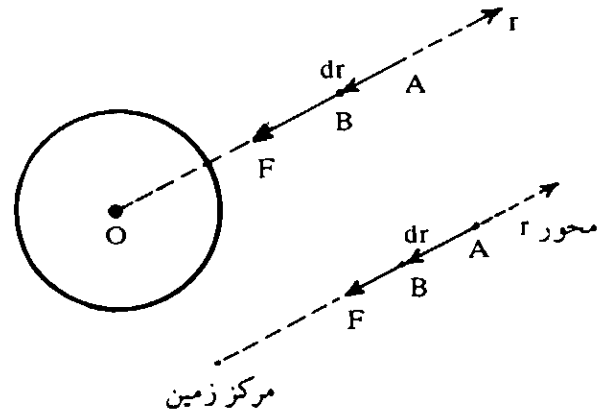
انرژی پتانسیل جسم واقع در یک نقطه از میدانِ نیروی پایستار، برابر با منفی کار نیروی پایستار وارد به جسم است، وقتی جسم از سطح پتانسیل صفر تا آن نقطه جابه‌جا می‌شود.

$$dE_p = - dW = - Fdr$$

نیروی گرانشی وارد بر جرم m در فاصله r از مرکز زمین با توجه به جهت نیرو و جهت محور r برابر است با:

$$F = - G\frac{mM_e}{r^2}$$

$$dE_p = - (G\frac{mM_e}{r^2})\,dr$$



$$E_p = GmM_e \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2}$$

$$E_p = GmM_e \left[-\frac{1}{r}\right]_{r_1}^{r_2}$$

$$E_p = - GmM_e \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$$

اگر نقطهٔ A را در بی‌نهایت دور انتخاب کنیم ($r_1 = \infty$)، انرژی پتانسیل گرانشی جسم در نقطهٔ B برابر می‌شود با:

$$E_p = - G\frac{mM_e}{r}$$

اکنون تغییر انرژی پتانسیل گرانشی ماهواره را در سؤال مورد نظر محاسبه می‌کنیم. (باید به دانش‌آموزان تذکر داد که در محاسبه تغییرات، همواره مقدار اولیه را از مقدار نهائی کم کنند).

$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1}$$

$$\Delta E_p = GmM_e \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$r_1 = 2R$ و $r_2 = 3R$

$$\Delta E_p = GmM_e \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{3R}\right)$$

$$\Delta E_p = \frac{1}{6} G\frac{mM_e}{R}$$

از طرفی، شتاب ثقل در سطح زمین (g_0) از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$g_0 = G\frac{M_e}{R^2}$$

با جای نشانی در رابطهٔ فوق حاصل می‌شود:

$$\Delta E_p = \frac{1}{6} mg_0 R$$

بنابراین، انرژی پتانسیل گرانشی ماهواره در این انتقال افزایش یافته است. تغییرات انرژی جنبشی ماهواره به طریق زیر محاسبه می‌کنیم.

$$E_c = \frac{1}{2} mV^2$$

$$V = R\sqrt{\frac{g_0}{r}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} mg_0 \frac{R^2}{r}$$

$$\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1}$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} mg_0 R^2 \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} mg_0 R^2 \left(\frac{1}{3R} - \frac{1}{2R}\right)$$

$$\Delta E_c = -\frac{1}{12} mg_0 R$$

علامت منفی نشان می‌دهد که انرژی جنبشی ماهواره در این انتقال کاهش یافته است. و اندازه تغییرات آن، نصف تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی ماهواره است. در نتیجه تغییرات انرژی مکانیکی ماهواره برابر است با:

$$\Delta E = \Delta E_c + \Delta E_p$$

$$\Delta E = -\frac{1}{12} mg_0 R + \frac{1}{6} mg_0 R$$

$$\Delta E = \frac{1}{12} mg_0 R$$

بنابراین، انرژی مکانیکی ماهواره افزایش یافته است.

آیا انتظاری غیر از این داشتید؟ برای فرار از زمین باید انرژی مصرف کرد یا در این فرار انرژی آزاد می‌شود؟

حال خود قضاوت کنید:

آیا این سؤال مناسب بوده است؟

آیا انتظار دارید دانش‌آموز به این سؤال پاسخ دهد؟

آیا نمره ۱/۷۵ برای این سؤال (به فرض مناسب بودن سؤال) کافی است؟

اگر دانش‌آموزی، هر چند بعید به نظر می‌رسد، به این سؤال پاسخ درست دهد، مصحح با توجه به بارم سؤالها به او چه نمره‌ای می‌دهد؟

و باکمال تأسف باید پرسید آیا طراح یا طراحان محترم خود به سؤال و جواب آن واقف بوده‌اند؟

و بالاخره مهم‌ترین سؤال: در طرح سؤال امتحان نهائی چه باید کرد؟

به نظر نگارنده، در درجه اول اداره کل امتحانات باید در ضوابط طرح سؤال تجدید نظر جدی و کلی به عمل آورد، به گونه‌ای که دست طراح در طرح سؤالها بازتر باشد. و در درجه دوم در گزینش طراح سؤال دقت بیشتری مبذول کنند.

طراح باید با عنایت بیشتری به کتاب، اقدام به طرح سوال کند. آیا اگر در مسائل امتحانی، لااقل دو یا سه مسئله، مشابه مسائل کتاب باشد، توجه بیشتر دانش‌آموزان را به خواندن کتاب و اعتماد آنها را به معلم جلب نمی‌کند؟

هدف از برگزاری امتحان چیست؟ آیا منظور انجام مسابقه بین دانش‌آموزان است؟ آیا یکی از اهداف امتحان آن نیست که خود را بیازماییم و ببینیم در کلاس تا چه اندازه موفق بوده‌ایم و دانش‌آموز تا چه حد از کاشت ما، برداشت کرده است؟ اجازه ندهیم که برای نشان دادن آنکه ما هم از طراحان قبلی چیزی کم نداریم، خدای ناکرده شیطان نفس برما چیره شود.

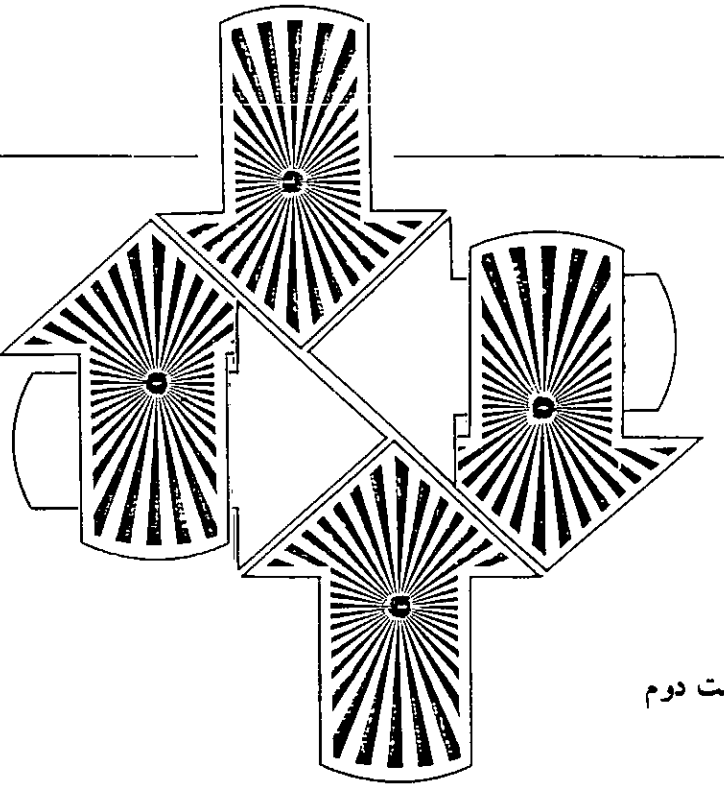
برداشت نادرست نشود، نظر نگارنده آن نیست که از محفوظات دانش‌آموزان امتحان به عمل آوریم.بلکه نظر آن است که در حدی که تدریس کرده‌ایم و هدف نگارش کتاب بوده است از او سؤال کنیم. و توجه به مراحل مختلف یادگیری (که نمی‌دانم تا چه اندازه درست هستند) ما را آنقدر جلو نبرد که دانش‌آموز از ما فاصله‌ای به عمق یک درهٔ ژرف بگیرد و دنباله‌روی ما نشود. تا آن حد پیش نتازیم که درس فیزیک به عنوان «درس تک ماده» مشهور شود. در اینجا باید این نکته را هم متذکر شد که متأسفانه در امتحانهای داخلی دبیرستانها و نیز در امتحانهای سالهای پایین‌تر، نیز این روش طرح سؤال وارد شده است و دانش‌آموز کلاس اول دبیرستان هم، به سرعت متوجه می‌شود که از فیزیک نمی‌توان نمره خوب گرفت و اسَف بارتر آن که نتیجه می‌گیرد «فیزیک قابل فهم نیست».

اکنون که نظام آموزشی کشور در حال تغییر است، بیایید با توجه به هدفهای تعیین شده توسط شورای برنامه‌ریزی گروه فیزیک و مؤلفان کتابهای درسی، سؤالهای امتحانی را طرح کنیم و اجازه ندهیم که در نظام جدید نیز درس فیزیک به سرنوشت قبلی دچار شود.

سخن کوتاه کنیم، اما اجازه دهید این باب باز بماند و صاحب نظران دل وجان سوخته‌ای که سالها در کلاس با صبر و حوصله و با تمام مشکلات تدریس، ساخته و سوخته‌اند و خود را ازیادبرده‌اند تا دیگران را یاددهند و از پاافتاده‌اند تاافتادگانی را بپا دارند و وجود شریفشان مایهٔ افتخار فرهنگ ماست و ندیده دوستشان داریم و از دور دست سفید شده از گچ آنها را می‌بوسیم، قلم بردارند و راهنمای مبتدیانی چون من شوند.

زیر نویس:

۱ـ مسؤول گروه فیزیک دفتر برنامه ریزی و تألیف کتابهای درسی



قسمت دوم

فیزیک در دههٔ آینده[۲]

(۱۹۹۹ - ۱۹۹۰)

ترجمهٔ دکتر علی پذیرنده[۳]

علم مواد و شیمی[۳۱]

بعضی اوقات فیزیک، شیمی و علم مواد تا به حدی در محتوی و تکنیکها با هم وجه اشتراک دارند که برای یک فرد خارج از این رشته‌های علمی تفکیک آنها از یکدیگر مشکل است. اکنون مثالهایی از این موارد را بیان می‌کنیم.

سطح مواد و سطح مشترک بین آنها ــ شیمی و فیزیک در توجیه فرآیندهای اکسیداسیون، احتراق، رسوب، کاتالیز (واکنشی که با حضور کاتالیزور صورت می‌گیرد)، چسبندگی و خوردگی در سطوح جامدات و سطوح مشترک جامدات و گازها، یا جامدات و مایعات به کار می‌روند. رسوب (تولید جامد از مایع) در سطح مشترک بین جامد و محلول آن پدید می‌آید. کاتالیز که واکنشهای شیمیایی را تسریع می‌کند موجب بیلیونها دلار صرفه‌جویی در هزینه‌های سالانه صنایع می‌شود و خوردگی باعث از بین رفتن خواص شیمیایی مواد شده و در نتیجه موجب بیلیونها دلار ضرر سالانه می‌شود. محققان امیدوارند که در حد مولکولی به این فرآیندها پی ببرند و نحوه کنترل آنها را دریابند.

نقصها ــ هیچ بلوری کامل نیست. ترتیب اتمهای بلور در بعضی نقاط به هم می‌خورد. اغلب این نقصها عامل تعیین کننده خواص بسیار جالب در بلور است. بعضی از نقصها در ساختار بلور ایجاد رنگ می‌کنند. بعضی از نقصها به طور غیرمستقیم باعث استحکام بیشتر می‌شوند بدین طریق که از لغزش صفحات بلور بر روی هم جلوگیری می‌کنند. در بسیاری از روشهای ساخت نیمه‌رسانا نقصهایی به‌وجود می‌آیند که موجب افت در خاصیت موثر نیمه‌رسانا می‌شوند. کنترل نقصهای بلور در تکنولوژی دستگاه‌های میکروالکترونیکی، نیمه‌رساناها، مواد اپتیکی، کاتالیزورها، و تمام فلزات ساختمانی ضروری است.

مواد بی‌نظم و بی‌شکل (آمورف) ــ شیشه و پلاستیک از موادی هستند که اتمهای آنها ذاتاً دارای نظم کمی هستند. مواد آمورف را می‌توان از راه‌هایی تهیه کرد که دارای خواص فوق‌العاده‌ای باشند: این مواد می‌توانند علامتهای الکتریکی را بسیار سریع انتقال دهند و یا دارای خواص مغناطیسی منحصر به فردی باشند و یا استحکام بی‌نظیری پیدا کنند. به عنوان مثال تارهای نوری به طور روزافزون در دستگاه‌های ارتباطی به کار می‌روند و در صورتی که این تارهای نوری خالص و یکنواخت باشند می‌توانند اطلاعات را با سرعتهای غیرقابل تصوری انتقال دهند.

مواد آلی الکترونیکی ــ تا قبل از سال ۱۳۵۱ (۱۹۷۲) هیچ ماده آلی رسانای الکتریسیته شناخته نشده بود امّا اکنون چندین نوع ماده آلی رسانا ساخته شده است. به عنوان مثال پلی‌استیلن ترکیبی از کربن و هیدروژن

است که می‌شناسیم. ترکیبات آلی فلزات غیرمعمولی ساخته شده‌اند. یکی از مواد الکترونیکی پلیمر است که رسانایی ویژه آن را می‌توان تا بیش از ۱۲ مرتبه افزایش داد. ماده دیگر اولین ابر رسانای آلی است. پیش‌بینی می‌شود که رساناهای آلی ارزان‌تر و سبک‌تر از فلزات تهیه شوند.

ریاضیات[۳۲]

ریاضیات همیشه به عنوان زبانی برای بیان مفاهیم فیزیکی به کار گرفته شده است. امروزه این دو، ریاضیات و فیزیک، عمیقاً به هم پیوند خورده‌اند. حرکت ابرها، تغییرات رشد جمعیت، بی‌ثباتی در پلاسما که موجب عقیم ماندن همجوشی هسته‌ای (فوزیون) می‌شود، تلاطم در جریان شاره‌ها، حرکات جو و حتی رشد سرخس همه مثالهایی از تکامل طرح‌های آشوب است. بیان «آشوب» با رابطه‌های ریاضی در تشریح پلاسما، شاره، فیزیک ماده چگال و در کاربرد فیزیک در ژئوفیزیک، فیزیک زیست‌شناسی، شیمی، و علم مواد بسیار ضروری است. ساختارها یا حرکات بسیار پیچیده را می‌توان به سادگی با استفاده پی‌درپی همین قاعده‌ها در مقیاسهای کوچک‌تر به دست آورد. در تشریح این پیچیدگیها فیزیکدانان ریاضی در پی تکمیل رهیافتهای جدید ریاضی هستند که بتوانند این آشوب را مورد بررسی قرار دهند.

توپولوژی در ارتباط با فیزیک ذرات بنیادی و کیهان‌شناسی به طور فزاینده‌ای اهمیت پیدا کرده است. کاربرد توپولوژی در نظریه فیزیک ذرات منجر به پیش‌بینی نقصهای دوبعدی در مکان ــ زمان، به نام ریسمانها، شده است. قطب شمال یا قطب جنوب آهنربا، یعنی تک‌قطبی مغناطیسی، را که مدتها در پی یافتن آن بوده‌اند می‌توان به عنوان نقص یک بعدی در توپولوژی زمان ــ مکان پنداشت. کیهان‌شناسان این دو نقص را در درک ساختار کیهان بسیار با اهمیت می‌پندارند.

برای قسمت اعظم فیزیک ریاضی، بزرگ‌ترین و سریع‌ترین کامپیوترها به اندازه‌ای ضروری هستند که بدون آنها پیشرفت غیرممکن خواهد بود.

میکروالکترونیک[۳۳]

ترانزیستورها جریان برق در مدارها را به طور مطمئن و ارزان کنترل می‌کنند. ده سال پس از اختراع ترانزیستور، مدارهای ترانزیستوری از نقطه نظر تکنیکهای سیم‌کشی بسیار پیچیده‌تر شده‌اند. فیزیکدانان و مهندسان به این نتیجه دست یافته‌اند که می‌توانند مدارهای یکپارچه‌ای بر روی یک تیغه نیمه‌رسانا درست کرده و به این ترتیب از به کار بردن قطعات جداگانه و سیم‌کشی صرف‌نظر نمایند.

از سال ۱۳۴۱ (۱۹۶۲)، پیچیدگی تراشه‌های مدارهای یکپارچه به طور تابع‌نمایی افزایش یافته است، اندازه آنها کوچک‌تر شده و مقدار اطلاعاتی که می‌توانند ذخیره کنند افزایش یافته است، به طوری که امروزه تراشه‌ای به اندازه یک ناخن قدرت محاسباتی کامپیوتری به بزرگی یک اطاق در بیست سال پیش دارد. در حال حاضر تراشه‌های تکی برای کامپیوترهای ارزان قیمت دارای نیم میلیون ترانزیستور است. امروزه در اغلب کشورهای جهان صنعت الکترونیک و میکروالکترونیک صدها بیلیون دلار در سال برای صنایع سود به همراه دارد. فیزیک ماده چگال، شیمی، علم مواد، و میکروالکترونیک آن‌چنان به هم پیوند خورده‌اند که پیشرفت یکی موجب پیشرفت دیگری می‌شود. مواد جدید، نظیر آرسنید گالیوم در لایه‌هایی به ضخامت چند اتم مدارهایی را که به مراتب سریع‌تر از قبل هستند نوید می‌دهند. تکنولوژیهای جدید امکان ایجاد میکروالکترونیک در مقیاسهای بسیار کوچک‌تر و در نتیجه سریع‌تر فراهم نموده است. ابزار جدید، که اساساً به منظور مطالعه در فیزیک ماده چگال ساخته شده بود و دانشمندان را قادر ساخت تا بتوانند سطوح مواد را به طور میکروسکوپی مورد بررسی قرار دهند، سریعاً توسط تولیدکنندگان این وسائل ساخته شد. گر چه در حال حاضر تکنولوژی ساخت میکروالکترونیک از نظر علمی کاملاً پیشرفت کرده است لکن راستای توسعه آن در آینده بستگی عمیقی به پیشرفت فیزیک دارد.

انرژی و محیط[۳۴]

ارتباط بین فیزیک و انرژی همیشه بسیار عمیق بوده است. احتراق، شکافت هسته‌ای، همجوشی هسته‌ای و انرژی خورشیدی بر پایه تکنولوژیها و مفاهیم فیزیک بنیان نهاده شده‌اند. انرژی، به نوبهٔ خود، همیشه اثراتی بر محیط‌زیست داشته است؛ فیزیک آشکارسازهایی در اختیار گذاشته است تا بتوان اثرات محیط‌زیست را تشخیص داد.

تکنولوژیهای شکافت هسته‌ای (انرژی حاصل از شکسته شدن هسته اتمها)، همجوشی هسته‌ای (انرژی حاصل از ادغام هسته اتمها)، و انرژی خورشیدی (انرژی حاصل از خورشید) همه در نتیجهٔ تحقیقات بنیادی در فیزیک به ثمر رسیده‌اند. همهٔ این انرژیها عملاً منابع انرژی نامحدود به حساب می‌آیند.

بهره‌گیری مؤثرتر از این سه منبع انرژی نیز بستگی به پیشرفتهای بیشتر در فیزیک دارد. استفاده گسترده از انرژی هسته‌ای به عنوان منبع انرژی دائمی به علّت افزایش سرمایه‌گذاریهای اوّلیه نیروگاه‌های قدرت فسیلی ممکن است در آینده، بیشتر از آنچه که روزگاری تصور می‌شد پا فراتر نهد. قبل از اینکه انرژی همجوشی هسته‌ای بتواند در آینده

به صورت یک منبع انرژی مؤثر در آید، فیزیکدانان نیاز دارند آگاهی بیشتری دربارهٔ راه‌های گرم کردن پلاسما، ایجاد ناپایداری در پلاسما، و اثر تابش بر راکتورهای همجوشی را پیدا کنند. برای بهره‌گیری از انرژی خورشیدی نیاز به وسایلی است که بتوانند نور خورشید را به الکتریسیته تبدیل کنند. کارایی این وسایل به نوبه خود بستگی به موادی دارد که از طریق تحقیقات در علم مواد، نور (اپتیک)، فیزیک ماده چگال به دست آمده‌اند.

لازم به یادآوری است که ۹۰ درصد انرژی تولیدی در جهان از طریق احتراق تأمین می‌شود. افزایش هزینه‌ها و رو به زوال گذاردن منابع نفت، گاز، و زغال سنگ باعث گسترش پژوهش بر روی فرآیند احتراق و چگونگی افزایش بازده آن شده است. افزایشی به میزان ۱٪ در بازده سوخت احتراقی اتومبیلها در حدود یک بیلیون دلار موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های سوخت برای ایالات متحده آمریکا می‌شود.

توانایی استفاده ما از گاز، نفت و زغال سنگ ممکن است در نهایت بیشتر به اثرات آن بر محیط زیستی بستگی داشته باشد تا فراهم بودن آن. این مشکلات نظیر باران اسیدی و اثر گلخانه‌ای عواقب بسیار جدّی در پی خواهد داشت. اثر گلخانه‌ای نتیجهٔ سوزاندن سوختهای فسیلی است که منجر به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در جو می‌شود. در طول سدهٔ آینده ممکن است غلظت دی‌اکسیدکربن در جو تا دو برابر افزایش یابد. افزایش دی‌اکسیدکربن در جو، به نوبهٔ خود، بر توازن بین ورود تابش خورشیدی و خروج تابشهای فرو سرخ اثر می‌گذارد به طوری که موجب افزایش دمای سطح زمین شده و همزمان با آن تغییراتی در آب و هوای کشاورزی مناطق ایجاد می‌شود که نهایتاً بر میزان تولید مواد غذایی اثر می‌گذارد.

تکنولوژیهای اطلاعات نوری[۳۵]

تکنولوژی نوری در نهایت بیشتر از الکترونیک بر جامعه اثر خواهد گذاشت. در دستگاه‌های الکترونیکی، الکترونها اطلاعات را در فلزات رسانا انتقال می‌دهند. در تکنولوژی نوری فوتونها اطلاعات را از طریق تارهای نوری انتقال می‌دهند. مقدار اطلاعاتی را که الکترونها می‌توانند انتقال دهند تا اندازه‌ای به گسترهٔ تواتر (فرکانس) آنها بستگی دارد: هر چه تواتر بالاتر باشد، اطلاعات بیشتری می‌تواند انتقال یابد. فوتونها را می‌توان با تواترهای بسیار بالاتر نسبت به الکترونها مدوله کرد، و بنابراین به وسیله نور می‌توان میلیونها برابر اطلاعات بیشتری را انتقال داد؛ تارهای نوری سبک‌تر، ارزان‌تر و از نظر تداخلهای الکتریکی مصون‌تر از سیمها است.

فرآیند ارسال اطلاعات به طریقهٔ نوری به وسیله یک لیزر بسیار ریز که از لایه‌های نازک نیمه رسانا ساخته شده است، انجام می‌شود. لیزر علامتهای نوری را به داخل تار نوری که به اندازه یک تار مو است، می‌فرستد. این تار بایستی کاملاً شفاف و عاری از هرگونه ناخالصی باشد، در غیر این صورت ناخالصی شعاع نوری را پراکنده و یا جذب می‌کند. علامتهای نوری در مسیر حرکت خود به تدریج ضعیف می‌شوند ولی به وسیله لیزرهای دیگر نیمه‌رسانا به ریزی یک دانه نمک متناوباً تقویت می‌شوند. در انتهای تار، یک نیمه رسانا علامتهای نوری را دریافت کرده و آنها را تبدیل به علامتهای الکتریکی می‌کند.

تابش نور با تواترهای معین به مواد معین می‌تواند فرآیند جذب و انتقال نور آنها را تغییر دهد. فیزیکدانان با بهره‌گیری از این خاصیت موفق به ثبت طرح‌هایی در این گونه مواد شده و این راهی برای ذخیره‌سازی و بازیابی اطلاعات به طریقه نوری است. این تکنولوژی به ما امکان می‌دهد تا میلیونها جلد دائرةالمعارف را در یک نیمه‌رسانا به اندازهٔ حبه قند ذخیره کنیم. پدیده دیگری، که تراز دوحالته نوری[۳۶] نامیده می‌شود، این امکان را می‌دهد تا یک باریکه نور را به کمک باریکهٔ دیگر قطع و وصل کرد. تراز دو حالته نوری پدیده‌ای شبیه به ترانزیستور است که در نتیجه می‌تواند راه را برای کامپیوترهای نوری باز کند.

تواناییهای تکنولوژی نوری بی‌انتها به نظر می‌رسد. سیستمهای اطلاعاتی کم‌هزینه و پرسرعت می‌توانند در فاصله‌های زیاد عمل نمایند. شبکه‌های پرقدرت و کامپیوترهای ارزان قیمت که با سرعتی نزدیک به سرعت نور عمل می‌کنند، این نوید را می‌دهند که بتوان به زودی شهروندان را به طریق ویدئوی رنگی در تماس کامل با یکدیگر، بانکهای اطلاعاتی، بازرگانی و یا کتابخانه‌ها قرار داد. تکنولوژی جدید کامپیوترها به طریق معماری هوازی همراه با تواناییهای جدید می‌تواند با پالسهای نوری فمتو ثانیه، یک کوادریلیون (10^{15}) عمل منطقی را در هر ثانیه انجام دهد ــ که چندین مرتبه سریع‌تر از بهترین کامپیوترهای الکترونیکی امروزه است.

امنیت ملی[۳۷]

پژوهشهای پایه و تکنولوژی جدید برخاسته از علم فیزیک برای تقویت دفاع ملی کاملاً ضروری است. برتری نظامی بدون شک متکی به دستگاههای تدافعی دوربرد، دوردید، و دقیق است. فیزیک در پیشرفت ارتباطات رادیویی دوردست، رادار، موشکها، آشکارسازهای فروسرخ، ساعتهای اتمی جهت کشتی رانی بسیار دقیق، اسلحه‌های پیشرفته، سلاح‌های هسته‌ای و تکنیکهای صوتی، لرزه‌نگاری، و تکنیکهای نوری برای ردیابی و انهدام زیردریایی‌های دشمن، توپخانه

و ماهواره‌ها نقش بسیار اساسی داشته است. قدرتی که بتواند به اوضاع سریع التغییر کنونی جواب مقتضی دهد بستگی تام به دریافت و تفسیر حجم بسیار زیاد اطلاعات در کوتاه‌ترین زمان دارد. تکنیکهای جدید نوری و داده‌پردازی[۳۸] هستهٔ اصلی این کوششها است. محدودسازی و کنترل سلاح‌ها نیز بستگی به روشهای فیزیکی دارد، و فیزیکدانان در انعقاد قراردادهای کنترل سلاح کمک فراوان کرده‌اند.

پزشکی[۳۹]

فیزیکدانان و پزشکان به طور سنتی همکاری داشته‌اند. در واقع رنتگن اولین گزارش رسمی خود دربارهٔ کشف پرتوایکس را به انجمن پزشکی ارائه داد. در دهه اخیر، متخصصان علم پزشکی با استفاده از مبانی فیزیک روشهایی را ابداع کرده‌اند تا بتوانند ساختار داخلی بدن را بدون صدمه زدن به آن تعیین کنند.

بهترین روش شناخته شده توموگرافی کامپیوتری است، که CT اسکن یا CAT اسکن نامیده می‌شود. CT اسکن به پزشکان امکان داشتن تصویری سه‌بعدی از داخل بدن انسان را می‌دهد. در CT اسکن، باریکه‌های متوالی پرتوایکس به بدن انسان تابیده می‌شود. هر باریکه خطی را در بدن روشن می‌کند. سپس می‌توان به کمک کامپیوتر اطلاعات دریافتی از این خطها را آنالیز کرده تصویری از یک برش آن به دست آورد. تصویرهای متعدد برشها تشکیل یک دید سه‌بعدی از بدن را می‌دهد.

تکنیک دیگر، توموگرافی ـ تابش ـ پوزیترونی یا PET است. اصول تصویرسازی PET شبیه تصویرسازی CT است. در PET پزشک متخصص ایزوتوپهای رادیواکتیو پوزیترون گسیل را، که به یک مولکول بیولوژیکی متصل شده و در عضو موردنظر جمع می‌شود، به مریض تزریق می‌کند. کامپیوتر با استفاده از پرتوگامای حاصل از نابودی پوزیترون نمایهٔ عضوی را که ماده به آن تزریق شده تشکیل می‌دهد. با PET می‌توان تصویر قسمتهایی را که دارای فعالیتهای بیوشیمیایی هستند. نظیر مغز، ایجاد کرد. با PET نه تنها می‌توان ناهنجاریها، مانند غده‌ها، را تشخیص داد بلکه می‌توان نقشهٔ مکان عملهای متفاوت در مغز را تهیه کرد.

تصویرسازی تشدید مغناطیسی (MRI) تکنیک توموگرافی دیگری است. MRI به جای پرتوایکس یا پوزیترونها، پرتونها را آشکار می‌سازد که بیشتر آنها در مولکولهای آب است. پروتونها به مانند ژیروسکوپهای مغناطیسی حول یک محور می‌چرخند. هنگامی که بدن در یک میدان قوی مغناطیسی قرار می‌گیرد، محور هوپروتون همراستا با میدان مغناطیسی می‌شود. با قرار دادن یک میدان مغناطیسی رادیو فرکانس با فرکانسی نزدیک به فرکانس رزنانس هسته‌ای این میدان موجب لرزش محور پروتونها می‌شود و لرزش محوری باعث می‌شود که پروتونها فرکانسهای رادیویی را از نو تابش کنند. نسجهای اعضاء مختلف و اعضاء ناسالم تابشهای اندکی متفاوت خواهند داشت. علامتهای رادیویی در خارج از بدن آشکارسازی و دوباره‌سازی شده وبه وسیله کامپیوتر یک تصویر سه‌بعدی از آنها ساخته می‌شود. به کمک MRI می‌توان تصویرهای فوق‌العاده دقیقی از نسجهای نرم، که آب بیشتری نسبت به نسجهای سخت دارند، تهیه کرد. استخوان عملاً در مقابل MRI شفاف است و بنابراین می‌توان تصویرهای بسیار عالی از نخاع تهیه کرد. به کمک MRI می‌توان از قلب در حال کار و جریان خون تصویر گرفت.

تکنولوژی نوری به طور روزافزونی در پزشکی اهمیت پیدا می‌کند. با لیزرهای قوی می‌توان بافتهایی را سوزاند و یا برید. نور لیزر از قرنیه بی‌رنگ، عدسی چشم، و قسمتهای درونی چشم گذر کرده به شبکیه می‌رسد. جراحی لیزری بسیار دقیق‌تر و بهداشتی‌تر از جراحی معمولی است و خون‌ریزی کمتری به بار می‌آورد.

پ ـ حفظ برتری در فیزیک[۴۰]

حفظ برتری در فیزیک حیاتی است زیرا:

ـ فیزیک بنیان علوم را پایه‌گذاری می‌کند که برای رشد تکنولوژی اساسی است.

ـ فیزیک تکنیکها و مفاهیم علوم دیگر را تعیین می‌کند.

ـ فیزیک نیاز عمیق انسان را برای درک بنیادی طبیعت ارضاء می‌کند.

در آمریکا، تحقیقات فیزیکی در دانشگاه‌ها، در صنایع، و در مراکز پژوهشی که توسط دولت فدرال اداره می‌شود، انجام می‌گیرد. در بعضی از زمینه‌های فیزیک، تحقیقات در اطراف تأسیسات بزرگی نظیر شتابدهنده‌های ذرات باردار، ماشینهای پلاسما، چشمه‌های سینکروترون نور، و ماهواره‌ها سازماندهی می‌شود. در زمینه‌هایی نظیر فیزیک ماده چگال، و فیزیک اتمی، مولکولی، و نوری و علوم میان رشته‌ای نظیر بیوفیزیک و فیزیک جو، بیشتر تحقیقات توسط گروه‌های کوچک، اغلب در آزمایشگاه‌های خود انجام می‌گیرد. این تنوع در سبک و ساختار تحقیقات موجب پیشرفتهای شگرفی در فیزیک شده است. همکاری مداوم در بین بخشهای متعدد در اجراء طرح‌های پژوهشی و تقویت روح همکاری هر بخش از اصول اساسی در حفظ باروری سطح بالا در سرمایه ملی فیزیک است. بررسیهای کنجکاوانه در هر زیر رشته به طور قطع به ما می‌گوید که امکانات مالی و تکنیکی را باید در اختیار پژوهشگران خلاق و کوشندگان آینده نگر قرار داد.

حوزه‌هایی از فیزیک که در سالهای آینده نیاز به توجه خاص دارند شامل نوسازی وسائل آزمایشگاه‌های پژوهشی دانشگاه‌ها، حفظ کارایی کافی با امکانات موجود و ایجاد امکانات تحقیقاتی پیشرفته برای دهه‌های آینده، تقویت فیزیک گروه‌های کوچک و تأمین نیازهای نسل جدید فیزیکدانان می‌شود. توصیه‌های کمیته بررسی فیزیک در این موارد و نظائر آنها به طور اجمال در پاراگرافهای زیر آورده خواهد شد.

توصیه‌ها[41]

پژوهش گروه‌های کوچک[42]

پژوهشی که توسط گروه‌های کوچک به اجراء در می‌آید نقش بیشتری در پیشبرد علوم و تربیت دانشمندان دارد: این گروه‌ها عهده‌دار بیش از ۷۰ درصد از تربیت دکترای فیزیک در آمریکا هستند.

به علت متنوع بودن اهداف پژوهشی گروه‌های کوچک تعیین سهم تک‌تک گروه‌های تحقیقاتی کوچک در پیشبرد عمومی علوم مشکل است. امّا اگر این پژوهشها را به طور یکپارچه مورد توجه قرار دهیم، دیده می‌شود که در برگیرنده مسائلی در فیزیک است که تلاشهای زیادی را ایجاب می‌کند. مضافاً اینکه این نوع تحقیقات در ارتباط نزدیک با کاربردهای صنعتی روزمره نظیر تولید مواد جدید و یا توسعه تکنولوژیهای جدید برای ساخت وسائل و یا تولید انرژی هستند. با توجه به این واقعیتها و به علت اینکه گروه‌های کوچک پژوهشی نقش پیشرو در آموزش حرفه‌ای در دانشگاه‌ها داشته‌اند، لازم است که آمریکا برای حفظ برتری خود در علوم فیزیک یک فضای سالم تحقیقاتی برای گروه‌های کوچک برقرار کند.

کمیته بررسی فیزیک توصیه می‌کند که کمکهای کلی به گروه‌های کوچک تحقیقاتی فیزیک به آن سطحی برسد که بازتابنده واقعیتهای امروزی بوده و دیگر اینکه برنامه‌های فدرال که زمینه‌ساز تجهیزات تحقیقاتی مدرن در دانشگاه‌ها هستند توسعه پیدا کنند.

پژوهشهای پایه[43]

تحقیقات پایه ناشی از رقابتهای فکری پژوهشگران است. با وجود این، بارها تحقیقات پایه موجب تحول تکنولوژی و کاربردهای آن که جامعه را در برگرفته بود، شده است. ارتباط قوی تحقیقات پایه در فیزیک با نیازهای عملی جامعه وقتی روشن می‌شود که نگاه وسیع‌تری به موضوع بیاندازیم، نظیر آنچه که در قسمت دوّم نشان داده شده است.

* کمیته بررسی فیزیک به وزارت دفاع آمریکا توصیه می‌کند که حمایتهای مالی خود را در تحقیقات درازمدت پایه مجدداً برقرار کند.

* سازمانهای فدرال با اهداف و وظائف مشخص لازم است از تحقیقات پایه‌ای فیزیک در جهت وظائف خود در سطح مطلوب حمایت کنند.

* دولت فدرال لازم است صنایع را به حمایت از تحقیقات پایه‌ای فیزیک، چه در خود صنایع و چه با همکاری دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، تشویق کند. در این مورد لازم است سیاستهای مالیاتی و ضدانحصاری به نفع این گونه صنایع اصلاح شود تا این همکاریها را آسان‌تر کند.

امکانات اصلی پژوهشی[44]

امکانات اصلی نقش مهمّی در زمینه‌های مختلف فیزیک دارند. برای اینکه فیزیک به موازات پیشرفتهای علوم و تکنولوژی قدم بردارد، کمیته بررسی فیزیک امکانات جدیدی را پیشنهاد می‌کند که اهم آنها عبارتند از:

* در زمینه فیزیک ذرات بنیادی، برای اینکه بهتر بتوان به ماهیت واقعی ماده پی برد، ساختن پرانرژی‌ترین شتابدهنده دنیا به نام ابربرخورد دهنده‌های ابر رسانا (SSC)[45] ضروری است.

* در زمینه فیزیک هسته‌ای، برای مطالعه اثرات کوارک در هسته، و تولید و مطالعه پلاسمای کوراک، ساختن شتابدهنده باریکه پیوستهٔ الکترون (CEBAF)[46] و ایجاد برخوردهای نسبیتی لازم است.

* در زمینه فیزیک ماده چگال، برای مطالعه ساختار، خواص و تغییر حالت (فاز) مواد جدید با دقت بیشتری و در تحت شرایط بحرانی، ساخت نسل جدیدی از تابش کننده‌های سینکروترون و دستگاه‌های پراش نوترونی ضروری به نظر می‌رسد.

* در زمینهٔ فیزیک پلاسما، حمایت از برنامهٔ تحقیقاتی برای مطالعه گیراندازی و پایداری پلاسماهای همجوشی به وسیله میدانهای مغناطیسی و روش گیراندازی اینرسی؛ و بررسی خواص پلاسمایی داغ، مرز مهمّ دیگر در تحقیقات مغناطیسی همجوشی ساختن یک «آزمایش قلب سوزان» (BCE)[47] لازم است.

* در فیزیک گرانشی، برای آشکارسازی امواج گرانشی، نیاز به ساخت یک دستگاه خط مبنای طویل برای سنجش امواج گرانشی (LBGWF)[48] است.

کامپیوتر

گر چه کامپیوترها به طور جداگانه در این خلاصه بحث نشده‌اند اما اثر آن در فیزیک بسیار نافذ بوده است. کامپیوتر دیگر گسترش ماشین حساب نیست بلکه وسیله‌ای برای نگهداری و آنالیز داده‌ها به کار می‌رود. اکنون کامپیوترها به اندازه‌ای توانمند شده‌اند که به

عنوان وسیله‌ای برای آزمون و حتی خلق تئوریهای جدید در زمینه‌هایی نظیر سینتیک شیمی، شبیه‌سازی پلاسما، دینامیک کهکشانها، فیزیک گرانشی، و فیزیک ذرات بنیادی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. حل بعضی از مسائل بنیادی فیزیک آماری و فیزیک ماده چگال فقط از طریق روشهای محاسباتی کامپیوتری امکان‌پذیر است. در واقع کامپیوتر گسترش ذهن به حساب می‌آیند.

تمام رشته‌های فیزیک به تواناییهای محاسباتی بالا نیاز دارند: یعنی کامپیوترهایی با قدرت چندین برابر بیشتر، دارای ارتباط واقعی عملی بیشتر بین استفاده کننده و کامپیوتر، و برهم کنش بیشتر بین متخصصان کامپیوتر و فیزیکدانان.

نیروی متخصص[۴۹]

عرضهٔ فیزیکدانان با مدرک دکترا (Ph.D) و تقاضای مؤسسات و نهادهای دولتی، صنعتی و دانشگاهی، در حال حاضر، تقریباً پاپاپای است. تربیت دکترا در چند سال گذشته ثابت مانده است. اما تعداد فارغ‌التحصیلان امریکایی رو به نقصان نهاده است و این کمبود را به تدریج دانشجویان خارجی رو به افزایش جبران کرده‌اند. در دهه ۱۹۹۰ فیزیکدانان با آهنگ تندتری بازنشسته می‌شوند. برای جایگزینی این فیزیکدانان با دانشمندان جوان ناگزیر به جذب دانشجویان رشته فیزیک هستیم و لازم است گامهایی برای کمک به دانشگاه‌ها در جهت جذب دانشمندان جدید برداریم. توصیه‌های زیر در ارتباط با این موارد عنوان شده است:

* تعداد بورسهای تحصیلی پیش از دکترا باید دوبرابر شود تا افت تعداد دانشجویان امریکایی معکوس شود.
* دولت و صنایع، برای کمک به فیزیکدانان نسل آینده، لازم است دانشمندان جوان و باهوش را جذب آموزش عالی کند. برنامه‌هایی نظیر بورس Sloan، جوائز محققان جوان ریاست جمهور، و برنامه حمایت از محقق برجسته جوان باید گسترش یابد.
* ایجاد تسهیلات مهاجرت برای فیزیکدانان کشورهای دیگر که علاقمندند برای همیشه در آمریکا به کار پژوهش ادامه دهند.
* تشویق زنان اقلیتها برای تحصیل در رشته فیزیک. هر دو طبقه، نیروی انسانی پر ارزشی هستند و به هر دو گروه در فیزیک به طور تأسف‌باری کم بها داده شده است.

پژوهشهای علوم میان رشته‌ای

فیزیک به طور روزافزون به عنوان یک اصل برای پیشرفت علوم دیگر، صنایع و تکنولوژی ساخته شده است و در عین حال وابسته به پیشرفت آنهاست. برای تشویق محققان به نوآوریهای علوم میان رشته‌ای موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

* سازمانهای تأمین کننده منابع مالی لازم است راه‌های ارزیابی و حمایت از همکاریهای علوم میان رشته‌ای را بیابند. دانشکده‌های نوپایی که برنامه‌های علوم میان رشته‌ای را آغاز می‌کنند لازم است مورد توجه خاص قرار گیرند.
* دانشگاه‌ها لازم است برنامه‌ها و مرکز پژوهشی بین گروه‌های آموزشی (دپارتمان) مختلف و علوم میان رشته‌ای را گسترش دهند. چنین مراکزی می‌توانند آموزشهای فرا رشته‌ای[۵۰] را به وجود آورده و از کمکهای پژوهشی مراکز دیگر بهره‌مند شوند.

تبادل آزاد بین‌المللی[۵۱]

همکاریهای بین‌المللی علاوه بر دشواریها سود فراوان نیز به بار می‌آورد، و خروج اطلاعات فنی می‌تواند موجب نگرانی باشد. رازهای علمی رازهای دولتی نیستند. این رازها در طبیعت نهفته است. رقبای سیاسی ما به همان اندازه آزادند که بیاموزند که ما هستیم، بدون اینکه امنیت ملی ما را مورد تهدید قرار دهند. برای اینکه علم شکوفا شود، لازم است دانشمندان آزادانه با دیگر دانشمندان ارتباط داشته باشند و آزادانه مسافرت کنند. هر نوع مخالفتی با این اصولِ پایه نتیجه‌اش اُفتی برای علم و فقدانی برای ملتهای متجاوز است.

زیرنویسها:

۳۱ ـ Materials Science and Chemistry
۳۲ ـ Mathematics
۳۳ ـ Microelectronics
۳۴ ـ Energy and the Environment
۳۵ ـ Optical Information Technologies
۳۶ ـ Optical bistability
۳۷ ـ National Security
۳۸ ـ Data processing
۳۹ ـ Medicine
۴۰ ـ MAINTAINING EXCELLENCE IN PHYSICS
۴۱ ـ Recommendations
۴۲ ـ SMALL - GROUP RESEARCH
۴۳ ـ BASIC RESEARCH
۴۴ ـ MAJOR FACILITIES
۴۵ ـ Superconducting Super Collider
۴۶ـ Continuous Electron Beam Accelerator Facility
۴۷ ـ Burning Core Experiment
۴۸ ـ Long - Baseline Gravitational - Wave Facility
۴۹ ـ - MANPOWER
۵۰ ـ Transdisciplinary education
۵۱ ـ FREE INTERNATIONAL EXCHANGE

مرجع:

PHYSICS THROUGH THE 1990 S, NATIONAL ACADEMY PRESS, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington. DC 20418.

عدسیها، روزنه‌ها، پرده‌ها و چشم

نوشتهٔ فِرد گُلدبرگ و شارون بِندال و ایگال گالیلی

ترجمهٔ محمدعلی سعادت بخت

تحقیق ما دربارهٔ دانش‌آموزانی که نور هندسی[1-3] می‌خوانند نشان می‌دهد که آنها در درک برخی از جنبه‌های بنیادی تشکیل تصویر به وسیلهٔ دستگاه‌های سادهٔ نوری دچار مشکل هستند. موضوعهایی که به نظر می‌رسد ذهن دانش‌آموزان را مشخصاً مغشوش می‌کنند، عبارتند از: نقش چشم در مشاهدهٔ تصویرها، نقش پرده، و معیارهایی برای تشخیص «تصویر حقیقی». ما در تدریس خود برای بحث پیرامون این موضوعهای مشخص، نمایش دو آزمایش ساده، یکی شامل عدسی همگرا، و دیگری شامل روزنهٔ کوچک را مفید تشخیص دادیم.

دستگاه یکی از آزمایشها از یک لامپ، یک عدسی همگرا، و یک پردهٔ نیم شفاف تشکیل شده است. در دستگاه دیگر، به جای عدسی از یک ورقهٔ فلزی که روزنه‌ای در وسط آن تعبیه شده است استفاده می‌شود. در هر مورد روی پرده طرح روشنی مشاهده می‌کنیم که شبیه بازساخت یا انگارهٔ لامپ به نظر می‌رسد؛ ما این طرح را «بازساخت پرده‌ای» لامپ می‌نامیم. البته تمایل بر این است که این طرح‌های نور را که روی هر دو پرده مشاهده می‌شوند «تصویر» (یا «تصویر حقیقی») لامپ بنامند، اما در واقع تفاوتهای مهمی بین آنها وجود دارد. این تفاوتها، که از آزمایشهای بیشتری با این دو دستگاه روشن می‌شوند، موضوع اصلی این بحث را تشکیل می‌دهند.

ابتدا دستگاه عدسی همگرا را در نظر بگیرید. اگر در دستگاهی که توصیفش گذشت پرده را از جای خود جابه‌جا کنید، به سمت عدسی ببرید یا از آن دور کنید، متوجه می‌شوید که نخست بازساخت پرده‌ای تار می‌شود و سپس به عنوان بازساخت وارونهٔ لامپ غیرقابل تشخیص می‌شود. فقط در یک وضعیتِ پرده است که بازساخت پرده‌ای را واضح خواهید دید. سپس، در حالی که پرده در وضعیت اول خود قرار دارد، اگر از همان‌جا در راستای محور عدسی نگاه کنید و آنگاه پرده را بردارید، هم‌چنان بازساخت وارونهٔ لامپ را خواهید دید که آن را «بازساخت هوایی»[4] می‌نامیم (اگر فقط بخشی از کل بازساخت لامپ مشاهده شود، برای مشاهده بقیهٔ قسمتها چشم می‌تواند به‌طور افقی جابه‌جا شود).

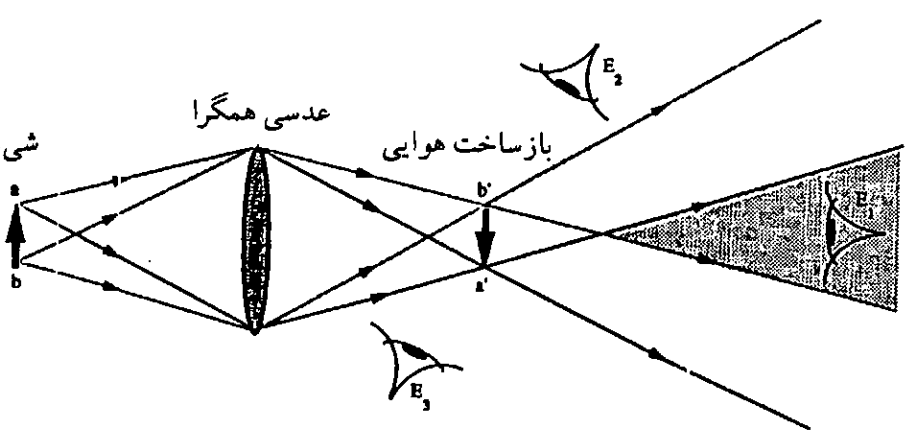
اکنون به‌همین ترتیب آزمایشهای مشابهی را با دستگاه روزنه انجام دهید. اگر پرده به‌طرف روزنه برده شود، بازساخت پرده‌ای کوچک‌تر و قدری پرنورتر می‌شود، اما به‌صورت بازساخت وارونه و واضحی از لامپ باقی می‌ماند. اگر پرده به فاصلهٔ دورتری از روزنه برده شود، طرح روشنایی بزرگ‌تر و قدری کم‌نورتر می‌شود ولی (مادامی که پرده خیلی دور نباشد) این طرح هم‌چنان به صورت بازساخت وارونهٔ لامپ به نظر می‌رسد. بنابراین روشن است این امر یکی از تفاوتهای اصلی در رفتار دستگاه روزنه در مقایسه با رفتار دستگاه عدسی همگراست.

تفاوت دوم هنگامی آشکار می‌شود که چشم خود را در پشت پرده قرار داده، در راستای محورِ روزنه نگاه کنید، و سپس پرده را بردارید. برخلاف مورد عدسی،که در آن بازساخت وارونهٔ هوایی دیده می‌شد؛ در مورد روزنه، بازساخت هوایی لامپ را نخواهید دید. اما در عوض، بدون وجود پرده، آنچه که احتمالاً خواهید دید، یک نقطهٔ نورانی از خلال روزنه است.

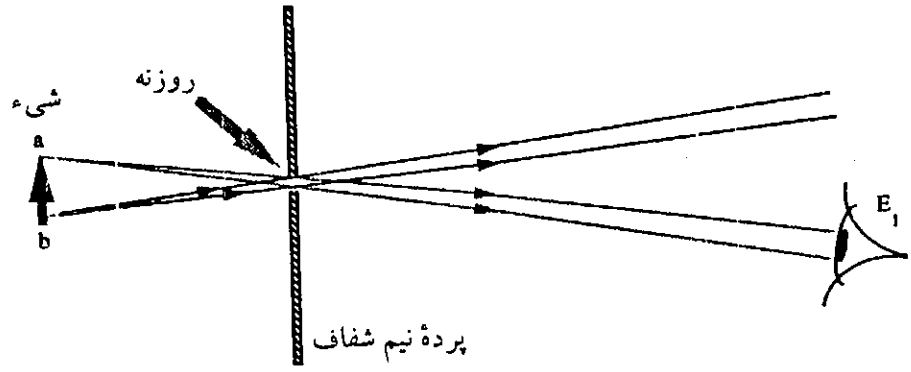
در درک تفاوتهای موجود در رفتار دستگاه عدسی همگرا و دستگاه روزنه لازم است دو عامل مهّم در نظر گرفته شود. اولین عامل، شرط لازم برای چشم ناظر برای «دیدن» نقطه‌ای از یک شیء نزدیک است. عامل دوم دربر گیرندهٔ نقش پرده است؛در اینجا هردو عامل مورد بحث قرار می‌گیرد. در مورد عامل اول، برای آن که ناظری یک نقطه از یک شیء نزدیک را «ببیند»، شار نوری واگرای ناشی از آن نقطه باید وارد چشم (یا چشمهای) ناظر شود. با فرض آن که ناظر خیلی نزدیک به آن نقطه نباشد، عدسی چشم به گونه‌ای تطابق می‌کند که دستگاه قرنیه ـ عدسی چشم شار نوری واگرا را که از آن نقطهٔ شیء می‌آید روی شبکیه کانونی می‌کند. آنگاه ناظر آن نقطه را «می‌بیند».[۵]

شکل ۱ نمودار پرتو را برای دستگاه عدسی همگرا بدون وجود پرده نشان می‌دهد. برای سادگی لامپ را به‌طور شماتیک به صورت پیکان نشان داده‌ایم. نوری که از هر نقطهٔ پیکان (مثلاً a یا b) به صورت واگرا ناشی می‌شود بوسیله عدسی به نقطهٔ یکتای دیگری(a′ یاb′)همگرا می‌شود و سپس از آن نقطه دوباره واگرا می‌شود. هرکدام از این نقطه‌های یکتا (a′ یا b′) را یک نقطهٔ بازساخت هوایی می‌نامیم. فقط اگر چشم ناظر طوری قرار بگیرد که درون مخروط نوری باشد که از این نقطه واگرا می‌شوند، ناظر می‌تواند نقطهٔ بازساخت هوایی را ببیند. در شکل ۱، ناظر در E_1 می‌تواند هر دو نقطهٔ بازساخت، یعنی a′ و b′ را ببیند، اما ناظران واقع در E_2 و E_3 هیچیک از نقطه‌ها را نمی‌بینند. به علاوه، ناظر فقط وقتی می‌تواند باز ساخت هوایی کل لامپ را به یکباره ببیند که چشم وی نور واگرا شده از همهٔ نقطه‌های بازساخت هوایی را دریافت کند. قسمت سایه زده شده در شکل ۱ نمایانگر ناحیه‌ای است که ناظر می‌تواند از آنجا کل بازساخت هوایی را ببیند. از آن‌جا که عموماً لازم است چشم ناظر، برای دیدن نقطه‌های بازساخت هوایی نزدیک به محور عدسی قرار بگیرد، تنها یک ناظر یا حداکثر تعداد کمی ناظر، می‌توانند به طور همزمان این مشاهده را انجام دهند.

شکل ۲ نمودار پرتو را برای دستگاه روزنه بدون وجود پرده نشان می‌دهد. به مانند قبل، به طور شماتیک لامپ را با پیکان نشان داده‌ایم. یک شار نوری باریک واگرا که از نقطه‌های بسیار نزدیک به نقطهٔ a روی لامپ می‌آید از روزنه گذشته و به چشم ناظر در E_1 می‌رسد. نوری که از نقطه‌های



شکل ۱ – نمودار پرتو که نمایانگر تشکیل بازساخت هوایی یک لامپ نوری به وسیله عدسی همگرا است. در این شکل، و در همهٔ شکلهای بعد، لامپ به طور شماتیک به صورت پیکان a – b نشان داده شده است. بدون وجود پرده، ناظر در E_1 می‌تواند کل بازساخت را ببیند، و حال آن که ناظران واقع در E_2 و E_3 نمی‌توانند ببینند.

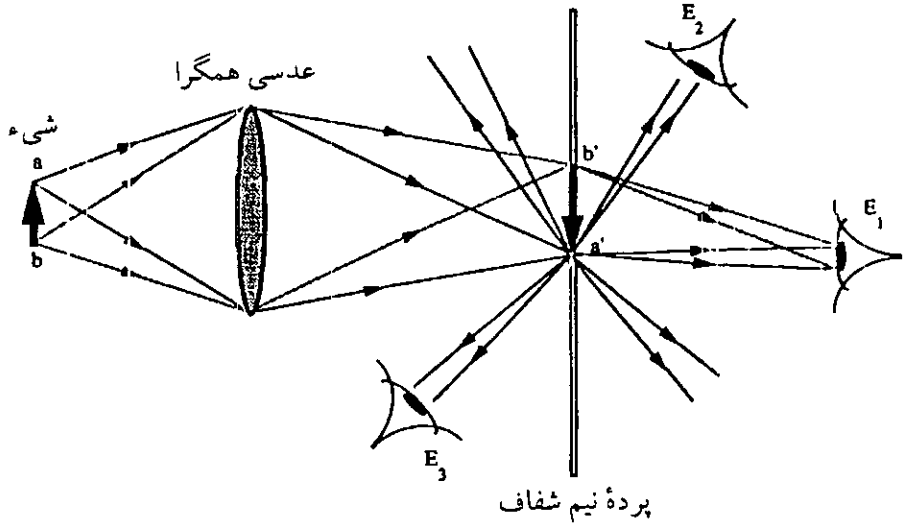


شکل ۲ – نموداری که نمایانگر وضعیتی است که در آن لامپ در جلو روزنهٔ کوچکی قرار داده شده است. ناظر در E_1 نمی‌تواند بازساخت هوایی را ببیند. در عوض، تنها یک شار نوری کوچک که از نزدیکی نقطهٔ a روی چشم آمده باشد به چشم ناظر می‌رسد. بنابراین، آنچه را که می‌توان دید، تنها نقطه‌ای نورانی در روزنه است.

دیگر لامپ (مثلاً نقطهٔ b) می‌آید، نمی‌تواند به چشم این ناظر برسد. بنابراین، ناظر تنها یک نقطهٔ نورانی را می‌بیند. چرا ناظر حتی نمی‌تواند قسمت کوچکی از بازساخت هوایی لامپ را ببیند؟ زیرا روزنه، نوری را که از آن می‌گذرد همگرا نمی‌کند، هیچ نقطه‌ای از روزنه در طرف ناظر وجود ندارد که نور ناشی از یک نقطهٔ مشخص لامپ را واگرا کند. از آنجا که ناظر وقتی می‌تواند یک نقطهٔ نزدیکش را ببیند که یک شار نوری از آن نقطه به صورت واگرا خارج شود، پس ناظر نمی‌تواند چشم خود را برهیچ نقطهٔ نورانی روزنه در طرف خود کانونی کند. بنابراین، هیچ قسمت از بازساخت هوایی لامپ را نمی‌توان مشاهده کرد.

عامل دوم که در مقایسه آزمایشهای عدسی و روزنه لازم است مورد توجه قرار گیرد نقش پرده است. پردهٔ نیم شفاف یا مات دارای خاصیت بازتاب و عبور نور در همهٔ جهتها (اگر چه نه با شدتهای یکسان) است. هنگامی که نور به پردهٔ نیم شفاف می‌تابد، هر نقطه روی پرده به عنوان یک چشمهٔ نقطه‌ای عمل می‌کند که یک شار نوری را (به جای آن که به صورت یک مخروط باریک گسیل کند) به صورت واگرا، تقریباً در همهٔ جهتها (اگر چه نه با شدتهای یکسان) گسیل می‌دارد. چشم ناظر در تقریباً هر وضعیتی ممکن است مقداری از این نور را دریافت کند و بنابراین بتواند این نقطهٔ روشنایی را روی پرده ببیند.

شکل ۳ نمودار پرتو دستگاه عدسی همگرا با پردهٔ نیم شفافی که در صفحهٔ همهٔ نقطه‌های بازساخت هوایی گذاشته شده است را نشان می‌دهد. اگر پرده در وضعیت مناسب باشد، نور ناشی از هر نقطهٔ لامپ به نقطهٔ یکتایی روی پرده همگرا



شکل ۳ – نموداری که تشکیل بازساخت پرده‌ای لامپ را نشان می‌دهد. چون پرتوهای نور در (تقریباً) همهٔ جهتها از نقطه‌های روشن شده روی پردهٔ نیم شفاف واگرا می‌شود، همهٔ ناظران واقع در E_1، E_2، و E_3 می‌توانند بازساخت پرده‌ای را ببینند.

می‌شود و یک نقطهٔ روشنایی تولید می‌کند. از آنجا که نور ناشی از هر یک از این نقطه‌ها تقریباً در همهٔ جهتها منتشر می‌شود، پس ناظران، در هر وضعیت که باشند می‌توانند کل بازساخت پرده‌ای را ببینند، اگر چه روشنایی آن از یک ناظر به ناظر دیگر فرق می‌کند[۶] لذا، در شکل ۳، ناظران واقع در E_1، E_2 و E_3 بازساخت پرده‌ای را می‌بینند.

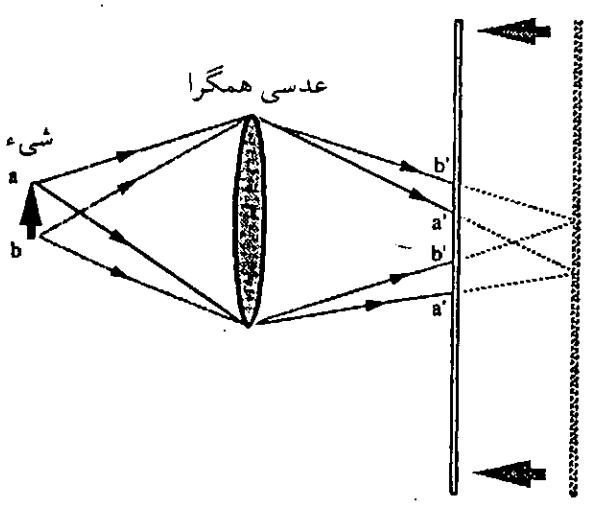
با تغییر شرایط مشاهده به نظر می‌رسد پرده، دیدن بازساخت را راحت‌تر می‌کند. بدون پرده، فقط اگر چشم ناظر در مخروط باریک نوری قرار گیرد که از یک نقطهٔ بازساخت هوایی می‌آید می‌تواند آن نقطه را ببیند. ولی با وجود پرده در وضع مناسب، ناظران در تقریباً هر وضعیتی می‌توانند هر نقطهٔ بازساخت پرده‌ای را ببینند.

هنگامی که پرده به عدسی نزدیک‌تر می‌شود، طرح روشنایی مشاهده شده روی پرده، دیگر بازساخت واضحی از لامپ نیست. شکل ۴ نمودار پرتو این وضعیت است. در این شکل، نوری که از هر نقطهٔ لامپ مثلاً نقطهٔ a واگرا شده و از عدسی می‌گذرد به وسیلهٔ عدسی، همگرا می‌شود و به ناحیهٔ کاملی روی پرده که در اینجا با a′ ـ a′ علامت گذاری شده است، فرود می‌آید. چون از تک‌تک نقطه‌هایی از لامپ که مقابل عدسی قرار دارند نوری صادر می‌شود، پس ناحیه‌های روشنایی متعددی روی پرده ایجاد می‌شوند که همپوشانی

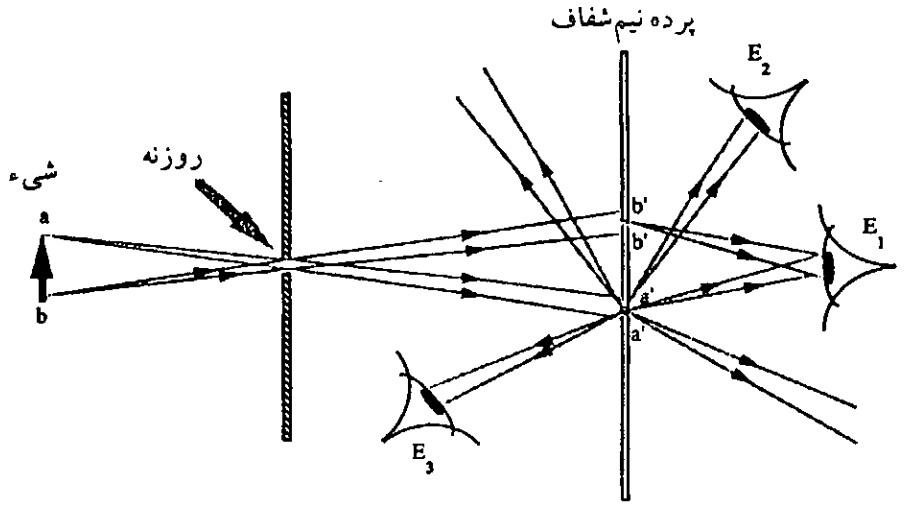
شکل ۴ – نموداری که نشان می‌دهد اگر پرده را از وضع اولیهٔ خود (درشکل ۳) به سمت عدسی جابه‌جا کنیم، چه اتفاقی می‌افتد. نوری که از هر نقطهٔ شیء ناشی می‌شود اکنون به جای تولید یک نقطهٔ نورانی روی پرده ناحیهٔ کاملی از روشنایی بر روی پرده تولید می‌کند. اگر پرده به وضع اولیه خود بسیار نزدیک باشد، ناظر واقع در E یک بازساخت تار مشاهده می‌کند. اگر پرده از وضع اولیه خود دور و به عدسی بسیار نزدیک باشد، ناظر واقع در E روشنایی تقریباً یکنواختی در ناحیه‌ای هم اندازه با عدسی می‌بیند.

دارند. اگر پرده به وضع اول خود بسیار نزدیک باشد، اندازهٔ ناحیهٔ روشناییِ متناظر با هر نقطهٔ لامپ، کوچک خواهد بود و در نتیجه ناحیه‌های مجاور یکدیگر همپوشانی اندکی دارند، و آنچه را که ناظر روی پرده می‌بیند، یک بازساخت تار است. از طرف دیگر، اگر پرده از وضع اول خود دور باشد، ناحیهٔ روشناییِ متناظر با هر نقطهٔ لامپ بسیار بزرگتر خواهد بود. همپوشانی این ناحیه‌ها روی پرده زیاد است، و طرح تقریباً یکنواختی از روشنایی مشاهده خواهد شد.

شکل ۵ نمودار دستگاه لامپ، روزنه، و پرده است. به مانند قبل، به طور شماتیک لامپ را به صورت پیکان نشان داده‌ایم. روزنه، شار نوری واگرا از هر نقطهٔ لامپ (مثلاً نقطهٔ a یا b) را که می‌تواند به پرده برسد محدود می‌کند. این شار نوری محدود شده، یک ناحیه روشنایی روی پرده (a′−a′ یا b′−b′) تولید می‌کند. سپس یک شار نوری واگرا از هر نقطهٔ نورانی روی پرده به بیرون فرستاده می‌شود. و مقداری از این نور می‌تواند وارد چشم ناظر شود. به طور کلی، ناحیه‌های روشنایی روی پرده که متناظر با نقطه‌های نزدیک روی لامپ هستند همپوشانی دارند، اما اگر روزنه به اندازهٔ کافی کوچک باشد، همپوشانی آنها ناچیز است و طرح روشنایی مشابه شکل وارون شدهٔ لامپ است. تحت این شرایط می‌توانیم این طرح را بازساخت پرده‌ای لامپ بخوانیم. این بازساخت پرده‌ای مشابه



وضعیت اولیهٔ پرده وضعیت جدید پرده



شکل ۵– نموداری که نشان می‌دهد چگونه بازساخت پرده‌ای با لامپ، روزنه و پردهٔ نیم شفاف تشکیل می‌شود. شار نوری واگرا از هر نقطهٔ شیء که می‌تواند به پرده برسد شدیداً به وسیلهٔ اندازهٔ کوچک روزنه محدود می‌شود. بنابراین، نوری که از ناحیهٔ $b' - b'$ روی پرده می‌آید را می‌توان تقریباً به صورت نوری که از یک نقطه واگرا می‌شود در نظر گرفت. همهٔ ناظران در E_1، E_2، و E_3 می‌توانند بازساخت پرده‌ای لامپ را ببینند.

تشکیلی است که با دستگاه عدسی همگرا ایجاد می‌شود.

اگر پرده به سمت پرده برده شود، آنگاه ناحیهٔ روشنایی روی پرده ($a'-a'$ یا $b'-b'$) که متناظر با هر نقطهٔ شیء (a یا b) است هم کوچک‌تر شده و هم به محور روزنه نزدیک‌تر می‌شود. این عمل باعث می‌شود کل طرح بازساخت، پرنورتر و کوچک‌تر از قبل به نظر برسد.

طرح روشنایی بازساخت که با دستگاه عدسی یا دستگاه روزنه روی پرده مشاهده می‌شود را اغلب تصویر حقیقی تلقی می‌کنند. با توجه به بحث بالا، آیا عبارت تصویر حقیقی برای هردو وضعیت مناسب است؟ به هرحال، تصویر حقیقی چیست؟ مطمئناً، اگر تصویر حقیقی را به عنوان بازساخت شیء که می‌تواند روی پرده مشاهده شود تعریف کنیم، آنگاه شاید ممکن باشد آنچه که با هردو دستگاه عدسی و روزنه دیده می‌شود را تصویر حقیقی بنامیم. اما، معیارهای دیگری وجود دارند که شاید بخواهیم در توصیف خواص تصویر حقیقی به کار ببریم. مثلاً، برای وضعیت یکتایی از یک نقطهٔ شیء و دستگاه نوری، باید وضعیت یکتایی برای نقطهٔ تصویر حقیقی وجود داشته باشد. این معیار برای دستگاه عدسی همگرا صدق می‌کند ولی برای دستگاه روزنه صدق نمی‌کند. هم‌چنین، ممکن است انتظار داشته باشیم که تصویر حقیقی بتواند با چشم (یا با هر ابزار نوری تصویر نگار مانند دوربین)، مستقل از وجود پرده، مشاهده شود. بار دیگر، این معیار برای دستگاه عدسی همگرا صدق می‌کند ولی برای دستگاه روزنه صدق نمی‌کند. خاصیتی از دستگاه عدسی همگرا که به نظر می‌رسد برای برآورده کردن این دو معیار، اساسی و مهم باشد عبارت است از اینکه نوری که از هر نقطهٔ شیء واگرا می‌شود به وسیلهٔ دستگاه، به نقطهٔ یکتایی همگرا می‌شود. آنگاه می‌توانیم این نقطهٔ یکتا را نقطهٔ تصویر حقیقی بنامیم. پس بدون حضور پرده، نور از این نقطهٔ تصویر حقیقی به یک مخروط فضایی متناهی واگرا می‌شود. با وجود پرده بازهم نور از نقطهٔ تصویر واگرا می‌شود، اما این بار با دامنهٔ گسترده‌تری از جهت‌ها نسبت به اینکه اگر پرده وجود نمی‌داشت[۷]. بابه کار بردن این معیارها برای دستگاه عدسی همگرا، طرح بازساخت که با حضور پرده یا بدون آن دیده می‌شود می‌تواند تصویر حقیقی خوانده شود. اما به کار بردن این معیارها برای دستگاه روزنه به این نتیجه می‌انجامد که بازساخت پرده‌ای نمایانگر تصویر حقیقی نیست. در عوض، نباید چیزی بیشتر از «طرح روشنایی که بازساخت وارونهٔ لامپ است» خوانده شود.

اگر چه در این یادداشت، برتفاوتهای رفتار دستگاه روزنه و دستگاه عدسی همگرا تأکید کرده‌ایم اما آموزنده است اگر وضعیتی را در نظر بگیریم که در آن وضعیت دو دستگاه به طور مشابه رفتار می‌کنند. اگر یک دریچهٔ کوچک هم اندازه با روزنه در مقابل عدسی قرار داده شود آنگاه هنگامی که پرده در گسترهٔ بزرگی از وضعیتها تغییر کند، بازساخت لامپ که روی پرده مشاهده می‌شود نسبتاً واضح باقی می‌ماند. این رفتار مشابه رفتاری است که در مورد روزنه به تنهایی مشاهده

می‌شود، اما توجیه آن قدری متفاوت است. دستگاه روزنه که در بالا مورد بحث قرار گرفت در شکل ۵ به تصویر درآمده است. برای وضعیت عدسی - روزنه، می‌توانیم شکلهای ۱ و ۴ را در نظر بگیریم، با این تفاوت که تصور کنید که یک دریچهٔ کوچک به اندازهٔ روزنه جلو عدسی گذاشته شود. در این صورت، در پشت روزنه قسمت بسیار کوچکی از سطح کروی عدسی قرار خواهد داشت. سطح کوچک عدسی تقریباً، اما نه دقیقاً، تخت خواهد بود. تحت این شرایط، یک شار نوری واگرا که به صورت مخروط باریک از مثلاً نقطهٔ a روی پیکان خارج می‌شود، ابتدا وارد دریچهٔ روزنه‌ای و سپس عدسی می‌شود. شار نوری هنگام عبور از عدسی به صورت یک شار نوری مخروط بسیار باریک همگرا درآمده که به یک نقطهٔ تصویر، مثلاً a' می‌رود اگر پرده‌ای در نقطهٔ تصویر وجود نداشته باشد، شار نوری به صورت یک شار نوری واگرای بسیار باریک مخروطی درمی‌آید که از نقطهٔ تصویر سرچشمه می‌گیرد اکنون، اگر پرده‌ای در صفحهٔ تصویر گذاشته شود، یک نقطه روشنایی در نقطهٔ تصویر وجود خواهد داشت. چون شار نوری مخروطی، بسیار باریک است، هنگامی که پرده (در هر جهت) از صفحهٔ تصویر دور می‌شود نقطهٔ روشنایی بسیار کم گسترده می‌شود. از آنجا که این رفتار برای نوری که از همهٔ نقطه‌های روی پیکان می‌آید درست است، تمام بازساخت پرده‌ای برای گسترهٔ بزرگی از وضعیتهای پرده واضح باقی می‌ماند.

در این یادداشت ما بحث خود را روی برخی جنبه‌های معینِ دستگاه روزنه و دستگاه عدسی همگرا متمرکز کرده‌ایم که در بحثهای کلاسی می‌توانند مطرح شوند. بحث تفصیلی نظری و عملی موضوعهایی در مورد دستگاه روزنه در یکی از شماره‌های اخیر همین مجله آمده است[۸].

مراجع و یادداشتهای نوشته

۱- F. Goldberg and L. C. McDermott, Physics Teacher. 24, 472 (1986).

۲- F. Goldberg and L. C. McDermott, American Journal of Physics. 55, 108 (1987).

۳- I. Galili, S. Bendall, and F. Goldberg,"Incomplete Understanding of image formation: Relevant rays and holistic conceptuallzations," Technical report available from Fred Goldberg, CRMSE, 6475 Alvarado Rd., Suite 206, San Diego, CA 92120.

۴- مردم اغلب برای کانونی کردن چشمان خود روی بازساخت هوایی مشکل دارند. بدون آگاهی قبلی از وجود آن، بیشتر مردم روی عدسی کانونی می‌کنند، زیرانزدیک ترین شیء محسوس است. در نتیجه چون بازساخت واقعی بین چشمان آنها و عدسی قرار دارد، ممکن است آنها دو بازساخت هوایی لامپ را که اندکی نسبت به هم جابجا شده‌اند ببینند. امّا با مقداری تمرین، بازساخت هوایی یکتا می‌تواند دیده شود. با جابه‌جایی پرده به درون یا بیرون میدان دید ناظر، در نتیجه مشاهدهٔ مکرر بازساخت پرده‌ای و سپس بازساخت هوایی، باید بتواند ناظر را متقاعد کند که مکان بازساخت هوایی همان مکان بازساخت پرده‌ای است که قبلاً مشاهده شده است.

۵- هنگامی که یک شیء دورِ پهن، مثل ستاره‌ای در آسمان شبانگاه، را می‌بینیم هم‌چنین به نظر ما می‌رسد که یک شیء نقطه‌ای را می‌بینیم. در آن صورت نور موازی که از نقاط زیاد مجاور هم روی ستاره می‌آید، وارد مردمک چشم می‌شود و (تقریباً) به نقطه‌ای روی شبکیه کانونی می‌شود. پس آنچه که حس می‌شود نقطه‌ای از نور در زمینهٔ سیاه آسمان است.

۶- عموماً، روشنی بازساخت پرده‌ای با مکان ناظر تغییر می‌کند. برای ناظرانی که در راستای عمود بر صفحهٔ پرده نگاه می‌کنند، بازساخت پرده‌ای روشن‌ترین حالت است. برای کسانی که راستای دید آنها به صفحهٔ پرده نزدیک‌تر می‌شود به‌طور فزاینده‌ای ضعیف‌تر می‌شود.

۷- به خاطر ضخامت پرده، نور عملاً از نقطه‌ای درون ناحیهٔ کوچکی که بسیار به نقطهٔ تصویر نزدیک است واگرا می‌شوند.

۸- M. Young, Physics Teacher, 27, 618 (1989)

مرجع ترجمه:

The Physics Teacher, April 1991, P. 221 - 224.

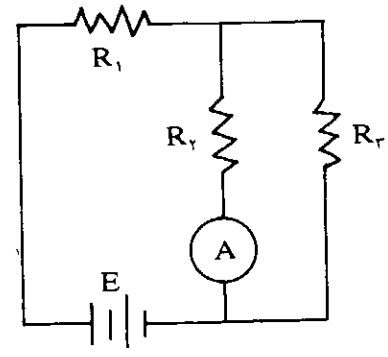
واژگان ترجمه:

بازساخت	reproduction
هوایی	aerial

مسائل پنجمین المپیاد فیزیک ایران

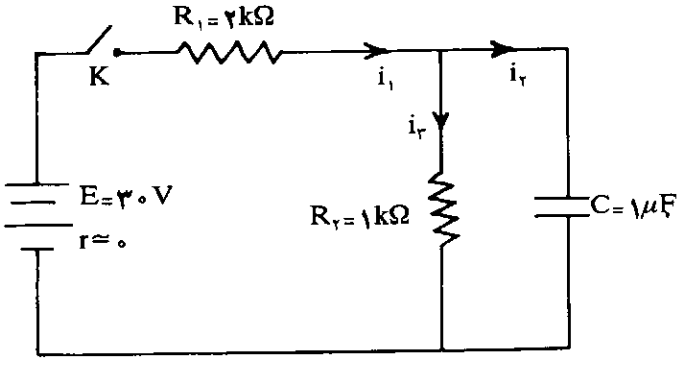
تاریخ برگزاری: ۱۳۷۱/۲/۲۰
مدت: ۳/۵ ساعت

۱ - در مدار روبرو مقاومت آمپرسنج و مقاومت درونی مولد ناچیز فرض می‌شود. اولاً ثابت کنید که اگر جای آمپرسنج و مولد را با هم عوض کنیم، در شدت جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد تغییری حاصل نمی‌شود؛ ثانیاً به ازاء $E=۱۳V$، $R_۱=۲\Omega$، $R_۲=۳\Omega$، $R_۳=۴\Omega$ شدت جریانی را که در حالت اول از هر شاخه می‌گذرد حساب کنید.



۲ - در یک سیم مسی حامل جریان، به ازاء هر اتم مس یک الکترون آزاد وجود دارد که با سرعت متوسط V_d در امتداد سیم حرکت می‌کند. سرعت V_d را در یک سیم مسی به سطح مقطع $۱mm^۲$ که از آن جریان الکتریکی ۲A می‌گذرد حساب کنید. (چگالی (جرم حجمی) مس $\rho=۹\frac{g}{cm^۳}$، عدد آووگادرو $N_۰=۶/۰۳\times۱۰^{۲۳}$، بار الکتریکی الکترون $e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$، و جرم اتمی مس ۶۴ است.)

۳ - در مدار شکل الف کلید K باز بوده و خازن C بدون بار است.

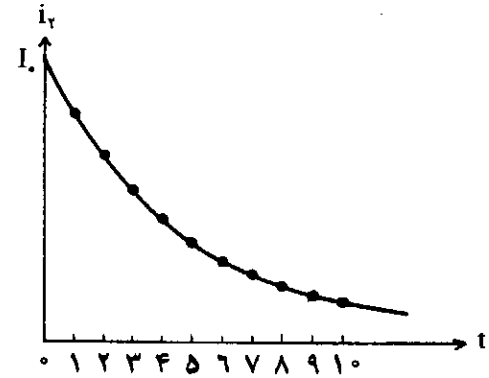


شکل الف

در لحظهٔ $t=۰$ کلید را می‌بندیم. شکل ب (در صفحهٔ بعد) نمودار تغییرات شدت جریان $i_۲$ را نسبت به زمان از لحظهٔ $t=۰$ نشان می‌دهد. (محور زمان بر حسب واحد اختیاری مدرج شده است.)

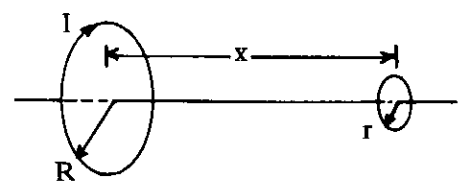
الف: $I_۰$ را محاسبه کنید.

ب: نمودار تغییرات $i_۲$ نسبت به زمان را روی محورهای مختصاتی که محور زمان آن برحسب واحدهای شکل ب مدرج شده باشد به طور تقریبی رسم کنید.
(روش تعیین $i_۲$ مربوط به لحظه‌های ۱ و ۲ و ۳... را ذکر کنید.)



شکل ب

۴ـ اگر از حلقه‌ای به شعاع R جریان I بگذرد، بردار القاء مغناطیسی در نقطه‌ای واقع بر محور حلقه و به فاصلهٔ x از سطح آن، در امتداد محور حلقه بوده و اندازه آن از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:



$$B=\frac{\mu_{۰} I R^{۲}}{۲\sqrt{\left(x^{۲}+R^{۲}\right)^{۳}}}$$

حلقهٔ کوچکی به شعاع r در نقطه‌ای به فاصلهٔ x از سطح حلقهٔ بزرگ و هم محور با آن قرار می‌دهیم. اگر $R>>r$ (یعنی r خیلی کوچک‌تر از R است)، با تقریب خوبی می‌توان B را در سطح حلقهٔ کوچک یکنواخت فرض کرد.

الف ـ شار مغناطیسی که از سطح حلقهٔ کوچک می‌گذرد را حساب کنید.

ب ـ یک عامل خارجی حلقهٔ کوچک را به اندازهٔ $\Delta x<<x$ به آرامی به سمت راست می‌برد، به طوری که دو حلقه هم محور بمانند. تغییر شار مغناطیسی از سطح حلقهٔ کوچک را محاسبه کنید.

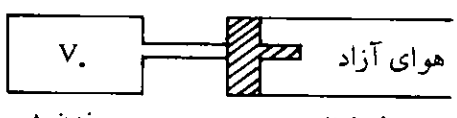
پ ـ اگر تغییر مکان حلقهٔ کوچک در مدت زمان Δt انجام شده باشد، نیروی محرکهٔ القائی در حلقه را محاسبه کنید.

ت ـ در این مدت در حلقهٔ کوچک، جریانی القاء می‌شود و ۹ کولن بار در این حلقه دور می‌زند. انرژی ایجاد شده در حلقه را محاسبه کنید.

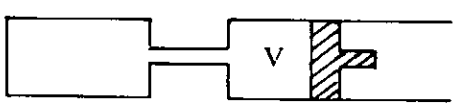
ث ـ عامل خارجی که حلقه را جابه‌جا کرده است، چه نیرویی و در کدام جهت (با ذکر دلیل) به حلقهٔ کوچک وارد کرده است؟

ج ـ اگر بخواهیم همین نیروی محرکه القائی با تغییر جریان I نسبت به زمان حاصل شود، تغییر شدت جریان ΔI در مدت Δt چقدر باید باشد؟

۵ـ مخزن ۱ در شکل الف محتوی گاز کاملی به حجم $V_۰=۴lit$ و دمای صفر درجه سلسیوس است. پیستون در انتهای چپ مخزن ۲ قرار دارد. این دو مخزن با لولهٔ بسیار باریکی که از حجم گاز داخل آن صرف‌نظر می‌شود به هم متصل است. مخزن ۱ را در آب‌داغ و مخزن ۲ را در مخلوط آب و یخ با دمای صفر درجه سلسیوس قرار می‌دهیم. ملاحظه می‌شود که پیستون در مخزن ۲ به عقب رانده شده و حجم گاز داخل مخزن ۲ هنگام تعادل برابر $V=۱lit$ می‌شود (شکل ب). با فرض آنکه دمای آب دور مخزنها در تمام مدت آزمایش ثابت بماند، دمای آب‌داغ را محاسبه کنید.



شکل الف



شکل ب

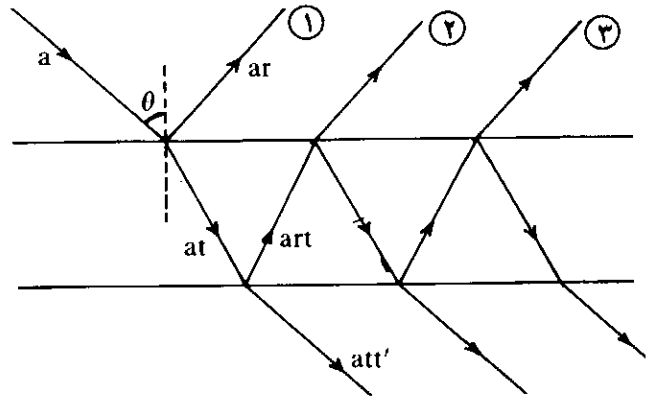
۶ـ یک خط کش فلزی به ضریب انبساط طولی $\lambda_۱=۱/۲\times۱۰^{-۵}\ ^{\circ}C^{-۱}$ در دمای صفر درجهٔ سلسیوس طول اجسام را درست نشان می‌دهد. درون یک استوانهٔ شیشه‌ای مقداری مایع ریخته‌ایم. وقتی دمای خط کش، استوانه، و مایع برابر ۵۰°C است، خط کش طول ستون مایع را ۴۳/۲cm نشان می‌دهد. اگر ضریب انبساط حجمی مایع $a=۱/۶\times۱۰^{-۳}\ ^{\circ}C^{-۱}$ و ضریب انبساط طولی شیشه $\lambda_۲=۸\times۱۰^{-۶}\ ^{\circ}C^{-۱}$ باشد، طول ستون مایع در دمای صفر درجهٔ سلسیوس چقدر است؟

۷ـ اولاً آینهٔ مقعری به شعاع یک متر را در چه فاصله‌ای از یک

عدسی همگرا به فاصلهٔ کانونی یک متر باید قرار داد تا اگر یک دسته پرتو نور به موازات محور اصلی مشترک آنها بتابد، به موازات محور اصلی از عدسی خارج شود.

ثانیاً تصویر نهائی جسمی که در فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متری عدسی و در خارج فاصلهٔ آن دو واقع است را در این دستگاه رسم کرده و فاصلهٔ این تصویر از عدسی و بزرگنمایی دستگاه را حساب کنید.

۸- انرژی نورانی که در واحد زمان به طور عمود از سطح می‌گذرد متناسب با مجذور دامنهٔ نور است. اکنون فرض کنید یک باریکهٔ نور با دامنهٔ a به یک تیغه شیشه‌ای به ضریب شکست n و ضخامت e می‌تابد. ضریب بازتابش از سطح تیغه (در هوا یا در شیشه) r است، یعنی دامنهٔ نور در هر بازتابش r برابر می‌شود. ضریب عبور نور از هوا به شیشه t و از شیشه به هوا t' است. در هر تابش به سطح تیغه، قسمتی از نور بازمی‌تابد و قسمتی از آن عبور می‌کند. دامنهٔ نور برای برخی پرتوها با حرف یا حرفهایی نشان داده شده است.



الف- مدت زمانی را که پرتو ۲ بیشتر از پرتو ۱ در راه بوده است حساب کنید.

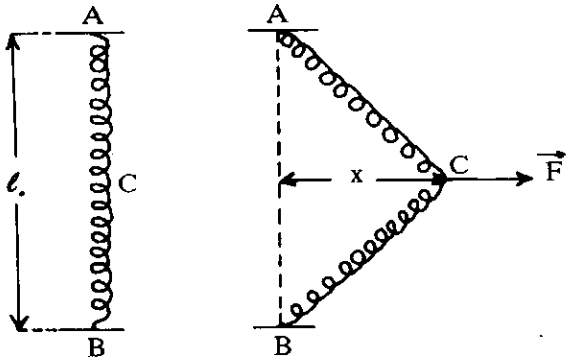
ب- در شرایط معینی می‌توان دامنهٔ پرتوهای ۲ به بعد را باهم جمع کرد. این حاصل جمع را به دست آورید.

پ- ثابت کنید اگر دامنهٔ اولین پرتو باز تابیده برابر مجموع دامنه‌های تمام پرتوهای ۲ به بعد باشد، رابطهٔ $r' = tt' - r^2$ برقرار است. (سرعت نور در هوا را c فرض کنید.)

۹- دو سر فنری به ثابت K را که طول آزاد آن l است به دو نقطهٔ A و B به فاصلهٔ l روی یک میز افقی می‌بندیم (شکل الف). شخصی وسط فنر را گرفته و آنرا در راستای عمود بر فنر و در امتداد افقی به اندازهٔ x به آرامی کشیده و به همان حالت نگاه می‌دارد (شکل ب).

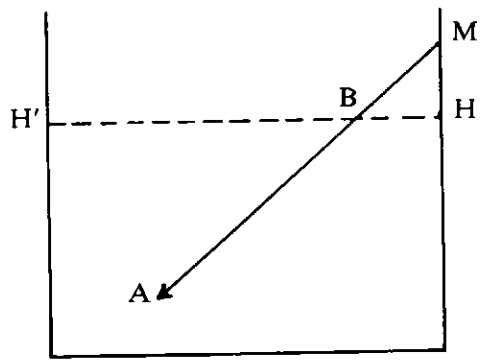
الف- نیرویی که شخص در این حالت بر فنر وارد می‌کند چقدر است؟

ب- انرژی پتانسیل ذخیره شده در یک فنر با ثابت K که به اندازهٔ Δl کشیده شده باشد برابر $\frac{1}{2}K(\Delta l)^2$ است. کار انجام شده توسط شخص برای کشیدن فنر فوق را حساب کنید (از کلیه اصطکاکها صرف‌نظر می‌شود).



شکل الف شکل ب

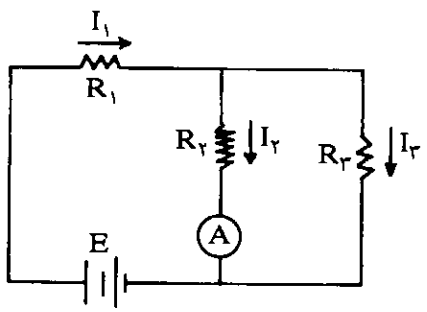
۱۰- میلهٔ نازکی به چگالی (جرم حجمی) ρ را مطابق شکل در نقطهٔ M به جدارهٔ یک ظرف محتوی آب لولاکرده‌ایم. میله می‌تواند آزادانه و بدون اصطکاک حول محور افقی که عمود بر صفحهٔ کاغذ از نقطهٔ M می‌گذرد دوران کند. اگر در حال تعادل ۰/۲ طول میله خارج از آب واقع شود چگالی میله را حساب کنید. (چگالی آب $\rho' = 1000 \frac{kg}{m^3}$ است.)



پاسخ پنجمین
المپیاد فیزیک ایران

حل مسألهٔ ۱ـ اولاً:

الف ـ آمپرسنج در شاخهٔ R_2 است.



با توجه به شکل، مطابق قانونهای کیرشهف داریم:

قانون شدت جریان: $I_1=I_2+I_3$

قانون اختلاف پتانسیل در حلقهٔ بیرونی: $E-I_1R_1-I_3R_3=0$

قانون اختلاف پتانسیل در حلقهٔ چپ: $E-I_1R_1-I_2R_2=0$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_1R_3=I_2R_3+I_3R_3 & (1)\\ 0=E-I_1R_1-I_3R_3 & (2)\\ 0=E-I_1R_1-I_2R_2 & (3)\end{cases}$$

$$(1)+(2) \quad \Rightarrow \quad I_1R_3=I_2R_3+E-I_1R_1$$

$$\Rightarrow \quad I_1=\frac{E+I_2R_3}{R_1+R_3} \qquad (4)$$

با جایگذاری رابطهٔ (۴) در رابطهٔ (۳) داریم:

$$0=E-\frac{E+I_2R_3}{R_1+R_3}R_1-I_2R_2$$

$$0=ER_1+ER_3-ER_1-I_2R_1R_3-I_1R_1R_2-I_2R_2R_3$$

$$\Rightarrow \quad I_2=\frac{ER_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_1R_3}$$

ب ـ آمپرسنج در شاخهٔ R_1 است (جای آمپرسنج را با مولد عوض می‌کنیم):

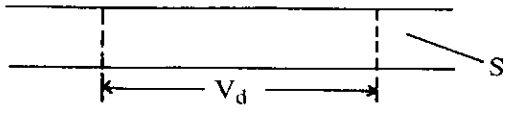
ثانیاً:

$$I_۲=\frac{۱۳\times۴}{۲\times۳+۳\times۴+۲\times۴}=۲A$$

$$I_۱=\frac{۱۳+۲\times۴}{۲+۴}=۳/۵A$$

$$I_۳=I_۱-I_۲=۳/۵-۲=۱/۵A$$

حل مسأله ۲ ـ



راه اول:

قطعه‌ای از سیم به طول V_d را در نظر می‌گیریم. اگر الکترونهای آزاد موجود در این قطعه را N فرض کنیم، پس از یک ثانیه همهٔ آنها از مقطع s گذشته و بار Ne را عبور خواهند داد و در نتیجه جریان عبوری Ne خواهد بود، با توجه به اینکه:

$$V=\frac{M}{\rho}=\frac{۶۴}{۹}\simeq ۷/۱۱cm^۳$$ حجم یک اتم گرم از مس

تعداد الکترونهای آزاد واحد حجم

$$n=\frac{N_۰}{V}=\frac{۶/۰۳\times۱۰^{۲۳}}{۷/۱۱}=۰/۸۵\times۱۰^{۲۳}\ \frac{\text{الکترون}}{cm^۳}$$

تعداد کل الکترونهای آزاد در این قطعه (N) برابر است با حاصل‌ضرب تعداد الکترونهای آزاد واحد حجم در حجم این قطعه یعنی:

$$N=nsV_d=۰/۸۵\times۱۰^{۲۳}\times۱۰^{-۲}\times V_d$$

$$I=Ne \Rightarrow ۲=۰/۸۵\times۱۰^{-۲۱}\ V_d\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

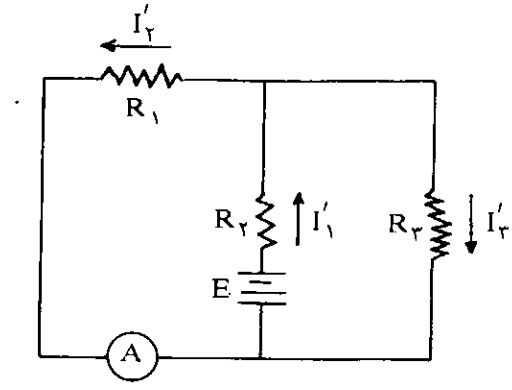
$$V_d=\frac{۲}{۱/۳۶\times۱۰^{۲}} \Rightarrow V_d\simeq ۱/۴۷\times۱۰^{-۲}\ \frac{cm}{s}$$

راه دوم:

هرگاه طول سیم l و زمان گذر الکترون آزاد t باشد داریم:

$$V_d=\frac{l}{t}$$

اگر سطح مقطع سیم s و حجم سیم V باشد با استفاده از



با توجه به شکل، مطابق قانونهای کیرشهف داریم:

$$\begin{cases} I'_۱=I'_۲+I'_۳ \\ E-I'_۱R_۲-I'_۳R_۳=۰ \\ E-I'_۱R_۲-I'_۲R_۱=۰ \end{cases} \Rightarrow \quad \begin{matrix} \\ \text{در حلقهٔ راست} \\ \text{در حلقهٔ چپ} \end{matrix}$$

$$\begin{cases} I'_۱R_۳=I'_۲R_۳+I'_۲R_۳ & (۵) \\ ۰=E-I'_۱R_۲-I'_۳R_۳ & (۶) \\ ۰=E-I'_۱R_۲-I'_۲R_۱ & (۷) \end{cases}$$

$$(۵)+(۶) \Rightarrow I'_۱R_۳=I'_۲R_۳+E-I'_۱R_۲$$

$$\Rightarrow I'_۱=\frac{E+I'_۲R_۳}{R_۲+R_۳} \quad (۸)$$

با جایگذاری رابطهٔ (۸) در رابطهٔ (۷) داریم:

$$۰=E-\frac{E+I'_۲R_۳}{R_۲+R_۳}R_۲-I'_۲R_۱$$

$$۰=ER_۲+ER_۳-ER_۲-I'_۲R_۲R_۳-I'_۲R_۱R_۲-I'_۲R_۱R_۳$$

$$I'_۲=\frac{ER_۳}{R_۱R_۲+R_۲R_۳+R_۱R_۳}$$

با مقایسه شدت جریانها در آمپرسنج در دو حالت داریم:

$$I_۲=I'_۲$$

$V=sl$ در رابطه فوق خواهیم داشت.

$$V_d=\frac{\frac{V}{s}}{t}=\frac{V}{st}$$

اگر جرم سیم m باشد با استفاده از $\rho=\frac{m}{v}$ در رابطه فوق نتیجه می‌گیریم.

$$V_d=\frac{\frac{m}{\rho}}{st}=\frac{m}{\rho st}$$

اگر مقدار مادهٔ سیم n (تعداد مولهای اتم مس در سیم و در نتیجه تعداد مول الکترونهای آزاد سیم) و جرم مولی مس M باشد با استفاده از رابطهٔ $M=\frac{m}{n}$ در رابطه فوق خواهیم داشت:

$$V_d=\frac{Mn}{\rho st}$$

هرگاه تعداد کل اتمهای مس N (و در نتیجه تعداد الکترونهای آزاد سیم) و تعداد اتمهای مس در یک مول N_A (که همان عدد آووگادرو است) باشد با استفاده از رابطهٔ $N_A=\frac{N}{n}$ در رابطه فوق داریم:

$$V_d=\frac{M\frac{N}{N_A}}{\rho st}=\frac{MN}{N_A\rho st}$$

اگر بار هر الکترون آزاد را با e و بار کل همهٔ الکترونهای آزاد سیم را با q نشان دهیم داریم $e=\frac{q}{N}$ که با استفاده از آن در رابطهٔ فوق نتیجه می‌گیریم.

$$V_d=\frac{M\frac{q}{e}}{N_A\rho st}=\frac{M\frac{q}{t}}{eN_A\rho s}$$

با توجه به اینکه در مدت t بار q می‌گذرد شدت جریان I است در نتیجه با استفاده از $q=It$ در رابطه فوق نتیجه می‌گیریم:

$$V_d=\frac{MI}{eN_A\rho s}$$

و با جایگذاری داده‌های مسأله در رابطه فوق داریم:

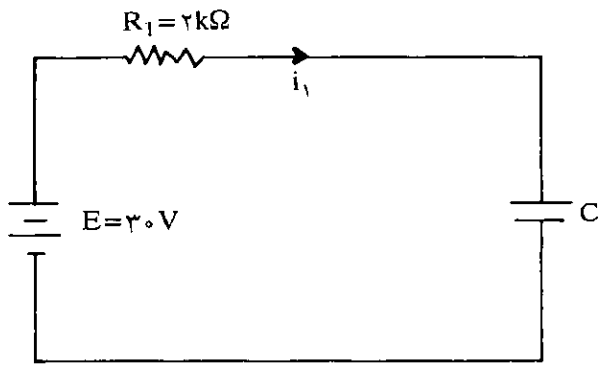
$$V_d=\frac{۶۴\times۲}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۶/۰۳\times۱۰^{۲۳}\times۹\times۱۰^{۲}}$$

$$V_d=۱/۴۸\times۱۰^{-۲}\ \frac{cm}{s}$$

حل مسأله ۳ـ

در لحظهٔ $t=۰$ بار و در نتیجه اختلاف پتانسیل دو سر خازن و نیز اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲$ که با آن موازی است صفر است پس جریانی از $R_۲$ نمی‌گذرد.

در این صورت جریانهای $i_۱$ و $i_۲$ برابرند و مدار مانند شکل زیر است:



طبق قانون کیرشهف برای اختلاف پتانسیل داریم:

$$E=i_۱R_۱+V_C$$

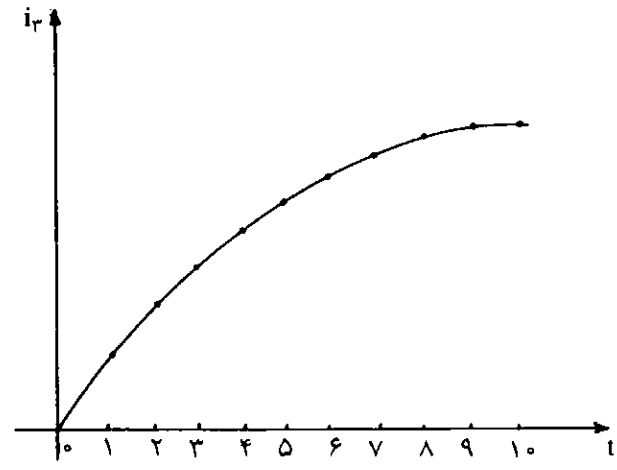
$$t=۰ \Rightarrow E=I_۰R_۱+۰$$

$$\Rightarrow I_۰=\frac{E}{R_۱}=\frac{۳۰}{۲\times۱۰^{۳}}=۱۵\times۱۰^{-۳}A=۱۵mA$$

اختلاف پتانسیل دو سر خازن در لحظهٔ t برابر $\frac{q}{C}$ است که در آن q بار خازن است که تا لحظهٔ t روی صفحات خازن جمع شده است. چون اختلاف پتانسیل دو سر خازن با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲$ برابر است پس در هر لحظه داریم:

$$i_۲=\frac{V_C}{R_۲}=\frac{q}{CR_۲}=\frac{q}{۱۰^{-۶}\times۱۰^{۳}}=۱۰^{۳}\times q$$

پس باید بار q را در زمانهای مختلف به دست آورد. پس از بستن کلید بار خازن مرتباً افزایش می‌یابد. در مدت کوتاه Δt پس از بستن کلید (مثلاً یک واحد زمان) بار خازن به اندازهٔ $I_۰\Delta t$ افزایش می‌یابد که تقریباً برابر با مساحت اولین ستون سمت چپ نمودار شکل ب است. با گذشت زمان باید مساحت ستونهای دیگر را نیز بر آن افزود. به این ترتیب در هر لحظه بار خازن برابر مساحت زیر منحنی $i_۲$ تا آن لحظه است. منحنی فوق تغییرات $i_۲$ را بر حسب زمان نشان می‌دهد.



اگر محور زمان در شکل ب بر حسب ثانیه مدرج شده بود، مساحت زیر منحنی یعنی بار خازن بر حسب آمپر ثانیه (یا میلی آمپر ثانیه) یعنی کولن (یا میلی کولن) به دست می‌آمد و $i_۳$ بر حسب آمپر تعیین می‌شد. ولی چون واحد زمان غیر از ثانیه است بار بر حسب کولن و جریان بر حسب آمپر نیست. نمودار متناسب با مساحت زیر منحنی $i_۲$ رسم شده است.

حل مسأله ۴ـ

الف‌ـ $$\varphi = BA = \frac{\mu_۰ IR^۲}{۲\sqrt{(x^۲+R^۲)^۳}} \times \pi r^۲$$

ب‌ـ چون $x >> \Delta x$ لذا $\frac{\Delta\varphi}{\Delta x}$ تقریباً برابر مشتق φ نسبت به x است:

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta x} = \frac{\mu_۰ \pi r^۲ IR^۲}{۲} \times \frac{-۳x}{\sqrt{(x^۲+R^۲)^۵}}$$

$$\Delta\varphi = -\frac{۳\mu_۰ \pi r^۲ IR^۲ x}{۲\sqrt{(x^۲+R^۲)^۵}} \Delta x$$

پ‌ـ $$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{۳\mu_۰ \pi r^۲ IR^۲ x}{۲\sqrt{(x^۲+R^۲)^۵}} \times \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

ت‌ـ $$E = \frac{W}{q} \Rightarrow W = Eq = \frac{۳\mu_۰ \pi r^۲ IR^۲ xq}{۲\sqrt{(x^۲+R^۲)^۵}} \times \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

ث‌ـ این مقدار انرژی برابر با کار انجام شده توسط عامل خارجی است پس:

$$W = F\Delta x$$

$$F = \frac{W}{\Delta x} = \frac{۳\mu_۰ \pi r^۲ IR^۲ xq}{۲\Delta t\sqrt{(x^۲+R^۲)^۵}}$$

جهت نیروی الکترو مغناطیس حاصل از جریان القائی در حلقهٔ کوچک بنابه قانون لنز به طرف چپ است بنابراین نیرویی که عامل خارجی بر حلقه وارد کرده است باید برابر F و در خلاف جهت آن یعنی به طرف راست باشد.

ج‌ـ با توجه به اینکه $\Delta t << t$ لذا $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ تقریباً برابر مشتق φ نسبت به t است:

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -\frac{\mu_۰ \pi r^۲ R^۲}{۲\sqrt{(x^۲+R^۲)^۳}} \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

از طرف دیگر مطابق بند «پ» داریم:

$$E = \frac{۳\mu_۰ \pi r^۲ IR^۲ x}{۲\sqrt{(x^۲+R^۲)^۵}} \times \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

از تساوی این دو رابطه حاصل می‌شود:

$$\Delta I = \frac{-۳Ix}{x^۲+R^۲} \Delta x$$

علامت منها معرف کاهش شدت جریان است.

حل مسأله ۵ـ

فرض باید کرد که فشار گاز در مخزن ۱ شکل الف برابر فشار هوای آزاد است.

راه اول:

دمای مخلوط آب و یخ $T_۰ = ۲۷۳K$

برای مخزن ۱ در دمای $T_۱$ می‌توان نوشت:

$$\frac{V_۰}{T_۰} = \frac{V_۱}{T_۱} \Rightarrow V_۱ = \frac{T_۱}{T_۰} V_۰$$

$$V_۱ = V_۰ + V'$$

که در آن V' حجم گاز وارد شده در مخزن ۲ در دمای $T_۱$ است. این گاز وقتی وارد مخزن ۲ شود دمایش $T_۰$ و حجم آن $V = ۱lit$ می‌شود. به طوری که داریم:

$$\frac{V'}{T_۱} = \frac{V}{T_۰} \Rightarrow V' = \frac{T_۱}{T_۰} V$$

$$V_1=V_0+V' \Rightarrow \frac{T_1}{T_0}V_0=V_0+\frac{T_1}{T_0}V$$

$$T_1=\frac{V_0}{V_0-V}T_0=\frac{T_0}{1-\frac{V}{V_0}}$$

$$T_1=\frac{273}{1-\frac{1}{4}}=364\,K \qquad \Rightarrow \theta_1=91^\circ C$$

راه دوم:

در شکل الف گاز مخزن ۱ به حجم ۴ لیتر و به دمای ۰°C است و در شکل ب ۳ لیتر از این گاز ۰°C در مخزن ۱ باقی می‌ماند (ولی به حجم ۴ لیتر و به دمای آب‌داغ) و یک لیتر آن با همان دمای ۰°C وارد مخزن ۲ می‌شود. در نتیجه می‌توان فرض کرد که ۳ لیتر گاز ۰°C (در شکل الف) به حالت ۴ لیتر به دمای آب‌داغ (شکل ب) در آمده است لذا (با توجه به ثابت بودن فشار) داریم:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{4lit}{0^\circ C+273^\circ C}=\frac{3lit}{\theta_2+273^\circ C}$$

$$\theta_2=91^\circ C$$

حل مسأله ٦-

عددی که خط‌کش در دماهای بالای صفر درجه سلسیوس نشان می‌دهد به علت انبساط فلز از مقدار واقعی کمتر است. چنانچه طول ستون مایع در دمای θ را با h_1 و مقدار واقعی آن را در همین دما با h_2 نشان دهیم، داریم:

$$h_2=h_1(1+\lambda_1\theta)$$

از طرفی برای مایع می‌توان نوشت:

$$V=V_0(1+a\theta) \quad (1)$$

که در آن $V=Ah_2$ حجم مایع در دمای θ و $V_0=A_0h_0$ حجم مایع در دمای صفر درجه سلسیوس است. بنابراین

$$Ah_2=A_0h_0(1+a\theta)$$

از طرف دیگر برای قاعده استوانهٔ شیشه‌ای داریم $A=A_0(1+2\lambda_2\theta)$ که با جایگذاری آن در رابطهٔ اخیر داریم:

$$A_0(1+2\lambda_2\theta)\times h_1(1+\lambda_1\theta)=A_0h_0(1+a\theta)$$

چون λ_1 و λ_2 اعداد کوچکی هستند، می‌توان از $\lambda_1\lambda_2$ که بسیار کوچک‌تر از عدد یک است صرف‌نظر کرد. در نتیجه:

$$h_0=\frac{1+(2\lambda_2+\lambda_1)\theta}{1+a\theta}\times h_1$$

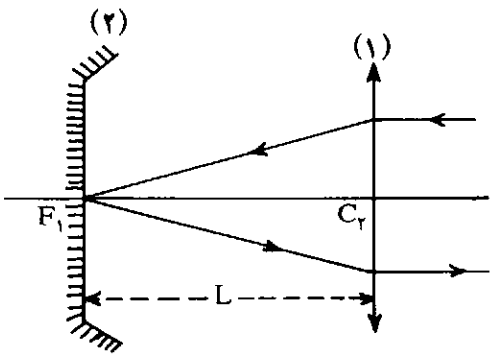
$$h_0=\frac{1+(2\times 0/8+1/2)10^{-5}\times 50}{1+1/6\times 10^{-3}\times 50}\times 43/2$$

$$h_0=40/056cm$$

حل مسأله ۷-

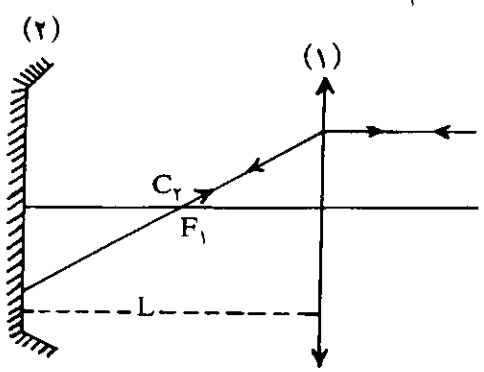
اولاً دو حالت زیر وجود دارد:

حالت اول



$$L=R_2=F_1=1m$$

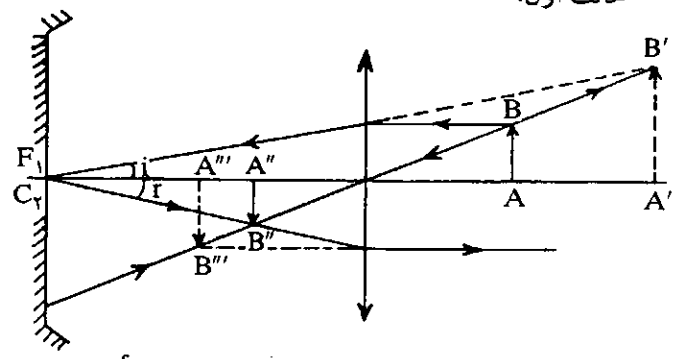
حالت دوم



$$L=R_2+F_1=1+1=2m$$

ثانیاً در هر یک از دو حالت فوق داریم:

حالت اول:



$$q_1=\frac{p_1f_1}{p_1-f_1}=\frac{۶۰\times۱۰۰}{۶۰-۱۰۰}=-۱۵۰\text{cm}$$

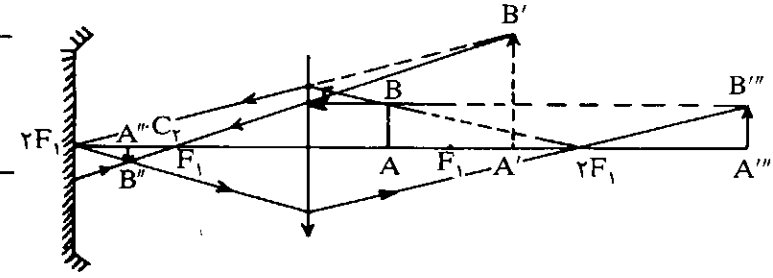
$$p_2=۱۰۰+۱۵۰=۲۵۰\text{cm}$$

$$q_2=\frac{۲۵۰\times۵۰}{۲۵۰-۵۰}=۶۲/۵\text{cm}$$

$$p_3=۱۰۰-۶۲/۵=۳۷/۵\text{cm}$$

$$q_3=\frac{۳۷/۵\times۱۰۰}{۳۷/۵-۱۰۰}=-۶۰\text{cm}$$

حالت دوم:



$$q_1=\frac{۶۰\times۱۰۰}{۶۰-۱۰۰}=-۱۵۰\text{cm}$$

$$p_2=۲۰۰+۱۵۰=۳۵۰\text{cm}$$

$$q_2=\frac{۳۵۰\times۵۰}{۳۵۰-۵۰}=\frac{۱۷۵}{۳}\text{cm}$$

$$p_3=۲۰۰-\frac{۱۷۵}{۳}=\frac{۴۲۵}{۳}\text{cm}$$

$$q_3=\frac{\frac{۴۲۵}{۳}\times۱۰۰}{\frac{۴۲۵}{۳}-۱۰۰}=۳۴۰\text{cm}$$

محاسبهٔ بزرگنمایی:

حالت اول:

$$\gamma_1=\frac{q_1}{p_1}=\frac{۱۵۰}{۶۰}=\frac{۵}{۲}$$

$$\gamma_2=\frac{q_2}{p_2}=\frac{\frac{۱۲۵}{۲}}{۲۵۰}=\frac{۱}{۴}$$

$$\gamma_3=\frac{q_3}{p_3}=\frac{۶۰}{۳۷/۵}=\frac{۸}{۵}$$

$$\gamma=\gamma_1\gamma_2\gamma_3=\frac{۵}{۲}\times\frac{۱}{۴}\times\frac{۸}{۵}=۱$$

حالت دوم:

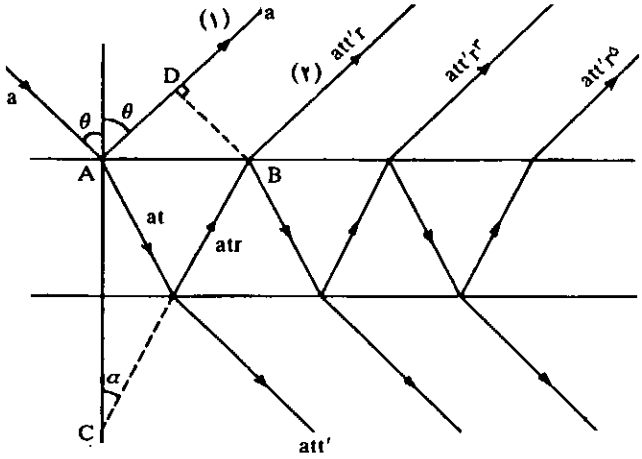
$$\gamma_1=\frac{۱۵۰}{۶۰}=\frac{۵}{۲}$$

$$\gamma_2=\frac{\frac{۱۷۵}{۳}}{۳۵۰}=\frac{۱}{۶}$$

$$\gamma_3=\frac{۳۴۰}{\frac{۴۲۵}{۳}}=\frac{۱۲}{۵}$$

$$\gamma=\gamma_1\gamma_2\gamma_3=\frac{۵}{۲}\times\frac{۱}{۶}\times\frac{۱۲}{۵}=۱$$

حل مسأله ۸ ـ



الف ـ از نقطه B، محل خروج شعاع ۲ بر شعاع ۱ خطی عمود می‌کنیم. دو شعاع ۱ و ۲ تا نقطه A مشترک هستند. از آن پس شعاع ۱ مسیر AD را در هوا و شعاع ۲ معادل مسیر BC را در شیشه طی کرده است. شعاع ۱ پس از نقطه D و شعاع ۲ پس از نقطه B نیز مشترک خواهند بود. سرعت نور در خلاء را c و در شیشه v می‌نامیم.

$$t_1=\frac{AD}{c}\qquad t_2=\frac{BC}{v}$$

$$AD=AB\sin\theta=۲d\,\text{tg}\alpha\sin\theta=۲d\frac{\sin\alpha\sin\theta}{\cos\alpha}$$

$$BC=\frac{AB}{\sin\alpha}=\frac{۲d\,\text{tg}\alpha}{\sin\alpha}=\frac{۲d}{\cos\alpha}$$

$$t_2-t_1=\frac{2d}{\cos\alpha}\left[\frac{1}{v}-\frac{\sin\alpha\sin\theta}{c}\right]$$

چون $n=\frac{c}{v}$ و $\frac{\sin\theta}{\sin\alpha}=n$ پس داریم:

$$t_2-t_1=\frac{2d}{c\cos\alpha}[n-\sin\alpha\sin\theta]$$

$$t_2-t_1=\frac{2d}{c\cos\alpha}[n-\sin\alpha(n\sin\alpha)]=$$

$$\frac{2nd}{c\cos\alpha}(1-\sin^2\alpha)=\frac{2nd\cos\alpha}{c}$$

ب ـ همانطور که روی شکل مشخص است دامنه شعاعهای ۲ به بعد یک تصاعد هندسی با قدر نسبت r^2 و جمله اولیه $att'r$ تشخیص می‌دهند. چون $r<1$ است، پس مجموع جملات تصاعد هندسی در حد چنین است.

$$A=\frac{att'r}{1-r^2}$$

ج ـ

$$A=ar \rightarrow \frac{att'r}{1-r^2}=ar \rightarrow 1-r^2=tt'$$

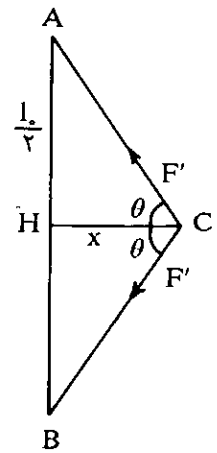
حل مسألهٔ ۹ ـ

هر نیمهٔ فنر در حالت اول دارای طول $\frac{l_0}{2}$ و ثابت فنر $2k_0$ است. اگر هر نیمهٔ فنر در حالت دوم دارای طول l' باشد:

$$AC=l'=\sqrt{x^2+\frac{l_0^2}{4}}$$

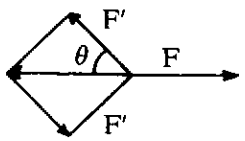
افزایش طول هر نیمهٔ فنر: $\Delta l'=l'-\frac{l_0}{2}$

$$F'=2k_0\Delta l'=2k_0(l'-\frac{l_0}{2})=k_0(2l'-l_0)$$



$$F=2F'\cos\theta=2k_0(2l'-l_0)\frac{\frac{l_0}{2}}{l'}$$

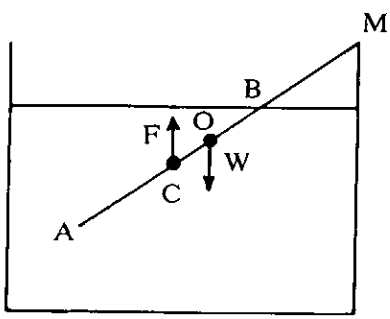
$$F=\frac{k_0l_0}{l'}(2l'-l_0)$$



انرژی ذخیره شده در هر نیمهٔ فنر $E_1=\frac{1}{2}2k_0(\Delta l')^2$

کار انجام شده به وسیلهٔ شخص $W=2E_1=2k_0(l'-\frac{l_0}{2})^2$

حل مسأله ۱۰ ـ



بر میله دو نیروی وزن میله (که به وسط کل میله) و ارشمیدس (که به وسط قسمت فرو رفته در آب) وارد می‌شوند. چون میله در حال تعادل چرخشی است لذا گشتاورهای آنها حول نقطهٔ M یکدیگر را بی‌اثر می‌کنند. بنابراین

$$W\times OM=F\times CM$$

با توجه به‌اینکه: $W=\rho Vg=\rho lAg$, $OM=0/5l$

$$F=\rho'V'g=1000\times 0/8\,lAg=800\,lAg$$

$$CM=CB+BM=0/4l+0/2l=0/6l$$

داریم:

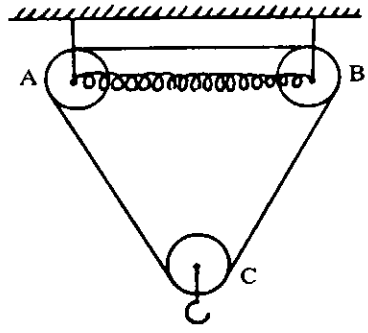
$$\rho lAg\times 0/5l=800lAg\times 0/6l \Rightarrow$$

$$\rho=960\frac{kg}{m^3}$$

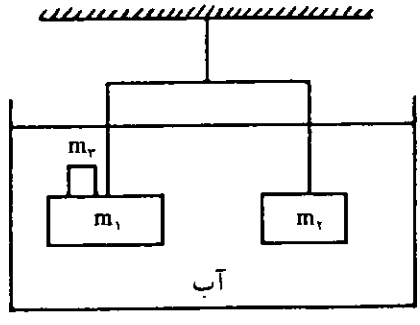
مسائل ششمین المپیاد فیزیک ایران

تاریخ برگزاری: ۱۳۷۲/۲/۱۷
مدت: ۳/۵ ساعت

مسألهٔ اول ـ دستگاه مقابل تشکیل شده است از سه قرقره که شعاع هر کدام ۵cm، یک فنر به ثابت $۲۰۰ \frac{N}{cm}$ که طول آن در حالت تعادل ۶۰cm است، و قطعه‌ای طناب که به دور قرقره‌ها بسته شده است. قرقره‌های A و B می‌توانند در راستای افقی جابه‌جا شوند. طول طناب چقدر باشد تا اگر وزنهٔ ۱۰۰ نیوتونی به قلاب آویزان کنیم، قرقره‌ها در سه رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع قرار گیرند. فرض می‌شود که فنر به حالت افقی است و وزنهای فنر، طناب، قرقره‌ها، و قلاب، و نیز نیروهای اصطکاک ناچیز هستند.



مسألهٔ دوم ـ جرمهای $m_۱=m_۲=۱۹/۵kg$ را به دو سر میله‌ای می‌آویزیم. $m_۱$ از آهن به چگالی $\rho_۱=۷/۸ \frac{g}{cm^۳}$ و $m_۲$ به چگالی $\rho_۲$ است. وسط میله را با ریسمانی می‌آویزیم و مطابق شکل وزنه‌ها را وارد آب به چگالی $\rho'=۱ \frac{g}{cm^۳}$ می‌کنیم. برای آنکه میله افقی قرار گیرد باید یک قطعه آهن به جرم $m_۳=\frac{۱۱۷}{۱۳۶} kg$ روی $m_۲$ قرار دهیم. $\rho_۲$ را محاسبه کنید.



مسألهٔ سوم ـ قانونهای اول و دوم کپلر در مورد حرکت سیاره‌های منظومهٔ شمسی به شرح زیر است:

قانون اول ـ سیاره‌ها در مدارهای بیضی شکل حرکت می‌کنند به طوری که خورشید در یکی از دو کانون هر مدار قرار دارد.

قانون دوم ـ شعاع حامل هر سیاره (یعنی پاره‌خطی که سیاره را به خورشید وصل می‌کند) در زمانهای مساوی، سطح‌های مساوی را طی می‌کند.

الف ـ در چه نقطه‌ای از مسیر، سرعت سیاره حداکثر است؟

ب ـ اگر نیروی گرانشی خورشید که بر سیاره وارد می‌شود ناگهان صفر شود، حرکت سیاره چگونه خواهد شد؟

پ ـ آیا قانون دوم کپلر در حالت ب باز هم درست خواهد بود؟

هر مورد را با دلیل ثابت کنید.

مسألهٔ چهارم ـ مخزنی با دیواره‌های کاملاً عایق گرمایی و با ظرفیت گرمایی ناچیز، مطابق شکل مقابل، به وسیلهٔ یک تیغه به دو بخش نامساوی A و B تقسیم شده است. A و B در آغاز حاوی مقدارهای نامساوی از یک گاز کامل هستند.

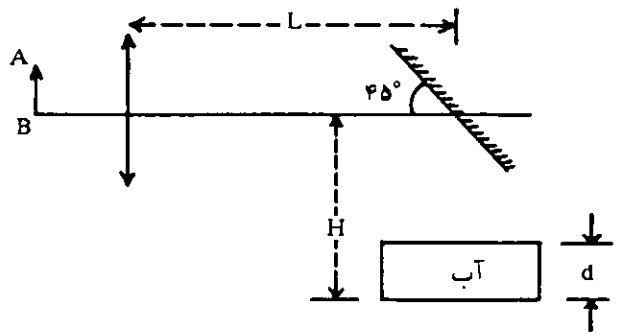
P_A	V_A	T_A	T_B	V_B	P_B
A			B		

شرایط آغازی فشار، حجم، و دمای هر بخش در شکل مشخص شده است. تیغهٔ بین دو بخش را بدون آنکه انرژی کل دستگاه تغییر کند برمی‌داریم. دما و فشار پایانی گاز را بر حسب کمیتهای آغازی محاسبه کنید.
راهنمایی ـ مقدار ثابت در قانون عمومی گاز کامل با تعداد مولکول گرم گاز بستگی مستقیم دارد.

مسألهٔ پنجم ـ ساختمان فلز آهن را می‌توان به این صورت در نظر گرفت که اتمهای آهن در رأسهای مکعبهایی قرار دارند که در کنار و روی هم تمام فلز را پر می‌کنند به گونه‌ای که درمرکز هر مکعب یک اتم آهن نیز قرار دارد. اگر اتم گرم آهن ۵۶ گرم، عدد آووگادرو ۶×۱۰^{۲۳}، و چگالی آهن $۷/۹ \frac{g}{cm^۳}$ باشد؛ ضلع هر یک از این مکعبها چند سانتی‌متراست؟

مسألهٔ ششم – بنا به تعریف جسم سیاه جسمی است که تمام تابش گرمایی که بر سطح آن می‌تابد را جذب می‌کند. جسم سیاهی که در دمای ثابت T (بر حسب کلوین) نگاه داشته شود خود نیز تابش گرمایی دارد. بنابر قانون استفان ـ بولتزمان، انرژی‌ای که در واحد زمان از واحد سطح جسم سیاه در دمای T تابش می‌شود برابر است با: $p=\sigma T^۴$ که در آن σ (سیگما) یک ثابت جهانی است.
با فرض آنکه خورشید و سیارهٔ مریخ هر دو جسم سیاه باشند، می‌خواهیم دمای متوسط سطح مریخ را به‌دست آوریم. دمای سطح خورشید T کلوین، شعاع متوسط آن R کیلومتر، و فاصلهٔ متوسط مریخ تا خورشید d کیلومتر است. مریخ تحت اثر تابش خورشید طوری گرم می‌شود که در حالت تعادل، توان تابشی که از خورشید دریافت می‌کند با توان تابشی که خودش به اطراف تابش می‌کند، برابر باشد. با فرض آنکه دمای مریخ در تمام سطح آن تقریباً یکسان باشد، دمای سطح مریخ، T'، را حساب کنید. با فرض آنکه $R=۷\times۱۰^۵km$ ، $d=۲۲۰۵\times۱۰^۵km$ ، و $T=۵۸۸۰K$ مقدار عددی T' را نیز حساب کنید. $(\sqrt{۲}\simeq۱/۴)$

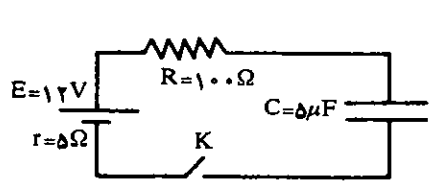
مسألهٔ هفتم ـ شی AB به فاصلهٔ ۳۶cm از یک عدسی به فاصلهٔ کانونی ۳۰cm قرار دارد. آینهٔ تختی در فاصلهٔ $L=۱m$ از عدسی و در پشت آن و تحت زاویهٔ ۴۵° نسبت به محور اپتیکی عدسی قرار دارد (شکل مقابل). در چه فاصله (H) از محور اپتیکی ظرف آبی قرار دهیم تا تصویر نهائی در ته ظرف تشکیل شود. ارتفاع آب داخل ظرف $d=۲۰cm$ و ضریب شکست آن $\frac{۴}{۳}$ است.



مسألهٔ هشتم ـ با سیمی به طول L و مقاومت R و ظرفیت گرمایی mc و ضریب انبساط طولی λ، یک حلقهٔ دایره‌ای ساخته‌ایم و یک منبع ولتاژ، جریان I را از حلقه عبور می‌دهد. حلقه در یک میدان مغناطیسی B که راستای آن عمود بر سطح حلقه است قرار دارد. اگر حلقه به نحوی عایق‌بندی شده باشد که تمام گرمای تولید شده صرف بالا بردن دمای آن شود، نیروی محرکه منبع ولتاژ که مقاومت داخلی آن ناچیز فرض می‌شود، چقدر باشد تا جریان I را ثابت نگه دارد؟

مسألهٔ نهم ـ از یک سیم‌پیچ که طول آن نسبت به قطرش زیاد است و n حلقه در واحد طول دارد، جریان I می‌گذرد. یک حلقهٔ دایره شکل به شعاع R داخل سیم‌پیچ قرار داده‌ایم به طوری که تمام حلقه در میدان مغناطیسی یکنواخت حاصل از سیم‌پیچ قرار دارد. از حلقه جریان i می‌گذرد. نیروی وارد بر حلقه جریان از طرف میدان مغناطیسی سیم‌پیچ را پیدا کنید.

مسألهٔ دهم ـ مداری مطابق شکل در اختیار داریم. در حالی که خازن C بار الکتریکی ندارد، کلید K را می‌بندیم. پس از مدت زمان کافی، خازن پرشده و جریان در مدار متوقف می‌شود. انرژی گرمایی تولید شده در مقاومت R را در زمان پرشدن خازن به دست آورید. این مسأله صرفاً باید براساس معلومات کتاب فیزیک سال سوم دبیرستان حل شود. (از مفهوم نیروی محرکه استفاده کنید.)



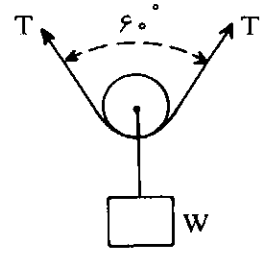
پاسخ ششمین

المپیاد فیزیک ایران

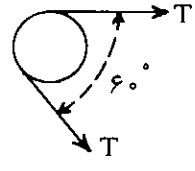
حل مسألهٔ ۱

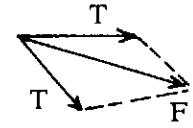
سه قرقرهٔ پایینی (C) سه دایره مطابق شکل وارد می‌شود. با توجه به آن که قرقره در حال تعادل است، داریم:

$$w = 2T \cos\frac{60^\circ}{2}$$



به هر یک از دو قرقره بالایی از طرف نخ نیروی F وارد می‌شود که برآیند نیروهای کشش نخ است.





$$F = 2T \cos\frac{60^\circ}{2} \Rightarrow F = w = 100\,N$$

نیرویی که هر یک از این قرقره‌ها به فنر وارد می‌کنند، تصویر افقی F است:

$$F_x = F\cos 30^\circ \Rightarrow F_x = 50\sqrt{3}\ N$$

نیروی کشانی فنر، برابر F_x است:

$$F_x = K\Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{50\sqrt{3}}{200} = 0/25\sqrt{3}\ cm \simeq 0/425\,cm$$

$$l = l_0 - \Delta x = 60 - 0/425 \Rightarrow l = 59/575\ cm$$

$$L = 3l + 2\pi r = 178/725 + 31/4 = 210/125\ cm$$

حل مسألهٔ ۲

وزن ظاهری جرم m_1 در آب برابر مجموع وزن ظاهری جرمهای m_2 و m_3 در آب است.

$$W'_1 = W'_2 + W'_3$$

$$m_1 g\left(1 - \frac{\rho'}{\rho_1}\right) = m_2 g\left(1 - \frac{\rho'}{\rho_2}\right) + m_3 g\left(1 - \frac{\rho'}{\rho_1}\right)$$

$$\left(19/5 - \frac{117}{136}\right)\left(1 - \frac{1}{7/8}\right) = 19/5\left(1 - \frac{1}{\rho_2}\right)$$

$$\rho_2 = 6\ \frac{g}{cm^3}$$

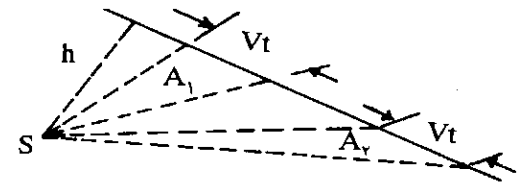
حل مسألهٔ ۳

الف) چون مساحت‌های جاروب شده به وسیلهٔ شعاع حامل در زمانهای مساوی با هم برابرند، پس هر چه سیاره به خورشید نزدیکتر باشد، سرعتش بیشتر می‌شود. در نتیجه در

نزدیکترین مکان به خورشید، سرعت سیاره حداکثر است. یعنی روی قطر اطول و نزدیک به کانونی که خورشید در آن واقع است.

ب)چون نیروی وارد بر سیاره صفر می‌شود، طبق قانون اول نیوتون، حرکت سیاره مستقیم الخط یکنواخت خواهد شد.

پ) $A_1 = A_2 = \frac{h}{2} vt$



پس قانون دوم باز هم برقرار خواهد بود.

حل مسألهٔ ۴

چون انرژی کل دستگاه تغییر نمی‌کند، انرژی گرمایی که یک بخش از دست می‌دهد، بخش دیگر می‌گیرد

$$m_A c (T - T_A) + m_B c (T - T_B) = 0$$

چون در دو بخش مخزن از یک گاز وجود دارد پس جرم آنها متناسب با تعداد مولهای موجود در هر بخش است ($n = \frac{m}{M}$) از آنجا نتیجه می‌شود:

$$\frac{n_A}{n_B} = -\frac{T - T_B}{T - T_A} \qquad (1)$$

قانون عمومی گازهای کامل را برای هر یک از دو بخش می‌نویسیم. و چون ثابت گازها، متناسب با تعدادی مولهای گاز بوده و جنس دو گاز یکسان است، داریم:

$$\begin{cases} \frac{P_A V_A}{T_A} \propto n_A \\ \frac{P_B V_B}{T_B} \propto n_B \end{cases}$$

از تقسیم این دو رابطه، حاصل می‌شود:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{P_A V_A T_B}{P_B V_B T_A} \qquad (2)$$

از تساوی دو رابطه (۱) و (۲) حاصل می‌شود:

$$\frac{P_A V_A T_B}{P_B V_B T_A} = -\frac{T - T_B}{T - T_A} \Rightarrow$$

$$T = \left(\frac{P_A V_A + P_B V_B}{P_A V_A T_B + P_B V_B T_A}\right) T_A T_B$$

از سوی دیگر برای حالت نهائی داریم:

$$PV \propto nT$$

که در آن $n = n_A + n_B$ و $V = V_A + V_B$ و P فشار نهائی گاز است.

$$P(V_A + V_B) \propto (n_A + n_B) T$$

از تقسیم تناسب اخیر بر تناسب $P_B V_B \propto n_B T_B$ حاصل می‌شود:

$$\frac{P(V_A + V_B)}{P_B V_B} = \frac{(n_A + n_B) T}{n_B T_B}$$

اگر در رابطهٔ بالا، T' را که قبلاً محاسبه کرده‌ایم قرار دهیم، حاصل می‌شود:

$$P = \frac{P_A V_A + P_B V_B}{V_A + V_B}$$

حل مسألهٔ ۵

به هر یک از مکعبها، دو اتم آهن تعلق دارد (یک اتم در وسط مکعب و ۸ عدد $\frac{1}{8}$ اتم در ۸ گوشهٔ مکعب).

جرم دو اتم آهن: $m = 2 \times \frac{56}{6 \times 10^{23}} g$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{2 \times 56}{6 \times 10^{23} \times 7/9} = 2/362 \times 10^{-23} cm^3$$

$$v = a^3 \Rightarrow a = \sqrt[3]{2/362 \times 10^{-23}} \Rightarrow a \cong 2/87 \times 10^{-8} cm$$

حل مسألهٔ ۶

توان تابشی از واحد سطح خورشید $P = \sigma T^4$

توان تابشی از کل سطح خورشید $P_1 = A_1 p = 4\pi R^2 P$

توان جذب شده در واحد سطح مریخ $P_2 = \frac{P_1}{A_2} = \frac{4\pi R^2 P}{4\pi d^2}$

$$P_2 = \frac{R^2 P}{d^2}$$

با توجه به بزرگی خورشید و دوری مریخ از آن، نصف سطح مریخ مقابل خورشید است، در نتیجه توان جذب شده در نصف سطح مریخ (سطح مریخ = A_3) برابر است با:

$$P_3 = \frac{1}{2} A_3 P_2 = \frac{A_3 R^2 P}{2d^2} = \frac{A_3 R^2 \sigma T^4}{2d^2}$$

اگر دمای مریخ در وضع تعادل را T' بگیریم، توان تابشی از کل سطح مریخ، P'، برابر است با:

$$P' = A_3 \sigma T'^4$$

$$P' = P_3 \Rightarrow A_3 \sigma T'^4 = \frac{A_3 R^2 \sigma T^4}{2d^2} \Rightarrow T' = T \sqrt[4]{\frac{R^2}{2d^2}}$$

با عددگذاری در رابطهٔ فوق حاصل می‌شود:

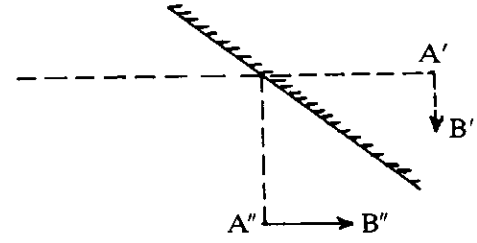
$$T' \cong 280 K$$

حل مسألهٔ ۷

برای عدسی داریم: $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$

$$q_1 = \frac{p_1 f}{p_1 - f} = \frac{۳۶ \times ۳۰}{۳۶ - ۳۰} = ۱۸۰\text{cm} = ۱/۸\text{m}$$

چون آینه تخت در یک متری عدسی واقع است، این تصویر در پشت آینهٔ تخت می‌افتد و برای آن شیء مجازی می‌شود. آینهٔ تخت از آن تصویری حقیقی خواهد داد.



$$p_2 = l - q_1 = ۱ - ۱/۸ = -۰/۸\text{m}$$

$$q_2 = -p_2 = ۰/۸\text{m} = ۸۰\text{cm}$$

آب از $A''B''$ (که برای آن یک شیء مجازی است) تصویری حقیقی در پایین‌تر تشکیل می‌دهد به طوری که فاصلهٔ این تصویر تا محور اصلی عدسی برابر H می‌شود.

عمق آب $d = ۲۰\text{cm}$

$$AA' = d\left(۱ - \frac{۱}{n}\right) = ۲۰\left(۱ - \frac{۳}{۴}\right) = ۵\text{ cm}$$

$$H = ۸۰ + ۵ = ۸۵\text{cm}$$

حل مسألهٔ ۸

به علت افزایش دما، طول و در نتیجه سطح حلقه افزایش می‌یابد و شار مغناطیسی گذرنده از حلقه افزایش خواهد یافت. این تغییر شار باعث القاء نیروی محرکه‌ای می‌شود که با تغییر شار و در نتیجه با شدت جریان اصلی مخالفت می‌کند. برای ثابت نگهداشتن جریان، مولد باید علاوه بر RI، نیروی محرکه القاء شده را نیز جبران کند.

$$E = RI + \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{و} \quad \varphi = BA = BA_{\circ}(۱ + ۲\lambda\theta)$$

$$mc\,\theta = RI^{۲}t \rightarrow \theta = \frac{RI^{۲}t}{mc}$$

$$\varphi = \frac{Bl_{\circ}^{۲}}{۴\pi}\left(۱ + ۲\lambda\frac{RI^{۲}t}{mc}\right)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{Bl_{\circ}^{۲}\lambda RI^{۲}}{۲\pi mc}$$

$$E = RI\left(۱ + \frac{Bl_{\circ}^{۲}\lambda I}{۲\pi mc}\right)$$

حل مسألهٔ ۹

حلقه را به تعداد زیادی قطعهٔ کوچک تقسیم می‌کنیم. حلقه به هر شکل که در سیم پیچ قرار گرفته باشد، به ازاء هر قطعه که زاویه خاصی با میدان B می‌سازد، قطعهٔ دیگری در نقطهٔ مقابل آن وجود دارد که همان زاویه را با میدان B ساخته ولی جریان آن خلاف جهت جریان قطعهٔ اول است. در نتیجه نیروی وارد بر این دو قطعه، مساوی و در خلاف جهت یکدیگر است. به این ترتیب مجموع نیروهای وارد بر حلقه صفر می‌شود.

حل مسألهٔ ۱۰

پس از گذشت زمان کافی از اتصال کلید، خازن پر شده و بار آن برابر q می‌شود. اختلاف پتانسیل دو جوشن خازن برابر E می‌شود، چون اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت صفر است ($I = ۰$).

$$q = CV = CE = ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۲ = ۶ \times ۱۰^{-۵}\text{ C}$$

انرژی خازن برابر است با:

$$W_1 = \frac{۱}{۲}CV^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۴۴ = ۳/۶ \times ۱۰^{-۴}\text{J}$$

تمام باری که در خازن ذخیره شده است از مولد عبور کرده است. با توجه به تعریف نیروی محرکه، هر کولن بار که از مولد عبور کند، انرژی‌ای که کسب می‌کند برابر E (نیروی محرکه مولد) خواهد بود. بنابراین انرژی مصرفی مولد برابر است با:

$$W_2 = Eq = ۱۲ \times ۶ \times ۱۰^{-۵} = ۷/۲ \times ۱۰^{-۴}\text{J}$$

از این انرژی مقدار W_1 در خازن ذخیره شده و مابقی آن در مقاومت‌های R و r (مقاومت درونی مولد) به گرما تبدیل شده است.

$$W_3 = W_2 - W_1 = ۷/۲ \times ۱۰^{-۴} - ۳/۶ \times ۱۰^{-۴} = ۳/۶ \times ۱۰^{-۴}\text{J}$$

چون انرژی تلف شده در رسانا با مقاومت آن متناسب است ($W = RI^{۲}t$) پس، انرژی گرمایی تولید شده، W_3، را باید به نسبت R و r تقسیم کنیم تا گرمای تولید شده در مقاومت R به‌دست آید:

$$W_R = \frac{R}{R + r}W_3$$

$$W_R = \frac{۱۰۰}{۱۰۰ + ۵} \times ۳/۶ \times ۱۰^{-۴} \simeq ۳/۴۲ \times ۱۰^{-۴}\text{ J}$$

بقیه از صفحهٔ ۳

عنوان انجام وظیفهٔ ملی ومذهبی پایبند به خدمت به این آب و خاک هستند. کهن جامهٔ خویش می‌آرایند و گوشهٔ چشمی هم به جامهٔ نو و گران قیمت عاریتی دست دوز بیگانه ندارند و زندگی ساده در کوخ بی‌رونق خویش را به تعیش پرشکوه در کاخ دیگران ترجیح می‌دهند.

۲ـ جان گدازتر از بلای مهاجرت دانش‌آموختگان به کشورهای خارج، این است که در داخل کشور از توان تحصیلکرده‌ها به قدر کافی در رشته‌های تخصصی آنان بهره گیری نمی‌شود و کم و بیش قسمتی از انرژیهای علمی موجود هدر می‌رود. روا نیست تحصیلکرده‌های ما به بهانه‌های گوناگون، از آموخته‌های خویش در راه رفع نیازهای علمی جامعه بهرهٔ تمام نگیرند و به جای به کارگیری تخصص خود، برای کسب درآمد بیشتر به امور دیگری ـ که گاه مطابق شئون علمی آنها هم نیست ـ بپردازند و زر ناب دانش را ناسره و کم عیار سازند.

تأسف‌بارتر اینکه بعضی می‌خواهند تنها از اسم و عنوان مدرک تحصیلی بهره‌مند شوند و پس از اخذ آن در انجام خدمت مربوط به رشتهٔ تحصیلی اهتمامی ندارند.

افرادی (به خصوص بعضی خانمها) که در دانشگاه‌ها جای تحصیل فرزندان مستعد این مملکت را اشغال و پس از فراغت تحصیل از زیر بار کار شانه خالی می‌کنند دانسته یا نادانسته مرتکب گناه سنگینی می‌شوند.

در دنیای امروز کارها بدون اطلاعات و آمار سامان نمی‌گیرد. باید از اشتغال کنونی فارغ التحصیلان، آمار دقیقی تهیه گردد تا خط سیر دستگاه تعلیماتی کشور در آینده مشخصاً ترسیم شود. متأسفانه هیچگاه در این مسیر بذل همتی نشده است. کم نیستند فارغ التحصیلان مؤسسات صنعتی دانشگاهی و هنرستانی که به جای کارهای فنی مشغول انجام امور اداری یا خدماتی هستند.

۳ـ بی‌تردید باید برای تحصیل فرزندان مستعد کشور تسهیلات لازم فراهم آید. در حالی که بسیاری از خانواده‌ها با داشتن فرزندان مستعد از پرداخت هزینه‌های معمولی و متعارف عاجزند، دانش‌آموزانی از طبقه پر درآمد با صرف هزینه‌های سرسام آور و به کارگیری معلمان خصوصی متعدد به دانشگاه‌ها راه می‌یابند. این افراد هم راه را بر فرزندان مستعد مملکت می‌بندند و هم خود، تحصیلکرده‌های شایسته‌ای برای کشور نخواهند بود. و این مسأله یکی از مشکلهای اجتماعی جامعهٔ ماست. اگر امروز با تجهیز و اصلاح و تقویت مدارس به حل آن اقدام نکنیم فردا دیر خواهد بود.

سرِچشمه شاید گرفتن به بیل چو پر شد نشاید گذشتن به پیل

* * *

خلاصهٔ کلام: بازنگشتن تحصیلکرده‌ها از کشورهای خارج، مهاجرت دانش‌آموختگان به خارج، عدم اشتغال متخصصان در رشته‌های تخصصی خود، دلبستگی به سمتهای دلفریب و نان‌آور اداری و خدماتی، نبودن تسهیلات لازم برای پذیرش دانش‌آموزان مستعد، تبدیل معلمان مجرب و کارآزموده به «معلمان سرخانه» و ... از مشکلات و مسائلی است که با آن دست به گریبانیم و باید با سرانگشت تدبیر گره کور آن را باز کنیم. چگونه در حل آنها گام برخواهیم داشت؟ آینده جوابگو خواهد بود.

تصحیح و پوزش

ضمن پوزش خواهی از خوانندگان گرامی خواهشمند است اشتباهات چاپی زیر را در مقالهٔ پلاسما (در شمارهٔ مسلسل ۳۰ و ۳۱ مجله رشد فیزیک پاییز و زمستان ۱۳۷۱) اصلاح فرمایید.

صفحهٔ ۴ سطر ۱۷،	Elmo،	درست است.	
صفحهٔ ۴ سطر ۲۸،	معتنابه،	درست است.	
صفحهٔ ۵ سطر ۱۴ ستون اول،	که،	درست است.	
صفحهٔ ۶ سطر ۱۶ ستون اول،	مقدار،	درست است.	
صفحهٔ ۶ سطر ۸ ستون دوم،	تعادل،	درست است.	
صفحهٔ ۷ سطر ۲۵ ستون دوم،	کلمه «بر»	زائد است.	
صفحهٔ ۹ سطر ۹ ستون دوم،	«نشت»،	درست است.	
صفحهٔ ۱۱ سطر ۲۲ ستون اول،	Alfven	درست است.	
صفحهٔ ۱۴ سطر ۳ (زیر شکل ۲۲)	دارد	درست است.	
صفحهٔ ۱۷ سطر ۸ ستون دوم،	خواهند شد	درست است.	
صفحهٔ ۱۷ شماره ۲ در زیرنویسها،	Alfven	درست است.	

پرسشهای گزینش دانشجو

سال ۱۳۷۲

مرحلهٔ اول

رشتهٔ علوم ریاضی - فنی

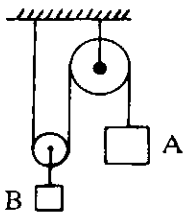
۱۸۱ - در یک حرکت با شتاب ثابت روی خط راست، سرعت متحرک در لحظه $t_1=3s$ در مکان $x_1=8m$ برابر $12m/s$ است. سرعت این حرکت در لحظه $t_2=5s$ در مکان $x_2=10m$ چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۲ ۲) ۶
۳) ۸ ۴) ۱۶

۱۸۲ - سنگی را در شرایط خلاء با سرعت اولیه V_0 در راستای قائم به بالا پرتاب می‌کنیم. t ثانیه بعد سنگ دیگری را با همان سرعت در همین راستا به بالا پرتاب می‌کنیم موقعی که این دو سنگ بهم می‌رسند سرعت هر یک برابر است با:

۱) $\frac{gt}{4}$ ۲) $\frac{gt}{2}$
۳) gt ۴) $2gt$

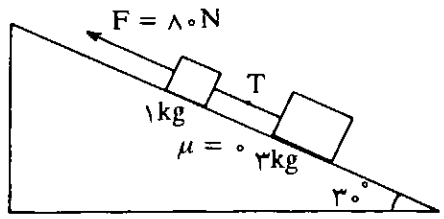
۱۸۳ - در شکل مقابل دستگاه در حال حرکت است. اگر در یک لحظهٔ معین سرعت وزنه A برابر V باشد سرعت وزنه B برابر است با:



۱) $2V$ ۲) V
۳) $\frac{V}{2}$ ۴) $\frac{V}{3}$

۱۸۴ - در شکل مقابل T چند نیوتن است؟($g=10m/s^2$)

۱) ۷۵ ۲) ۶۵
۳) ۶۰ ۴) ۴۵



۱۸۵ - جسمی روی سطح شیب‌داری به زاویهٔ ۳۷ درجه بدون سرعت اولیه از بالای سطح رها می‌شود. در صورتی که شتاب حرکت جسم روی سطح شیب‌دار $\frac{g}{5}$ باشد ضریب اصطکاک کدام است؟($Sin37^\circ = 0/6$)

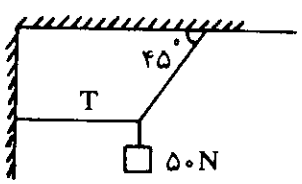
۱) ۱ ۲) $\frac{1}{2}$

۳) $\frac{1}{4}$ ۴) $\frac{1}{5}$

۱۸۶ - در شکل مقابل، نیروی کشش نخ افقی چند نیوتن است؟

۱) $25\sqrt{2}$ ۲) ۵۰

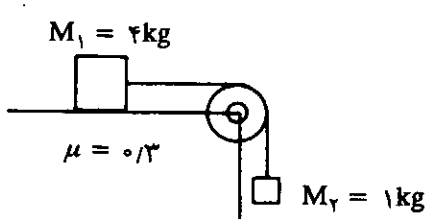
۳) $50\sqrt{2}$ ۴) ۱۰۰



۱۸۷ - با توجه به شکل مقابل نیروی اصطکاک وارد بر وزنهٔ M_1 و نیروی کشش نخ به ترتیب هر کدام چند نیوتن است؟($g = 10 m/s^2$)

۱) ۱۰ و ۱۰ ۲) ۱۲ و ۱۰

۳) ۱۲ و ۲ ۴) ۲۲ و ۱۲



۱۸۸ - گلوله‌ای به وزن ۲ نیوتن به نخی بسته شده و به شکل آونگ مخروطی در صفحه افقی می‌چرخد. اگر نخ با راستای قائم زاویهٔ ۶۰ درجه بسازد نیروی کشش نخ چند نیوتن است؟

۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۳ ۴) ۴

۱۸۹ - مسیر حرکت سیاره‌ای به دور خورشید به صورت بیضی است. با دورتر شدن این سیاره از خورشید سرعت آن چه تغییری می‌یابد؟

۱) کمتر می‌شود.
۲) در فواصل می‌نیموم و ماگزیموم سرعت حداقل است.
۳) تفاوتی نمی‌کند.
۴) بیشتر می‌شود.

۱۹۰ - بدون تغییر وزنه و طول نخ آونگ مخروطی، سرعت زاویه‌ای آن را دو برابر می‌کنیم، در این صورت نیروی کشش نخ آن چند برابر می‌شود؟

۱) ۱ ۲) $\sqrt{2}$

۳) ۲ ۴) ۴

۱۹۱ - گلوله‌ای به جرم m و با سرعت V با انرژی جنبشی E پس از برخورد با گلولهٔ ساکنی به جرم ۲m به آن چسبیده و مجموعه با سرعت V' به حرکت در آمده است. انرژی جنبشی مجموعه چند برابر E است؟

۱) $\frac{1}{3}$ ۲) $\frac{1}{2}$

۳) ۱ ۴) ۴

۱۹۲ - گلوله‌ای از ارتفاع ۲۵ متری بالای سطح زمین با سرعت ۲۰m/s رو به پایین پرتاب می‌شود. گلوله پس از برخورد با زمین تا ارتفاع ۱۵ متری به بالا برمی‌گردد. اگر مقاومت هوا

ناچیز باشد ضریب جهندگی چقدر است؟

۱) $\frac{۲}{۳}$ ۲) $\frac{۳}{۴}$

۳) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$ ۴) $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$

۱۹۳ - جسمی از حال سکون تحت اثر گشتاور ۲۰N.m شروع به دوران می‌کند. اگر لختی دورانی این جسم $۵kgm^۲$ باشد، سرعت زاویه‌ای آن بعد از ۱۰ ثانیه چند رادیان بر ثانیه خواهد بود؟

۱) ۴π ۲) ۴۰π

۳) ۴۰ ۴) ۴

۱۹۴ - دو موج هم امتداد به معادلات $y_۱=۲\cos(\omega t-\frac{\pi}{۳})$ و $y_۲=a\sin(\omega t+\theta)$ با هم ترکیب شده‌اند. اگر معادلهٔ موج برآیند به صورت $y=\cos\omega t$ باشد، a و θ کدام‌اند؟

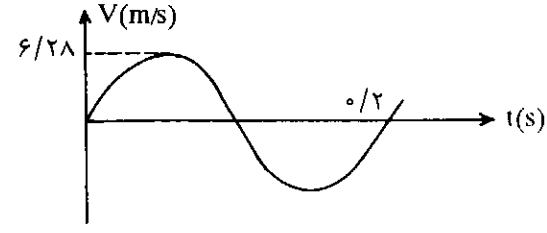
۱) $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$ و $\frac{\pi}{۳}$ ۲) $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$ و $\frac{\pi}{۶}$

۳) $\sqrt{۳}$ و π ۴) ۳ و $\frac{\pi}{۶}$

۱۹۵ - اگر نمودار سرعت - زمان در یک حرکت نوسانی به صورت شکل مقابل باشد. دامنه چند متر است؟

۱) $۰/۴\pi$ ۲) $۰/۲\pi$

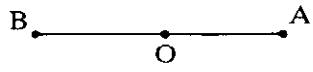
۳) ۰/۲ ۴) ۶/۲۸



۱۹۶ - متحرکی میان دو نقطه A و B حرکت نوسانی ساده دارد. اگر در لحظهٔ $t_۱=۱s$ در نقطهٔ B و در لحظهٔ $t_۲=۷s$ در نقطهٔ A باشد بزرگترین پرید و فاز اولیه حرکت به ترتیب کدام است؟

۱) ۱۲s و $-\frac{۲\pi}{۳}$ ۲) ۸s و $\frac{\pi}{۳}$

۳) ۴s و $\frac{۲\pi}{۵}$ ۴) ۲s و ۰



۱۹۷ - فنری به طول ۴۰cm و جرم ناچیز با ضریب سختی ۱۰۰N/m از نقطه‌ای آویخته شده است. در همان وضع به انتهای فنر وزنه‌ای به وزن ۵N بسته رها می‌کنیم، بیشترین طولی که فنر پیدا می‌کند چند سانتی‌متر است؟

۱) ۴۰ ۲) ۴۵

۳) ۵۰ ۴) ۵۲/۵

۱۹۸ - طول یکی از سیم‌های یک ساز موسیقی ۴۵ سانتی‌متر است. و روی تواتر ۵۰۰ هرتزکوک شده است. طول موج هماهنگ سوم این نت در سیم چند سانتی‌متر است؟

۱) ۲۰ ۲) ۳۰

۳) ۶۰ ۴) ۲۲

۱۹۹ - طول لولهٔ صوتی بسته‌ای دو برابر طول یک لولهٔ صوتی باز است. اگر فرکانس این دو لوله به ترتیب $f_۱$ و $f'_۱$ باشد، نسبت $\frac{f'_۱}{f_۱}$ برابر است با:

۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) ۱

۳) ۲ ۴) ۴

۲۰۰ - فاصلهٔ خود را از چشمهٔ صوت ۳ برابر کردیم. در این

حالت شدت احساس نسبی تقریباً چند بل کاهش می‌یابد؟

۱) ۱ ۲) ۳
۳) ۹ ۴) ۱۰

۲۰۱ - اگر چشمه صوت، ساکن باشد و شنونده‌ای با سرعت صوت به چشمه نزدیک شود نسبت فرکانس صوتی که می‌شنود به فرکانس ارتعاشی چشمه برابر است با:

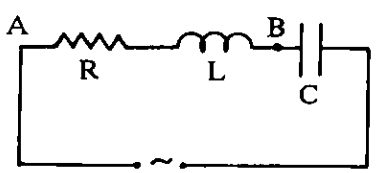
۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۳}{۲}$
۳) ۱ ۴) ۲

۲۰۲ - در یک مدار الکتریکی سیم‌پیچ ایده‌آلی با مقاومت القایی ۸۰اهم و یک مقاومت ۶۰اهمی به طور متوالی بسته شده‌اند. نسبت توان حقیقی به توان ظاهری برابر است با:

۱) $\frac{۳}{۷}$ ۲) $\frac{۳}{۴}$
۳) $\frac{۴}{۵}$ ۴) $\frac{۳}{۵}$

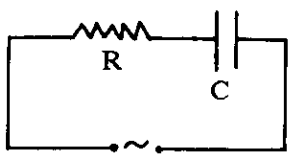
۲۰۳ - در مدار شکل مقابل ولتاژ موثر دو سر مقاومت، سلف و خازن، هر سه با هم برابرند. اختلاف فاز جریان مدار و ولتاژ میان دو نقطهٔ A و B چند رادیان است؟

۱) صفر ۲) $\frac{\pi}{۴}$
۳) Arctg ۲ ۴) $Arctg\frac{۱}{۲}$



۲۰۴ - در مدار شکل مقابل ضریب توان $\frac{۱}{۲}$ است. نسبت ولتاژ دو سر خازن به ولتاژ دو سر مقاومت، یعنی $(\frac{V_C}{V_R})$ کدام است؟

۱) $\frac{۱}{\sqrt{۳}}$ ۲) $\sqrt{۳}$
۳) $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۲}$



۲۰۵ - به علت کدام خاصیت نور است که نمی‌توان یک شعاع خیلی باریک از یک روزنه خیلی کوچک ایجاد کرد؟

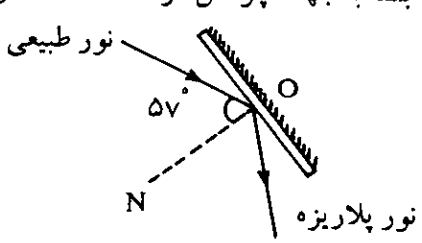
۱) خاصیت موجی ۲) خاصیت ذره‌ای
۳) پلاریزاسیون ۴) سرعت زیاد

۲۰۶ - دمای جسم جامدی را بر حسب درجهٔ سلسیوس سه برابر می‌کنیم و طول موج مربوط به تابش ماگزیمم انرژی نصف می‌شود. دمای اولیهٔ جسم چند درجه سلسیوس بوده است؟

۱) صفر ۲) ۲۷۳
۳) ۵۴۶ ۴) ۸۱۹

۲۰۷ - در شکل مقابل اگر شیشه را حول محور No، ۹۰ درجه بچرخانیم چه اتفاق می‌افتد؟

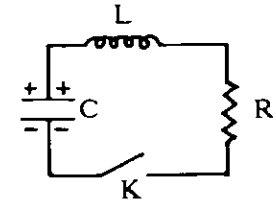
۱) نور، منعکس شده و پلاریزه می‌شود.
۲) نوری از آینه منعکس نمی‌شود.
۳) نور انعکاس می‌یابد ولی پلاریزه نیست.
۴) بسته به جهت چرخش هر سه حالت ممکن است.



۲۰۸- در مدار مقابل $L=0/05H$ و $C=5\mu F$ است. اگر کلید K بسته شود فرکانس جریان مدار تقریباً چند هرتز است؟

۱) $\frac{1000}{\pi}$ ۲) 1000π

۳) ۵۰۰۰ ۴) ۲۵۰۰۰



۲۰۹- در اتم ئیدروژن وقتی الکترون از تراز $n=1$ به تراز $n=2$ می‌رود سرعت آن چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ۲) $\sqrt{2}$

۳) $\frac{1}{2}$ ۴) ۲

۲۱۰- الکترونی در مسیر دایره‌ای به شعاع ۱ انگستروم به دور هسته‌ای که ۱۰ پروتون دارد می‌چرخد. نیروی وارد بر این الکترون، چند نیوتن است؟
(بار الکترون $1/6\times10^{-19}$ کولن و ضریب ثابت در قانون کولن $9\times10^{9}Nm^2/C^2$ است.)

۱) $3/2\times10^{-5}$ ۲) $2/3\times10^{-8}$

۳) 3×10^{-10} ۴) 2×10^{-18}

رشتهٔ علوم تجربی

۲۰۱- معادله سرعت متحرکی (در سیستم SI) به صورت $V=3t+3$ است. شتاب و جابه‌جایی متحرک در ثانیهٔ اول به ترتیب از راست به چپ چند m/s^2 و چند متر است؟

۱) ۳ و ۴/۵ ۲) ۳ و ۶

۳) ۶ و ۴/۵ ۴) ۶ و ۶

۲۰۲- دو جسم در شرایط خلاء از ارتفاع h با سرعت ۲۰m/s یکی رو به بالا و دیگری رو به پایین پرتاب می‌شوند. اگر زمان رسیدن به زمین برای یکی، دو برابر دیگری باشد، ارتفاع h چندمتر است؟($g=10m/s^2$)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰

۳) ۸۰ ۴) ۱۶۰

۲۰۳- مکان متحرکی روی محور xها در لحظهٔ $t=2s$ برابر ۸m و در لحظهٔ $t=10s$ برابر ۱۶m- می‌باشد. سرعت متوسط متحرک در این مدت چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۳- ۲) ۲-

۳) ۱ ۴) ۲

۲۰۴- جسمی به جرم ۴kg در پایین سطح شیب‌دار بدون اصطکاکی قرار دارد. اگر ضربه‌ای به بزرگی ۴۰Ns در امتداد سطح بر آن وارد شود، جسم تا چه ارتفاعی از زمین بر حسب متر بر روی سطح بالا می‌رود؟

۱) ۱ ۲) ۵

۳) ۶/۲۵ ۴) ۱۰

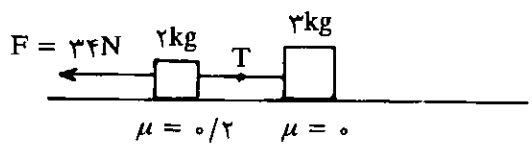
۲۰۵- یک نیروسنج که وزنهٔ دو کیلوگرمی به انتهای آن بسته‌ایم، از سقف آسانسوری که با شتاب تند شونده $5m/s^2$ بالا می‌رود، آویخته‌ایم. نیروسنج چند نیوتن را نشان می‌دهد؟($g=10m/s^2$)

۱) ۱۰ ۲) ۲۰

۳) ۳۰ ۴) ۴۰

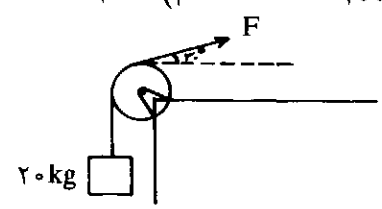
۲۰۶ - درشکل مقابل نیروی کشش T چند نیوتن است؟ $(g=10 m/s^2)$

۱) ۹/۶ ۲) ۱۲
۳) ۱۴/۴ ۴) ۱۶



۲۰۷ - با استفاده از قرقرهٔ با اصطکاک ناچیز مطابق شکل وزنه‌ای به جرم ۲۰kg را با سرعت ثابت بالا می‌کشیم. نیروی F چند نیوتن است؟ $(g=10 m/s^2)$

۱) ۱۰۰ ۲) $100\sqrt{2}$
۳) ۲۰۰ ۴) ۴۰۰



۲۰۸ - شتاب ثقل در سطح سیاره‌ای که جرم و حجم آن ۸ برابر جرم و حجم کرهٔ زمین است چند برابر شتاب ثقل در سطح زمین می‌باشد؟

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{1}{2}$
۳) ۲ ۴) ۴

۲۰۹ - نیروی جانب مرکز وارد بر جسمی به جرم ۲kg که محیط دایره‌ای به شعاع ۸ متر را با سرعت ثابت ۴m/s می‌پیماید چند نیوتن است؟

۱) ۲ ۲) ۴
۳) ۶ ۴) ۸

۲۱۰ - جسمی به جرم ۸kg با سرعت ثابت ۱۰m/s روی خط راست حرکت می‌کند. چه نیرویی بر حسب نیوتن و در کدام جهت باید در راستای حرکت به آن وارد شود تا پس از طی مسافت ۸ متر انرژی جنبشی آن به ۱۲۰۰ ژول برسد؟

۱) ۱۰۰ و در جهت حرکت
۲) ۵۰ و در جهت حرکت
۳) ۵۰ و در خلاف جهت حرکت
۴) ۱۰۰ و در خلاف جهت حرکت

۲۱۱ - گلوله‌ای به جرم ۴۲ گرم با سرعت ۵۰۰m/s به تنهٔ درختی برخورد کرده و با سرعت ۱۰۰m/s از آن خارج شده است. اگر ۰/۱ انرژی جنبشی از دست رفته گلوله را گرم کند، تقریباً چند کالری گرما به گلوله رسیده است؟

۱) ۵۰۴۰ ۲) ۲۱۱۷
۳) ۵۰۴ ۴) ۱۲۰

۲۱۲ - رانندهٔ اتومبیلی به جرم ۲ تن با ترمز اتومبیل موفق می‌شود سرعت آن را در طی مسافت ۲۰m از ۲۵m/s به ۱۵m/s برساند. کار نیروهای وارد بر اتومبیل در این مدت چند ژول است؟

۱) -6×10^6 ۲) -4×10^5
۳) 6×10^6 ۴) 4×10^5

۲۱۳ - بیشترین شتاب نوسانگری $200 m/s^2$ و بیشترین سرعت آن ۲m/s است. زمان تناوب آن چند ثانیه است؟

۱) $\frac{\pi}{50}$ ۲) $\frac{\pi}{100}$
۳) ۰/۰۲ ۴) ۰/۰۱

۲۱۴ - طول و جرم آونگ ساده‌ای هر کدام ۴ برابر شده است.

زمان تناوب آن چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$

۳) ۱ ۴) ۲

۲۱۵- اختلاف فاز دو نقطه در محیط انتشار یک موج با فرکانس ۵۰Hz برابر با $\frac{۳\pi}{۴}$ است. اگر سرعت انتشار موج ۸ متر بر ثانیه باشد، حداقل فاصلهٔ بین دو نقطه چند سانتی‌متر است؟

۱) ۰/۶ ۲) ۶

۳) ۶۰ ۴) ۶۰۰

۲۱۶- معادله یک منبع ارتعاشی به صورت $y=a\sin(۱۲۰\pi t+\frac{\pi}{۴})$ و اختلاف فاز یک نقطه به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از منبع $\frac{\pi}{۴}$ است. سرعت انتشار چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۳۰ ۲) ۶۰

۳) ۱۲۰ ۴) ۲۴۰

۲۱۷- فرکانس صوت اصلی دو لولهٔ صوتی یکی باز و دیگری بسته با هم برابر و هرکدام ۳۰۰Hz است. اگر این دو لوله را بهم وصل کنیم و یک لولهٔ صوتی بستهٔ جدید بسازیم فرکانس صوت اصلی آن چند هرتز است؟

۱) ۲۵۰ ۲) ۲۰۰

۳) ۱۵۰ ۴) ۱۰۰

۲۱۸- دیاپازنی با فرکانس ۴۴۰Hz مقابل دهانه یک لوله صوتی باز که طولش متغیر است مرتعش می‌شود. با تغییر طول لوله سه بار در هوای درون لوله تشدید حاصل می‌شود. از اولین تا سومین تشدید طول لوله چند سانتی‌متر تغییر کرده است؟(سرعت صوت در هوای لوله ۳۳۰m/s)

۱) ۱۵۰ ۲) ۷۵

۳) ۳۷/۵ ۴) هیچکدام

۲۱۹- لوله صوتی‌بازی درگاز اکسیژن و لولهٔ بستهٔ هم طول و هم دمای با آن درگاز ئیدروژن قرار دارد. فرکانس صوت اصلی لولهٔ بسته چند برابر فرکانس صوت اصلی لولهٔ باز است؟

۱) $\frac{۱}{۸}$ ۲) $\frac{۱}{۴}$

۳) ۲ ۴) ۸

۲۲۰- نیروی کشش تاری چهار برابر و طول آن نصف می‌شود. در این حالت فرکانس تار و سرعت صوت آن در هوا چند برابر می‌شود؟

۱) ۲ و ۲ ۲) ۴ و ۱

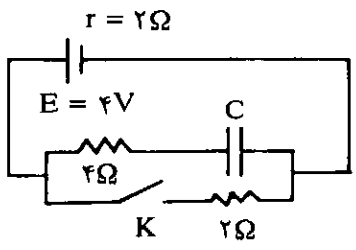
۳) ۴ و ۲ ۴) ۸ و ۱

۲۲۱- شدت میدان الکتریکی در نقطه‌ای به فاصله ۳۰ سانتی‌متری از یک بار الکتریکی نقطه‌ای یک میکروکولنی، چند ولت بر متر است؟

۱) $۱۰^۳$ ۲) ۳×۱۰^۳

۳) ۳×۱۰^۴ ۴) $۱۰^۵$

۲۲۲- در مدار مقابل وقتی کلید K باز است. بار خازن q می‌باشد. اگر کلید را ببندیم بار خازن q' می‌شود. $\frac{q'}{q}$ برابر است با:



۱) ۴

۳) $\frac{۱}{۲}$

۲) ۲

۴) صفر

۲۲۳ - جریان متناوب $i=\sqrt{۲}\ \sin ۱۰۰\pi t$ از مداری به ضریب توان $\frac{۱}{۲}$ می‌گذرد. اگر توان حقیقی مدار ۱۰۰ وات باشد اختلاف پتانسیل موثر دو سر مدار چند ولت است؟

۱) ۱۰۰ ۲) $۱۰۰\sqrt{۲}$
۳) ۲۰۰ ۴) $۲۰۰\sqrt{۲}$

۲۲۴ - یک مدار جریان متناوب از یک مقاومت ۳۰ اهمی، سلفی به مقاومت القایی ۷۰ اهم و خازنی به مقاومت ظرفیتی ۴۰ اهم به طور متوالی تشکیل شده است. مقاومت ظاهری مدار و اختلاف فاز شدت جریان نسبت به اختلاف پتانسیل دو سر خازن به ترتیب چند اهم و چند رادیان است؟

۱) ۴۲ و $\frac{\pi}{۲}$ ۲) ۴۲ و $\frac{\pi}{۴}$
۳) ۶۰ و $-\frac{\pi}{۴}$ ۴) ۱۴۰ و $-\frac{\pi}{۲}$

۲۲۵ - شار مغناطیسی (در سیستم SI) که از یک سیم‌پیچ می‌گذرد، $\varphi=۰/۵\ \sin ۱۰۰t$ است. بیشترین نیروی محرکه القایی در آن چند ولت است؟

۱) ۰/۵ ۲) $۲۵\sqrt{۲}$
۳) ۵۰ ۴) $۵۰\sqrt{۲}$

۲۲۶ - در مدار جریان متناوبی سلف و خازن و مقاومت با هم متوالی هستند. اگر ولتاژ دو سر مقاومت ۳۰ ولت و ولتاژ دو سر سلف ۳۰ ولت و ولتاژ دو سر مدار ۵۰ ولت باشد، ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟

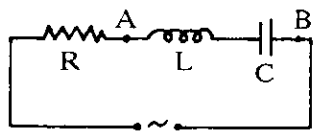
۱) فقط ۱۰ ۲) ۱۰ یا ۷۰
۳) ۴۰ یا ۸۰ ۴) فقط ۷۰

۲۲۷ - تعداد دور سیم یک سیم‌پیچ را دو برابر می‌کنیم. اگر طول و بقیهٔ مشخصه‌ها ثابت بماند ضریب خود القایی چند برابر می‌شود؟

۱) ۴ ۲) ۲
۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

۲۲۸ - در مدار شکل مقابل اختلاف پتانسیل موثر دو سر مدار ۲۰۰ ولت و شدت جریان موثر ۰/۵ آمپر و توان مصرفی مدار ۱۰۰ وات است. اختلاف پتانسیل موثر بین A و B چگونه است؟

۱) صفر ۲) کمتر از ۲۰۰ ولت
۳) ۲۰۰ ولت ۴) بیشتر از ۲۰۰ ولت



۲۲۹ - طول موج پرتو الکترو مغناطیس A چهار برابر طول موج پرتو B است. در این صورت انرژی پرتو A چند برابر انرژی B است؟

۱) ۴ ۲) ۱
۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

۲۳۰ - در آزمایش یانگ فاصله دو شکاف ۱۵۰۰ برابر طول موج نور مورد آزمایش است و نوارها در فاصله ۱/۵ متر از صفحه شکافها تشکیل شده است. فاصله هر دو نوار روشن مجاور چند میلی‌متر است؟

۱) ۱/۵ ۲) ۱
۳) ۰/۵ ۴) ۰/۲۵

پاسخهای تشریحی گزینش دانشجو سال ۱۳۷۲

(مرحلهٔ اول)

غلامعلی محمود زاده - سید مرتضی میرخانی - محمد علی سعادت بخت

رشتهٔ علوم ریاضی - فنی

۲ - ۱۸۱

درحرکت با شتاب ثابت داریم:

$$\Delta x = \frac{V_2 + V_1}{2}\Delta t$$

$$10 - (-8) = \frac{V_2 + 12}{2}$$

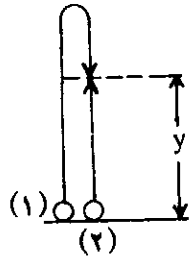
$$V_2 = 6\ \frac{m}{s}$$

۲ - ۱۸۲

سنگ اول هنگام پایین آمدن و سنگ دوم هنگام بالارفتن در یک مکان به هم می‌رسند زیرا دو سنگ با یک سرعت از یک مکان پرتاب شده‌اند. T برابر مدت زمانی است که سنگ اول از مکان y به اوج رفته به مکان y برمی‌گردد.

اگر اندازهٔ سرعت هریک از دو سنگ در مکان y برابر V باشد داریم:

$$t = \frac{2V}{g} \Rightarrow V = \frac{gt}{2}$$



۳ - ۱۸۳

جابه‌جایی وزنهٔ A دو برابر جابه‌جایی وزنهٔ B است یعنی $\Delta x_A = \Delta x_B$ و از آنجا $x_A - x_{.A} = 2(x_B - x_{.B})$، اگر از این رابطه نسبت به زمان مشتق بگیریم ($x_{.A}$ و $x_{.B}$ مقدارهای ثابتی هستند) داریم:

$$V_A = 2V_B \Rightarrow V_B = \frac{V_A}{2}$$

۳ - ۱۸۴

رابطه $F = ma$ را برای هر یک از دو جسم به کار می‌بریم داریم:

$$\begin{cases} F - T - m_1 g \sin\alpha = m_1 a \\ T - m_2 g \sin\alpha = m_2 a \end{cases} \Rightarrow$$

$$a = \frac{F - T - m_1 g \sin\alpha}{m_1} = \frac{T - m_2 g \sin\alpha}{m_2}$$

$$\frac{۸۰ - T - ۱ \times ۱۰ \times \frac{۱}{۲}}{۱} = \frac{T - ۳ \times ۱۰ \times \frac{۱}{۲}}{۳}$$

$$T = ۶۰N$$

۲ - ۱۸۵

$$F = ma$$

$$mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = m\frac{g}{۵} \Rightarrow$$

$$\mu = \frac{۵\sin\alpha - ۱}{۵\cos\alpha}$$

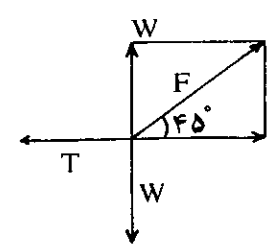
$$\mu = \frac{۵ \times ۰/۶ - ۱}{۵ \times ۰/۸} = \frac{۱}{۲}$$

۲ - ۱۸۶

چون دستگاه در حال تعادل و نخ T افقی است، پس باید مؤلفهٔ قائم نیروی F توسط نیروی وزن، W، خنثی شود:

$$tg۴۵^\circ = \frac{W}{T}$$

$$۱ = \frac{۵۰}{T} \Rightarrow T = ۵۰N$$



۱ - ۱۸۷

اگر دستگاه در حرکت باشد، نیروی اصطکاک لغزشی در مقابل حرکت وزنهٔ M_1 برابر است با:

$$f_1 = \mu M_1 g$$

$$f_1 = ۰/۳ \times ۴ \times ۱۰ = ۱۲N$$

اما وزن وزنهٔ M_2 برابر ۱۰N است که از f_1 کوچکتر است. در نتیجه اگر دستگاه سرعت اولیه نداشته باشد، به حال سکون می‌ماند و اصطکاک وزنهٔ M نیروی اصطکاک ایستایی خواهد بود. در نتیجه کشش نخ برابر است با

$$T = f_s = Mg_2 = ۱۰N$$

اگر به دستگاه سرعت اولیه داده شود، حرکت وزنه‌ها کند شونده خواهد بود. و در مدت حرکت نیروی اصطکاک برابر ۱۲N است و برای محاسبهٔ کشش نخ داریم:

$$\begin{cases} T - f_1 = M_1 a \\ W_2 - T = M_2 a \end{cases} \Rightarrow a = \frac{T - f_1}{M_1} = \frac{W_2 - T}{M_2}$$

$$\frac{T - ۱۲}{۴} = \frac{۱۰ - T}{۱} \Rightarrow T = \frac{۵۲}{۲} = ۱۰/۴N$$

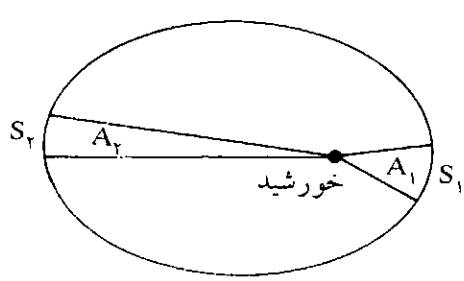
۴ - ۱۸۸

$$T\cos\alpha = mg$$

$$T \times \frac{۱}{۲} = ۲ \Rightarrow T = ۴N$$

۱ - ۱۸۹

طبق قانون دوم کپلر، شعاع حامل سیاره در مدت زمانهای مساوی، مساحتهای مساوی را جاروب می‌کند، اگر شعاع حامل، مساحت جاروب شده، کمان پیموده شده و سرعت متوسط در زمان کوچک Δt را در دو حالت به ترتیب با R_1، A_1، S_1، V_1، R_2، A_2، S_2، V_2 نشان دهیم داریم:



$$A_2 = A_1$$

چون در مدت کوچک Δt، سطح‌های جاروب شده تقریباً به صورت مثلث هستند از رابطهٔ فوق داریم:

$$\frac{۱}{۲} S_2 R_2 = \frac{۱}{۲} S_1 R_1$$

از آنجاکه $R_2 > R_1$ با استفاده از رابطهٔ فوق نتیجه می‌گیریم:

$$S_2 < S_1$$

$$\overline{V_2}\Delta t < \overline{V_1}\Delta t \Rightarrow \overline{V_2} < \overline{V_1}$$

۴ - ۱۹۰

$T = mh\omega^2$

با ثابت بودن m و l خواهیم داشت:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{2\omega}{\omega}\right)^2 = 4$$

۱ - ۱۹۱

برخورد دو گلوله به یکدیگر غیر الاستیک کامل است. چون برای هر نوع برخورد در یک دستگاه منفرد قانون بقای اندازه حرکت درست است داریم:

$$mV + 2m \times 0 = (m + 2m)V'$$

$$\frac{V'}{V} = \frac{1}{3}$$

$$E = \frac{1}{2} mV^2$$

$$\frac{E'}{E} = \frac{3m}{m}\left(\frac{V'}{V}\right)^2$$

$$\frac{E'}{E} = 3 \times \frac{1}{9} = \frac{1}{3}$$

۳ - ۱۹۲

اگر جهت محور را به سمت پایین مثبت بگیریم، داریم

$V^2 - V_0^2 = 2gh$

سرعت گلوله پیش از برخورد به زمین

$$V_1^2 - 20^2 = 2 \times 10(25) \quad \Rightarrow \quad V_1 = 30\frac{m}{s}$$

سرعت گلوله پس از برخورد به زمین

$$0 - V_1'^2 = 2 \times 10(15) \Rightarrow V_1' = -10\sqrt{3}\,\frac{m}{s}$$

$$r = \frac{V_2' - V_1'}{V_1 - V_2}$$

سرعت زمین در ابتدا صفر فرض شده‌است ($V_2 = 0$). پس از برخورد، سرعت زمین به علت جرم زیاد آن برابر صفر خواهد بود ($V_2' = 0$)

$$r = \frac{0 - (-10\sqrt{3})}{30 - 0} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

۳ - ۱۹۳

$$\tau = I\alpha = I\frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$20 = 50 \times \frac{\omega - 0}{10} \Rightarrow \omega = 40\frac{rad}{s}$$

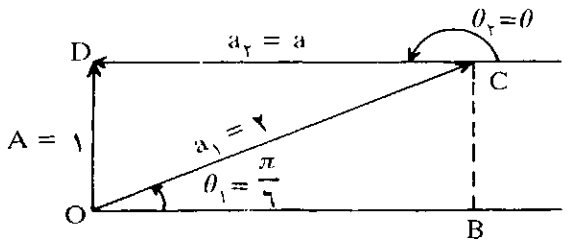
۳ - ۱۹۴

$$\begin{cases} y_1 = \cos(\omega t - \frac{\pi}{3}) = \sin(\omega t - \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2}) = 2\sin(\omega t + \frac{\pi}{6}) \\ y_2 = a\sin(\omega t + \theta) \end{cases}$$

$$y = \cos\omega t = \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

چون برای موج برآیند داریم $A = 1$ و $\theta = \frac{\pi}{2}$ و ضلع روبروی زاویهٔ $\frac{\pi}{6}$ نصف وتر آن یعنی $\frac{1}{2} \times 2 = 1$ است لذا ضلع $a_2 = a$ افقی و $\theta_2 = \theta = \pi$ خواهند شد. در نتیجه در مثلث قائم‌الزاویه OCB داریم:

$$a = a_1\cos\theta = 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}$$



۳ - ۱۹۵

$V_m = 6/28\,\frac{m}{s}$ و $T = 0/2s$

$$V_m = r\omega = r\,\frac{2\pi}{T} \Rightarrow r = \frac{TV_m}{2\pi}$$

$$r = \frac{0/2 \times 6/28}{2 \times 3/14} = 0/2\,m$$

۱ - ۱۹۶

متحرک هنگامی بزرگترین پریود را دارد که در مدت

$\Delta t = t_2 - t_1 = 7 - 1 = 6s$

فاصله AB را فقط یکبار بپیماید از آنجا که در یک پریود، متحرک دوبار فاصلهٔ AB را می‌پیماید بنابراین:

$T = 2\Delta t = 2 \times 6 = 12s$

در نتیجه در مجموعهٔ گزینه‌ها تنها گزینهٔ ۱ می‌تواند درست باشد. با وجود این برای محاسبه فاز اولیه داریم:

$$y = r\sin(\frac{2\pi}{T}t + \theta_0)$$

B O A

t_1 t_0 t_2

$t_1 = 1s$ و $y_1 = -r$

$$-r = r\sin(\frac{2\pi}{12} \times 1 + \theta_0)$$

$$\sin(\frac{\pi}{6} + \theta_0) = -1 = \sin(-\frac{\pi}{2})$$

$$\frac{\pi}{۶} + \theta_۰ = -\frac{\pi}{۲} \Rightarrow \theta_۰ = -\frac{۲\pi}{۳}\,\text{rad}$$

برای محاسبهٔ $\theta_۰$ نیز می‌توان از $t_۲ = \frac{r}{vs}$ و $y_۲ = r$ استفاده کرد.

۳ - ۱۹۷

بیشترین افزایش طول فنر مربوطه به حالتی است که تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی وزنه، از لحظه رها شدن تا توقف، به انرژی پتانسیل کشسانی فنر تبدیل شود. اگر بیشترین تغییر طول فنر را ΔL فرض کنیم داریم:

$$\frac{۱}{۲}ky^۲ = mgh$$

$$\frac{۱}{۲}k(\Delta L)^۲ = mg(\Delta L)$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۱۰۰\Delta L^۲ = ۵\Delta L \Rightarrow \Delta L = ۰/۱\text{m} = ۱۰\text{cm}$$

$$\Delta L = L_۲ - L_۱$$

$$۱۰ = L - ۴۰ \Rightarrow L_۲ = ۵۰\text{cm}$$

۲ - ۱۹۸

طول تار مرتعش همواره مضرب درستی از نصف طول موج صوتی است که تار بیان می‌کند.

$$L = k\frac{\lambda_k}{۲}$$

$$۴۵ = ۳\frac{\lambda_۳}{۲} \Rightarrow \lambda_۳ = ۳۰\text{cm}$$

۴ - ۱۹۹

بافرض اینکه سرعت صوت در گاز درون دو لوله یکسان باشد و لوله‌ها صوت اصلی را بیان کنند داریم:

$$\begin{cases} f_۱ = \frac{V}{۴L} & \text{صوت اصلی لولهٔ بسته} \\ f'_۱ = \frac{V}{۲L'} & \text{صوت اصلی لولهٔ باز} \end{cases}$$

$$\frac{f'_۱}{f_۱} = \frac{۲L}{L'} = \frac{۲(۲L')}{L'} = ۴$$

۱ - ۲۰۰

$$\begin{cases} B_۱ = \log\frac{I_۱}{I_۰} \\ B_۲ = \log\frac{I_۲}{I_۰} \end{cases}$$

چون فاصله افزایش یافته و در نتیجه شدت صوت و شدت احساس نسبی آن کاهش یافته است لذا

$$\Delta B = B_۱ - B_۲ = \log\frac{I_۱}{I_۰} - \log\frac{I_۲}{I_۰} = \log\frac{\frac{I_۱}{I_۰}}{\frac{I_۲}{I_۰}}$$

$$\Delta B = \log\frac{I_۱}{I_۲}$$

$$\frac{I_۱}{I_۲} = \left(\frac{d_۲}{d_۱}\right)^۲$$

$$\Delta B = \log\left(\frac{d_۲}{d_۱}\right)^۲ = \log\left(\frac{۳d_۱}{d_۱}\right)^۲ = \log۹ \cong \log۱۰$$

$$\Delta B \cong ۱$$

۴ - ۲۰۱

$$\frac{f_۰}{V - V_۰} = \frac{f_s}{V - V_s}$$

در رابطهٔ فوق جهت سرعت صوت به طرف شنونده مثبت فرض شده است. بنابراین چون $V_۰ = -V$ و $V_s = ۰$ داریم:

$$\frac{f_۰}{f_s} = \frac{V - V_۰}{V - V_s} = \frac{V - (-V)}{V - ۰} = ۲$$

۴ - ۲۰۲

$$P = P'\cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = \frac{P}{P'} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^۲ + (X_L - X_C)^۲}}$$

و $X_C = ۰$

$$\frac{P}{P'} = \frac{۶۰}{\sqrt{۶۰^۲ + ۸۰^۲}} = \frac{۳}{۵}$$

۲ - ۲۰۳

بین دو نقطه A و B مقاومت R و خود القای L قرار دارند. در نتیجه داریم:

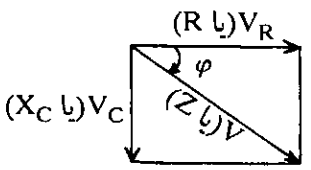
$$\text{tg}\varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{V_L}{V_R} = ۱ \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{۴}\,\text{rad}$$

۲ - ۲۰۴

چون $V_L = ۰$ است پس ولتاژ دو سر مدار نسبت به شدت جریان تأخیر فاز دارد، یعنی $\varphi < ۰$ است:

$$\cos\varphi = \frac{۱}{۲} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{۳}\,\text{rad}$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$



$$-\sqrt{3} = \frac{0 - V_C}{V_R} \Rightarrow \frac{V_C}{V_R} = \sqrt{3}$$

۱ - ۲۰۵

زیرا در روزنه کوچک پدیدهٔ تفرق (پراش) روی می‌دهد که به علت خاصیت موجی بودن نور است.

۲ - ۲۰۶

$$\lambda_m T = C$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{\theta_1 + 273}{3\theta_1 + 273} \Rightarrow \theta_1 = 273^\circ C$$

۱ - ۲۰۷

هرگاه نور از سطحی باز بتابد، همیشه پلاریزه می‌شود و میزان پلاریزاسیون بستگی به زاویه تابش دارد به طوری که اگر زاویهٔ تابش برابر زاویهٔ بروستر باشد پلاریزاسیون کامل است، با چرخیدن شیشه حول NO، زاویهٔ تابش تغییر نمی‌کند در نتیجه نور هم چنان باز می‌تابد و از این رو پلاریزه می‌شود.

۱ - ۲۰۸

فرکانس مدار نوسان کنندهٔ LC (بدون مقاومت) از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{0/05 + 5 \times 10^{-6}}} = \frac{1000}{\pi} \quad Hz$$

تذکر:

فرکانس مدار نوسانگر RLC از رابطهٔ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$ محاسبه می‌شود. روشن است که اگر $R = 0$ این رابطه به صورت رابطهٔ فوق درمی‌آید.

۳ - ۲۰۹

$$V_n = \frac{V_1 Z}{n}$$

که در آن V_n سرعت الکترون در مدار n و V_1 سرعت الکترون در مدار $n = 1$ و Z برابر تعداد در هستهٔ اتم است.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{2}$$

۲ - ۲۱۰

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

که در آن $q_1 = Ze$ برابر با هسته و $q_2 = e$ برابر بار الکترون است.

$$F = k\frac{Ze^2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{10 \times (1/6 \times 10^{-19})^2}{(1 \times 10^{-10})^2}$$

$$F \cong 2/3 \times 10 N$$

که در گزینه‌ها نیست.

رشتهٔ علوم تجربی

---

۱ - ۲۰۱

$$a = \frac{dv}{dt} = 3\frac{m}{s^2}$$

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + V_0 t = \frac{1}{2} \times 3 \times 1^2 + 3 \times 1$$

$$x = 4/5 m$$

۴ - ۲۰۲

راه اول -

$$t_1 = 2t_2$$

از آنجا که سرعت اولیه‌های دو جسم با هم برابرند و از یک مکان پرتاب شده‌اند لذا مدت زمان رفت و برگشت جسم اول به نقطهٔ پرتاب برابر مدتی است که جسم دوم از نقطه پرتاب به زمین می‌رسد.

$$t_2 = \frac{2V_0}{g} \Rightarrow t_2 = \frac{2 \times 20}{10} = 4s$$

اگر جهت محور مکان را رو به پایین مثبت بگیریم داریم:

$$h = \frac{1}{2}gt_2^2 + V_0 t_2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 4^2 + 20 \times 4 = 160 m$$

راه دوم - اگر جهت محور مکان را رو به بالا مثبت فرض کنیم داریم:

$$y = \frac{1}{2}gt^2 + V_0 t$$

$$\begin{cases} h = -\frac{1}{2} \times 10 (2t)^2 + 20 (2t) & \text{جسم اول} \\ h = -\frac{1}{2} \times 10t^2 - 20t & \text{جسم دوم} \end{cases}$$

$$-20t^2 + 40t = -5t^2 - 20 \Rightarrow t = 4s$$

با جایگذاری در معادلهٔ دوم داریم:

$$h = -5(4)^2 - 20 \times 4 = -160m$$

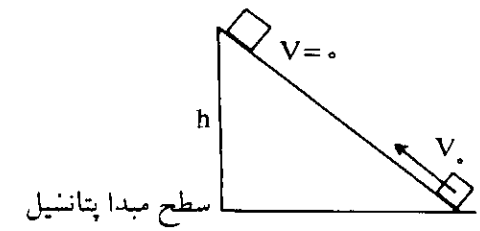
علامت منفی نشان می‌دهد که جسم پس از ۴ ثانیه در زیر نقطه پرتاب است.

۱ - ۲۰۳

$$\overline{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\overline{V} = \frac{-16 - 8}{10 - 2} = -3 \frac{m}{s}$$

۲ - ۲۰۴



طبق قانون بقای انرژی مکانیکی:

$$mgh = \frac{1}{2} mV_0^2$$

از طرف دیگر

$$\frac{1}{2} mV_0^2 = \frac{p_0^2}{2m}$$

از این دو رابطه نتیجه می‌گیریم:

$$h = \frac{p_0^2}{2m^2g} = \frac{(ft)^2}{2m^2g}$$

$$h = \frac{40^2}{2 \times 4^2 \times 10} = 5m$$

۳ - ۲۰۵

$$T - mg = ma$$

که در آن T کشش نیروسنج است و مقدار آن برابر وزن ظاهری جسم است.

$$T = m(g + a) = 2(10 + 5) = 30N$$

۲ - ۲۰۶

اگر قانون دوم نیوتون را برای هر جسم بنویسیم، پس از ساده کردن رابطه‌ها داریم:

$$a = \frac{F - f_f}{m_1 + m_2} = \frac{T}{m_2}$$

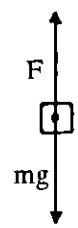
$$\frac{24 - 0/2 \times 2 \times 10}{2 + 3} = \frac{T}{3} \Rightarrow T = 12N$$

۳ - ۲۰۷

از آنجاکه جرم نخ و اصطکاک بین نخ و قرقره ناچیز هستند، لذا نیروی کشش نخ (F) در هر نقطه نخ یکسان است.

$$a = 0 \Rightarrow F - mg = 0$$

$$F = mg = 20 \times 10 = 200N$$



۳ - ۲۰۸

$$V' = 8V$$

با فرض کروی بودن سیاره‌ها:

$$\frac{4}{3} \pi R'^3 = 8 \times \frac{4}{3} \pi R^3 \Rightarrow R' = 2R$$

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

$$\frac{g'}{g} = \frac{M'}{M} \left(\frac{R}{R'}\right)^2 = \frac{8M}{M} \left(\frac{R}{2R}\right)^2 = 2$$

۲ - ۲۰۹

$$F_c = m \frac{V^2}{r} = 2 \times \frac{4^2}{8} = 4N$$

۱ - ۲۱۰

طبق قضیهٔ کار - انرژی داریم:

$$W = \Delta E_c$$

$$Fx = E_{c_2} - E_{c_1} = E_{c_2} - \frac{1}{2} mV_1^2$$

$$F \times 8 = 1200 - \frac{1}{2} \times 8 \times 10^2$$

$$F = 100N$$

چون تغییرات انرژی جنبشی مثبت است لذا سرعت افزایش یافته است و در نتیجه نیرو در جهت سرعت است.

۴ - ۲۱۱

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} \times \frac{42}{1000} (100^2 - 500^2)$$

$$= -5040J$$

$$Q = |0/1 \Delta E_c| = 504J = \frac{504}{4/2} = 120cal$$

۲ - ۲۱۲

$$W = \Delta E_c = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$W = \frac{1}{2} \times 2000\,(15^2 - 25^2) = -4 \times 10^5\ J$$

۱ - ۲۱۳

$$\begin{cases} a_m = r\omega^2 \\ V_m = r\omega \end{cases} \Rightarrow \omega = \frac{a_m}{V_m}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2\pi V_m}{a_m} = \frac{2\pi \times 2}{200} = \frac{\pi}{50}$$ ثانیه

۴ - ۲۱۴

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

طبق این رابطه، جرم آونگ در زمان تناوب آونگ ساده تأثیری ندارد

$$\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{l'}{l}} = \sqrt{4} = 2$$

۲ - ۲۱۵

با توجه به اینکه $\lambda = \frac{V}{f}$

$$\varphi = \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} = \frac{2\pi f \Delta x}{V}$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{\varphi V}{2\pi f} = \frac{\frac{3\pi}{4} \times 8}{2\pi \times 50} = \frac{3}{50}\,m = 6\,cm$$

در حالت کلی فاصلهٔ دو نقطه از رابطهٔ $\Delta X = \Delta x + k\lambda$ به دست می‌آید، که در آن k تعداد نقاط هم‌فاز با نقطهٔ اول است که بین آنها قرار دارند. در نتیجه حداقل فاصله در حالت $k=0$ به دست می‌آید.

۳ - ۲۱۶

$$\varphi = \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\omega x}{V}$$

$$\frac{\pi}{4} = \frac{120\pi \times 0/25}{V} \Rightarrow V = 120\,\frac{m}{s}$$

۴ - ۲۱۷

$$\begin{cases} f_1 = \frac{V}{2L_1} & \text{فرکانس صوت اصلی لولهٔ باز} \\ f_2 = \frac{V}{4L_2} & \text{فرکانس صوت اصلی لولهٔ بسته} \end{cases}$$

$$f_1 = f_2 \Rightarrow L_1 = 2L_2$$

برای لولهٔ بستهٔ جدید داریم:

$$\begin{cases} L = L_1 + L_2 = 2L_2 + L_2 = 3L_2 \\ f = \frac{V}{4L} \end{cases}$$

$$\frac{f}{f_2} = \frac{L_2}{L} \Rightarrow f = \frac{f_2 L_2}{L} = \frac{300 L_2}{3L_2} = 100\,Hz$$

۲ - ۲۱۸

$$f = \frac{kV}{2L}$$

$$440 = \frac{k \times 330}{2L} \Rightarrow L = \frac{3}{8}\,k$$

طول لوله هنگام اولین تشدید $L_1 = \frac{3}{8}\,m$

طول لوله هنگام سومین تشدید $L = \frac{3}{8} \times 3 = \frac{9}{8}\,m$

$$\Delta L = L_3 - L_1 = \frac{9}{8} - \frac{3}{8} = \frac{3}{4}\,m = 75\,cm$$

۳ - ۲۱۹

فرکانس صوت اصلی لولهٔ بسته (باگاز H_2) $f = \frac{V}{4L}$

فرکانس صوت اصلی لولهٔ باز (باگاز O_2) $f' = \frac{V'}{2L}$

$$\frac{f}{f'} = \frac{V}{2V'}$$

از طرف دیگر داریم:

$$V = \sqrt{\gamma\frac{RT}{M}}$$

$$\frac{V}{V'} = \sqrt{\frac{M}{M'}} = \sqrt{\frac{16 \times 2}{2 \times 1}} = 4$$

$$\frac{f}{f'} = \frac{4}{2} = 2$$

۲ - ۲۲۰

$$f = \frac{k}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

سرعت صوت در هوا به فرکانس صوت بستگی ندارد، در نتیجه سرعت صوت در هوا تغییر نمی‌کند. با فرض آنکه در دو حالت، شماره صوت یکسان باشد، داریم:

$$\frac{f'}{f} = \frac{L}{L'}\sqrt{\frac{F'}{F}} = \frac{L}{\frac{1}{2}L}\sqrt{\frac{4F}{F}} = 4$$

۴ - ۲۲۱

$$E = k\frac{q}{r^2}$$

$$E = 9\times10^9\times\frac{1\times10^{-6}}{(30\times10^{-2})^2} = 10^5\frac{V}{m}$$

۳ - ۲۲۲

هنگامی که کلید باز است، اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر نیروی محرکهٔ مولد است:

$$V = E = 4V$$

هنگامی که کلید بسته است، اختلاف پتانسیل دو جوش خازن برابر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۲ اهمی است.

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{4}{2+2} = 1A$$

$$V' = RI = 2\times1 = 2V$$

$$\left.\begin{matrix} q = CV \\ q' = CV' \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{q'}{q} = \frac{V'}{V} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

۳ - ۲۲۳

$$I_e = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1A$$

$$\overline{p} = V_e I_e \cos\varphi$$

$$V_e = \frac{\overline{P}}{I_e\cos\varphi} = \frac{100}{1\times\frac{1}{2}} = 200V$$

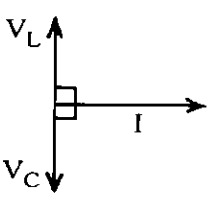
۱ - ۲۲۴

$$Z = \sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2} = \sqrt{30^2+(70-40)^2}$$

$$= 30\sqrt{2} = 42\Omega$$

اختلاف فاز اختلاف دو سر خازن با شدت جریان $\varphi = -\frac{\pi}{2}$

اختلاف فاز شدت جریان با اختلاف پتانسیل دو سر خازن $\varphi' = \frac{\pi}{2}$



۳ - ۲۲۵

$$E = -\frac{d\varphi}{dt} = 0/5\times100\cos100\,t = -50\cos100\,t$$

$$E_m = 50V$$

۴ - ۲۲۶

$$V_e^2 = V_R^2 + (V_L+V_C)^2$$

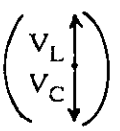
$$(V_L-V_C)^2 = V_e^2 - V_R^2 \Rightarrow V_L - V_C = \pm\sqrt{V_e^2-V_R^2}$$

$$V_C = V_L \pm \sqrt{V_e^2-V_R^2} = 30\pm\sqrt{50^2-30^2} = 30\pm40$$

$$V_C = -10V$$

$$V_C = 70V$$

منفی قابل قبول نیست زیرا V_C در فاز متقابل با V_L است



و این نکته در تفاضل آنها $V_L - V_C$ رعایت شده است که برای $V_C = 70V$ درست است $(V_L - V_C = 30-70)$ ولی برای $V_C = -10V$ درست نیست $(V_L - V_C = 30+10)$.

۱ - ۲۲۷

$$L = k\mu_0\frac{N^2A}{l}$$

با توجه به ثابت بودن k، μ_0، A، و l(طول سیم پیچ) داریم:

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = \left(\frac{2N_1}{N_2}\right)^2 = 4$$

۱ - ۲۲۸

$$\overline{p} = RI_e^2 \Rightarrow R = \frac{\overline{p}}{I_e^2} = \frac{100}{0/5^2} = 400\Omega$$

$$V_R = RI_e = 400\times0/5 = 200v$$

چون V_R برابر V_e دو سر مدار است پس در مدار تشدید ایجاد شده و $V_L - V_C = 0$ است بنابراین $V_{AB} = 0$ است.

۴ - ۲۲۹

$$E = hf = h_0\frac{c}{\lambda}$$

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{\lambda_B}{4\lambda_B} = \frac{1}{4}$$

۲ - ۲۳۰

$$\lambda = \frac{x}{kD}$$

$$k = 1 \Rightarrow x = \frac{D\lambda}{d} \quad \text{(دو نوار روشن متوالی)}$$

$$x = \frac{1/5\lambda}{1500\lambda} = \frac{1}{1000}\,m = 1mm$$

نظرخواهی دربارهٔ مجلات رشد تخصصی

خوانندهٔ ارجمند ـ مشترک گرامی

مجلات رشد تخصصی در طول سالهای گذشته با هدف "اعتلای دانش دبیران و دانشجویان، طرح شیوه‌های نوین تدریس و تکنولوژی آموزشی و ایجاد ارتباط مستمر بین کارشناسان و مؤلفان کتب درسی و دبیران و دانش‌پژوهان منتشر شده است. اکنون به منظور ارزشیابی فعالیت‌های گذشته و حال این مجلات پرسشنامه‌ای تنظیم شده که در اختیار شما قرار می‌گیرد. خواهشمند است با عنایت ویژه‌ای که به ارتقای کیفیت آموزش در مدارس دارید آن‌را تکمیل و به آدرس تهران صندوق پستی ۳۶۳ ـ ۱۵۸۵۵ واحد ارزشیابی مجلات رشد تخصصی ارسال فرمایید. در صورتیکه بیش از یک نوع از مجلات را مطالعه می‌کنید برای هریک یک پرسشنامه ارسال نمایید.

۱ ـ کدامیک از مجلات رشد تخصصی را مطالعه می‌کنید؟ (فقط یک جواب را علامت بزنید)

ادب فارسی ☐ ریاضی ☐ جغرافیا ☐ زبان ☐ زیست‌شناسی ☐ زمین‌شناسی ☐ شیمی ☐
علوم‌اجتماعی ☐ فیزیک ☐ معارف اسلامی ☐

۲ ـ مجله موردنظرتان را به چه صورت تهیه می‌کنید؟

مشترک هستم ☐ بطور آزاد تهیه می‌کنم ☐ در دفتر مدرسه مطالعه می‌کنم ☐

۳ ـ آیا مجله مرتب به دستتان می‌رسد؟ بلی ☐ خیر ☐

۴ ـ آیا از محتوای علمی مجله رضایت دارید؟ بلی کاملاً ☐ بلی بطور متوسط ☐ خیر ☐

۵ ـ آیا از محتوای آموزشی مجله رضایت دارید؟ بلی کاملاً ☐ بلی بطور متوسط ☐ خیر ☐

۶ ـ میزان ارتباط مطالب مجله با نیازهای آموزشی و تعلیم روشهای تدریس به شما در چه حد است؟

زیاد ☐ متوسط ☐ کم ☐

۷ ـ آیا بجز این مجله از مجله یا نشریهٔ دیگری در همین رشته استفاده می‌کنید؟

بلی ☐ خیر ☐ نام ببرید

۸ ـ باتوجه به هدفهای انتشار مجلات از میان موضوعات زیر، موضوعاتی راکه به‌نظر شما لازم است در مجله بهای بیشتری به آنها داده شود به ترتیب اولویت و با شماره مشخص فرمایید.

طرح مسائل علمی جدید و پژوهشهای تازه در عرصه رشتهٔ موردنظر ☐ تبیین اصول و مفاهیم اساسی هر درس یا رشته تحصیلی
طرح روشهای نوین تدریس و تکنولوژی آموزشی ☐ حل و بحث مسائل و موضوعات کتب درسی و سؤالات امتحانی و کنکور
پاسخ به سؤالات و اشکالات معلمان و دانش‌آموزان ☐ معرفی نظرپردازان، دانشمندان، مخترعان، مکتشفان و صاحبنظران هر رشته باتوجه به ارتباط آنها با موضوعات کتب درسی ☐ معرفی معلمان موفق و نمونه از گوشه و کنار کشور و طرح دیدگاههای آنها ☐ برنامه‌ریزی درسی و آموزشی ☐ طرح مسائل جانبی هر رشته (اطلاعات عمومی، داستان، سرگذشت، اخبار، گزارش ...) ☐
طرح مسائل نظام جدید متوسطه ☐ معرفی کتاب و مقاله ☐ مسائل دیگر ... ☐

۹ ـ کیفیت مجله به لحاظ عوامل زیر چگونه است:

ویرایش علمی مقالات و نوشته‌ها مناسب ☐ نسبتاً مناسب ☐ نامناسب ☐
ویرایش ادبی مقالات و نوشته‌ها مناسب ☐ نسبتاً مناسب ☐ نامناسب ☐
استفاده مناسب و کافی از طرح و عکس و تصویر مناسب ☐ نسبتاً مناسب ☐ نامناسب ☐

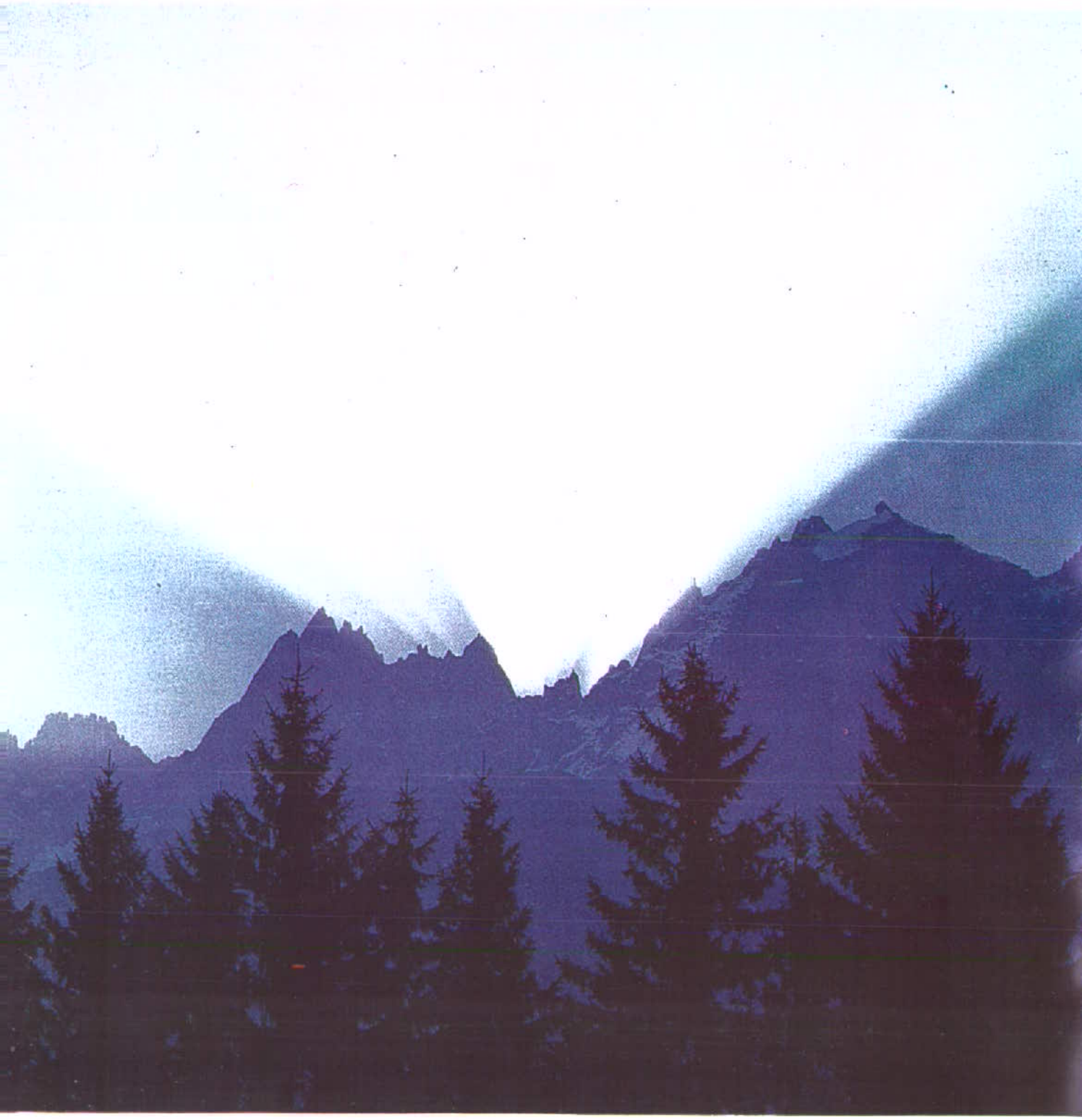
۱۰ ـ آیا لزومی برای انتشار مجله در فصل تابستان احساس می‌کنید و یا انتشار سه شماره در سال راکافی می‌دانید؟

لازم است در تابستان منتشر شود ☐ سه شماره در سال کافی است ☐

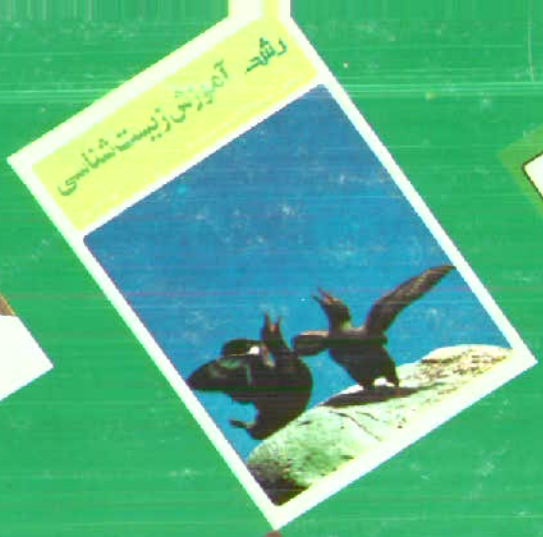
۱۱ ـ در یک ارزشیابی کلی، آیا مجله رشد موردنظرتان، نیاز شما را به یک مجله علمی آموزشی در جهت کمک به امر تدریس و در نتیجه فراگیری بهتر دانش‌آموزان برآورده می‌سازد؟

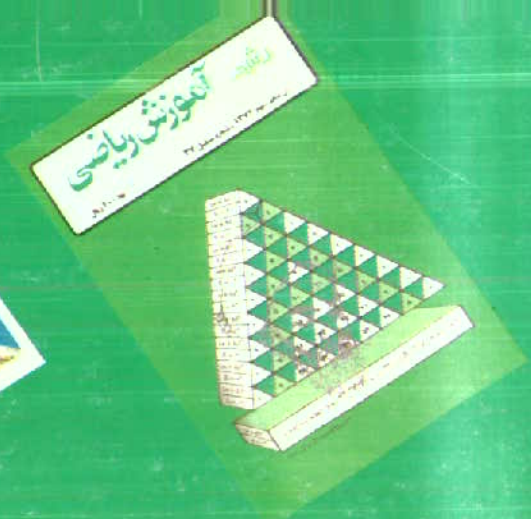
بلی ☐ خیر ☐

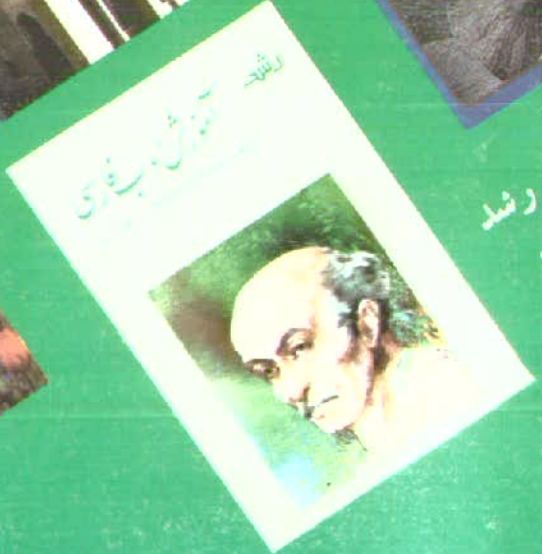
۱۲ ـ هرگونه نظر دیگری دارید مرقوم فرمایید.



انتشار راستخط نور







آیا شما مجلات رشد
مخصوص دبیران
را می‌خوانید؟

مجلات رشد تخصصی

هر سه ماه یکبار، برای استفاده دبیران، دانشجویان رشته‌های مختلف و دانش‌آموزان علاقه‌مند، دبیرستانها از سوی سازمان پژوهش برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش منتشر می‌شود