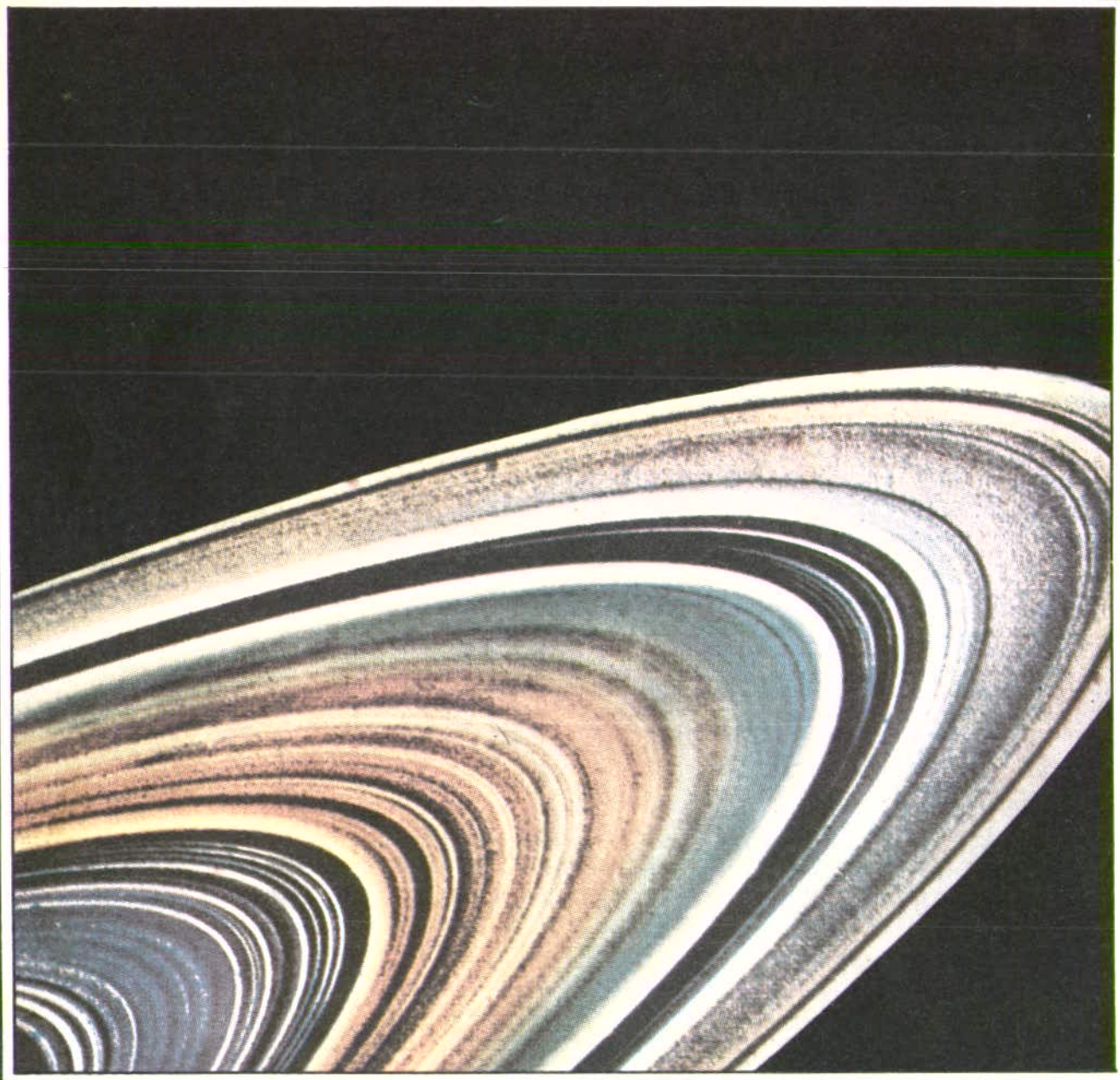
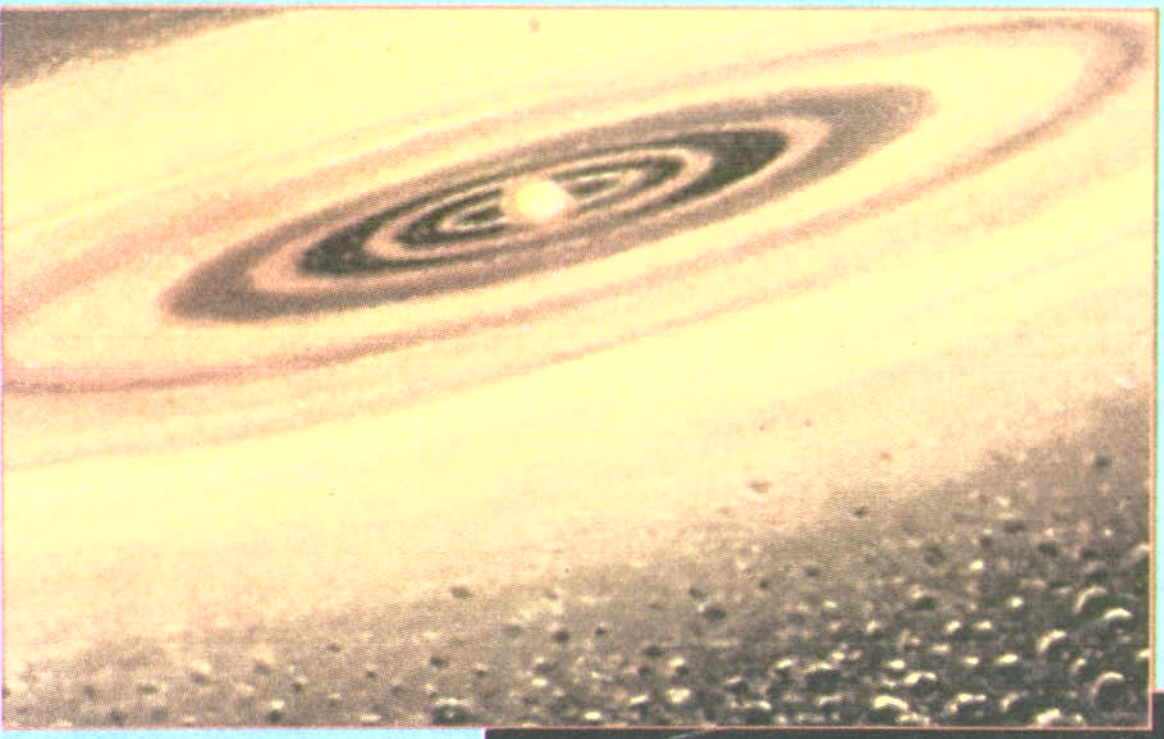
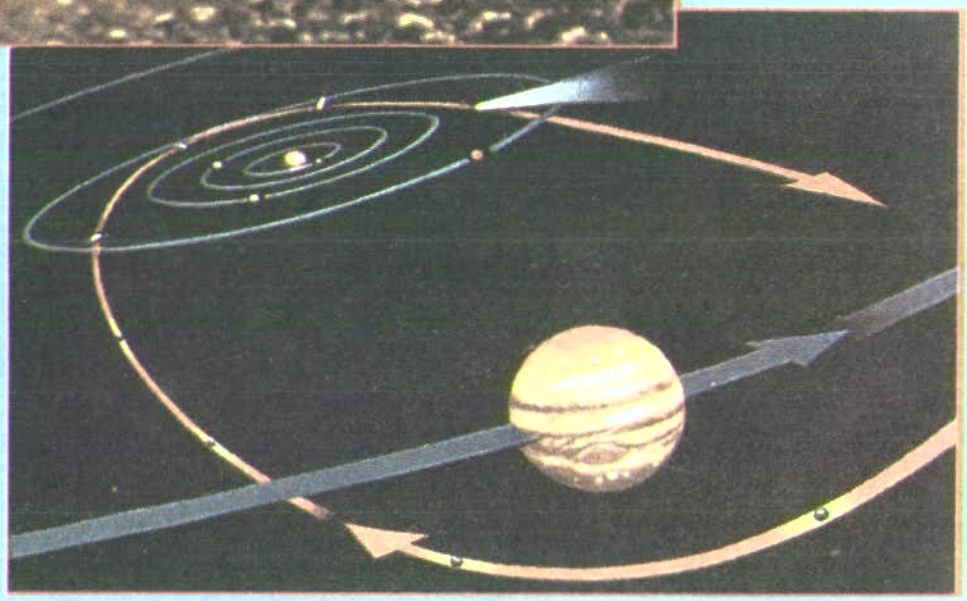
رشد آموزش فیزیک

بها: ۱۰۰ ریال

سال دوم ــ شماره ــ ۱ و ۲ ــ بهار و تابستان ۱۳۶۵ شماره مسلسل ۵



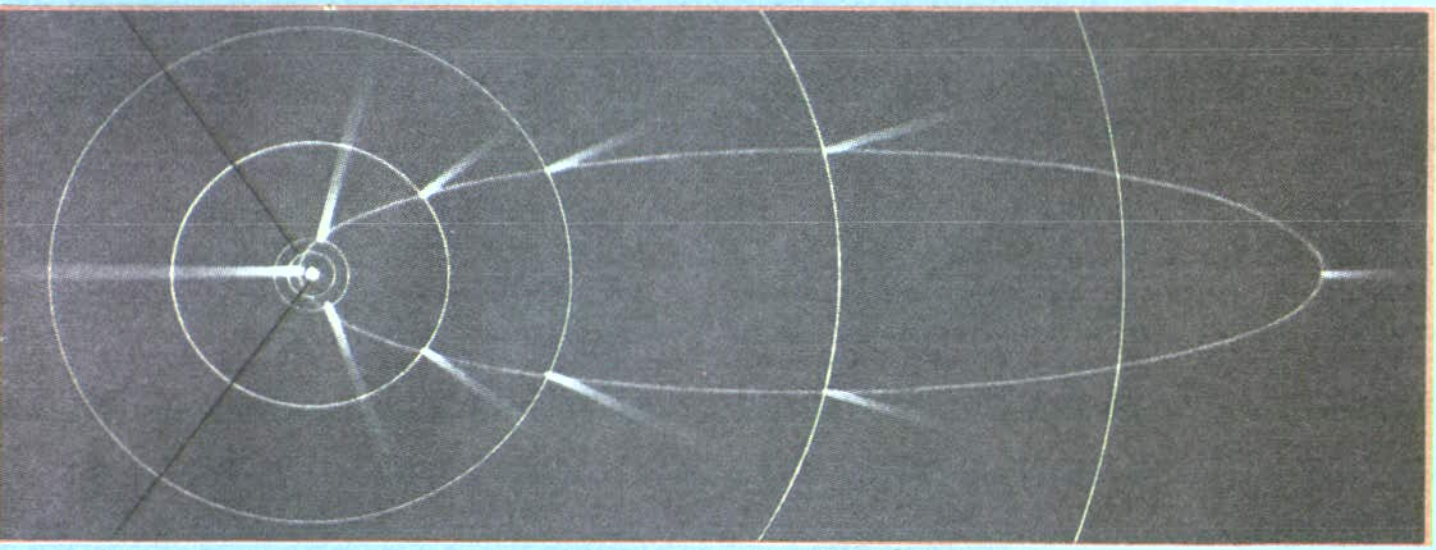




گرانش مشتری سبب گردش
تناوبی ستاره دنباله‌دار هالی
حول خورشید میشود

مدار ستاره دنباله‌دار هالی در منظومه شمسی

مدار زمین



خورشید

رشد آموزش فیزیک

سال دوم ـ شماره ـ ۱ و ۲ ـ بهار و تابستان ۱۳۶۵
نشریه گروه فیزیک دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
نشانی: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ وزارت آموزش و پرورش تلفن ۴ ـ ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۴۳)

سردبیر: اصغر لطفی
تولید: واحد مجلات رشد تخصصی
صفحه‌آرا: علی نجمی

مجله رشد آموزش فیزیک هر سه ماه یک بار به منظور اعتلای دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و آشنایی آنان با شیوه‌های صحیح تدریس فیزیک منتشر می‌شود.

فهرست

پیشگفتار	سردبیر	۳
سرگذشت فیزیک	ابوالقاسم قلمسیاه	۴
ابررساناها	ناصر آزاد	۱۰
لیزر	اکبر حریری	۱۵
آموزش فیزیک	اصغر لطفی	۲۴
فاصله کانونی یک عدسی محدب نازک در آب	احمد توحیدی	۳۲
پاسخ به پرسشها و مسائل جدید کتب چاپ ۶۵	ابولقاسم قلمسیاه	۳۴
سلولهای خورشیدی سیلیکون	احمد کهربائیان	۴۰
اصطکاک در حل مسائل اساسی دینامیک	صیاد رزمکن	۴۶
اولتراسون	ضیا طاهری	۴۷
طبیعت موجی ماده	راماکنت	۵۲
امتحان گزینش دانشجو		۵۴
اخبار علمی و فرهنگی		۶۲
معرفی کتاب		۶۴
نامه‌ها و مقاله‌ها		۶۵

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشگفتار

سپاس فراوان خداوند یکتا را که عمر و توان آن به ما عطا فرمود تا در آغاز دومین سال انتشار نشریه بوسیله این شماره دیگر بار با شما باشیم. آنچه که شماره اخیر را از سایر شماره‌ها متمایز میکند در برداشتن نوشته‌هایی از دانش‌آموزان، دانشجویان و دبیران محترم فیزیک کشور یعنی صاحبان اصلی نشریه است.

امید آنکه این آغاز نیکو در دومین سالگرد انتشار در راهی طی طریق کند که مخاطبین را مفیدتر واقع شود.

پس از انتشار شماره ۴ نشریه و پایان کنفرانس فیزیک ایران در شهریور ماه ۱۳۶۵، نامه‌ها و مقالات بسیاری از شما مخاطبین محترم مجله و شرکت‌کنندگان ارجمند در کنفرانس داشته‌ایم که با توجه به سخنرانی و دعوتی که اینجانب در کنفرانس فیزیک برای همکاری از همگان کردم تألیف و ارسال شده است ، به قولی این سروران به درخواست خالصانه و خادمانه ما لبیک گفته‌اند. خداوند تبارک و تعالی یار و نگهدار تمامی آنان باد که در همه جبهه‌ها دعوت حق را لبیک میگویند.

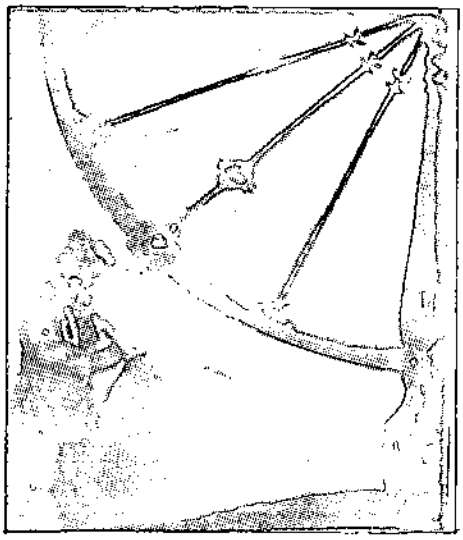
ومن الله التوفیق و علیه التکلان

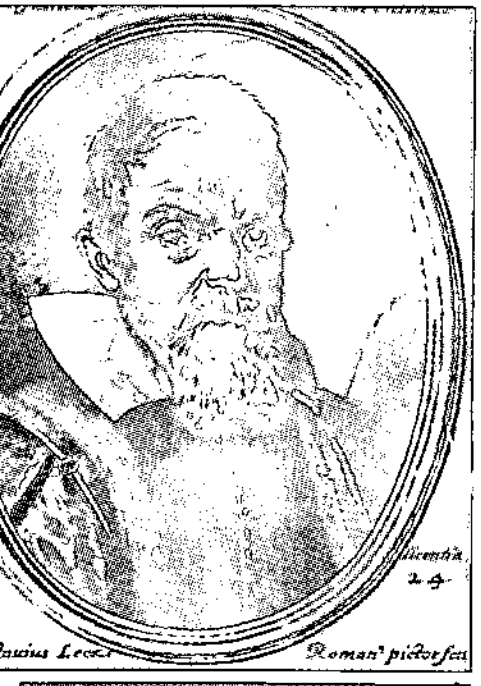
سردبیر

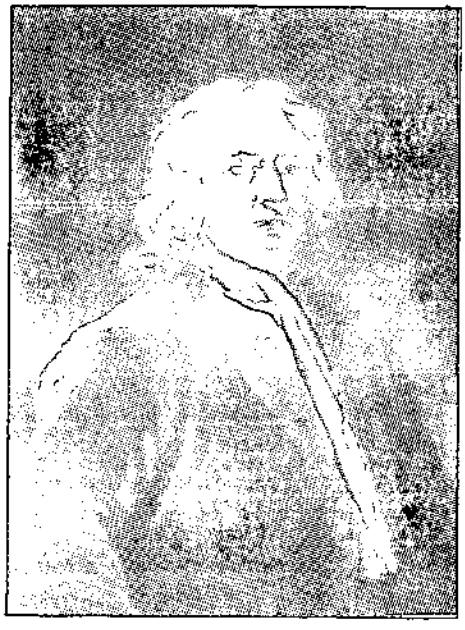
سرگذشت فیزیک

بنیادگذاران دانش فیزیک

گردآوری و اقتباس: ابوالقاسم قلمیاه







ابوریحان محمّدبن احمد بیرونی

متولد سال ۳۵۲ ش در اطراف شهر خوارزم که بیش از ۱۵۰ کتاب نوشته است ۷۰ کتاب در نجوم، ۲۰ کتاب در ریاضی و ۱۸ کتاب ادبی، تاریخ نویس مشهوری است و کارهای او در زمینه جغرافی، فیزیک و زمین‌شناسی است.

نخستین کسی است که در ریاضیات رشته سوم کعب را بطریق بسیار ساده‌ای کشف کرده است. فرضیه قوه جاذبه و حرکت وضعی زمین از کارهای اوست. محاسبه علمی جهت‌یابی قبله را تعیین کرد و اولین کسی است که فکر تصویر برجسته را ارائه کرده است. درباره صید مروارید، ارتباط دریاها، اثرات مهتاب ــ خواص طبیعی گیاهان و آهربا ــ کرویت زمین، سنگ معادن، وزن مخصوص اجسام، آب شیرین و شور و در ادبیات و داروسازی و گیاه‌شناسی تحقیقات ارزنده‌ای را نموده است. نخستین اثر بزرگ بیرونی (آثار الباقیه عن قرون الخالیه) است که از تقویم‌ها ــ دوره‌ها ــ مسائل مهم ریاضی، نجومی هواشناسی و غیره سخن می‌گوید. از کتابهای مهم او قانون مسعودی والتفهیم فی صناعه التنجیم است.

۱ ــ ۱) پیشگامان. تعیین تاریخ دقیق برای پیدایش علم فیزیک دشوار است زیرا اطّلاعات ما درباره پیشینیان بسیار ناقص است، مدارک و اسناد نادر و ناقصند و تعبیر و تفسیر آنها مشکل است. شکی نیست که در مسیر تاریخ طولانی زندگی بشر، افراد نخبه‌ای درباره مسائل طبیعت بتفکّر و تعمّق پرداخته‌اند بدون آنکه نتایج مشاهدات آنان ثبت شود و اکنون در دسترس ما باشد. ولی این پرسش مطرح است که آیا در آن اعصار قدیم این مشاهدات ابتدائی مربوط به فیزیک هم بوده است؟

کلدانیان حساب را اختراع کردند و مشاهدات نجومی جالبی بعمل آوردند. ولی بر ما معلوم نیست که درباره فیزیک، به معنای خاص آن، کاری انجام داده باشند، همینطور مصریان، چینیها در این زمینه اطلاعات بیشتری داشتند ولی متأسفانه تلاشی برای توسعه معلومات خود بعمل نیاوردند، علاوه بر این، روحیه انزواطلبی آنان مدّتها مانع از این شد که اطّلاعاتشان بکشورهای دیگر رسوخ کند. چینیها قطبنما را می‌شناختند. در یک لغتنامه چینی که تاریخ ۱۲۱ سال بعد از میلاد مسیح را دارد از آن بعنوان یک اسباب قدیمی یاد شده است. چینیان قطبنما را در سفرهای دریائی بکار نمی‌بردند بلکه برای عبور از سرزمینهای وسیع خود آنرا مورد استفاده قرار می‌دادند؛ امپراتوران چین درون ارّابه‌های مسافرتی خود مجسمه کوچک متحرّکی داشتند که همواره سوی جنوب را نشان می‌داد، زیرا درون بازوی آن یک آهن‌ربا کار گذاشته شده بود و ساختمان آن جزو اسرار بشمار می‌رفت.

۱ ــ ۲ ــ یونانیان و روشهای آنان. پس از این دوران تردیدآمیز، ناگهان تمدّن با «اعجاز یونانیان» شکوفا شد. یونانیها در بسیاری از زمینه‌ها، از جمله در ادبیات، فلسفه، معماری، هندسه تألیفات قابل توجّهی عرضه کردند و یونان دارالعلم آن زمان شد.

در فیزیک هم آنان خدمات بزرگی بما عرضه داشته‌اند زیرا قوانین و تئوریهای اوّلیه را پایه‌گذاری کرده‌اند. ولی کارهای آنان در فیزیک به پایه کارهای پرارزشی نظیر اشعار حماسی، *ایلیاد*[1]، یا بنای معبد پارتنون[2] و یا هندسه اقلیدس نمی‌رسد. معلومات آنان در فیزیک محدود و تئوریها مبهم بود. در اینجا این پرسش مطرح می‌شود که چرا با آنهمه خلاقیّت و طبع سرشار و کاوشگر، یونانیان در آن دوران طلائی نتوانستند بهتر به قوانین پدیده‌های طبیعی پی ببرند؟

پاسخ اینست که آنان با وجود داشتن روحیه و طبع نسبتاً نافذ برای بررسی پدیده‌های طبیعی، از اهمیت و اعتبار تجربه و لزوم آن غافل بودند و این خلاء مانع شد که دانش فیزیک پیشرفت کند. چون پای‌بند استدلال بودند تسلیم نظریات صوری می‌شدند بدون اینکه توجّه داشته باشند که مشاهدهٔ چند واقعیت منفرد برای وضع یک تئوری کافی نیست.

۱ ــ ۳ ــ مدارس یونانیان. فیزیکدانان یونان قدیم بیشتر به متافیزیک تمایل داشتند. علّت آن شاید این بود که مراکز آموزشی آنان اغلب بصورت مدارس فلسفی بود. نخستین مرکز آموزش در *ایونی*[3] (ناحیه قدیم آسیای صغیر) دایر شد. این ناحیه به علت موقعیت جغرافیائی خود، به دریانوردی و بازرگانی اختصاص داشت و کم‌کم از همین راه، وسیله آشنایی با کلدانیان و مصریان فراهم آمد. این آشنائی و مراوده به ایونیها امکان داد تا بچند مسئله مهم بپردازند. مشهورترین آنان *تالس* (۵۴۸ ــ ۶۴۰ ق.م) بود که یکی از هفت شخصیت متفکر یونان قدیم بشمار می‌رفت. او مدرسه *میلت*[4] را بنا نهاد و در آن مدرسه تمام دانش زمان خود را می‌آموخت. سپس فیثاغورث (قرن ششم ق. م) در *کروتون*[5] مدرسه جدیدی تأسیس کرد که یک مجتمع واقعی علمی بشمار می‌رفت و در آنجا تئوری اعداد تدریس می‌شد. پس از آن مدرسه *آبدر*[6] ایجاد شد و در آن مدرسه بود که *لوسیپ*[7] و *دموکریت*[8] نخستین نظریه اتمی را وضع کردند (قرن پنجم ق. م.). آتن هم بنوبه خود وارد میدان شد و *افلاطون* (۳۴۷ ــ ۴۲۹ ق. م.) که از فلاسفه دلخوشی نداشت در آکادمی خود هندسه و فیزیک تعلیم می‌داد. *ارسطو* (۳۲۲ ــ ۳۸۴ ق. م.) یکی از شاگردان افلاطون بود که با او به رقابت پرداخت و مدرسه لیسه را ایجاد کرد و در آن تقریباً تمام دانستنیهای زمان را تدریس می‌کرد. او به مشاهده بسیار اهمیت می‌داد و خود نیز آزمایشهای کوچکی انجام می‌داد ولی باز هم درگیر با مسائل مبهم متافیزیک بود. پس از مرگ اسکندر و تجزیه امپراتوری وی، فرهنگ *هلنی* پایتخت جدیدی بنام *اسکندریه* پیدا کرد که امپراتوران در آنجا دانشمندان را گرامی می‌داشتند و از آنان حمایت می‌کردند. آثار تمدن در آن شهر تا مدتی دراز بسیار بارز بود. در همین شهر بود که *اقلیدس* (۲۷۰ ــ ۳۳۰ ق. م) پرورش یافت، همچنین در آنجا بود که بزرگترین فیزیکدان آن زمان، یعنی *ارشمیدس* (۲۱۲ ــ ۲۸۷ ق. م) نشو و نما یافت، سپس به *سیراکیوز*، موطن خود، رفت و در آنجا اکتشافات و اختراعات خود را بظهور رسانید. مدرسه *اسکندریه* تا قرن دوم میلادی دوام یافت و بزرگان دیگری مانند *هرون*[9] و *بطلمیوس* را بخود دید. سپس رو به افول گذاشت و با افول آن درخشش دوران طلائی یونان نیز به خاموشی گرائید.

---

۱) Iliade
۲) Parthénon
۳) Ionie
۴) Milet
۵) Crotone
۶) Abdere
۷) Leucippe
۸) Démocrite
۹) Heron

۱ ــ ۴ ــ کارهای یونانیان در فیزیک. علاقه یونانیان به *اُپتیک* مشهودتر بود. ولی نه تنها فیزیکدانان، بلکه هندسه‌دانان و فیلسوفان نیز آنرا مورد مطالعه قرار دادند. هندسه‌دانان نخست انتشار مستقیم‌الخط و باز تابش نور را مطرح کردند. اقلیدس یک کتاب اپتیک نوشت که رویهمرفته جنبه *مناظر و مرایا* (پرسپکتیو) داشت، سپس فلاسفه ماهیت نور را مورد بحث قرار دادند؛ فیثاغورث تصور می‌کرد که دیدن اشیاء یک نوع لمس کردن است و پرتوهائی از چشم ساطع شده و شیئی را لمس می‌کنند. دموکریت و ارسطو بر عکس عقیده داشتند که پرتوهای نور از اشیاء به سوی چشم گسیل می‌شوند. ولی در پاسخ این پرسش که: پس چرا شب در تاریکی اشیاء دیده نمی‌شوند، نخستین فرضیه آنان مبهم و نارسا بود. افلاطون کوشش کرد تا این دو نظر متفاوت را آشتی دهد و رؤیت را نتیجهٔ تلاقی پرتوهای ساطع شده از چشم با پرتوهای گسیل شده از اشیاء می‌پنداشت. با وجود این، اطلاعات اپتیکی یونانیان برای بیان یک نظریه دقیق درباره ماهیت نور محققاً ناکافی بود، زیرا، آنان به استثنای باز تابش نور که با تفصیل بیشتری آنرا مطالعه کردند چیز دیگری بدرستی نمی‌دانستند. شکست نور را می‌شناختند ولی قوانین آنرا نمی‌دانستند. اسباب‌های اپتیکی آنان در آینه‌های فلزی تخت خلاصه می‌شد که آنها را از قلع یا از برنز و مخصوصاً نقره می‌ساختند. در اینجا مناسب است اشاره بداستان معروفی شود: نقل شده است که ارشمیدس در دفاع از سیراکیوز، بوسیله آینه‌های آتشزا کشتیهای رومیان را که در سیراکیوز مستقر شده بودند آتش زد. ولی اولاً باید بدرستی این حکایت اطمینان داشت، ثانیاً اگر درست باشد نمی‌توان ثابت کرد که یونانیان آینه‌های کاو را می‌شناخته‌اند، ممکن است از ترکیب مناسبی از تعداد زیادی آینه تخت استفاده کرده باشد.

آکوستیک بیشتر توسط فیثاغورث مطالعه شد:

حکایت شده است که فیثاغورث به هنگام عبور از جلو یک آهنگری متوجّه شد چکشها که به ترتیب روی سندان می‌خورند فواصل موسیقی کُنت و کوارت و اوکتاو را تولید می‌کنند و بلافاصله شروع به مطالعه فواصل موسیقی کرد و گام موسیقی خسود را طرح‌ریزی و فواصل اصلی را تعیین نمود. آکورد کامل (مطبوع) را پیدا کرد و به وجود آکوردهای نامطبوع پی برد. او حتی می‌خواست این موضوع را پایه عقاید نجومی و فلسفی خود قرار دهد؛ بعقیده او سیارات مختلف در فواصلی قرار دارند که با فواصل اصلی موسیقی مطابقت دارد.

در *الکتریسیته*، اطلاعات یونانیان ابتدائی و مختصر بود. می‌گویند *تالس* کشف کرد که اگر کهربا مالش داده شود اجسام سبک را می‌رباید.

درباره *مغناطیس* هم پیشرفتی نداشتند. قطبنما و آهنربای مصنوعی را نمی‌شناختند. تنها چیزی که از آن اطلاع داشتند آهنربای طبیعی بود که از نوعی سنگ مغناطیسی درست می‌شد و ذرات آهن را جذب می‌کرد. طبق یک افسانه قدیمی، شبانی بنام مگنز که گوسفندان خود را می‌چرانید در مسیر خود به جائی رسید که تهِ کفشها و چوبدستیش که آهن در آنها بکار رفته بود به زمین می‌چسبید و راه رفتن را مشکل می‌کرد. او زمین را حفر کرد و سنگ مغناطیس را پیدا نمود. یونانیان داستانهای اعجاب‌انگیز بسیاری نقل می‌کردند که آمیخته با شگفتیهائی درباره نیروی آهنرباها بود، ولی هیچگونه آزمایشی انجام نمی‌دادند (درباره الکتریسیته هم همینطور) ولی برای توضیح آن پدیده‌ها به بحث می‌پرداختند.

یونانیان برای پی بردن به اساس ساختمان *عالم* نیز تلاش می‌کردند. ایونی‌ها عقیده داشتند که همه چیز از یک عنصر بوجود آمده است و تمام مواد در اثر تبدیلهای مختلف آن پیدا شده است. این عنصر از نظر تالس، آب و از دید *آناگزیمن*[10]، هوا و بنا بر عقیده *هراکلیت*[11] آتش بود. بعدها دریافتند که یک عنصر کافی نیست و *امپدوکل*[12]، چهار عنصر آب و هوا و خاک و آتش را مورد قبول قرار داد و ارسطو این نظر را برای چندین قرن غالب ساخت.

از طرف دیگر لوسیپ و دموکریت ماده را متشکل از ذرات بسیار کوچک تقسیم ناپذیر و خردنشدنی بنام *اُتم* می‌دانستند که اجتماع یا پراکندگی آنها بیانگر چگالی جسم بود؛ اجتماع این اتمها موجد مواد مختلف و درگیر شدن آنها باهم عامل پیدایش خواص فیزیکی متفاوت این مواد بشمار می‌رفت. گرما هم ناشی از اتمهای بسیار متحرکی بود که بطور مداوم از اجسام فرار می‌کردند در اینجا یادآور می‌شویم که بین اتم قرن بیستم و اتمی که در آن زمانهای بسیار قدیم مورد بحث بود وجه تشابه قابل توجّهی وجود ندارد.

مکانیک به سبب وجود نابغه‌ای مانند ارشمیدس، که برخلاف همعصران خود از روش تجربی استفاده می‌کرد به پیشرفتهای شایانی منجر شد. او قانون تعادل اهرمها را پیدا کرد، و برای پراهمیت جلوه دادن آن، جمله مشهور «نقطه اتکائی بمن بدهید من جهان را بحرکت درخواهم آورد» را بیان کرد. ارشمیدس از قانون اهرمها تئوری گرانیگاه را بیرون کشید و توانست جای مرکزثقل را در چند مورد خاص تعیین کند. بنابراین او پایه‌گذار *استاتیک* است. ارشمیدس هیدروستاتیک (ایستشناسی مایعات) را با کشف نیروی رانش، که بنام خود او معروف است، پایه‌گذاری کرد. جمله فاتحانه او «Eurêka»

(یافتم) بهنگام خروج از آب خزانه حمّام که در آنجا این نیرو را کشف کرد مشهور است. او صاحب اختراعات بسیار دیگری از جمله قرقره، پیچ ارشمیدس، پیچ بی‌انتها، چگالی‌سنج (آرئومتر) است. در دفاع از سیراکیوز که در محاصرهٔ دریائی رومیان بود ماشینها و اسبابهای بسیار هوشمندانه‌ای اختراع کرد که در بتاخیر انداختن فتح آن مؤثر بودند، ولی نتوانست کلاً جلوگیری کند و هنگام تصرف شهر بدست سربازی کشته شد.

بعد از ارشمیدس، یونان باز هم چند مکانیسین قابل پیدا کرد که می‌توان از دوتای آنان نام برد: کته سیبیوس[13] که پمپ مکنده را اختراع کرد و ساعت آبی را تکمیل نمود، و هرون که فرقره آبی را اختراع کرد، یعنی فرقره کوچکی که نخستین بار از نیروی محرکه بخار آب برای چرخاندن آن استفاده شد؛ ولی این اسباب، بازیچه‌ای بیش نبود.

خلاصه آنکه، دوران طلائی یونان برای فیزیک یک شروع افتخارآمیز داشت: تعدادی از شاخه‌های این دانش برای نخستین بار پایه‌گذاری شد. ولی بسیاری از قوانین و تئوریهای وضع شده مبهم، سطحی یا غلط بودند و پیشرفت این دانش به نسلهای بعد از آنان موکول شد.

۱ ــ ۵ ــ رومیها. رومیها پس از اطمینان یافتن از تسلّط نظامی خود، کوشش کردند تا فرهنگ یونانیان را گردآوری کنند. ولی بیشتر به کاربرد و موارد استعمال فوری علوم توجّه داشتند نه به بحثهای طولانی و بیفایده. در نتیجه ریشه علم در میان آنان قوّت نگرفت بطوری که در میان رومیها ریاضیدان، فیزیکدان، نجوم‌دان قابل پای نگرفت. توجّه آنان بیشتر به تکنیک بود وتنها تالیفی که اندکی به فیزیک نزدیک است دایرة المعارف (انسیکلوپدی) تکنیک می‌باشد که توسط ویتروو[14] نوشته شده است. در این کتاب اصولاً درباره معماری زیاد بحث شده است و از موارد کاربرد فیزیک در تکنیک هم اطلاعات آن دوره گردآوری شده است. ولی در دانش فیزیک، رومیان پیشرفتی که قابل ذکر باشد نکردند.

نویسندگانی که حتی اندک به فیزیک راغب باشند بسیار نادرند، مثلاً لوکرس[15] درباره جهان سیستمی را وضع کرده بود که در آن اتمها حکومت می‌کردند ولی متاسفانه فقط یک رشته قضاوتهای بی‌مایه بود سنیک[16] رنگین کمان را تصویر دراز شده خورشید می‌دانست که از روی ابر توگود و مرطوب منعکس می‌شود.

۱ ــ ۶ ــ نقش مسلمانان. پس از رحلت رسول اکرم (ص) صد سال طول کشید تا اعراب مسلمان بر تمام کشورهای افریقائی ساحل

ابن هنیم

دریای مدیترانه و اسپانیا و کشورهای آسیائی تا هند تسلط یافته و دین مبین اسلام را اشاعه دادند. کم‌کم در تماس با مردم این کشورها که اغلب صاحب تمدّن و فرهنگ قدیمی بودند، دراثر علاقه شدیدی که به آموختن فرهنگ آنان داشتند شروع به ترجمه آثارشان بزبان عربی کردند و مخصوصاً به علوم و فنون زمان روی‌آور شدند. کتابخانه‌ها و دانشگاههای متعددی در شهرهای مختلف قلمرو اسلامی بنا کردند و بدین ترتیب مشعل علم بدست مسلمانان افتاد. مسلمانان نه تنها گنجینه‌های علمی دنیای کهن را از خطر نابودی نجات دادند بلکه مقدار زیادی بر ذخایر آنها نیز افزودند.

از قرن دوم تا قرن پنجم هجری (مقارن قرنهای هشتم تا یازدهم میلادی) دانشمندان زیادی در اغلب رشته‌های علمی مانند پزشکی، نجوم، ریاضیات، کیمیا (شیمی) و غیره در کشورهای اسلامی از جمله کشور خودمان به تحقیق و تتبع پرداختند. در فیزیک روی نور بیشتر تکیه می‌شد و بزرگترین فیزیکدان دنیای اسلام در آن زمان حسن بن هیثم (۴۱۸ ــ ۳۴۴ هجری شمسی / ۱۰۳۹ ــ ۹۶۵ م) معروف به *الحازن*[17] (در نزد اروپائیان) است که کتاب مفصّل او در اپتیک به نام «*المناظر*» مشهور است. این کتاب که در اصل به زبان عربی است به لاتینی و زبانهای دیگر اروپائی ترجمه شده و مورد استفاده محققان اروپائی از جمله کپلر بوده است. مؤلّف در این کتاب درباره بازتابش و شکست نور به تحقیق پرداخته است و تصویر در آینه‌های کروی را

ابوعلی حسن ابن هیثم

متولد سال ۳۴۴ شمسی در بصره که در سال ۴۱۸ ش در قاهره درگذشت. بزرگترین فیزیکدان و محقق مبحث نور بود که برای اولین بار طریقه و روش بکار بردن عدسی و اصول بزرگنمایی و آینه‌های کروی و شلجمی را ۶۰۰ سال قبل از لیبهرشی کشف کرد و ابداع کننده علم پرسپکتیو (المناظر و المرایا) بود. دارای شخصیت علمی جهانی است و بهمین مناسبت نام «الحازن» که تبدیل شده لاتینی نام (الحسن) است بر قسمتی از کره ماه به عنوان قدرشناسی از کارهای علمی این دانشمند نهاده شده است. کپلر دانشمند معروف نجومی در کتاب مناظر خود از افکار ابن هیثم استفاده زیادی نموده و سایر دانشمندان فیزیک اروپا معترفند که معلوماتی درباره فیزیک نور را از حسن ابن هیثم گرفته‌اند هر کداه از عناوین فصول کتاب او عنوان کتاب مهمی در علم مناظر و مرایا و پرسپکتیو و فیزیک نور و عدسی است.□

مورد بحث قرار داده و برای نخستین بار توصیف درستی از ساختمان چشم و محیطهای متوالی و غشاهای متعدد آن بدست داده است ولی عضو اساسی رؤیت را عدسی چشم می‌دانسته و از نقش شبکیه غافل مانده است. درباره جراثقال و صوت نیز مسلمانان اطلاعاتی داشته‌اند و یک گام موسیقی به فارابی نسبت داده می‌شود.

۱ ــ ۷ قرن وسطی. در دوره‌ای که مسلمانان در اوج بسر رساندن فرهنگ و معارف اسلامی و علمی خود بودند پیشرفت علم در اروپا کاملاً متوقف مانده بود. این بعید نیست، زیرا چنانکه گفتیم تمدّن رومیان بیشتر جنبه عملی داشت و برای پیشرفت علم قدمی از طرف آنان برداشته نشد. علاوه بر این استقرار اقوام بربر مانند فرانکها، ویزیگوتها[۱۸]، بورگندها[۱۹] در اروپا که نسبت به ایتیک و مغناطیس و غیره بی‌تفاوت بودند به این رکود کمک کرد. قرنها لازم بود تا این اقوام مستقر و متمدن شوند و طبع علمی پیدا کنند.

در قرن دهم میلادی (مقارن قرن چهارم هـ. ش.) علم دوباره در اروپا جای پائی پیدا کرد. جوانان فرانسوی و آلمانی و انگلیسی و غیره به دانشگاههای مسلمین که در شهرهای *اشبلیه* (سویل[۲۰]) و *طلیطله* (تولد)[۲۱] و *قرطبه* (کوردو)[۲۲] واقع در کشور اندلس (اسپانیای امروز) دایر و مراکز فرهنگی بزرگی شده بودند روی می‌آوردند و هنگام بازگشت به کشور خود مطالب مفیدی را که آموخته بودند اشاعه می‌دادند و یا بنوبه خود مکاتب و مدارس جدیدی تاسیس می‌کردند و گاهی دست به آزمایش می‌زدند. بدیهی است یک قوم بربر نمی‌توانست در مدت کوتاهی تبدیل به یک ملّت دانشمند شود و دانش فیزیک هم بالتبع برای مدت طولانی دیگری درجا زد.

در اوایل قرن سیزدهم میلادی، فیزیک در مسیر توسعه و پیشرفت قرار گرفت. زیرا اولاً در اروپا چند حکومت بوجود آمد که از دانشمندان حمایت می‌کردند. ثانیاً دانشگاههائی تاسیس شد، از جمله در ۱۲۰۰ / ۵۷۹ نخست *دانشگاه پاریس* که به سرعت شکوفا شد، سپس دانشگاه *مُن پلیه*[۲۳] در فرانسه *واکسفورد* و *کمبریج* در انگلستان و *ناپل* و *بولونی*[۲۴] و *پادو*[۲۵] در ایتالیا و *سالامانک*[۲۶] در اسپانیا و در قرن چهاردهم نیز دانشگاههای *پراگ*، *وین* و *هیدلبرگ*[۲۷] و غیره.

در این دوره به نام چند متفکر برخورد می‌کنیم که بطورکلی تمام علوم زمان را تحصیل و دایرةالمعارفهای مفصّلی تالیف کرده‌اند. از جمله *آلبرتوس کبیر*[۲۸] (۶۵۹ ــ ۵۷۲ / ۱۲۸۰ ــ ۱۱۹۳)، راهبی اهل بایر (آلمان) که «ارسطوی جدیدی» بشمار می‌رفت، او در واقع عقاید ارسطو را کلمه به کلمه استنساخ کرده و در بعضی موارد تبصره‌هائی برآنها افزوده است. نتیجه آنکه دانش فیزیک که ارشمیدس به آن اعتباری داده بود به مرحله‌ای پست‌تر از فیزیک ارسطو سقوط کرد. مثلاً دایرة المعارف آلبرتوس کبیر مجموعه‌ای از نوشته‌های ناپخته و نسنجیده پیشینیان بود که یک سلسله احادیث و مهملات کودکانه از اینجا و آنجا جمع آوری و به آنها اضافه شده بود. در اینجا شایسته است از متفکر دیگری که از اینگونه مهملات تا اندازه‌ای بری بود نام ببریم و او *راجربیکن*[۲۹] انگلیسی (۶۷۳ ــ ۵۹۳ / ۱۲۹۴ ــ ۱۲۱۴) است. وی کانون آینه مقعر را پیدا کرد، ساختن آینه‌های شلجمی شکل را تعلیم داد، اساس کار اتاق تاریک را کشف کرد (متدّنها تصور می‌کردند که اختراع *لئوناردوداوینچی* است)، مکانیسم رؤیت را مورد مطالعه قرار داد، و به فلسفه و کیمیا نیز پرداخت. که در فلسفه چهره سرشناس جهانی است. بیکن درباره تشکیل رنگین‌کمان نیز نظریه‌ای دارد که بعد از وی *تئودریک*[۳۰] راهب آلمانی نظریه او را تکمیل کرد (۶۹۰ / ۱۳۱۱) و برای نخستین بار شرح کافی درباره علّت تشکیل آن داد و نقش قطره‌های معلق باران را در هوا در تشکیل این پدیده بیان کرد؛ همچنین از متفکر دیگری بنام *نیکولا س‌دل کوزا*[۳۱]، کاردینال ایتالیائی یاد می‌کنیم که از چگالی هوا صحبت کرده و عمق سنج[۳۲] را اختراع نمود. این اسباب یکنوع سوند بود که بوسیله آن به سرعت عمق آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها را برآورد می‌کردند.

ناگفته نماند که در این دوران صنعتگران متعددی بودند که در جهت پیشبرد فنّ، کار می‌کردند: در این عصر بود که *آینه‌های قلعه‌اندود* را اختراع کردند، شهرهای بزرگ را با *ساعتهایی* که در ساختمانها کار گذارده می‌شد، تزئین نمودند (اختراع قرن چهاردهم میلادی)، عینک را اختراع کردند که پیش از آنکه روی بینی تثبیت شود به کلاه یا روسری بسته می‌شد (اواخر قرن سیزدهم).

قطبنما بدون شک در قرن دوازدهم میلادی به اروپا رسید ولی، در قرن چهاردهم شکل و وضع کاملاً عملی بخود گرفت و این کار مدیون *فلاویو جیوجا*[۳۳] دریانورد ایتالیایی است در قرن پانزدهم که اکتشافات دریانوردی آغاز شد پدیده *انحراف مغناطیسی* و تغییرات آن برحسب موقعیت جغرافیایی کشف گردید.

اختراع مهم این دوره صنعت چاپ است که در آغاز قرن پانزدهم میلادی صورت گرفت و در پیشرفت و توسعه علوم از جمله دانش فیزیک بسیار مؤثر بود.

۱ ــ ۸ ــ رونسانس (دوره تجدد ادبی و هنری). دوره رونسانس با آنهمه غنایی که در بسیاری از رشته‌ها مانند ادبیات، مجسمه‌سازی، نقاشی داشت در فیزیک فقیر بود و کشف یا اختراع بزرگی در آن صورت نگرفت. انقلاب علمی مخصوصاً شامل ریاضیات،

نجوم و آناتومی شد. فیزیک فقط به این راضی شد که بکندی پیشرفت کند. فیزیک در استانه پیشرفت بزرگی بود ولی هنوز می‌بایست چند سال انتظار کشیده شود.

در اوایل این دوره *لئوناردو داوینچی*[۳۴] (۸۹۸ ــ ۸۳۱ / ۱۵۱۹ ــ ۱۴۵۲) نقاش معروف و چهره سرشناس جهان، خاصیت مویینگی را کشف کرد، مقاومت هوا را مورد نظر قرار داد، اهرمها و سطح شیب‌دار را مطالعه کرد، نیروسنج را اختراع کرد، به صفحه‌های مرتعش توجه کرد، در تکمیل تئوری رؤیت کوشید، حتی طرح یک ماشین پرنده را ریخت که شبیه به یکنوع هلیکوپتر مجهز به ملخ مارپیچی بود. یک بیلان زیبا برای کسی که متخصص نقاشی است!

پس از لئوناردو داوینچی، اپتیک مورد مطالعه بیشتری قرار گرفت. مورولیکوس[۳۵] از اهالی سیسیل (۹۵۴ ــ ۸۷۳ / ۱۵۷۵ ــ ۱۴۹۴) به نقش عدسی چشم پی برد و آنرا در حکم یک عدسی ساده دانست نه عامل اصلی رؤیت، و نزدیک‌بینی و پیرچشمی را تقریباً شرح داد و عینکهای اصلاحی آنها را بررسی کرد. یک محقق ایتالیائی دیگر بنام پورتا[۳۶] (۹۹۴ ــ ۹۲۰ / ۱۶۱۵ ــ ۱۵۴۱) دایرة‌المعارف مفصلی نوشت و نام آنرا Magia naturalis (افسون طبیعت) گذاشت. در این کتاب او خواص بسیار متنوعی را متذکر شده و حتی یکنوع دماسنج ابتدایی را شرح داده است. اغلب مطالب کتاب حاشیه‌روی در موضوعهای مهمل و غیرعلمی مانند تشخیص بکارت یک دختر توسط آهن‌باست!

در این دوره مکانیک پیشرفت بسیار کمی داشت: تارتاگلیا[۳۷] ریاضیدان ایتالیایی کیفیت هندسی مسیر پرتابه‌ها را بررسی کرد و در آن چندان موفق نبود. رقیب او کاردان[۳۸] اهمیت مقاومت هوا را گوشزد کرد و کماندینو[۳۹] تحقیقاتی روی گرانیگاه اجسام انجام داد در باره مغناطیس، نقشه‌هایی رسم شد که میزان انحراف مغناطیسی را در نقاط مختلف سطح کره زمین بدست می‌دادند. زاویه میل مغناطیسی توسط یک محقق انگلیسی بنام نورمَن[۴۰] بوسیله یک قطب‌نمای میل‌یاب، که خود آنرا اختراع کرد (۱۵۷۶/۹۵۵) مورد بررسی قرار گرفت. در سال ۱۶۰۰/۹۷۹، ویلیام گیلبرت[۴۱] (۹۸۲ ــ ۹۱۹/ ۱۶۰۳ ــ ۱۵۴۰) دانشمند انگلیسی، کتاب مهم خود بنام ماگنت[۴۲] را منتشر کرد. او نخستین کسی است که زمین را با یک آهنربای عظیم مقایسه کرد. وی پاره‌ای از خواص ربایش و رانش الکتریکی را که بعد از تالس هیچگونه پیشرفتی نکرده بود مورد بررسی قرار داد.

خلاصه آنکه، رونسانس عامل چندان مؤثری در بارور شدن دانش فیزیک نبود و بایدبگوئیم که در ۱۶۰۰/۹۷۹، فیزیک هنوز در مرحله طفولیت بود. دنباله دارد.

خوانندگان گرامی برای اطلاع مبسوطتر می‌توانند به منابع زیر مراجعه فرمایند:

(۱

Pierre GuayDier, Histoire de la physique,

Presses universitaures de France, 1959,

(از مجموعه que Sais - je)

(۲

Brown, H., Science and the Creative Spurit

University of Toronto press, Toronto, 1958

(۳

Sarton, G., Ahistory of science: Ancient science

Through the Golden Age of Greece, Wiley, New York, 1964.

۴) تاریخ علوم، تألیف پی‌یر روسو، ترجمه حسن صفاری

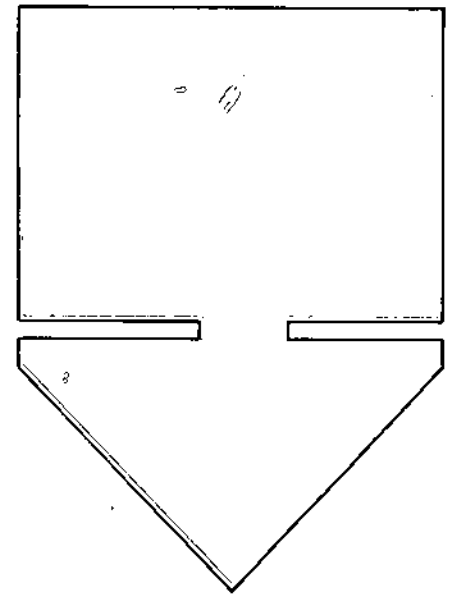
۵) تمدن اسلام و عرب، تألیف گوستاو لوبون ترجمه سید محمدتقی فخر داعی گیلانی.

---

۱۰) Anaximene
۱۱) Heraclite
۱۲) Empedocle
۱۳) Ctesibius
۱۴) Victruve
۱۵) LDcreee
۱۶) Ceneque
۱۷) Alhazen
۱۸) Wisigoth
۱۹) Burgonde
۲۰) Seville
۲۱) Tolide
۲۲) Cordaue
۲۳) Montpellier
۲۴) Bologne
۲۵) Podoue
۲۶) Salamanque
۲۷) Heidelberg
۲۸) Albertus
۲۹) Roger Bacon
۳۰) Theodoric
۳۱) Nicolas del Cusa (۱۴۰۱ ــ ۱۴۶۴)
۳۲) Bathomerer
۳۳) Flavio Gioja
۳۴) Leonard De Vinci
۳۵) Maurolycus
۳۶) Porta
۳۷) Tartaglia
۳۸) Cordan
۳۹) Commandino
۴۰)Norman
۴۱) W. Gilbert
۴۲) Magnete

ابررساناها[1] شگفت انگیزند

نوشته: پیر بارون ترجمه: فرامرز ناصر آزاد



پدیده ابررسانائی، پیش از پیش در تکنولوژی تصویرسازی پزشکی با تشدید مغناطیسی هسته‌ای، بکار می‌رود.

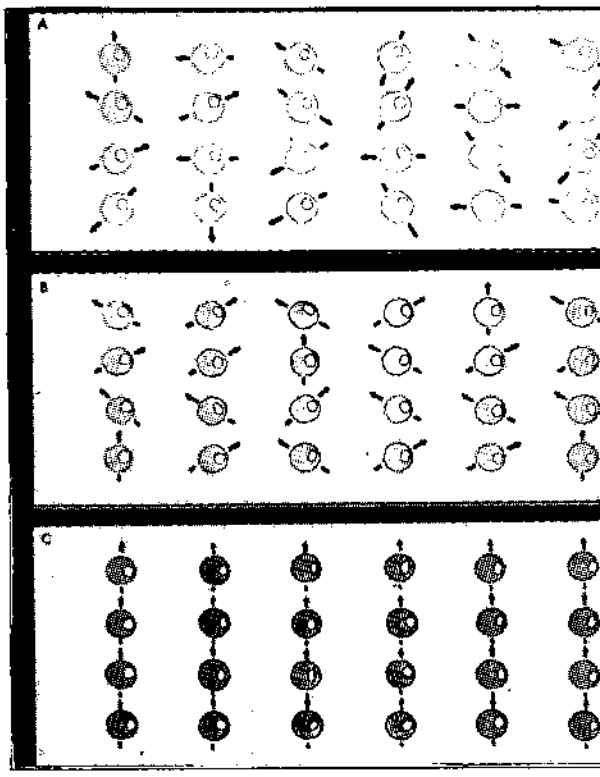
بعضی مواد، در دماهای بسیار پایین، الکتریسیته را بدون افت قابل ملاحظه، هدایت می‌کنند. این پدیده را ابر رسانایی می‌نامند. دانشمندان تصور می‌کردند که به مکانیسم میکروسکپی این پدیدهٔ شگفت‌انگیز پی برده‌اند، اما کشف آلیاژهای فلزی جدید که رفتاری پیش‌بینی نشده ابراز می‌دارند مفاهیم تئوریکی موجود را دگرگون می‌سازد.

اگر شما دستگاه صوتی خود را روشن کنید از ۱۰۰ وات برقی که دستگاه شما دریافت می‌کند، تنها ۲ الی ۳ وات، و در مناسبترین وضعیت باندازه ۵ وات آن به صوت تبدیل می‌شود. اغلب دستگاههای برقی به همین گونه، مقدار زیادی انرژی تلف می‌کنند. بنابراین کارآیی دستگاههای برقی، یعنی نسبت کار خروجی به کل انرژی مصرف شده، مقداری ناچیز است. بازده کم یا افت انرژی قابل ملاحظه این گونه دستگاهها، ناشی از مقاومت مواد در مقابل عبور جریان الکتریسیته است و بدین علت گرم می‌شوند. این پدیده، با نام اثر ژول، هنگام استفاده از الکتریسیته برای گرم کردن و روشنائی، مثلاً در مورد اتو برقی و لامپ روشنایی بسیار مفید است. اما، این گرم کردن در اکثرموارد موجب اتلاف و افت انرژی است. بدینسان حدود ۳۰٪ از الکتریسیته حین توزیع از بین می‌رود. آیا این ضایعه اجتناب‌ناپذیر است؟ متأسفانه پاسخ این پرسش هنوز مثبت است. معهذا یک پدیده فیزیکی وجود دارد که با آن می‌توان جریان الکتریکی را در پاره‌ای مواد و در برخی شرایط بدون افت عبور داد. این پدیده را ابر رسانائی (مافوق هدایت) می‌نامند. ابر رسانائی چیست؟ بعضی مواد در دمای پائین مقاومت الکتریکی خود را از دست داده و جریان الکتریکی را بدون افت عبور می‌دهند. با یاری پدیده ابر رسانایی می‌توان تصور و رؤیای خطوط فشار قوی بدون افت، سیم پیچ‌های عظیم ابر رسانا که در آنها الکتریسیته با بازده کامل ذخیره شود و آلترناتو رهایی را که گرم نمی‌کنند، به ذهن آورد.

پیشرفت کُند پژوهشهای مربوط به پدیده ابر رسانایی، موجب ایجاد مانع بزرگی در تحقق این رؤیا سه واقعیت گشته است. پژوهشگران اخیراً به مواد ابر رسانای جدیدی دست یافته‌اند که از خواص فیزیکی غیرعادی برخوردارند. به منظور درک وسعت تحقیقات باید نظری مجمل به تاریخ پرفراز و نشیب این پدیده بیافکنیم. به سال ۱۹۱۱، فیزیکدان هلندی اونس[1] به این کشف نائل آمد: رشته‌ای از جیوه که به دمای نزدیک صفر مطلق (صفر کلوین یا ۲۷۳ ــ درجه سانتیگراد) برده شود به طور ناگهانی تمام مقاومت الکتریکی خود را از دست می‌دهد. سپس تحول مشابهی برای سرب در ۷/۲ کلوین (در حدود ۲۶۶ ــ درجه سانتیگراد) و برای قلع در ۳/۷ کلوین (در حدود ۲۷۰ ــ درجه سانتیگراد) مشاهده گردید. به منظور دستیابی به این دماهای بسیار پائین، باید این عناصر را در هلیوم مایع که نقطه جوش آن ۴/۲ کلوین (۳۶۸/۲ ــ درجه سانتیگراد) است غوطه‌ور کرد. بدینسان عناصری از قبیل سرب، جیوه، نیوبیوم و قلع که در دماهای محیط دارای مقاومت قابل ملاحظه‌ای هستند، در دماهای بسیار پائین به هادیهای خوبی تبدیل می‌شوند.

دو سال بعد به سال ۱۹۱۳ اونس مساعی خود را متوجه کاربرد این کشف در ساختن یک نوع آهنربای الکتریکی کرد. اونس برای این منظور یک سولنوئید یا به عبارت دیگر یک سیم پیچ ساخت. سیم پیچ شامل ۱۰۰۰ دور سیم سربی بود. مبتنی بر این کشف اولین، سولنوئید برای مقادیر ضعیف الکتریکی ابر

۱ــ (supraconductivite)



● ـ الکترونهای آزاد که در شبکه بلورین یک فلز حرکت می‌کنند. در صورت عدم حضور میدان مغناطیسی، دارای حرکت آماری‌اند. آنها با یک حرکت دورانی نیز بنام اسپین بدور خود می‌چرخند. جهت اسپین با دمای میدان مغناطیسی تغییر می‌کند.

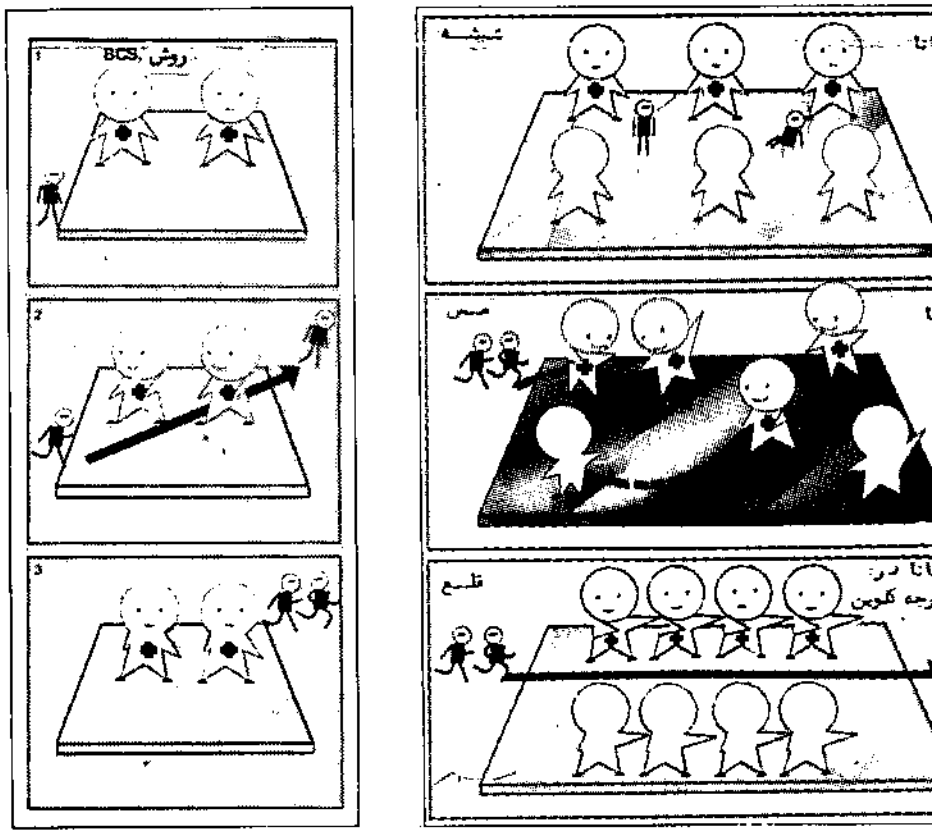
الف: عدم حضور میدان مغناطیسی، جهت نسبتاً نامنظم. ب: جهت نسبتاً منظم. پ: جهت منظم.

رسانا است، اما به محض افزایش مختصر شدت میدان مغناطیسی، سرب مقاوم می‌گردد. از طرفی بطوریکه قبلاً دیدیم، یک دمای بحرانی وجود دارد که بالاتر از آن جسم ابر رسانایی خود را از دست می‌دهد و نیز یک مقدار بحرانی برای میدان مغناطیسی وجود دارد که ورای آن فلزات خالص ابر رسانا، به حالت مقاوم باز می‌گردند.

بنابراین پدیده ابر رسانائی تنها در گردهمائی شرایط دقیق میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و دما موجودیت می‌یابد. به محض فقدان یکی از شرایط مزبور، جسم به وضعیت عادی الکتریکی باز می‌گردد.

ابر رسانائی، با وجود پیشرفتهائی که کسب کرد، به شکل شگفت‌آوری مدت مدیدی را بدون شرح و بسط تئوریکی بسر برد. پدیده ابررسانائی، ملاحظه می‌گردید، اصلاح می‌شد، مورد استفاده قرار می‌گرفت و شرایط و موجودیت آن شناخته شده بود، امّا هنوز به علت میکروسکوپی آن پی برده نشده بود. تا اینکه به سال ۱۹۵۷ سه فیزیکدان آمریکائی، جان باردین (John Bardeen) لئون کوپر (Leoncooper) و جان شریفر (John Schrieffer) (برندگان جایزه نوبل در فیزیک ۱۹۷۲)، با فرضیه BCS که حروف اول نام آنها را با خود دارد، به شرح این پدیده پُر رمز و راز پرداختند.

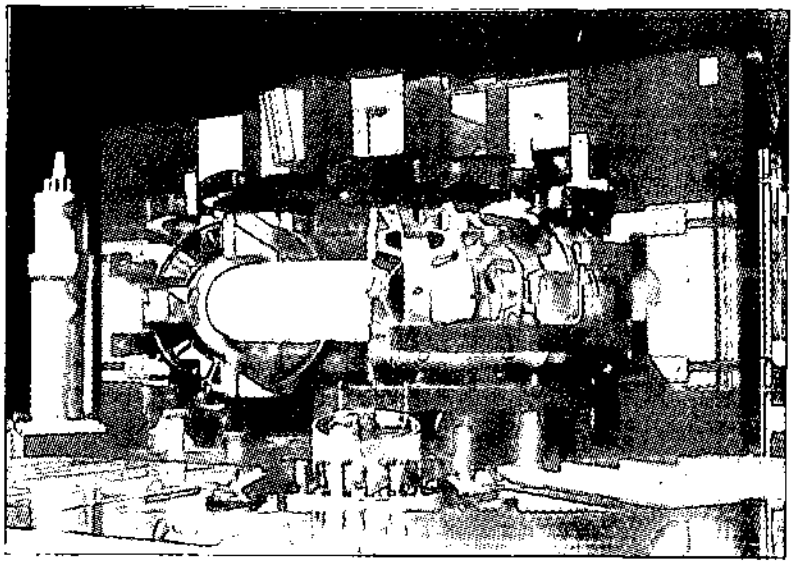
اتم در حال عادی از لحاظ الکتریکی خنثی است، زیرا دارای تعداد برابری بار مثبت پروتون در هسته و بار منفی الکترون در پیرامون هسته می‌باشد. اگر اتم، الکترون از دست بدهد، دیگر خنثی نخواهد بود. چنین حالتی در اجسام رسانا وجود دارد که در صورت اعمال پتانسیل، الکترونها جریان الکتریکی تولید می‌کنند. در فلزات، الکترونهای پیرامونی سیارند. بنابراین تعداد کمتری بار منفی نسبت به تعداد بار مثبت، به صورت موضعی وجود دارد، و اتم یک یون مثبت می‌شود. بدینسان الکترونهای جریان، در



● تصویر چپ ـ تصویر ساده‌سازی شدهٔ مکانیسم ابررسانائی. اولین الکترون به دو اتمی که دارای یون مثبت شده‌اند نزدیک می‌شود (۱)، این الکترون با بار منفی، ضمن عبور در مسیرش، اتمهای یونیزه شده را می‌کشد و آنها را به یکدیگر نزدیک می‌کند. نزدیک شدن دو اتم موجب افزایش بار مثبت شده و الکترون دوم را قویتر جذب می‌کنند[۲]. الکترون دوم، به الکترون اول می‌پیوندند مانند آنکه یکی از آنها دیگری را بطرف خود می‌کشد (۳).

با این فرایند کوانتائی تشکیل زوجهای الکترونی است که مقاومت الکتریکی از بین می‌رود.

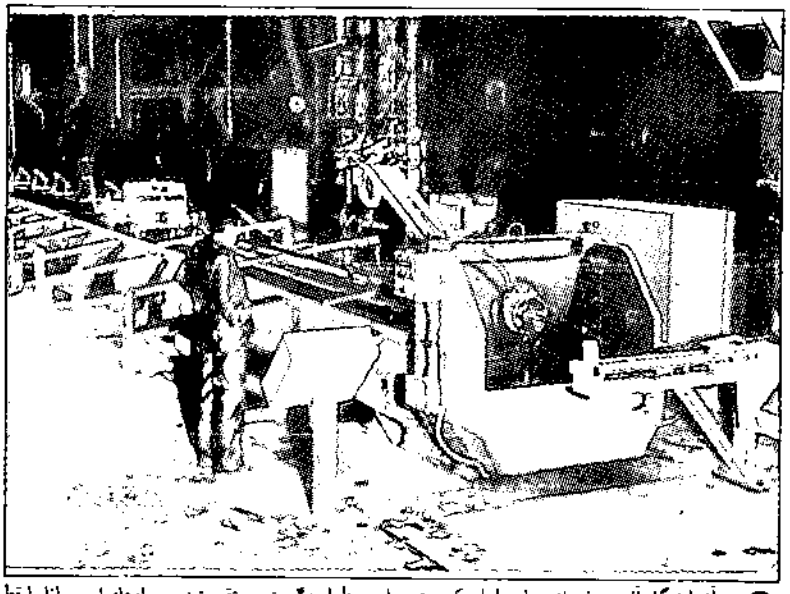
● تصویر راست ـ رفتار الکترونها (به رنگ سیاه) در جسم عایق، در رسانای مقاوم و در یک ابررسانا.



● ساکت Tore Supra راکتور گرما هسته‌ای کنترل شده مرکز انرژی اتمی فرانسه. دورهای زیاد سیم‌پیچهای ابررسانا، آن را قادر می‌سازد که پلاسمای بادمای چند صد میلیون درجه را در میدان مغناطیسی شدید حبس کند.

شبکه‌ای از یونهای مثبت عبور می‌کنند. این امر در دمای عادی قابل قبول است.

امّا در دمای بسیار پائین، آشفتگی حرارتی که به دمای محیط بستگی دارد، کاهش می‌یابد و شبکه بلورین فلز فشرده می‌گردد. در صفر مطلق، ساختار اتمی ماده نسبتاً بی‌حرکت می‌شود. در شبکه بلورین یک فلز، یونهای مثبت که از الکترونها بسیار سنگینترند، دارای حرکتی به مراتب کندتر از الکترونها می‌باشند. هنگام عبور یک الکترون، یون مثبت موقعی از خود واکنش نشان می‌دهد که دیگر الکترون دور شده است. این تأخیر موجب تراکمی از بارهای مثبت شده که به نوبه خود می‌خواهد باعث جذب الکترون بعدی گردد. این وقایع چنان رخ می‌دهد انگار که الکترون اولیه موجب جذب الکترون بعدی شده است. بدنیسان زوجهای الکترونی تشکیل می‌شود. این جاذبه و جفت شدن، برخلاف طبیعت بنظر



● در آزمایشگاه آلستوم فرانسه، این ارابه که روی ریلی به طول ۴۰ متر مستقر شده، میله‌های ابررسانا با قطر ۸۰ الی ۲۰ میلیمتر را با نیروی ۷۰ تنی می‌کشد.

می‌رسد، زیرا دو الکترون که دارای بار منفی مشابه‌اند معمولاً باید یکدیگر را دفع کنند. امّا بنابر قوانین فیزیک کوانتائی (کوانتومی)، مقاومت الکتریکی، در صورت تشکیل زوج الکترون از بین می‌رود.

نظریه BCS، مشخصات بنیادی ابر رسانائی به ویژه خواص آلیاژهای ابررسانا در میدان مغناطیسی شدید و نتایجی که بتدریج از آن حاصل شده را بخوبی توجیه می‌کند.

بطوریکه دیدیم فلزات ابررسانای خالص، به محض اینکه تحت اثر میدان مغناطیسی شدید قرار گیرند و یا حامل شدتهای الکتریکی قوی باشند به حالت عادی مقاوم باز می‌گردند. حال می‌دانیم، همه وسایل برقی مهم از قبیل دینامها، مولدها و موتورها به میدانهای شدید مغناطیسی نیاز دارند. در الکروتکنیک مرسوم، با آهنرباهای الکتریکی حاوی مس و آهن، نمی‌توان مقادیر میدان مغناطیسی را از ۲ تسلا افزایش داد. از طرفی حدود ۲۰ عنصر خالص ابررسانا که از سال ۱۹۱۱ شناخته شده‌اند، به هیچ‌وجه نمی‌توانند با آهنرباهای کلاسیک رقابت کنند، زیرا این فلزات حالت ابررسانائی خود را تنها در میدانهای مغناطیسی ضعیف، حدوداً کمتر از ۰/۲ تسلا حفظ می‌کنند. با چنین شارّهای مغناطیسی ضعیف که در ماشینهای دوّار قابل استفاده نمی‌باشند، باید هنوز حدود ۵۰ سال انتظار کشید تا کاربردهای قابل توجه ابررسانائی ظاهر گردد و این امر با کشف اجسام ابررسانای جدید امکان پذیر است.

از اواخر سالهای ۱۹۵۰ و اوائل سالهای ۱۹۶۰ در واقع همه چیز تغییر کرد. دانشمندان مشاهده کردند که بعضی از آلیاژها، در میدانهای مغناطیسی بسیار شدید و با شدت جریانهای پیوستهٔ قوی، ابررسانا باقی می‌مانند. با جایگزین کردن آلیاژهای ابررسانا، مانند نیوبیوم قلع (Nb_3Sn) که در ۱۸ کلوین

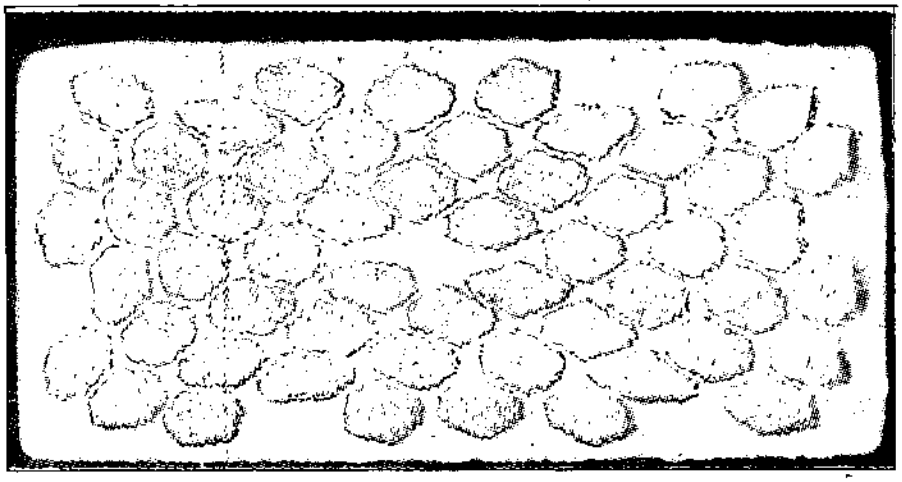
---

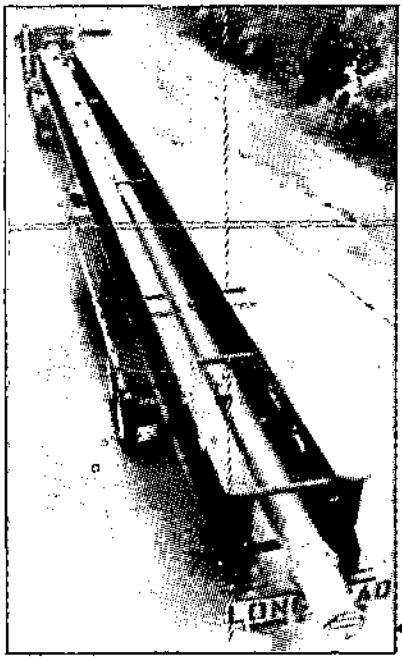
۱) – Heike Kammerlingh Onnes

ابررسانا می‌شود و نیوبیوم تیتان ($Nb_{۴}Ti_{۶}$) بجای هسته آهنی آهنربای الکتریکی، ابررسانائی به منظور خدمت در تکنولوژی‌های صنعتی پیشرفته از محیط آزمایشگاهها خارج گردید.

در ماه ژوئیه گذشته، فیزیکدانهای آزمایشگاه ملی مغناطیسی وابسته بدانشگاه MIT با کمک آهنرباهای ابررسانا همزوج با آهنرباهای مقاوم، که در تحقیقات فیزیک حالت جامد بکار بردند، توانستند به میدان مغناطیسی رکورد، برابر ۳۰/۱ تسلا دست یابند. این مقدار بیش از ۶۰۰۰۰۰ برابر میدان مغناطیسی کره زمین است. میدان مزبور در استوانه‌ای به قطر ۳۲ میلیمتر بدست آمد. همچنین، در همان ماه ژوئیه، یک میدان مغناطیسی با قدرت ۲۹ تسلا، این بار در ۵ سانتیمتر، در شهر گرونوبل فرانسه با یاری انستیوی ماکس پلانک ایجاد شد. انتظار می‌رود این تحقیقات بنیادی موجب گردد، نسل جدیدی از دستگاههای کارآمدتر، در زمینه تصویر سازی پزشکی بوسیلهٔ تشدید مغناطیس هسته‌ای، تولید شود. هم اکنون پدیدهٔ ابررسانائی در زمینه اخیر به مرحله تجاری رسیده و بیش از پیش به عنوان راه حل مطلوب به کار می‌رود. بنابر مطالعات متعددی که انجام گردیده، تعداد این دستگاهها را، از سال ۱۹۹۰، به ۱۰۰۰ دستگاه در سال برآورد کرده‌اند که نیمی از آنها ابررسانا خواهند بود.

در زمینهٔ همجوشی گرما هسته‌ای (Fusion thermonucleaire) کنترل شده تنها پدیدهٔ ابررسانائی قادر است یک پلاسمای متراکم را در دماهای بیش از ۱۰۰ میلیون کلوین نگهدارد. این گونه محبوس کردن مغناطیس ضروری است، زیرا کوچکترین تماس پلاسما با دیواره‌ها موجب سرد شدن و نتیجتاً کاهش انرژی آن می‌شود. در راکتورهای همجوشی، بمنظور دستیابی به میدانهای مغناطیسی با شدت بیش از ۱۰ تسلا، راه حل دیگری به جز سیم پیچ با ابررسانا وجود ندارد.





● ــ برش یک سیم ابررسانا که به منظور راکتور همجوشی ساخته شده است. این سیم که دارای ابعاد ۵/۶ × ۲/۸ میلی‌متر است حاوی ۵۴ بار ۱۹۹ رشته می‌باشد.

● ــ بزرگترین آهنرباي ابررسانای جهان با ۲۸ متر طول.

از این پس، رادیو اخترشناسان وسیله‌ای با دقت شگفت‌آور در اختیار خواهند داشت که آنها را قادر می‌سازد پرتوهای باطول موج کوتاهتر از میلی‌متر را کشف کنند. این کار با روشهای مرسوم کاملاً غیر ممکن است. بدینسان خدمات نمایان پدیدهٔ ابررسانائی هر روز افزایش می‌یابد. آیا می‌توان از این پدیده در تجهیزات خانگی و در تولید و ذخیرهٔ برق بمنظور صرفه‌جوئی در انرژی استفاده کرد؟

شرکت آلستوم تجاری کردن سیم‌های ابررسانا را برای جریان متناوب آغاز کرده است. البته در حال سیم‌های ابر رسانا تنها در صنعت بکار می‌روند و قیمت آنها بسیار گرانتر از سیم‌های مسی مرسوم است.

پنجاه سال پیش تنها ۲۰ فلز خالص در لیست ابررساناها وجود داشت. امروزه در حدود یکصد ترکیب از مولیبدن، گوگرد، ننرب و قلع با دماهای بحرانی که بدون وقفه در حال افزایشند، شناخته شده‌اند. در حال حاضر بهترین دستاورد، آلیاژ سه‌گانهٔ نیوبیوم ــ آلومینیوم ــ ژرمانیوم در ۲۳ کلوین (۲۵۰ ــ درجه سانتیگراد) است. امّا هیچوقت نباید خیال کرد که: ابررسانائی نوع BCS، بنظر می‌رسد محکوم به ماندن در این حدود دما

است. بلکه، این نوع ابررسانائی که نمی‌تواند از دمای معین تجاوز کند تنها یک نقطه نظر تئوری است.

کشف اخیر مواد جدید که فرمیونهای سنگین نامگذاری شده‌اند، می‌تواند مجدداً فواند پدیدهٔ ابررسانائی را مطرح سازد. برای مدت مدیدی عموماً پذیرفته شد که همهٔ مواد مغناطیسی، پائین‌تر از دمای معین، دارای یک آرایش مغناطیسی می‌شوند. در واقع هر آرایش مغناطیسی معرف قطبی شدن الکترونهای رسانائی است. این قطبی شدن ناشی از وجود یک میدان داخلی است که سعی دارد زوجهای الکترون ابررسانا را بشکند. بنابراین خاصیت مغناطیسی با ابررسانائی ناسازگار است. بدینسان کشف ترکیبات فلزی دوتائی و سه‌تائی بر پایهٔ خاکهای کمیاب (سریم) و اکتنیدها (اورانیوم)، فرضیات موجود را دگرگون ساخت. بعضی از این آلیاژها، نه تنها در حوالی صفر مطلق (۲۷۳ ـ درجه سانتیگراد) ابررسانا شده و دارای آرایش مغناطیسی نیستند، بلکه الکترونهای آنها در دماهای بسیار پائین، جرم مؤثر عظیمی کسب می‌کنند که چند صد برابر جرم الکترون در حال سکون است، پدیده‌ای که هرگز مشاهده نشده بود. آیا این امر مربوط به حالت ویژه‌ای از تئوری BCS است و یا ما با مکانیسمی کاملاً متفاوت مواجه هستیم؟ هنوز برای پاسخ خیلی زود است. مسلم اینست که خواص فیزیکی استثنائی فرمیونها، پژوهشگران را بس متحیر کرده است.

این مسئله در کنفرانس بین‌المللی فیزیکدانان در شهر گرونوبل فرانسه که در آن ۳۵۰ فیزیکدان از ۲۲ کشور شرکت داشتند، به خوبی محسوس بود. چنانکه ذکر گردید ابررسانائی، بوسیله برهمکنش میان زوجهای الکترون و هستهٔ اتم فلزات توجیه می‌شود.

این جفت شدن الکترونها مستلزم آن است که جرم آنها خیلی کمتر از الکترونهای معمول باشد.

● ـ انس که در سال ۱۹۱۱ پدیدهٔ ابررسانائی را کشف کرد.

● جان باردین.

● جان شریفر.

● لئون کوپر.

برندگان جائزه نوبل ۱۹۷۲ برای تئوری ابررسانائی.

ضمناً، میان این فرمیونهای سنگین، بعضی از آنها همزمان خاصیت مغناطیسی و ابررسانائی نشان می‌دهند. در نظر گرفتن این امر در تئوری BCS بدون ابداع فرضیات جدید مشکل است. پس چه باید کرد؟

تعدادی از فیزیکدانها این اصل را پیش می‌کشند: شاید زوجهای الکترون از پیش در حالت عادی وجود داشته‌اند. موضوع اخیر «با احتیاط» در کنفرانس گرونوبل مطرح شد و تنها با یک تردید محترمانه مواجه گردید، زیرا دانشمندان نیز اغلب گرایش دارند به مدلهای تئوریکی شناخته شده پایبند باشند تا اینکه این مدلها به روشنی عدم کفایت خود را ابراز دارند. البته یادآور می‌شویم که این مورد در اینجا صادق نیست.

وضعیت بنیادی جدیدی که باقی می‌ماند و فیزیک فلزات در دماهای پائین می‌تواند با آن مواجه باشد این است که جرم و برهمکنشهای الکترونیکی، مغناطیس و ابررسانائی، با آنچه که انتظار می‌رفت کاملاً مغایرت داشته باشند، با این فرضیهٔ نوین، می‌توان امیدوار بود که پدیده ابررسانائی، مشابه گذشته، این بار به شکل قطعی، مجدداً مطرح گردد. چطور؟

بوسیلهٔ اثباتِ وجودِ واقعیِ مکانیسمهای میکروسکوپیِ جدید در تشکیلِ زوجهایِ الکترون، اهمیت مسئله و رقابت سرسختانه فیزیکدانها به ما امید می‌دهد که طی ماههای آینده به پاسخهای رضایتبخش دست یابیم.

این تأخیر نسبی علم نسبت به نیازهای تکنولوژی، انرژی و اقتصاد زیاد شگفت‌آور نیست.

بعنوان مثال، فلزات از پنج هزار سال پیش مورد استفاده قرار می‌گیرند، امّا در واقع تنها پنجاه سال است که به ساختار حقیقی آن دست یافته‌ایم.

مأخذ مترجمه: از مجله علوم و آینده مهرماه ۱۳۶۵ چاپ فرانسه

● ● ●

لیزر

اکبر حریری

همهٔ ما شاید دربارهٔ نور لیزر شنیده باشیم و شاید هم از نزدیک در آزمایشگاهی آنرا به اشکال و ابعاد مختلف درحالی که روی میز سنگینی قرار داده شده است دیده باشیم. لیزر کوچک هلیوم‌نئون با پرتو سرخ فامش مثالی از ایـن نـورشگفت است. در فاصله‌ای دورنقطه‌ای روشن روی دیوار نمایان می‌شود و وقتی به توضیح دربارهٔ آن گوش فرا می‌دهیم با کمال تعجب درمی‌یابیم که قدرت آن چیزی کمتر از یک‌هزارم وات است. از وات اطلاع داریم و می‌دانیم واحدی است که برای سنجش قدرت الکتریکی به کار برده میشود.

وقتی به مغازه الکتریکی برای خرید لامپ روشنایی مراجعه می‌کنیم، معمولاً از لامپ ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ وات و یا بیشتر پرس و جو می‌کنیم و می‌دانیم که این لامپ تنها فضای قسمتی از اطاق مطالعه و یا نشیمن را روشن می‌کند. گرمای این لامپ روشنایی، تنها میتواند در فاصله نزدیک به آن حس شود. ازاین لامپ انتظار نداریم تا پرتوی خود را کیلومترها بگستراند، یا تیغه فولادی را برش‌دهد ویاوزنه‌ای کوچک‌را در فولادی‌سخت‌بوجود آورد. ولیکن، یک لیزرگازکربنیک‌با همان قدرت ۱۰۰وات براحتی‌میتواندبرش موردنظررا درتیغه‌ای‌سخت‌حاصل کندو یا یک لیزر یاقوتی میتواند با تک تپی (ضربه‌ای) نورانی در سخت‌ترین عنصر موردآزمایش روزنه‌ای بس تنگ را ایجاد نماید.

این اختلاف که در پرتوی ناشی از یک چراغ روشنایی و یک لیزر گازکربنیک وجود دارد با اینکه هر دو از یک قدرت مثلاً ۱۰۰ وات، برخوردار هستند در چیست؟

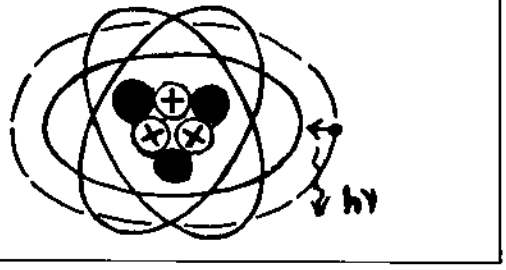
در این مقاله سعی می‌کنیم که این اختلاف را بزبانی ساده بیان کنیم.

برای آنکه بتوانیم از ماهیت پرتوی لیزر آگاه شویم، نخست به تشریح فرآیندهایی چند که در اتم رخ میدهد می‌پردازیم. می‌دانیم که الکترون‌ها در یک اتم بدور مداری که از نظر انرژی مشخص است در گردشند.

حال فرض می‌کنیم که الکترونی به طریقی مثلاً بوسیله تحریک الکتریکی به تراز بالاتر یعنی به ترازی با انرژی زیادتر انتقال داده شده باشد. بدیهی است که این الکترون تمایل دارد که به مدار پایین‌تر یعنی مداری که انرژی آن کمتر است فرو افتد، در این فرو افت الکترون مقداری از انرژی خود را بصورت انرژی الکترومغناطیسی از دست میدهد. اگر E_2 و E_1 به‌ترتیب انرژی مربوط به ترازهای انرژی بالاتر و پائین‌تر اتم باشند. بسا مدنور گسیل ده از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.

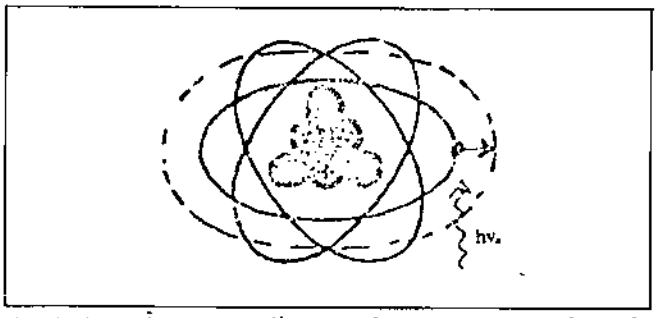
$$E_2 - E_1 = h\nu \qquad (1)$$

این فرآیند را گسیل خودبخود، گویند، نوری که این روشنایی منزل از آن استفاده می‌کنیم. یا نوری که از خورشید به ما می‌رسد و یا چراغهای نئونی که برای تزئین سر در بـهای فـروشگاهها بـچشم می‌خورد همگی حاصل از تابش خودبخود است. (شکل ۱).



شکل ۱. الکترون با سقوط از تراز بالاتر به تراز پائین‌تر فوتونی گسیل می‌دارد که آنرا گسیل خودبخود گویند.

برعکس، چنانچه بخواهیم الکترونی را در یک اتم از تراز پایین‌تر (انرژی کمتر) به تراز بالاتر (انرژی بیشتر) انتقال دهیم باید مقداری معین انرژی صرف کنیم. این انرژی نیز با رابطه (۱) تعیین می‌شود. یعنی از نظر مقدار درست برابر با همان انرژی است که الکترون درصورتی که از مدار بالاتر به مدار پایین‌تر سقوط می‌کرد، پس می‌داد. این فرآیند را جذب گویند. (شکل ۲).

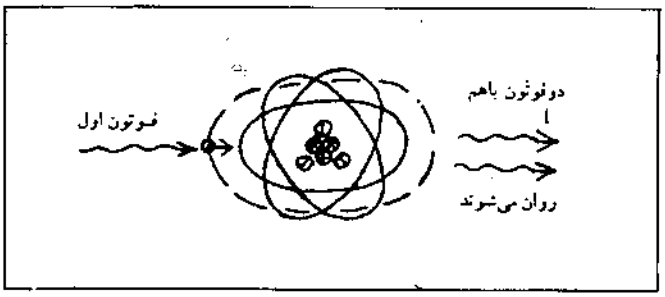


شکل ۲. الکترون با دریافت انرژی که از رابطهٔ (۱) بدست می‌آید میتواند از مدار کم انرژی به مدار پرانرژی فرستاده شود. این فرآیندرا جذب گویند.

تا سال ۱۹۱۷ همواره فرض برآن بود که تنها گسیل خودبخود و جذب است که می‌تواند ویژگیهای مربوط به اشعه‌ای که مثلاً در گازی ایجاد می‌شود را توضیح دهد. ولی اینشتن در بررسیهای خود بخصوص برای تشریح روابط پلانک در موردتابش جسم سیاه، فرض کرد که از طریق فرآیند دیگری نیز فوتون گسیل می‌شود این فرآیند را گسیل القایی یا تحریکی نامید.

روابطی که وی برای تشریح گسیل القایی ارائه نمود پیچیده‌تر از آنست که در اینجا موردبحث واقع شود. برای توضیح کیفی این فرآیند، فرض کنیم که الکترون در ابتدا در تراز پر انرژی (تراز بالاتر) قرار گرفته باشد.

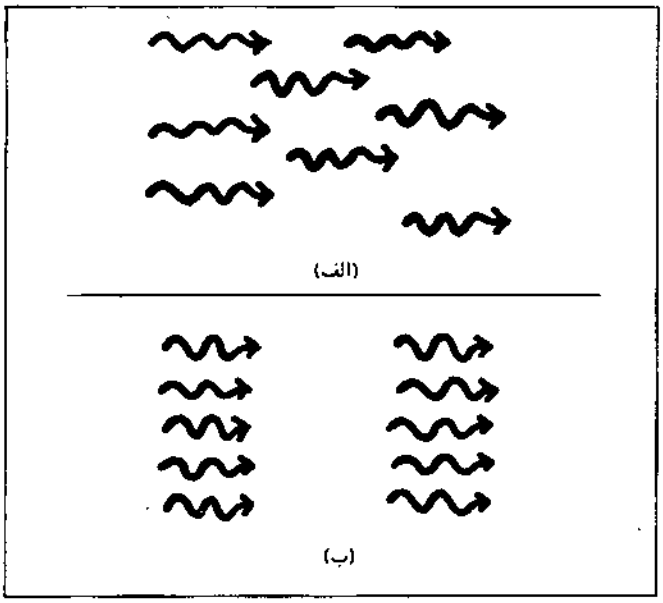
اگر فوتونی که باز هم انرژی آن با رابطه (۱) تعیین می‌شود به این الکترون برخورد کند، این الکترون را مجبور به سقوط به ترازکم انرژی (تراز پائین‌تر) خواهد نمود. در این سقوط الکترون خود نیز فوتونی تابش می‌کند فوتون القاءکننده بدون آنکه تغییری در آن، حاصل شده باشد به راهش ادامه می‌دهد و فوتون دوم یعنی فوتون القاءشونده که در اثر رهاشدن انرژی الکترون بوجود آمده است در همان جهت فوتون اول روان می‌شود، یعنی در این مورد با دو فوتون که همراه یکدیگر روان هستند مواجه هستیم، این فرآیند، گسیل القایی است (شکل ۳).



شکل ۳. فرآیند گسیل القایی، فوتون اول پس ازبرخورد با الکترونی در مدار پر انرژی آنرا به گاز کم‌انرژی سقوط خواهد داد. در این برخورد دوفوتون ایجاد میشود یکی القاء کننده و دیگری القاء شونده که‌این دوفوتون بدنبال هم روان میشوند.

در چشمه‌های نورانی که در زندگی روزمره با آن مواجه هستیم، قسمت عمده نور حاصل از گسیل خودبخود است و تنها قسمت کوچکی از آن در اثر گسیل القایی است. در لیزر، نور تنها از طریق گسیل القایی ایجاد میشود. توضیح بیشتر آن است که در گسیل خودبخود فوتونها در جهت‌های مختلف منتشر می‌شوند و هر فوتون با فوتون دیگر اختلاف فاز زمانی متفاوتی دارد، درحالی که وقتی نور ناشی از گسیل القایی باشد، همهٔ فوتونها همزمان و در یک یک جهت منتشر میشوند.

نور حاصل از گسیل خودبخود که ناشی از انرژی نقطهٔ صفر موج الکترومغناطیسی است نور ناهمدوس است یعنی کوانتم‌های آن نا

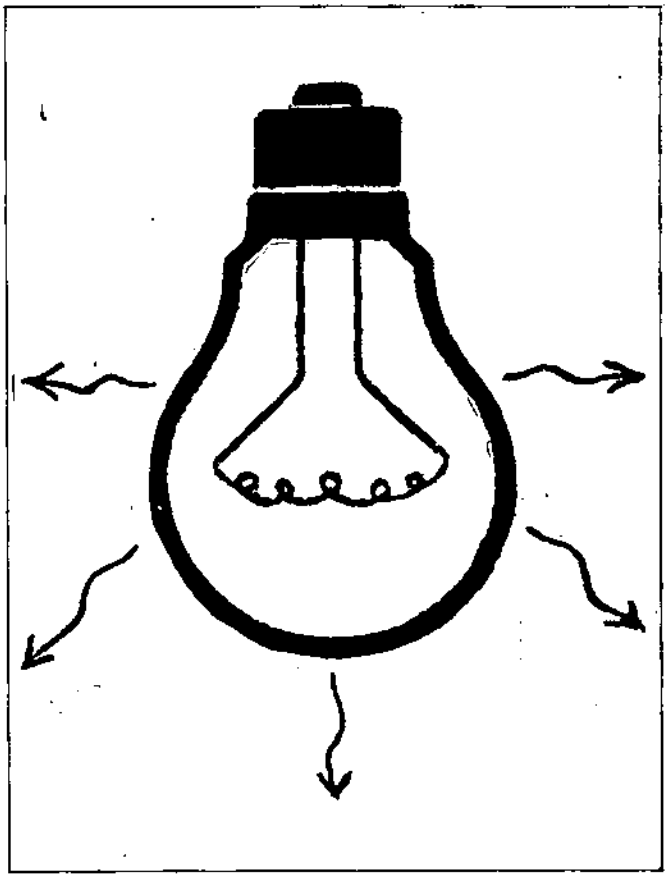


شکل ۴. (الف) نورناهمدوس (ب) نورهمدوس.

هم فاز هستند درصورتی که، نور حاصل از گسیل القایی نور همدوس است چه همه کوانتم‌های آن در یک حالت از فاز هستند. در شکل ۴ این اختلاف را نشان داده‌ایم.

به غیراز ناهمدوسی و همدوسی که یکی از اختلافهای بارز در نور ساطع از چشمه معمولی و نور لیزی است اختلافهای دیگری نیز در نور معمولی و لیزری وجود دارد.

تکفامی یا تک رنگی از ویژگیهای نور لیزری است، در حالی که نور یک چشمه معمولی می‌تواند کلیه بسامدها را در بر داشته باشد. اگر چه می‌توان به وسیله مثلاً فیلتری تنها به نوار فرکانسی کمی از چشمه نور معمولی اجازهٔ عبور داد ولیکن با بررسی دقیق طیف‌نگاری از این نوار، بیناب نسبتاً وسیعی از رنگها را در آن خواهیم یافت. جهت‌مندی از خاصیت دیگر نور لیزری است. نور لیزر چنانچه در محیط جذب نشود می‌تواند فواصل زیادی را طی کند بدون آنکه در واگرایی آن تغییر زیادی حاصل شود. در اینجا سازهٔ دیگری را در این



شکل ۵ ــ نور نشانی از یک لامپ، ناهمدوس است. در تمام جهات منتشر میشود، و طیف وسیعی از بسامدها را در بردارد.

اختلاف مطرح می‌کنیم و آن روشنایی و یا درخشندگی لیزری است. نور لیزر حتی با قدرت چند میلی وات چندین بار از درخشان‌ترین چشمه‌های معمولی «مثلاً خورشید» روشنایی آن بیشتر است.

چنانچه گفته شد، در سال ۱۹۱۷ اینشتن گسیل القایی را معرفی کرد. تقریباً ۴۰ سال بعد چارلز تاونز اولین ابزاری، که با گاز آمونیاک کار میکرد را ساخت و آنرا لیزر نام نهاد. در سال ۱۹۶۰ تئودور مایمن اولین لیزری را که با یاقوت مصنوعی کار میکرد ساخت و این اولین لیزری است که به جامعهٔ علمی عرضه گردید.

در سال ۱۹۶۱ علی جوان دانشمند ایرانی اولین لیزر گازی که با مخلوطی از گاز هلیوم و نئون کار میکرد را بوجود آورد و امروزه صدها نوع مادهٔ لیزری و هزاران خط لیزری شاخته شده است که علاوه بر مسایل پژوهشی در کاربردهای متنوعی بکار گرفته می‌شوند.

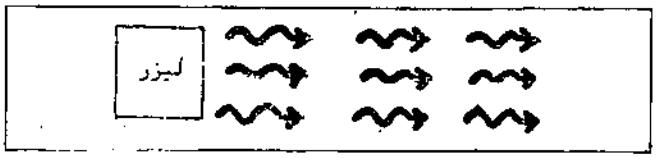
لیزرها را میتوان به فازهای جامد، مایع و گازی تقسیم‌بندی نمود، ولی نور حاصل از گاز لیزر دامنه وسیعی از بیناب را از ناحیه پرتوهای x تا ناحیه میلی‌متری در برمیگیرد. که به‌همگی لیزر گویند، که مفهوم تقویت نور به وسیله گسیل تحریکی تابش را در بردارد.

برای ساخت یک لیزر سه عامل اصلی را می‌باید در نظر داشت که آنها را به قرار زیر خلاصه می‌کنیم.

۱) محیط فعال این محیط میتواند، اتم، یون و یا مولکول باشد، بدین‌ترتیب لیزری که بوجود میآید لیزر اتمی، یونی و یا مولکولی نامیده می‌شود.

۲) برای آنکه بتوانیم اتمها را از تراز پایین‌تر به تراز بالاتر بفرستیم احتیاج به یک منبع تحریک‌کننده داریم، به این فرایند دمش (پمپاژ) گویند. در لیزرهای حالت جامد نظیر لیزر یاقوتی و یا نئودیم یاگ، از لامپهای درخش که در زمانی حدود چند صدمیلیونیم ثانیه فعال میشوند، استفاده می‌کنند. این روش را دمش اپتیکی می‌خوانند. در لیزرهای گازی، توسط یک منبع الکتریکی خارجی. عمل دمش انجام می‌شود، این روش را دمش الکتریکی گویند. البته طرق دیگری برای دمش نیز وجود دارد نظیر واکنش شیمیائی، گاز دینامیکی و یا به کمک لیزری دیگر.

۳) برای ایجاد نوسان لیزری وجود دو آینه که یکی تمام بازتابان و دیگری نیمه‌شفاف است نیز موردنیاز است. این دوآیینه در دو انتهای محیط فعال تعبیه می‌شوند و خروجی لیزر را از جهت آینهٔ نیمه‌شفاف دریافت می‌دارند.



شکل ۶ ــ نور لیزری، همروس است، تکفام است، در یک جهت منتشر می‌شود و دارای درخشندگی بسیار بالایی است.

از این به بعد بحث خود را به بررسی انواع لیزر و طرز عمل آنها و مـــواردی از استفاده‌هـــای آن اختصاص داده و نـخست بـه شرح و توضیح اولین لیزری که پا به عرصه وجود نهاد می‌پردازیم.

این لیزر معروف به لیزر یاقوت است که در سال ۱۹۶۰ توسط تئودور مایمن در کمپانی هواپیماسازی هیوز ساخته شد.

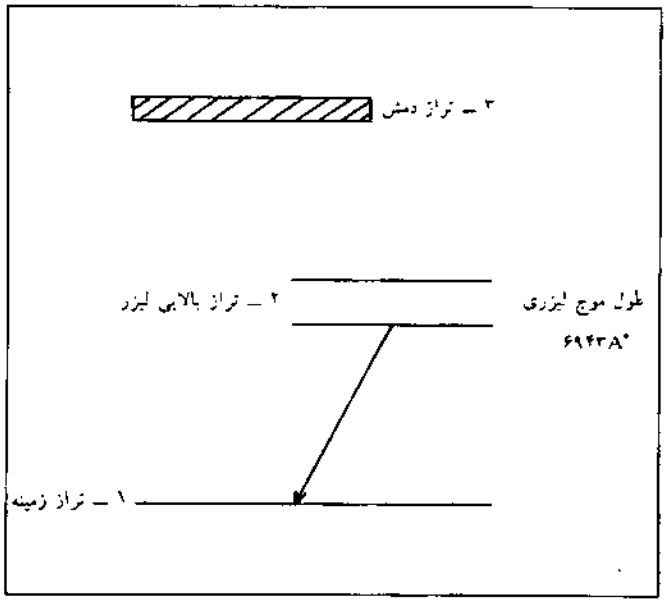
یاقوت کریستالی است از بلور اکسید آلومینیم که در آن اندکی اکسید کروم وارد کرده‌اند. بنابراین محیط فعال لیزری اتم‌های کـروم یونیده هستند و اتم‌های اکسیژن و آلومینیوم کـه قسمت اعظم کـریستال را تشکیل می‌دهند اتم‌های کـروم را در شبکه بـلوری در جـایگاه خـود نگاه می‌دارد و برای اجـرای عمل لیزری بـه صورت تپی (پـالسی) از لامپ درخش (فلاش) استفاده می‌شود. این لامپ را می‌توان مطابق بـا طرح موردنظر به صورت مارپیچ و یا خطی انتخاب نمود. جـدارهٔ لامپ از کوارتز انتخاب می‌شود چه مـقاومت آن در مـقابل فشار مـتجاوز از هزار مرتبه بالاتر از شیشه‌های معمولی مثلاً پیرکس است. بـا وجـودی که می‌توان لامپ را با گازهای متنوع نـادر نـظیر کـریپتون، آرگـــون و زینون در فشار نیم اتمسفر و گاه تا یک اتمسفر پـر کـرد و لیکن بـرای لیزرهای تپی گاز زینون مناسبتر تشخیص داده شده است.

در مـورد لامپ مـارپیچی مـیلهٔ لیزر را در وسط لامپ تـعبیه می‌کنند، ولی در مورد لامپ خطی لامپ و میلهٔ لیزر را کـنار یکدیگر در داخل کاواک لیزری که استوانه‌ای است بـا سطح مـقطع بـیضی قـرار می‌دهند. طرح اول برای سیستمهای با انرژی بالا بکار برده مـی‌شود و مزیت آن در یکنواخت دمیدن میلهٔ لیزر است.

در طرح دوم، از خاصیت معروف بیضی استفاده می‌شود، بـدین معنا که چون لامپ خطی در یک کانون استوانهٔ بیضوی و مـیلهٔ لیزری در کانون دیگر مستقر شده است. هر پرتویی که از لامپ ساطع مـی‌شود در کانون دیگر که میلهٔ فعال قرار دارد متمرکز شده و مـوجبات دمـیدن میله را فراهم می‌سازد. البته طرح‌های متنوع دیگری نیز به کـار گـرفته شده است که از آن جمله می‌توان کاواک‌های دو نیم بیضی چهـار نـیم بیضی و بیضی گون‌ها را نام برد.

عمل لیزر با ذخیرهٔ انرژی الکتریکی در یک خـازن مـناسب و رها شدن این انرژی در لامپ درخش آغاز می‌شود. دقیق‌تر گفته باشیم، با تخلیه خازن در لامپ، درخشش شدیدی حاصل می‌شود. نـور سـاطع از لامپ دارای بیناب پیوسته وسیعی است که از نـاحیه مـاوراء بـنفش آغاز و تا نزدیک مادون قرمز امتداد می‌یابد. دمـای مـنتسب بـه تشعشع حاصل ۱۲۰۰۰ درجه کلوین است و اگر دمـای مـحیط را ۳۰۰ درجـه کلوین فرض کنیم متوجه می‌شویم که در زمانی حدود چند میلیونیم ثانیه اختلاف دمای زیادی را لامپ می‌باید تـحمل کـند. همچنین فشار گـاز داخل لامپ حدود ۳۶ مرتبه افزایش می‌یابد.

برای دمش یاقوت تنها بخش کوچکی از بیناب نور سـاطع شده از لامپ یعنی پرتوهایی که طول موج آنـها در اطـراف ۵۶۰۰ آنگستروم هستند می‌توانند به طور مؤثر عمل کرده و در واقع مفید شوند. این طول موج منتسب به فاصلهٔ نوار دمش از تراز پایه است کـه در شکل (۷) آن را با عدد ۳ مشخص ساخته‌ایم. در همین شکل سایر تـرازهای انـرژی اتم کروم یونیده را مشاهده مـی‌کـنیم. بـدین تـرتیب سیستم لیزری کریستال یاقوت یک سیستم سه ترازی است. تراز ۱ تراز پـایه است و اکثراً انـبوهی (جمعیت) در حـالت عادی (وقـتی تـحریکی صورت نمی‌گیرد) به این تراز تعلق دارد. تراز ۲ تراز بالایی لیزر و چنانکه گفته شد تراز ۳ تراز دمش نامیده می‌شود.



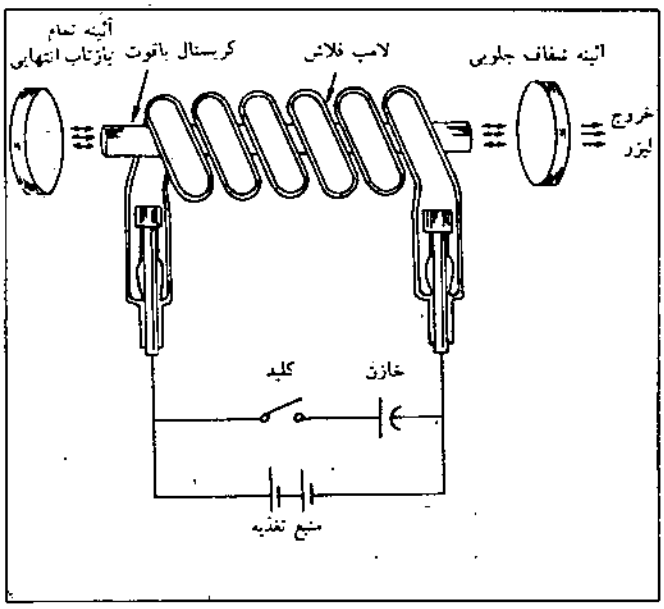
شکل ۷ ــ تراز انرژی در یک کریستال یاقوت

هنگامی که نور لامپ به کریستال یـاقوت بـرخورد مـی‌کـند الکترون‌های اتم‌های کروم یونیده را به تراز ۳ انتقال مـی‌دهد. الکترون در این تراز بـسیار ناپایدار بوده و با فرو افتی سریع بـه تـراز ۲ سقـوط می‌کند. الکترون در این تراز مدت زمان توقف محسوسی در مقایسه بـا مدت زمان توقف آن در تراز ۳ خواهد داشت. بدین جهت است که تراز

۲ تراز نیمه پایدار خوانده می‌شود. چنانچه اتم‌های زیادی از کروم یونیده را به این نحو به تراز ۲ منتقل سازیم بدیهی است که انبوهی تراز ۲ بسیار بیشتر از انبوهی تراز پایه خواهد شد. به این وضعیت معکوس کردن انبوهی گویند.

برای توضیح عمل لیزر فرض کنیم که یکی از الکترون‌های تراز ۲ی اتم کروم یونیده به صورت خودبخود به تراز پایه فرو افتد. بدین ترتیب کوانتم نور تابش می‌شود و بسامد این تابش کمتر از بسامدی است که برای تحریک کروم یونیده به کار رفته است. در واقع طول موج منتسب به آن ۶۹۴۳ انگستروم می‌باشد. فوتون ساطع شده می‌تواند به محیط اطراف بلور برخورد کرده و بدین ترتیب گرما ایجاد کند یا اینکه از محیط خارج شود. از همه مهمتر آن است که این فوتون با اتم کروم دیگری که در تراز ۲ واقع شده است برخورد کند و موجب ایجاد شرایط گسیل القائی را فراهم سازد.

هر فوتون در برخورد با اتم تحریکی کروم یونیده دو فوتون ایجاد می‌کند که با هم روان می‌شوند و این دو فوتون به نوبهٔ خود با دو اتم تحریک شده دیگر برخورد کرده چهار فوتون بوجود می‌آورند و الی آخر.



شکل ۸ ــ طرح کلی یک لیزر یاقوتی تپی که با لامپ فلاش ماربیچ کار میکند.

با وجودی که اکثر فوتون‌های القائی از سطح جانبی میلهٔ لیزر فرار می‌کنند و لیکن فوتون‌هایی که در نزدیک محور اپتیکی قرار دارند در امتداد محور بین دو آئینه که یکی تمام باز تابان است و دیگری نیمه شفاف، آمد و شد می‌کنند بطوری که اندک مدتی از کوانتم‌های جزئی سیلی از فوتون جاری می‌شود که همگی کم و بیش در امتداد محور اپتیکی حرکت می‌کنند. در نهایت فوتون‌های ایجاد شده در کاواک لیزری آنقدر زیاد می‌شوند که از آئینهٔ نیمه شفاف به صورت تپی تکفام به بیرون رانده خواهند شد.

در این جا یادآور می‌شویم که خروجی لیزر تپی در حالت عادی به صورت ضربه‌های کوتاه است که دامنهٔ وسیعی را حدود چند صد میکرو ثانیه در بر می‌گیرد تکنیکی که برای ایجاد «تک تپی» پر قدرت استفاده می‌شود بنام سوئیچ Q معروف است. در این تکنیک فوتون‌ها را برای مدت زمان محدود در داخل کاواک نگاه داشته و در لحظه‌ای معین آنها را رها می‌سازند. نتیجهٔ این امر ایجاد تک تپی با مدت زمان ۲۰ ــ ۱۵ بلیونیوم ثانیه است. روش‌هایی که برای این امر به کار گرفته می‌شود استفاده از فیلم یا مایع در آشامنده اشباع پذیر و یا سیستم الکترو اپتیکی است که به نام سلول پاکل معروف است.

آنچه تاکنون گفته شد راجع به لیزرهای یاقوت «تپی» بود. برای لیزرهای یاقوت موج پیوسته CW تنها تفاوت در نوع لامپ است که در این مورد لامپ جیوه‌ای را انتخاب می‌کنند و خروجی لیزر در این صورت، به صورت پیوسته است.

چنانچه قبلاً نیز اشاره شد در موقع کار لیزر لامپ درخش گرمای زیادی ایجاد خواهد کرد بنابراین در مورد طراحی لیزر بخصوص هنگامی که سیستمی با سرعت تکرار پذیری زیاد مدنظر باشد می‌باید بتوان سیستم فلاش و میلهٔ لیزر را خنک نگاه داشت. بدین منظور معمولاً از جریان آبی که مرتباً خنک می‌شود استفاده می‌کنند.

لیزر یاقوت با وجودی که اولین لیزر ساخته شده توسط بشر است و لیکن هنوز هم کاربردهای وسیعی را به خود اختصاص داده است. از آن جمله از این لیزر برای اندازه‌گیری دمای پلاسمایی که از تجدید مغناطیسی توسط ماشین‌هایی نظیر تتاپینچ و توکاماک بوجود می‌آید استفاده می‌شود. تمام نگاری (هولوگرافی) یکی دیگر از موارد استفادهٔ از این نوع لیزر است. بررسی علمی از چگونگی پلاسمای ایجاد شده در پروژه‌های ایجاد پلاسما توسط لیزر به کمک تمام‌نگاری توسط یاقوت میسر می‌شود.

بطوری که می‌دانیم در حال حاضر نور لیزر یاقوت که به صورت تپی پر انرژی است به ماه فرستاده می‌شود. بازگشت نور لیزر به زمین با انعکاس از آئینه‌ای چند وجهی که روی ماه قرار داده شده است انجام میگیرد. بدین ترتیب با تعیین زمان رفت و بازگشت نور از زمین به ماه که با سرعت نور انجام می‌گیرد اطلاعات دقیقی از فاصله زمین و ماه بدست خواهد آمد.

بطور کلی به علت آنکه لیزر یاقوت یک سیستم سه ترازی است بازدهی کمی را دارا می‌باشد. بدون آنکه وارد جزئیات امر شویم متذکر

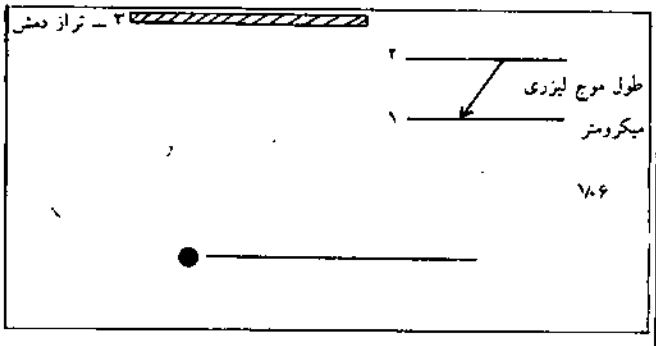
می‌شویم که برای ایجاد عمل لیزری ابتدا می‌باید نیمی از انبوهی تراز زمینه را به‌تراز بالایی لیزر بفرستیم، مازاد بر این تعداد وارد عمل لیزری خواهند شد.

لیزر نئودیمیوم یاگ

جستجو برای یافتن سایر سیستم‌های لیزرهای حالت جامد منجر به کشف لیزرهای نئودیمیوم یاگ Nd:yAG و یا نئودیمیوم شیشه‌ای Nd:Glass گردید که اولی به صورت کریستال تهیه می‌شود و دومی به صورت شیشه با ناخالصی نئودیمیوم است.

در لیزرهای نئودیمیوم یاگ از غلظت بسیار پائین نئودیمیوم در $Y_3Al_5O_{12}$ استفاده می‌شود. رشد کریستال بسیار بطی و حدود ۰/۵ میلی‌متر در ساعت انجام میگیرد، بدین سبب است که برای رشد کریستال‌های معمولی به طول ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر چندین هفته وقت صرف می‌شود. ضمناً برای رشد کریستال روش متداول روش چکورالسکی است. سیستم لیزرهای نئودیمیوم‌یاگ و یا گلاس به صورت چهارترازی است که در شکل ۹ نشان داده شده است. عمل لیزر بین تراز بالایی لیزر (۲) و تراز زیرین (۱) در طول موج ۱/۰۶ میکرومتر صورت میگیرد. در این شکل تراز ۳ تراز دمش فرض می‌شود و عمل دمش لیزری نیز مجدداً همانند لیزر یاقوت توسط لامپ‌های فلاش زینون انجام میگیرد بازدهی این لیزر معمولاً حدود ۲ درصد است که بسیار بالاتر از بازدهی لیزر یاقوت است.

لیزر اخیر کاربردهای بسیار وسیعی یافته است. کوچکی سیستم لیزر برای فاصله‌یابهای دستی لیزری بسیار مناسب است. در چشم پزشکی این لیزر به تدریج جایگزین لیزرهای آرگون یونی فعلی خواهد شد. در سوراخکاری که منجر به ایجاد روزنه‌های میکرونی میگردد، به نحو احسن از این لیزر استفاده میشود. کنترل پرتوی خروجی لیزر در این مورد معمولاً با استفاده از سیستمهای کامپیوتری است.



شکل ۹ ـ ترازهای یک سیستم چهار ترازی (نئودیمیوم یاگ)

امروزه در مسائل مربوط به زمین‌شناسی و تخمین مقدار حرکت قاره‌ها از لیزر نئودیمیوم‌یاگ نیز استفاده میشود. طرز عمل بر این منوال است که ماهواره مخصوص فرستاده شده به فضا که اطراف آنرا آئینه‌هایی تعبیه کرده‌اند در مدار معین خود گردش می‌کند. از دو نقطه روی زمین بوسیله لیزر ماهواره را مورد اثبات نور لیزری قرار می‌دهند. با توجه به اینکه فاصلهٔ مداری ماهواره مشخص شده است، مقدار جابجائی نقاطی که لیزرها را روی آن نقاط گذاشته‌اند مقدار جابجائی برحسب زمان‌های مختلف تعیین گشته میتوان بدینوسیله حرکت قاره‌ها، و درهم رفتن پوسته‌های زمین را مطالعه کرد.

در یکی از پروژه‌های عظیم در آزمایشگاه لورنس لیورمور در ایجاد عمل گداخت توسط لیزر از لیزر نئودیمیوم‌یاگ استفاده میشود. هدف از اجرای چنین پروژه‌ای متمرکز کردن پرتوی لیزری روی نمونهٔ کوچکی از دوتریم و تریتویم و جوش دادن آنهاست. حاصل عمل رهاشدن مقدار زیادی انرژی است. فشاری که پرتوی لیزر می‌باید روی سوخت انجام دهد ۱۰۰۰۰ برابر چگالی مایع در حالت عادی خواهد بود. و این امر مستلزم استفاده از لیزرهایی است بسیار پرانرژی و با زمان تپ بسیار کوتاه.

راجع به لیزرهای حالت جامد گفتگو کردیم و اشاره نمودیم که در این لیزرها مکانیسم دمش یا پمپاژ توسط فوتون‌های غیرهمدوس ساطع از لامپ‌های فلاش است. حال بحث خود را به رده‌های دیگری از انواع لیزر اختصاص خواهیم داد. نخست به تشریح لیزرهای گازی متداول می‌پردازیم.

لیزرهای گازی معمولاً به وسیله تخلیه الکتریکی در گاز کار می‌کنند. متداول‌ترین آنها لیزر هلیوم‌نئون است که نسبت معینی گاز هلیوم و نئون را در فشار بسیار پائینی در لوله‌ای باریک وارد کرده سپس آنرا بوسیله جریان ملایمی توسط منبع تغذیه چند کیلوولتی تحریک می‌کنند. قطر لوله را بسیار کم انتخاب می‌کنند. تخلیه الکتریکی اتم‌های هلیوم را به حالت‌های نیمه پایدار تحریکی ارتقاء می‌دهد و در اثر برخورد هلیوم با نئون انتقال انرژی صورت گرفته عمل لیزری روی ترازهای انرژی نئون انجام می‌شود. با آنکه طول موجهای متعددی را در ناحیه طیف مرئی از این لیزر می‌توان به دست آورد، ولی متداول‌ترین آن طول موج ۶۳۲۸ آنگستروم با رنگ قرمز است. این لیزر در طول موج فوق در اکثر آزمایشگاههای اپتیکی لیزری به منظور هم محور کردن سیستم‌های اپتیکی به کار برده می‌شود. نوسان‌های دیگر لیزری در ناحیه مادون قرمز در طول موج‌های ۱/۱۱ و ۳/۳۹ میکرون است. و اهمیت این لیزر آنستکه اولین لیزر گازی است که توسط دانشمند ایرانی علی جوان به جهان علمی معرفی گردید (نخستین

نوسان در لیزر گازی، نواحی ۱/۱ میکرون است که به وی اختصاص دارد.)

ساخت این لیزر به‌مهارت‌هایی در زمینهٔ شیشه‌گری علمی احتیاج دارد، بخصوص اتصال الکترودها (کاتد و آند) به شیشه. ضمناً ناخالصی‌ها در خروجی لیزر تأثیر فراوان داشته و از طول عمر مفید لیزر می‌کاهد. این لیزر دارای بهرهٔ پائینی است بدین منظور آینه‌های دی الکتریکی ویژه‌ای را می‌باید بکار برد. آینه‌ها را یا مستقیماً به لوله لیزر توسط چسب مخصوص می‌چسبانند و یا آنکه لوله لیزر را تحت زاویهٔ بروستر بریده به آن پنجرهٔ اپتیکی اتصال می‌دهند، در این صورت آینه‌ها خارج از لوله قرار می‌گیرند.

طول لوله را حدود ۳۰cm درنظر می‌گیرند و این طول با قطر حدود ۲mm توانی برابر با ۲-۱ میلی‌وات خواهد داشت. لیزرهائی به طول ۳-۲ متر نیز برای مصارف علمی نیز ارائه شده است که ماکسیمم توان آن حدود ۱۰۰ میلی‌وات است. از لیزر هلیوم نئون در عملیات ساختمانی، بخصوص در گونیا کردن دیوارهای بلند و سقف‌های وسیع و تونل‌سازی به نحو بارزی استفاده می‌شود. ژیراسکوپهای لیزری که مثلثی شکل‌اند اخیراً در هواپیماهای مسافربری نیز جای ژیراسکوپهای مکانیکی را گرفته است.

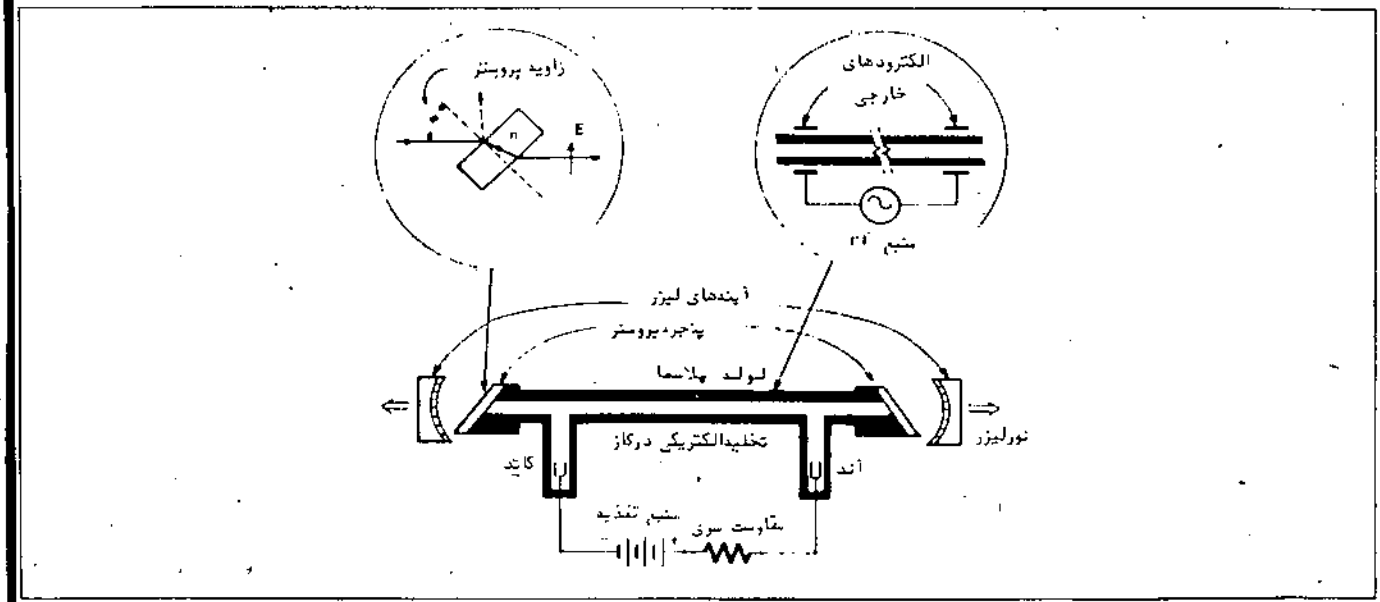
لازم به یادآوری است که روی ساخت این لیزر در گروه لیزر فعالیت‌های موفقیت‌آمیزی نیز به ثمر رسیده است. شکل ۱۰ نمایشی از این لیزر را نشان می‌دهد.

از دسته دیگر لیزرهای گازی موج پیوسته می‌توان از لیزر یونی آرگون نام برد. در این لیزر جریان الکتریکی بالائی مورد نیاز است که بتوان ابتدا اتم آرگون را یونیزه کرده و عمل لیزری را روی ترازهای انرژی آرگون یونیده بدست آورد.

این لیزر روی چند خط طیفی در ناحیه سبز ــ آبی کار می‌کند، قوی‌ترین آن ۴۸۸۰ و ۵۱۴۵ آنگستروم است. انتخاب طول موج موردنظر را می‌توان با قرار دادن یک منشور در داخل کاواک لیزری اجرا نمود. این لیزر در چشم پزشکی از دیرباز مورد بهره‌برداری واقع شده است. ولی در مسائل علمی اکثراً مستقیماً و یا به عنوان چشمه دمش لیزرهای آبگون مورداستفاده واقع می‌شود. نظر به اینکه برای تحریک گاز جریان بالائی مورد نیاز است دما در این لیزر به سرعت افزایش می‌یابد. لذا علاوه بر اینکه جنس ساخت لولهٔ پلاسما در تکنولوژی آن مطرح است سیستم را می‌باید با آب سرد خنک نگاهداشت. اخیراً با پیشرفت تکنولوژی سرامیک، لیزرهای تجارتی آرگون یونی را از سرامیک می‌سازند که در افزایش طول عمر آن بسیار موثر است.

از سایر لیزرهای متداول لیزر هلیوم کادمیم است که در ناحیه ماوراء بنفش ــ آبی فعال است. این لیزر شبیه به لیزر هلیوم نئون است منتها محیط فعال را بخار کادمیم تشکیل می‌دهد.

از رده لیزرهای گازی دیگر لیزرهای گازکربنیک است که آنها را به انواع گوناگون موج پیوسته و تپی مورد بهرهٔ برداری قرار می‌دهند. محیط فعال این لیزر گاز Co_2 است و از تحریک حالت‌های ارتعاشی این مولکول استفاده می‌شود. در لیزرهای موج پیوسته Co_2 لوله لیزر را معمولاً دو جداره می‌سازند که در لوله وسط گاز جریان می‌یابد. این گاز مخلوطی است از Co_2، He و N_2. از جدارهٔ خارجی به



شکل ۱۰ ــ لیزر هلیوم ــ نئون

1) Laser Cavity

عنوان محفظه‌ای برای خنک کردن گازها استفاده می‌کنند. گازهای Co_2 تحریکی با برخورد با هلیوم و جداره تراز زیرین آنها سریعاً تخلیه شده همچنین محیط فعال خنک می‌شود و این امر برای آنکه بتوان تراز زیرین را مرتباً خالی نگاهداشت الزامی است. وجود ازت مولکولی برای انتقال انرژی ارتعاشی به تراز بالایی لیزر است. طول موج لیزری ۹/۶ تا ۱۰/۶ میکرون است و این لیزر در این ناحیه طیفی قابلیت تنظیم طول موج را روی ترازهای چرخشی مولکول داراست. افزایش قدرت لیزر مستلزم آنستکه بتوان فشار گاز لیزر را افزایش داد. در لیزرهای نپی گازکربنیک این امر با تخلیه انرژی ذخیره شده در خازن‌های سریع انجام می‌گیرد. بدین منظور از سیستم‌های مخصوص پیش‌یونش می‌باید بهره گرفت که قبل از اجرای تخلیه اصلی محیط را یونیده کند. روش‌های متعددی بدین منظور به کار گرفته شده است که تخلیه دوگانه توسط سیم و یا ردیفی از سوزن از آنجمله‌اند.

استفاده از لیزر گازکربنیک در قدرت‌های بالای چند کیلو ژول یکی از روش‌های متداولی است که مخصوصاً در گداخت هسته‌ای توسط لیزر از آن استفاده می‌کنند. عمل لیزری توسط یک نوسان کننده و زنجیره‌ای از تقویت کننده انجام می‌گیرد. تقویت‌کننده‌ها به طور متوالی تپ ورودی ناشی از نوسان کننده را تقویت می‌کنند.

لیزر Co_2 چه به صورت موج پیوسته قابل تنظیم طول موج و چه به صورت تپی در این گروه ساخته شده و مورد بهره‌برداری واقع شده است. از مصارف مهم صنعتی آن می‌توان برش تیغه‌های سخت فولادی و یا لحیم‌کاری ظریف لیزری را نام برد.

از سایر لیزرهای گازی می‌توان از لیزر مولکولی ازت N_2 نیز نام برد. این لیزر نیز در این گروه به طرح‌های مختلف تاکنون ساخته شده است. عمل لیزری در طول موج ۳۳۷۱ آنگستروم صورت می‌گیرد. دو نمونه متداول این لیزر فشار پائین و فشار اتمسفر است. در فشار اتمسفر روش ویژه‌ای برای یونیزه کردن گاز قبل از دشارژ اصلی به خدمت گرفته می‌شود. افزایش فشار گاز موجب نقصان پهنای زمان تپ خروجی لیزر می‌شود و امروزه از این امر در لیزرهای پرتوی X استفاده می‌کنند.

نظر به اینکه این لیزر ازنظر ترازهای انرژی حالت ویژه‌ای را نسبت به سایر لیزرهای متداول دیگر دربردارد، تخلیهٔ الکتریکی می‌باید بسیار سریع انجام گیرد درغیر این صورت ایجاد عمل لیزری غیرممکن می‌شود. از این لیزر در دمش مواد آلی رنگین استفاده میشود.[1]

لیزرهای رنگین:

لیزرهای رنگین لیزرهای آبگونه‌ای هستند که نسبتاً دیر پا به عرصه وجود نهادند و پیدایش آن در سال ۱۹۶۶ توسط ساروکین ولنکارد در امریکا و شافر در آلمان به‌طور اتفاقی صورت گرفت.

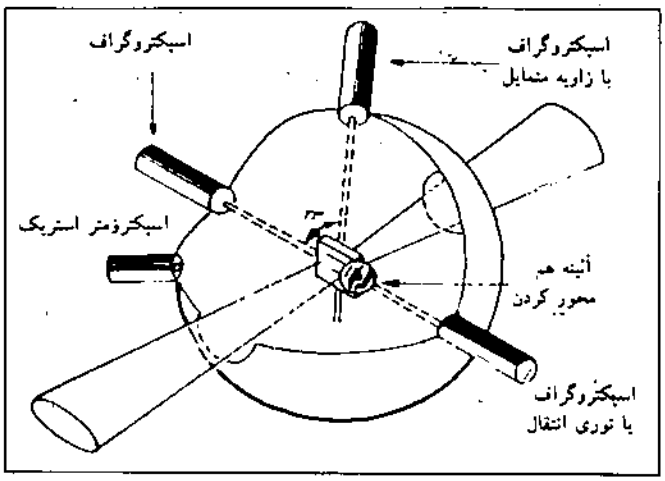
مواد رنگین مولکول‌های سنگینی هستند حاوی ترازهای الکترونی منفصل و ترازهای ارتعاشی ــ چرخشی بسیار نزدیک به هم درهریک از حالت‌های الکترونی. نزدیک بودن ترازهای ارتعاشی ــ چرخشی به یکدیگر نوار انرژی پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهند، بدین ترتیب این لیزرها قدرت تنظیم طول موج را از ناحیه ماوراء بنفش تا نزدیک مادون قرمز دارا هستند. هر رنگ در ناحیه بخصوصی نوردمش را جذب کرده و در طول موج بلندتری گسیل می‌کند. بدین ترتیب برای انتخاب طول موج موردنظر رنگ آلی را می‌باید انتخاب کرده در حلال آلی با غلظت معینی حل نمود. این محلول در سلولی قرار خواهد گرفت و توسط یک عدسی می‌توان پرتوی لیزر دیگری را روی آن متمرکز نمود. وجود المان‌های پاشنده نظیر توری اپتیکی و سنجهٔ اپتیکی تنظیم طول موج را تا دقت بسیار بالائی میسر می‌سازد.

موارد استفادهٔ این لیزر بیشتر در اسپکترسکپی با قدرت تفکیک بالا توسط لیزر، بررسی آلودگی هوا از راه دور و پزشکی است. این لیزر نیز یکی از طرح‌هایی است که در این گروه با موفقیت انجام پذیرفته است. استفاده از لامپ‌های درخش نیز در به کار انداختن لیزرهای رنگین متداول می‌باشد.

از لیزرهای مهمی که امروز در جهان فعالیت زیادی روی آن انجام می‌شود و گزارش‌های علمی آن به ندرت به چشم می‌خورد، لیزرهای الکترون آزاد و پرتوی X هستند.

اساس لیزرهای الکترون آزاد با سرعت دادن بسیار بالای الکترون در شتابدهنده‌های بزرگ و سپس هدایت پرتوهای الکترونی سرعت یافتهٔ نسبی به محیطی است متشکل از مغناطیس‌هایی که به‌طور متناوب قطب‌های آن تنظیم شده‌اند. الکترون‌های سریع در عبور از مغناطیس‌های فوق شتابدار شده و تشعشع می‌کنند. تشعشع آنها هدایت شده است و می‌تواند طول موج‌هایی از مادون قرمز تا ماوراءبنفش حتی در ناحیه X را نیز در برگیرد.

سلاحهای دفاعی آینده احتمالاً اکثراً توسط لیزرهای پرتوی X است که در خارج از جو به کار گرفته خواهند شد. پرتوی لیزری اشعه X با طول موج ۰/۰۰۰۱ میکرون درخشندگی برابر با ۱۰۰۰ تریلیون بار بیشتر از خورشید خواهد داشت که این مقدار حدود 10^{40} وات براستررادیان است. این عدد را می‌توان با اشعه X ناشی از انفجار هسته‌ای 10^{20} وات براستررادیان مقایسه نمود. این بدان معناست که هر چیز در جلوی مخروط لیزر اشعه X قرار گیرد با قدرتی که چندین تریلیون بار درخشان‌تر از بمب هیدروژنی است نابود می‌شود. چنین



شکل ۱۱ ــ آرایش سیستم ایجاد لیزر ایکس در لورنس لیورمور همراه با سیستم‌های دیاگناستیک آن ــ فویل سلینیوم در پشت آئینه هم محور کردن قرار دارد.

سلاحی مثلاً اگر روی ماه واقع شود هرچیز که از ۱۰۰۰۰ مایلی استقرار سلاح نزدیک شود نابود خواهد کرد. از نظر تئوری چنانچه این سلاح مثلاً از ۱۰۰/۰۰۰ کیلومتری موشکی را از بین ببرد از فاصلهٔ ۱۰۰۰ مایل ۱۰۰۰۰ موشک را نابود خواهد کرد.

در پائیز سال گذشته دانشمندان تحقیقات آزمایشگاه لیورمور گزارش دادند که به‌طور موفقیت‌آمیزی گسیل خودبخود تقویت شده اشعهٔ X را توسط تمرکز پرتو لیزر ماوراءبنفش روی فویل فلزی سلینویم بدست آورده‌اند. انتقال پالس لیزر ماوراءبنفش فویل فلزی را به پلاسما تبدیل می‌کند. برخورد بین الکترون‌های آزاد پلاسما و یون‌ها ایجاد حالت‌های تحریکی داخلی در اتم می‌کند که موجب ایجاد پرتوی X بصورت گسیل خودبخود تقویت شده می‌گردد. برای اجرای این عمل یکی از مسائل مشکل ایجاد شرط چگالی ــ دماست که می‌باید به‌طور یکنواخت در طول فویل پلاسما در طول مدت کافی از زمان برقرار شود. بدین ترتیب عمل لیزر را با فویل سلینویم و ایتریم بترتیب در طول موجهای ۰/۰۲۰۶۳ میکرون و ۰/۰۲۰۹۶ میکرون برای سلینویم و ۰/۰۱۵۴۹ میکرون و ۰/۰۱۵۷۱ میکرون در ایتریم بدست آورده‌اند.

فویل‌ها عموماً ۱/۱cm طول دارند و این کوچکترین طولی است که می‌توان برای فویل‌ها در نظر گرفت. چه اندازه پالس لیزر ماوراءبنفش در ایجاد پلاسما توسط فویل بکار رفته، برای تولید لیزر اشعه x تعیین می‌شود.

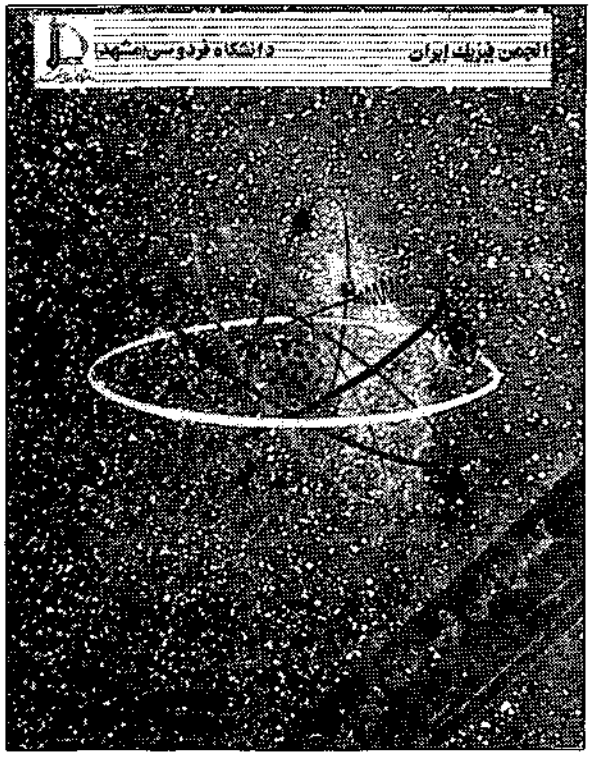
ضخامت فویل‌ها را در لیور موراز ۰/۰۷۵۰ تا ۰/۳ میکرون و همچنین خروجی لیزرهای ماوراءبنفش را از ۱۲ تا ۲۵۰ تریلیون وات برسانتیمترمربع در زمان تپ ۱۲۰ تا ۷۵۰ پیکو ثانیه تغییر داده‌اند. فویل‌ها را با لایه‌ای از بخار سلینویم روی نمونهٔ پلاستیک فورموار با ۱/۵ میکرون ضخامت ساخته‌اند. بازدهی تکی لیزر اشعه X، 10^{-12} است که فقط یک تریلیونیم انرژی است که توسط لیزرهای پروژهٔ نووت ایجاد شده‌اند. در مورد لیزر اشعه X از مشکلات دیگری که مدتها دانشمندان را به تفکر و جستجو در این‌باره وامی‌داشت آینه‌هایی است که برای اشعهٔ X می‌باید به کار گرفته شوند. چه می‌دانیم که پرتوی X نمی‌تواند همانند پرتوهای ناحیه طیف مرئی و یا مادون قرمز منعکس شود. آزمایش‌های اخیر پروژهٔ نووت در مورد ایجاد گداخت هسته‌ای توسط لیزر نئودیمیوم شیشه نشان داده‌اند که روند غیرخطی خود متمرکزکنندگی محیط با کوتاه‌تر شدن طول موج لیزر به سرعت زیاد می‌شود. (مثلاً از ۱/۰ تا ۰/۲۵ میکرون) بدین ترتیب در ناحیهٔ لیزر X به طول موج ۰/۰۰۰۱ میکرون این متمرکزکنندگی بسیار زیادتر است. با این تفسیر پلاسمای مغناطیسی را می‌توان به صورت عدسی به کار برد. چنین فرایند خود متمرکزکنندگی را در ابزارهای گداخت مغناطیسی (نظیر اسفروماکس و پینچ میدان معکوس و نظایر آن) می‌توان مشاهده نمود.

پرفسورفودس از دانشگاه الی نویز در شیکاگو با ازمایش‌های چندی نشان داد که برخلاف تئورهای ارائه شده تابش‌های طول موج بالا نیز می‌تواند ترازهای داخلی اتم را برای ایجاد لیزر X تحریک نماید. وی گازهای مختلف را با تپ‌های لیزری ۵ پیکو ثانیه‌ای در طول موج ۰/۱۹۳ میکرون لیزر آرگون‌فلوراید تحریک کرده و پالس‌ها را با شدت‌های ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ تریلیون وات برسانتیمترمربع روی نمونه‌های گازی متمرکز نمود و گسیل القائی را در طول موجهای کمتر از ۰/۱۹۳ میکرون مشاهده کرد. وی بازدهی ۱ درصد را به دست آورد که ۱۰۰ میلیون بار زیادتر از گزارش مربوط به آزمایش‌های لیورمور است. آزمایش‌های متعددی نشان می‌دهند که گسیل و جذب به ساختار اتمی پوسته اتمی هدف بستگی کامل دارد.[۲]

مجموعه این مقاله، در ابتدای جزوه‌ایکه برادر دکتر اکبر حریری در کلاس تابستانی «اپتیک و لیزر» که در تاریخ ۱ تا ۱۵ شهریور با همکاری انجمن فیزیک ایران، گروه فیزیک دانشگاه تهران، و سازمان انرژی اتمی ایران در محل گروه فیزیک دانشگاه تهران تشکیل شده بود تدوین و تدریس فرموده‌اند عیناً دریافت شده است. ضمناً لازم به تذکر است که این مقاله در سه شماره نشریه داخلی سازمان انرژی اتمی ایران که آخرین شماره آن تحت عنوان انرژی هسته‌ای، دوره جدید شماره ۴ بهار و تابستان ۱۳۶۵ میباشد چاپ و منتشر شده است.

۱) Dye Lasers

۲) کلیاتی در مورد لیزرهای اشعهٔ X از مجله Fusion جولای، اگوست ۱۹۸۵، صفحه ۴۴ اقتباس شده است.



آموزش فیزیک

نوشته زیر عین متن سخنرانی برادر اصغر لطفی است که در صبح روز ۶۵/۶/۲۲ در جلسه عمومی سومین کنفرانس فیزیک ایران در دانشگاه فردوسی مشهد ایراد گردید.

بسم الله الرحمن الرحیم و به نستعین

مقدمه:

آنچه که تقدیم میشود اُلفت یافته نوشته‌های موجود است، از ابراز نظرهای شخصی مگر در پایان سخن که شامل پیشنهاد و درخواستها میباشد خودداری شده است.

از اهم مطالب یا اوّلین مطلب هر آموزشی برنامه‌ریزی آن است. در برنامه‌ریزی‌های آموزشی، روشهای مختلفی مورد عنایت و اجراست. و درهرجا با توجه به زمینه‌های فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی منطقه روشی را انتخاب و به آن عمل میکنند. آنچه که درتمام برنامه‌ریزی‌های آموزشی مورد توجه قرار میگیرد اینست که به سه پرسش زیر باید پاسُخ داد. این سه پرسش عبارتند از:

۱ ــ برای چه آموزش میدهیم

۲ ــ چه کسی را آموزش میدهیم

۳ ــ چگونه آموزش می‌دهیم

پرسش برای چه، معادل همان پرسش «مقصد ما از آموزش چیست» میباشد، که تعیین هدفهای آموزشی را در پی دارد.

در فرصتی که در اختیار داریم، ابتدا به اختصار به ذکر دیدگاههای موجود در جهان دربارهٔ نحوهٔ تعیین اهداف آموزشی پرداخته، سپس دربارهٔ ارزشیابی مطالبی را ذکر میکنیم در بخش سوم از سخنان خویش دربارهٔ آموزش فیزیک پیش دانشگاهی در چند کشور از جمله ایران مطالبی را باستحضار میرسانیم و در پایان پیشنهادها و درخواستهایی را اعلام میکنیم.

دیدگاه‌های گوناگون دربارهٔ نحوهٔ تعیین اهداف آموزشی:

چند صد سال است که بشر فرزندان خود را در خانه و مدرسه و محیط کار آموزش میدهد. آگاهان علوم تربیتی هنوز هم ادعا دارند که دربارهٔ فرایند تعلیم و تربیت چیزی را بدرستی نمیدانند. همین ادعا موجب شده است که نسخه‌هایی که بی‌محابا پیچیده میشوند مورد پذیرش قرار گیرند.

در مقابل آگاهان علوم تربیتی گروه کثیری از سُخن پراکنان اصلاح‌طلب و پیروان هوسهای زودگذر قرار دارند که با استواری سُخن میگویند و دوای دردها را اعلام میدارند، و در مواردی این سخنان خام و هوس پرور، نظر گروه کثیری را جلب کرده و بدنبال خود میکشاند.

آنچه که در حال حاضر در جای جای این زمین خاکی عملاً مورد توجه است این است که بالا رفتن میزان معلومات و پیشرفتهای علمی تصاعدی است، بطوریکه ***تعداد دانشمندان زنده امروز، با تمامی دانشمندانیکه از اول تمدن تا نسل حاضر زندگی کرده‌اند برابری می‌کند.*** برای دادن آگاهی بیشتر، باید اعلام کرد که میزان پیشرفت و ترقی علوم در حال حاضر در هر ده سال با یکصد سال قبل برابر است.

یکی از تحولات و ترقیات در حال انجام و مهم موجود در جهان دربارهٔ نحوهٔ برنامه‌ریزی‌های آموزشی است.

این پیشرفتها موجب شده است که در برنامه‌های آموزشی جهان تجدید نظرهایی انجام گیرد. از اهم اهداف این تجدیدنظرها این است که تنها بدادن معلومات قناعت نشود. زیرا که معلومات به بیانی دیگر ***اطلاعات در هر رشته خاصه در رشته فیزیک باندازه‌ای زیاد شده است که آموزش دادن تمامی آنها ممکن نیست.***

لذا اولاً توجه بآموزش اصول اساسی و استخوان بندی مطالب میشود. زیرا که این باور وجود دارد که اگر متعلم اصول اساسی مطالب را یاد بگیرد کسب اطلاعات بسیاری که دربارهٔ آن موضوع در کتب وجود دارد بآسانی و از طریق مطالعه یعنی از طریق خودآموزی ممکن میشود باین ترتیب تدریس مطالب بعدی ضرورتی ندارد.

ثانیاً بکاربردن وسایل علمی و کمک آموزشی در تدریس بطور عام و در تدریس مفاهیم اساسی فیزیک بطور خاص مورد عنایت قرار گرفته است.

با توجه به آنچه که گفته شد برای تدریس فیزیک در دوره‌های مختلف تحصیلی نمونه‌هائی تهیه و ارائه شده‌اند.

سازمانهای برنامه‌ریزی آموزشی جهان بمرحله‌ای رسیده‌اند که اذعان دارند، کارهایی را که انجام داده‌اند باید مورد ارزشیابی قرار گیرد. بسیاری از برنامه‌های آموزشی موجود در جهان فاقد هدفهای روشن و مشخصی هستند. در بعضی موارد ممکن است که شما از یک معلم فیزیک سؤال کنید که هدف از تدریس این مطلب چیست؟ و پاسخ قانع کننده‌ای دریافت نکنید.

بدون شک کارهای آموزشی بسیار ارزنده‌ای بوسیله معدودی از معلمان انجام میشود که مفهوم روشنی از هدفها ندارند و بجای آن از شم ذاتی خاصی برخوردارند و با نحوهٔ صحیح تدریس و بکارگیری وسایل مناسب و با ارائه مطالب پرمُحتوا و نحوهٔ ارائه آنها به متعلم آشنا هستند. اگر قرار باشد برنامه خوبی را طراحی کنیم و اگر کوشش در جهت بهبود پیوسته برنامه‌های آموزشی موردنظر باشد، لازم است که قبل از هر چیز هدفهای آموزشی مشخصی را داشته باشیم. ***هدفهای آموزشی معیاری خواهند بود تا بدان وسیله مواد تدریس را انتخاب و محتویات دروس را طرح‌ریزی کنیم، و بدنبال آن روش تدریس و ارزشیابی و ابزار و امکانات لازم را فراهم آوریم.*** بنابراین اگر بخواهیم یک برنامه آموزشی را طراحی یا مطالعه کنیم، ابتدا باید بدانیم که هدفهای آموزشی موردنظر کدامست؟ این هدفها چگونه تعیین میشوند؟

آیا جای مشخصی وجود دارد که بتوانیم هدفهای مطلوبی را از آنجا استخراج کنیم؟ آنچه که «تحقیق علمی» دربارهٔ برنامه‌ریزی آموزشی یا درسی نام دارد، قسمت عمدهٔ فعالیتهای خود را به بررسی این مطالب اختصاص داده است، تا شاید، بتواند اساس و شالوده درستی برای انتخاب صحیح‌تر هدفها پی‌ریزی کند.

با داشتن این باور که تحقیق و تتبّع، اطلاعات و حقایق مفیدی در خصوص تعیین هدفها در اختیار می‌گذارد، با این پرسش مواجه میشویم که این آگاهیها را از چه منابعی بدست آوریم؟

گروههای مختلف دست‌اندرکار هریک بگونه‌ای باین پرسش پاسخ میدهند.

I ــ گروه اول: گروه «پیروان آموزش پیشرو»[1] نام دارند. این گروه بر مطالعه متعلّم تکیه دارند و اعتقاد دارند که باید به علاقه‌های متعلمین توجه کرد و باید دید که آنها با چه مسایل و مشکلاتی روبرو هستند و چه هدفهایی را در مغز میپرورانند، بنظر پیروان این روش این آگاهیها منبعی برای تعیین هدفهای آموزشی خواهند بود.

II ــ گروه دوّم، «ماهیت گرایان»[2] نام دارند این گروه به مجموعه‌ای از دانش‌ها و حقایقی تکیه دارند که طی صدها سال جمع شده و بنام میراث فکری و فرهنگی بآنها رسیده است.

پیروان این روش براین باورند که منبع اصلی انتخاب هدفهای آموزشی و تربیتی میراث فکری و فرهنگی جامعه

---

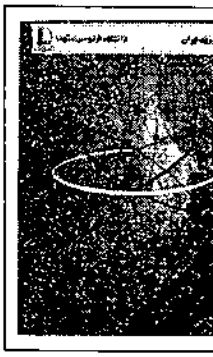
۱ ــ Progresseives

۲ ــ Essentialists

است. بنظر ماهیت گرایان اهداف تعلیم، اساساً آموزش همان اصولی است که در میراث وسیع فرهنگی گذشته جای دارد.

III ــ گروه سوم جامعه شناسانند که با مسایل آموزشی درآمیخته‌اند. بسیاری از جامعه‌شناسان و کسانیکه بنحوی با مسایل گوناگون جامعه این عصر سروکار دارند معتقدند که تجزیه و تحلیل جامعه کنونی اطلاعاتی را بدست میدهد که میتواند منبع انتخاب هدفهای آموزشی قرار گیرد، بنظر این گروه موسسه آموزشی مرکزی است که وظیفه آن کمک به کودکان و جوانان و آماده کردن آنان برای مواجهه صحیح با مسایل جامعه است. این گروه اعتقاد دارند که اگر بتوانیم مسایل مربوط به جامعه معاصر را مشخص کنیم آن وقت هدف موسسات آموزشی عبارت خواهد بود از فراهم نمودن اطلاعات، دانش‌ها، مهارتها و نگرشهاییکه بافراد کمک میکند تا بنحو شایسته‌ای با مسایل جامعه خود برخورد کنند.

پیروان آموزش پیشرو اعتقاد دارند، که مطالعه متعلم هنگامی به تعیین هدفهای آموزشی منجر میشود که اطلاعات حاصل با استانداردهای مطلوب و مشخص و با فرمهای معلوم و قابل قبولی مقایسه شوند تا اختلاف میان وضع موجود متعلم و جامعه با چیزی که بعنوان وضع مطلوب پذیرفته شده روشن گردد.



این اختلاف با فضای تُهی میان وضع موجود و وضع مطلوب را عموماً **نیاز** نامگذاری کرده‌اند.

بنابراین ***«نیاز» نشان‌دهندهٔ فضایی است تهی که بین وضع موجود و وضع مطلوب وجود دارد، به عبارت دیگر، نیاز فاصله‌ایست بین آنچه هست و آنچه که باید باشد.***

بنابراین ابتدا وضع موجود متعلم و اجتماع تعیین شده سپس این وضع با وضع مطلوب مقایسه میگردد تا فضای تهی میان این دو یعنی نیازها و خواستها معلوم گردند.

بدون شک هرگز کسی از پیروان آموزش پیشرو بر این عقیده نیست که فقط چیزهایی را به متعلمْ بیاموزیم که در حال حاضر مورد علاقه و نیاز اوست، بلکه این باور وجود دارد که اگر شرایط و موقعیتهای آموزشی با موضوعات مورد علاقه متعلم ارتباط داشته باشد، وی فعالانه در آن موقعیت شرکت خواهد کرد. بنابراین باید فرصتهای مناسبی را برای متعلم بوجود آورد تا فعالانه و از صمیم قلب در اموریکه مورد علاقه اوست وارد شود و عمیقاً با آنها درآمیزد گروه برنامه‌ریزان پیشرو تنها توجه به علاقه‌های فعلی را در تنظیم برنامه‌های آموزشی کافی نمیدانند. زیرا که اعتقاد دارند که یکی از وظایف آموزش وسعت دادن به علاقه‌های متعلمین است.

در تبیین هدفهای آموزشی از طریق مطالعه وضع موجود این مشکل پیش آمده است که دیگر نمیتوان بتمامی خواستها و انتظارات آموزشی جامعه، پاسخ مثبت داد. مراکز آموزشی باین مطلب پی برده‌اند که دیگر ممکن نیست تمامی مطالب را که دانش پژوهان ارائه میدهند در برنامه‌های درسی خود بگنجانند.

بنابراین، این مشکل اساسی رُخ نموده است که کدامین اطلاعات و توانائیها از اهمیت بیشتری برخوردارند. تا ضمن آموزش مطالب مهم و ضروری از اتلاف فرصت متعلم دربارهٔ مطالبی که دیگر اهمیت قدیم خود را ندارند جلوگیری کنیم.

IV ــ گروه چهارم و فعال موجود که با روش علمی و عملی منتج به نتیجه زودرس و بدور از مشکلات و پرسشهای مورد بحث فوق عمل میکنند، گروهی هستند که در سنگاپور اجتماع دارند و تحت عنوان «کالج برنامه‌ریزی کلمبو» فعالیت میکنند. چندین کشور جهان از جمله ایران اسلامی ما نیز عضو این کالج است.

نحوهٔ تعیین اهداف آموزشی در این مرکز باختصار بشرح زیر است. این گروه ابتدا مشاغلی را که فارغ‌التحصیلان یک رشته میتوانند کسب کنند تعیین مینمایند. سپس مشاغل تعیین شده را بر حسب اهمیت و فراوانی موجود در کشور درجه‌بندی میکنند پس از این مرحله است که اطلاعات، دانش‌ها، مهارتها و توانائیهای لازم برای احراز این مشاغل نوشته میشوند. با توجه باین نوشته‌ها است که اهداف آموزشی رشته‌ها و دروس مشخص میشوند.

تا اینجا دربارهٔ چهار گروه و روش مختلف تعیین اهداف آموزشی باختصار سُخن گفتیم. بدیهی است که برای هر یک از گروه‌ها و روشها مزایا و معایبی قابل ذکر است که فرصت نقد و بررسی آن موجود نیست.

و امّا ارزشیابی:

یکی از مسایل مهم آموزشی، که بسیاری از مطالب حتی اهدافْ آموزشی را تحت‌الشعاع قرار داده و میدهد روش ارزشیابی است. اینک چند کلامی دربارهٔ ارزشیابی آنهم نه ارزشیابی بمعنای عام کلمه، بلکه درباره ارزشیابی متعلم سُخن میگوئیم.

تا ده سال قبل این باور وجود داشت که فقط عده معدودی بین ۱۰ تا ۱۵ درصد از متعلمین میتوانند مطالب را در سطح کمال فرا گیرند. در سرتاسر جهان این انتظار وجود داشت که بین ۸۵ تا ۹۰ درصد متعلمین مردود شوند. در آن زمان علل گوناگونی را برای توجیه تفاوت‌های فردی در قبال یادگیری

ارائه میکردند. که عوامل موروثی، انگیزه، موقعیت اجتماعی، وضع اقتصادی و روانی، زبان و سهولت تکلم و مطیع بودن از آن جمله‌اند.

تقریباً همه پذیرفته بودند که عدم موفقیت‌های متعلمین به علل و عواملی مربوط است که از حوزه مسئولیت مراکز آموزشی و معلم کاملاً خارج است. بنابراین قویاً این فکر وجود داشت که متعلمین با یکدیگر متفاوتند.

اخیراً این باور رُخ نموده است که متعلمین از لحاظ سرعت در یادگیری متفاوتند نه از لحاظ سطحی که میتوانند بدان نایل شوند.

مطالعات انجام شده نشان میدهد که قریب ۹۰ درصد متعلمین میتوانند مطالب را در سطحی فرا گیرند که در شرایط معمولی تنها ۱۰ درصد متعلمین یعنی فقط متعلمین ممتاز توان فراگیری آنرا دارند. شرایطی کشف شده است که با فراهم ساختن آن شرایط «سطح یادگیری» برای همگان یکسان میگردد.

قسمت عمده آنچه که در اصطلاح تفاوتهای فردی در یادگیری منظور میشود، بخاطر شرایط خاص مراکز آموزشی است نه بخاطر تفاوت استعدادها.

اطلاع از این واقعیت ضروری است، که موفقیت پیاپی متعلم در چند سال موجب میشود که وی نظر مثبتی را نسبت بخویش پیدا کرده و ارزش و منزلت والایی برای خود منظور کند. درباره کسانیکه با شکستهای پیاپی مواجه میشوند عکس این موضوع مطرح است. این گروه از متعلمین نظر منفی نسبت بخویش پیدا میکنند و ارزش و منزلت خود را کم میدانند.

به احتمال زیاد میتوان گفت موفقیت‌های پی در پی در مقابل خواستهای مراکز آموزشی نوعی مصونیت در مقابل بیماریهای عاطفی ایجاد میکند و شکستهای پی در پی در مقابل خواستهای مراکز آموزشی بسیاری از مشکلات عاطفی و امراض روانی را فراهم میسازد.

یکی از دستاوردهای تحقیقات این است که غالب نتایج و عواقب عاطفی به نمرات و قضاوتهای شخصی معلم مربوط است نه به نتایج حاصل از آزمون‌های استاندارد.

از طرفی دیگر محققان بر این باورند که این تدریس است نه مدرس که بر فراگیری متعلم اثر قاطع دارد. بگویشی دیگر، «عمل متقابلی که معلم نسبت به متعلم انجام میدهد تعیین کننده است.»

اگر به نحوهٔ کار معلمین بنگریم درمییابیم که دادن اطلاعات بیش از هر مورد دیگری مورد تأکید قرار میگیرد.

همچنین اگر برسش‌های امتحانی را بررسی کنیم متوجه خواهیم شد که اکثر پرسش‌ها بر یادآوری اطلاعات تکیه دارند.

بنابراین به این باور میرسیم که کتابهای درسی، معلمان و مدارس تمام نیروی خود را برای پرکردن مغزهای تُهی انگاشتهٔ متعلمین خود بسیج کرده‌اند. گرچه، برنامه‌نویسان، مؤلفان و مدیران هدفهای پیچیده‌تری را برای آموزش ادعا میکنند، لیکن در عمل بر فرادهی اطلاعات تأکید میشود.

با اینحال باید ادعا کرد که تحقیقات بیشتری به منظور پیداکردن ارتباط یادگیرنده و فرایند یادگیری لازم است.

هنگام گفتگو دربارهٔ اهداف آموزشی، اندیشه‌ها متوجه مطالبی میشوند که باید آموخته شوند. از این روست که مراکز برنامه‌ریزی درسی تشکیل میگردد تا به آخرین و بهترین نظریات مربوط بآنچه که باید یاد داد دست پیدا کنیم این برنامه را جامعه‌شناسان «برنامه آشکار» میگویند. بنابراین میتوان ادعا کرد که کتب درسی برای برنامه آشکار تدوین میشوند و معلمان همین برنامه را تدریس میکنند.

ولی متعلم در طول تحصیل یاد میگرد که چگونه رقابت کند، با نظام فرهنگی و اجتماعی چگونه هماز شود، در جامعهٔ همراه با تکنولوژی چگونه موفقیت را کسب و حفظ کند، و چه نگرشهایی داشته باشد.

جامعه‌شناسان محتوای این یادگیری را «محتوای برنامه پنهان» نام‌گذاری کرده‌اند. برنامه پنهان از بسیاری جهات مؤثرتر از برنامه آشکار است و محتوای آن بهتر آموخته میشود.

دلیل عمده آنکه این محتوا بهتر آموخته میشود این است که با اعمال و رفتار متعلمین و مسئولین آموزشی آموخته میشود و کمتر دربارهٔ آن سخن میگویند. باید دید که دوبرنامه آشکار و پنهان منطبق برنیازهای فرد و جامعه را چگونه میتوان هماهنگ کرد؟ از طرفی، نظر باینکه مراکز آموزشی بعنوان یکی از نهادهای جامعه روابط پیچیده‌ای با دیگر نهادهای اجتماعی دارند. باید دید چه مطالبی در مراکز آموزشی و چه مطالبی در خارج از مراکز بهتر آموخته میشوند.

(از این مطلب نیز در همین جا میگذریم و به بیان ارزشیابی از دیدگاه بلوم میپردازیم)

ارزشیابی از دیدگاه بلوم:

ارزشیابی فرایندی است که برای تعیین درجه آگاهی پاسخگو در ارتباط با اهداف آموزشی خاصی انجام میگیرد.

اهداف آموزش هنگامی قابل ارزشیابی هستند که

بگونه‌ایکه در رفتار آزمون شونده قابل تشخیص باشد، بیان شده باشند.

چنین اهدافی را «هدف‌های رفتاری[1]» نام‌گذاری کرده‌اند. بنابراین ***هدفهای رفتاری بگونه‌ای باید بیان گردند که بنحوی در رفتار یادگیرنده متجلی شوند.***

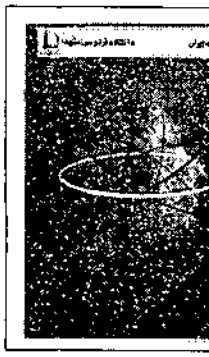
حُسن ارائه هدفهای رفتاری در این است که برای تمامی افراد بطور یکسان تعبیر و تفسیر میشود، چنانچه شرایط و ملاک توفیق همراه با هدفهای رفتاری بیان شوند، «هدفهای رفتاری» بیان شده هدفهای رفتاری کامل نامیده میشوند. بلوم، سطح یادگیری را به سه حیطهٔ[2] «شناختی[3]»، «عاطفی[4]» و «روانی حرکتی[5]» تقسیم میکند.

حیطهٔ «شناختی»، بخاطر سپردن معلومات را در برمیگیرد.

حیطهٔ «عاطفی»، به گرایشها و نگرشها و ارزشها مربوط میشود.

حیطهٔ «روانی حرکتی» مهارتهای تنی را شامل میگردد.

ضمن اینکه حیطه‌های عاطفی و روانی حرکتی از اهمیت بسیاری برخوردار است ولیکن آنچه که امروز در آموزش نظری ما مورد توجه است حیطهٔ «شناختی» است. از اینرو درباره‌این جنبه یادگیری کمی بیشتر صحبت میکنیم.



حیطهٔ «شناختی»، بتنهایی و به ترتیب اهمیت به شش بخش زیر تقسیم میشود:

۱ ــ دانش یا معلومات[6] ــ ۲ ــ فراگیری درک و فهم[7] ــ ۳ ــ کاربرد یا به کاربستن[8] ــ ۴ ــ تجزیه و تحلیل[9] ــ ۵ ــ ترکیب و تلفیق مفاهیم یا خلاقیت[10] ــ ۶ ــ ارزشیابی و قضاوت[11].

اهمیت این تقسیم بندی در این است که هر بخش بخودی خود بخش‌های قبلی را شامل میشود.

مطلب دیگری درباره ارزشیابی داریم و آن تاکید بر دو نکته مهم درباره چگونگی آزمونها است. این دو نکته «اعتبار[12]» و پایایی[13]» آزمون است.

منظور از اعتبار یک آزمون آن است که آیا آزمون آنچه که مورد نظر است یعنی آنچه که اهداف آموزشی نام دارد را ارزشیابی میکند یا خیر؟ و نیز اگر آزمونی را چندین بار برای اندازه‌گیری اهداف خاصی مورد استفاده قرار دهیم و به نتیجه مشابهی نایل شویم، میتوانیم بگوئیم که این آزمون پایا است. اگر آزمونی پایا نباشد معتبر نیز نخواهد بود بدینجهت است که میگویند، پایایی آزمون شرط لازم و کافی برای اعتبار آزمون است.

آموزش فیزیک پیش دانشگاهی در چند کشور:

۱ ــ آموزش فیزیک پیش از دانشگاه در انگلستان

دوره اول تحصیلات پیش دانشگاهی در این کشور از ۵ سالگی آغاز و در ۱۱ سالگی بپایان میرسد. در این دوره فیزیک همراه بازیست‌شناسی، زمین‌شناسی و شیمی تدریس میشود. دورهٔ دوم تحصیلی در این کشور در سه نوع مرکز آموزش متفاوت مدرن اسکول[14]، تکنیکال اسکول[15] و گرامر اسکول[16]، ادامه میابد. کسانیکه به گرامر اسکول میروند از ۱۴ تا ۱۶ سالگی و از ۱۶ تا ۱۸ سالگی میتوانند فیزیک را بعنوان درس مستقل تحت عنوان O,level و A,level انتخاب کرده و در ۱۸ سالگی دیپلم بگیرند. پس از این دوره‌ها دوره‌های دانشگاهی شروع میشود.

آنچه قابل توجه است اینست که برخلاف مشهور، تدریس فیزیک در بسیاری از مدارس تا پایان A-level بکمک وسایل ساده آزمایشگاهی انجام میگیرد.

سالهاست که این سیستم آموزشی براین کشور حاکم است، آنچه که از دو سال پیش تاکنون مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفته این است، که آیا تغییری در این نظام لازم است یا خیر؟ و اگر لازم است، این تغییر چگونه تغییری است؟ براساس اطلاعیه‌آموزش‌آموزش‌و پرورش این‌کشور در مجله Education physics که در ژوئیه ۱۹۸۶ منتشر شد یکی از پیشنهادهای مورد توجه این است که فیزیک تا ۱۶ سالگی همراه با سایر دروس علوم تجربی تدریس شود. البته مزایا و علل این پیشنهاد نیز ذکر گردیده است.

۲ ــ آموزش فیزیک پیش دانشگاهی در فرانسه

در برنامهٔ جدید و جاری این کشور که آخرین مرحله آن دو سال قبل باجرا درآمده است، تا ۱۲ سالگی یعنی در اوّلین دورهٔ تحصیلی، فیزیک همراه با سایر دروس علوم تجربی تدریس میشود. در دوّمین دورهٔ تحصیلی یعنی از سن ۱۳ سالگی فیزیک بعنوان یک درس مستقل آموزش داده میشود.

تحصیلات قبل از دانشگاه شامل سه دوره ۵ ساله، ۴ ساله و ۳ ساله است. پس از طی این دوره‌ها است که متعلم وارد

---

(۱) behavioral objectives
(۲) domain
(۳) cognitive
(۴) affective
(۵) psychomotor
(۶) knowledge
(۷) comprehension
(۸) application
(۹) analysis
(۱۰) synthesis
(۱۱) evaluation
(۱۲) Validity
(۱۳) reliability
(۱۴) Modern School
(۱۵) Technical School
(۱۶) Gerammer School

دانشگاه میشود. موضوع قابل توجه برنامه جاری این کشور این است که نسبت بگذشته از ریاضیات کمتر کمک گرفته میشود. آموزش فیزیک در سال اول دبیرستان یعنی در دهمین سال تحصیلی، با اندازه‌گیری و حرکت آغاز شده و با آموزش مدارهای الکترونیکی شامل ترانزیستورها بپایان میرسد. گفتنی است که تمامی این مطالب فقط در ۲۳۸ صفحه تدوین شده است.

در دوازدهمین سال تحصیلی یعنی در دورهٔ ترمینال[1]، فیزیک بکمک ریاضیات و در سطح عمیق‌تری مورد بحث قرار گرفته است.

۳ ــ آموزش فیزیک پیش دانشگاهی در ایالات متحده

در این کشور سیستم آموزشی یکسانی وجود ندارد، لیکن سیستمهای مختلف اهداف کلی مشابهی را تعقیب میکنند.

اولین دوره تحصیلی یعنی دوره ابتدایی تقریباً در تمام کشور ۶ سال است و در این دوره فیزیک بعنوان جزئی از درس علوم همراه با سایر علوم تجربی تدریس میشود. مراحل بعدی تحصیلات پیش دانشگاهی را میتوان به سه گروه تقسیم کرد. الف ــ یک دورهٔ ۶ ساله ب ــ دوره‌های دو ساله و ۴ ساله، ج ــ دو دوره سه ساله[2]. در هر سه نوع تقسیم بندی فوق فیزیک بعنوان یک درس مستقل تدریس میشود. بنابراین از سن ۱۱ سالگی فیزیک بعنوان یک درس مستقل آموزش داده میشود.

۴ ــ آموزش فیزیک پیش دانشگاهی در هندوستان

تحصیلات پیش دانشگاهی این کشور که شامل چهار دوره تحصیلی است در ۱۸ سالگی بپایان میرسد.

در سه دوره اول تحصیلی که ۵ سال، ۲ سال، و ۲ سال است فیزیک همراه با سایر علوم تجربی تدریس میشود. و در دو سال پایانی یعنی در یازدهمین و دوازدهمین سال تحصیلی، رشته‌های تخصصی مطرح شده و فیزیک بعنوان یک درس مستقل تدریس میگردد.

۵ ــ آموزش فیزیک پیش دانشگاهی در ژاپن

در این کشور فقط یک سیستم آموزشی حاکم بوده و تحصیلات پیش دانشگاهی شامل سه دوره ۶ ساله، ۳ ساله و ۳ ساله است. در دو دورهٔ اول فیزیک در کتابی که شامل مجموعه‌ای از علوم تجربی است تدریس میشود. در دوره دبیرستان ۴ واحد درس اجباری علوم، ۲ واحد درس اختیاری علوم و ۴ واحد درس اختیاری فیزیک وجود دارد. کتب درسی این کشور هر سه سال یکبار مورد بررسی و تجدیدنظر قرار میگیرد. ضمناً کل برنامه آموزشی نیز هر ده سال یکبار بررسی شده و تغییرات لازم در آن اعمال میشود.

۶ ــ آموزشی فیزیک پیش دانشگاهی در روسیه

تحصیلات پیش دانشگاهی در این کشور ۱۰ سال است. در ۵ سال اول فیزیک همراه با علوم دیگر و در ۵ سال دوم، فیزیک بعنوان یک درس مستقل و اجباری تدریس میشود. آنچه قابل ذکر است این است که آموزش فیزیک همراه با تاریخ علوم در بسیاری از کشورها کنار گذاشته شده است، و بدینوسیله فرصت بیشتری برای ارائه مطلب در سطح لازم و ممکن را پیدا کرده‌اند.

۷ ــ آموزش فیزیک پیش دانشگاهی در ایران

همانطوریکه استحضار دارید آموزش پیش دانشگاهی در کشور ما سه مرحله دارد. مرحله ابتدایی ۵ سال، مرحله راهنمایی ۳ سال و مرحله دبیرستان ۴ سال است. در نظام موجود در دوره ابتدایی و راهنمایی فیزیک همراه با سایر علوم تجربی در مجموعه‌ای بنام درس علوم تدریس میشود. کتب علوم دوره‌های ابتدایی و راهنمایی تقریباً ترجمهٔ دو مجموعه جدا از هم کتب علوم ابتدایی و راهنمایی کشور آمریکا است. که سالها قبل کنار گذاشته شده است.

فیزیک بعنوان یک درس مستقل از دوره دبیرستان و از سن ۱۶ سالگی تدریس میشود. کتاب فیزیک موجود در سه ساله اوّل دبیرستان تقریباً همان کتاب فیزیک O,level انگلستان است. در تدوین کتابهای مکانیک و فیزیک سال چهارم بیشتر از کتب آمریکایی استفاده شده است. از اهم مشکلات موجود آموزش فیزیک در دبیرستان این است که تدریس آن باید از صفر آغاز شود، یعنی آموزش فیزیک قبل از دبیرستان را که ۸ سال عمر و سرمایه و امکانات برای آن صرف شده است باید نادیده گرفت.

مطلب دوم: آنکه بسیاری از مطالب فیزیک را که میتوان و باید به دانش‌آموز تا ۱۹ سالگی داده شود در دورهٔ دبیرستان ما داده نمیشود.

مطلب سوم: این است که آموزش فیزیک در پیش از دانشگاه بیشتر با گچ و تخته تدریس میشود و این روشی است که چند دوره آموزش فیزیک از آن گذشته و سالها قبل مردود شده است.

مطلب چهارم: آموزش فیزیک بطور عام در کشور ما اهداف مشخصی را تعقیب نمیکند. و اگر اهدافی وجود دارد، بر روی کاغذها و مغز کارشناسان برنامه‌ریز است.

---

(۱) آخرین سال تحصیلی قبل از دانشگاه

(۲) jonior high school

sinior high school

مطلب پنجم: معلم متخصص بتعداد مورد نیاز وجود ندارد. تعداد بسیار زیادی از کلاسهای تا چهارم دبیرستان را دبیران دانشگاه ندیده اداره میکنند.

مطلب ششم: محصل و معلم ما یک کتابی است. فقط یک کتاب با یک گویش چه خوب و چه بد در این سطح وجود دارد و همه ملزم باستفاده از آنند.

مطلب هفتم: کتب درسی فاقد کتاب معلم یا کتاب راهنمای تدریس است. در صورتیکه از سالها پیش در جهان در برنامه‌ریزی‌های آموزشی کتاب معلم و کتاب آزمایشها، همراه با کتاب دانش‌آموز چاپ و منتشر میشود.

مطلب هشتم: آموزش ضمن خدمت معلمان، یعنی آموزشی که باید به معلمان داده شود تا بدان وسیله معلمان با مطالب جدید علمی و عملی در سطح لازم، از اهداف و روشهای تدریس و ارزشیابی مطلوب مطلع گردند، آنطور که باید، انجام نمیگیرد.

پیشنهادها و درخواستها

پیشنهادات:

چه باید کرد؟ چگونه میتوان این انبوه محصل یعنی فرزندان جامعه را به سوی اهدافی متناسب با نیازهای کشور و پیشرفتهای جهان سوق داد. نقش اوّل این هنرنمایی بعهده معلم است. معلم فیزیک را دانشگاه تربیت میکند. او چگونه تربیت میشود؟ آن آموزش پنهان و آشکاری که قبلاً در بارهٔ آن صحبت کردیم، وجود معلم را چگونه تسخیر کرده است؟ بیش از این فرصت سُخن گفتن در این باب را نداریم. فقط بدینوسیله وجود یک مسأله مهم و زمینه تحقیق و برنامه‌ریزی لازم را اعلام کردیم.

پیشنهاد اول: اینکه در برنامه تربیت معلم فیزیک، بازنگری بنیادی، و همه جانبه‌ای صورت پذیرد.

پیشنهاد دوم: اینکه روش ارزشیابی که تأثیری مستقیم، بر اهداف، محتوا، روش تدریس و خواستهای متعلمین دارد در دانشگاه‌ها، خاصه در مراکز تربیت معلم تغییر یابد، مثلاً آزمون با روش کتاب باز عملی گردد. اگر چنین شود، ارزش حفظ کردن مطالب که در پائین‌ترین مرحله یادگیری است کمتر شده و ارزش سنتز یا خلاقیت اهمیت بیشتری پیدا میکند.

پیشنهاد سوّم: گفتن کلمات نمیدانم، باید مطالعه کنم، دردانشگاه‌ها خاصه مراکز تربیت معلم عملاً آموزش داده شود.

پیشنهاد چهارم: با ارائه و اجرای برنامه‌ای صحیح خواندن یک مطلب از چند کتاب با گویشهای مختلف جزو روش مطالعه دانش‌آموز، دانشجو و معلم و استاد قرار گیرد. و اگر برخی چنین میکنند، دیگران را نیز با خود همگام گردانند.

پیشنهاد پنجم: کار نیکوی نشر دانشگاهی که ترجمه کتب معتبر و انتشار آنهاست با علاقه‌مندی پیگیری شود و این کار در تمامی سطوح آموزشی خاصه در دوره‌های پیش دانشگاهی نیز انجام گیرد. تا بدینوسیله منابع معتبری در اختیار علاقه‌مندان قرار داده شود و انتشار کتب مضرّ خلاصه مطالب کتب درسی و طرح و حل مسایل بدون هدف، از بازار مکارهٔ کتب درسی خارج شود. بدیهی است، تا زمانیکه کتب معتبری در اختیار علاقه‌مندان یادگیری و یاددهی قرار داده نشود، کار توزیع این سری از کتب همچنان ادامه خواهد داشت.

این کار به کمک سروران دانشگاهی و دبیران مسلط بزبان خارجی و با یاری انجمن فیزیک ممکن میشود.

به مرحله قبل از دانشگاه یعنی بمرحله گزینش دانشجو بنگریم؛ گفتیم که ارزشیابی بر اهداف، روش‌ها، سطوح یادگیری، خواستهای متعلمین در نتیجه بر محتوای آموزشی اثر میگذارد. بعنوان اعضای انجمن فیزیک از مسئولین محترم اداره گزینش دانشجو این استدعا را داشته باشیم که به دو امر پایایی و اعتبار آزمون‌ها توجه خاصی مبذول دارند و با یاری حق تعالیٰ تست‌هایی را که در اختیار دارند ابتدا استاندارد کرده و سپس مورد استفاده قرار دهند تا شاید بدینوسیله اثر مثبت تحقیقات و نتایج حاصل از آن را که در باره اهداف و ارزشیابی گفتیم در عمل مشاهده کنیم.

به قبل از گزینش دانشجو بپردازیم فقط ۱۰ درصد از فارغ‌التحصیلان به دانشگاه راه پیدا میکنند. کتب فیزیک را برای همه و بیشتر برای ۹۰ درصدی تدوین کنیم که به دانشگاه راه پیدا نمی‌کنند. تدوین کنندگان چه کسانی باید باشند. یقیناً لازم است که متخصص‌ترین فیزیک‌دانان این کشور در تدوین کتب پیش دانشگاهی قلم بزنند. چه در بسیاری از نقاط جهان چنین میکنند. زیرا که قلم آنها نه برای یک کلاس بلکه برای تمامی ملّت بکار میآید.

گفتیم، لازم است که متخصص‌ترین و خُبره‌ترین فیزیکدانها در نوشتن کتب فیزیک پیش دانشگاهی شرکت کنند و در بسیاری از کشورها نیز چنین میکنند. زیرا که اگر مفاهیم اوّلیه درست نگاشته و تدریس نشوند، این بنا، یعنی بنای فیزیک کج نهاده می‌شود و اگر قرار باشد کشور ما استقلال صنعتی و علمی داشته باشد بایستی بنای فیزیک که تقریباً تنها درس پیش دانشگاهی است که جامعه را به سوی صنعت سوق

میدهد درست گذاشته شود.

در کتب ابتدایی ما، تمامی ما وقتی خواص عمومی اجسام را میخواندیم، چنین می‌خواندیم، اجسام دو خاصیت عمومی دارند، خاصهٔ اول اینکه فضا را اشغال میکنند. دومین خاصه آنکه وزن دارند.

آیا این چنین است؟ در کتب دیگر کشورهای جهان چنین نوشته شده است: اجسام دارای سه خاصیت عمومی زیرند. ۱ ــ فضا را اشغال میکنند، یعنی حجم دارند ــ ۲ ــ جرم دارند ۳ ــ اینرسی دارند.

در بیان جملهٔ اول یا خاصیت اول اشتباهی نداریم؛ جسم حجم دارد. در گفتن جملهٔ دوم کاملاً در اشتباهیم زیرا اجسام بدون آنکه جسمیت خود را از دست بدهند میتوانند بیوزن باشند بی‌وزنی در فضا، بی‌وزنی در آسانسور. و اما اصلاً در باره اینرسی در سطح ابتدایی صحبت نمیکنیم. در صورتیکه جسم بدون اینرسی نداریم. این ریزه کاریهای آموزش فیزیک در دوره ابتدایی چه بلاهایی را در دوره‌های بعدی بوجود آورده و میآورد، که شما بهتر از هر کس دیگر از آن آگاهید. به نظر حقیر لازم است که گروهی متشکل و آگاه از فیزیکدانهای کشور گرد همآیند و طی جلساتی پس از تبادل نظرها تصمیماتی را برای آموزش فیزیک پیش از دانشگاه بگیرند که تصمیم برای خودکفایی علمی و فنی واقعی کشور است.

درخواستها:

با توجه به آنچه گفته شد، تقاضاها خودبخود رُخ نمودند گروه فیزیک دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی که مسؤلیت تألیف چند ده جلد کتاب فیزیک تا پایان دوره فوق دیپلم و انتشار مجله رُشد آموزش فیزیک را بر عهده دارد، برنامه‌ریزی برای هرگونه تصمیم در باره کتب فیزیک و مجله را به گروهی محول میکند که در این کنفرانس اعلام همکاری فرمایند و فرصت و توان ادامه همکاری را داشته باشند. چه، موضوع فقط تألیف کتاب درسی دانش‌آموز نیست، تألیف کتاب جدید برای دانش‌آموزان، تألیف کتاب برای معلم، تألیف کتاب آزمایشها، آموزش معلمان و بالاخره ارزشیابی و اصلاح و پی‌گیری دائمی آن را در پی دارد. این شما و این فرزندان شما و این چهره موجود فیزیک ما، سازمان پژوهش و در دل آن دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی حامی و مددکار شما در انجام کاری خواهد بود که با اخلاص برای اعتلای کشور انجام خواهید داد.

برنامه‌ریزی بنیادی برای کُتب یک برنامه درازمدت است. در کنار این کار درازمدت کارهای میان مدت و کوتاه مدت نیز قابل انجام است. کار میان مدت این است که فصل یا فصولی از کتب بامحتوا و روش‌های جدید نگاشته شود. چه روش نگارش هر روز بهتر و بهتر شده و مطالب مهم و دشواری که قبلاً یا در سنین بالاتری تدریس میشد و یا اصلاً در پیش از دانشگاه درس داده نمیشد، اکنون براحتی و برای سنین پائین‌تری قابل تدریس و درک است.

تألیف کتاب معلم، کتاب آزمایشها و تألیف کتاب برای رشته‌ها و دوره‌های مختلف تحصیلی جدید از دیگر برنامه‌های میان مدت است.

و اما برنامه کوتاه مدت: کتب و روشهای موجود با توجه به اشکالات و پیشنهادها و ارشادهای رسیده بطور پیوسته مطالعه میشوند و در صورت مستند و صحیح و قابل اجرا بودن برای انجام آن اقدام لازم بعمل میآید.

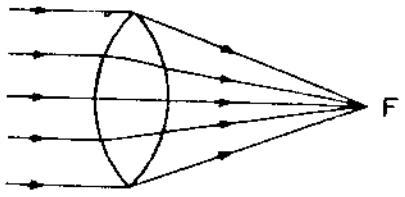
و اما در کنار کتابها، کار مجله نیز وجود دارد. هدف کلی و اصلی مجله این است که معلمین مجهزتر و آگاه‌تر شوند تا بتوانند بهتر آموزش دهند.

شما بعنوان یک عضو انجمن و بعنوان یک فیزیکدان، بعنوان یک دلسوز، به خود و فرزندان و خویشاوندان خود، متناسب با کار، تخصص و فرصت خویش یقیناً بنوعی میتوانید ما را یاری کنید. مطمئن باشید که اخلاص در پذیرش محبت‌های شما صد در صد است. مجله جایگاهی برای معرفی فیزیک و کاربردهای آن در کشور است، کارها و وظایف خود و سازمان خود را با نوشتن مقاله‌ای در این مجله بدیگران معرفی کنید. مجله جایگاهی برای معرفی پیشرفتهای فیزیک در جهان است، میتوانید آخرین مقالات علمی را ترجمه و برای مجله ارسال کنید، منتها مقالاتی را که مطلب را پرورانده و کمتر از ابزار ریاضی استفاده کرده باشند. مجله جایگاهی برای آگاه کردن همگان از روشهای نوین تدریس و ارزشیابی است. مجله جایگاهی برای معرفی خلاقیت‌ها و یافته‌های علمی و عملی دانش‌آموزان، دانشجویان، دبیران و اساتید محترم کشور است.

بنابراین، هر آنچه را که در ارتباط با فیزیک انجام میدهید یا از انجام آن مطلع هستید، مطلبی را در مورد آن تهیه و برای درج در مجله‌ایکه تقریباً همه‌گیر است ارسال فرمائید. و بالاخره مجله جایگاهی برای ثبت اخبار علمی و فرهنگی است. از هر سمینار، بازدید، یا فعالیت آموزشی که در رابطه با فیزیک در داخل و خارج از کشور انجام میگیرد دست اندرکاران مجله را مطلع فرمائید تا بوسیله مجله بآگاهی همگان برسد.

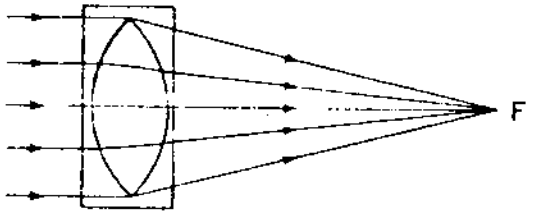
بقیه در صفحه ۳۳

شکل (۱ ــ الف)



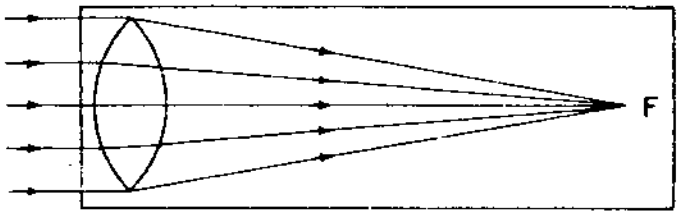
عدسی و تصویر هر دو در هوا قرار دارد.

شکل (۱ ــ ب)



عدسی در آب و تصویر در هوا قرار دارد.

شکل (۱ ــ ج)



عدسی و تصویر هر دو در آب قرار دارد.

«فاصله کانونی یک عدسی محدب نازک در آب»

سیمون جرج ،بخش فیزیک ــ نجوم دانشگاه ایالتی کالیفرنیا ــ

عدسی محدب نازک در آب قرار دارد.

فاصله کانونی یک عدسی محدب‌الطرفین در هوا (f) شکل (۱ ــ الف) بوسیلهٔ رابطهٔ (۱) مشخص می‌شود:

$$\frac{1}{f} = (n - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \qquad (1)$$

n' ضریب شکست مادهٔ تشکیل‌دهنده عدسی، R_1 و R_2 شعاع انحنای سطوح آن می‌باشند. اگر عدسی را در محفظهٔ کوچک نازکی که محتوی آب است قرار دهیم (شکل ۱ ــ ب) و تصویر بار دیگر در هوا تشکیل شود فاصلهٔ کانونی عدسی (f') در این حالت بوسیلهٔ رابطهٔ (۲) مشخص می‌شود:

$$\frac{1}{f'} = (n - n)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \qquad (2)$$

n ضریب شکست آب(۱/۳۳) می‌باشد. اگر در حالت دوم تصویر هم در آب تشکیل شود شکل (۱ ــ ج)، فاصلهٔ کانونی عدسی (f'_1) در این حالت توسط رابطه:

$$\frac{1}{f'_1} = \left(\frac{n - n'}{n'}\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \qquad (3)$$

مشخص می‌شود. برای مثال یک عدسی شیشه‌ای دارای ضریب شکست $n = 1/5$ می‌باشد. فاصلهٔ کانونی عدسی در هوا ۱۰ cm است. f' برای این عدسی چنین محاسبه می‌شود:

رابطهٔ (۱) را بر (۲) تقسیم کنید:

$$\frac{f'}{f} = \frac{n - 1}{n - n'} = \frac{1/5 - 1}{1/5 - 1/33} = 2/94$$

$$f' = 2/94\, f \# 3f$$

اگر تصویر در آب تشکیل شود f'_1 برای این عدسی چنین محاسبه می‌شود:

رابطهٔ (۱) را بر (۳) تقسیم کنید:

$$\frac{f'_1}{f} = \frac{(n - 1)n}{n - n'} = \frac{(1/5 - 1)1/33}{1/5 - 1/33} = 3/91$$

$$f'_1 = 3/91\, f \# 4f$$

برای یک عدسی از جنس کوارتز $n = 1/46$ است. اگر $f = 10$ cm باشد با توجه به روابط ذکر شده $f' = 35/4$ cm و $f'_1 = 47/1$ cm بدست خواهد آمد. از مقادیر بدست آمده چنین بنظر میرسد که تغییر کوچکی در ضریب شکست عدسی سبب تغییر بزرگی در مقادیر f' و f'_1 می‌گردد. مطالب ذکر شده را می‌توان توسط آزمایشی بترتیب زیر در کلاس بدانش‌آموزان نشان داد:

یک اسلاید پروژکتور را بعنوان منبع نور انتخاب نمائید. یک صفحهٔ کدر (در ابعاد اسلاید) که وسط آن دارای یک روزنهٔ کوچک است در پروژکتور قرار دهید. این روزنه بمنزلهٔ یک نقطهٔ نورانی می‌باشد. یک عدسی محدب ($f = 10$ cm) را در فاصله‌ای که باندازهٔ

فاصلهٔ کانونی آن می‌باشد از صفحهٔ کدر قرار دهید. این عمل باعث موازی شدن پرتوهای نورانی خارج شده از پروژکتور می‌گردد (شکل ۲). سپس عدسی محدّبی را که باید فاصلهٔ کانونی آن اندازه‌گیری شود در یک ظرف بزرگ شیشه‌ای توخالی (اکواریوم) قرار دهید؛ در مقابل عدسی پرده‌ای نصب نمائید؛ پرده را آنقدر تغییر مکان دهید تا تصویر روزنه کوچک کاملاً بر روی پرده متمرکز گردد. فاصلهٔ بین عدسی تا پرده را اندازه‌گیری کنید. با استفاده از فرمول:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$f = q$ خواهد شد. زیرا در این حالت P مساوی بی‌نهایت است. برای عدسی که به کار رفته است $q = f = 10$ cm بدست آمد.

ظرف شیشه‌ای را پر از آب کنید تا عدسی و پرده در آب کاملاً غوطه‌ور گردند. حال آنقدر پرده را تغییر مکان دهید تا بار دیگر تصویر روزنهٔ کوچک بر روی پرده متمرکز گردد. فاصلهٔ بین عدسی و پرده را اندازه‌گیری کنید. این فاصله برابر با f'_1 می‌باشد.

اکنون عدسی را تا نزدیک دیوارهٔ ظرف شیشه‌ای تغییر مکان دهید. بار دیگر تصویر روزنه کوچک را بر روی پرده که خارج از ظرف قرار دارد بدست آورید. فاصلهٔ بین عدسی و پرده در این حالت برابر f' می‌باشد. در شکل (۳) مخروط نور را مشاهده می‌کنید که روی دیوارهٔ ظرف شیشه‌ای متمرکز شده است. باید خاطرنشان کرد که دانش‌آموزان در کلاس از آزمایشهای ساده که نتیجهٔ آن توأم با موفقیت است بیشتر لذت می‌برند.

دو سری آزمایش در کلاس انجام گرفت و نتایج زیر بدست آمد:

عدسی ۲ (کوارتز)	عدسی ۱ (شیشه‌ای)
$n = 1/46$	$n = 1/5$
$f = 10$ cm	$f = 10$ cm
$f' = 37/1$ cm (35/4cm)	$f' = 27/8$ cm (29/4 cm)
$f'_1 = 49/3$ cm (47/1 cm)	$f'_1 = 38/2$ cm (39/1 cm)

اعداد نوشته شده در پرانتز با توجه به روابط (۲) و (۳) مستقیماً محاسبه شده است. باید متذکر شد که از این آزمایش می‌توان با معلوم بودن فاصلهٔ کانونی، ضریب شکست عدسی یا مایعی را که عدسی در آن غوطه‌ور است تعیین کرد.

منابع:

Focal length of a Thin Lens under water
Simon George
Department of physics – Astronomy, California state University
The physics Teacher, September 1978, 386

بقیه مقاله آموزش فیزیک از صفحه ۳۱

بطور خلاصه اینکه، در هر موردی که فکر میکنید برای فیزیک، آموزش فیزیک، فیزیکدانان و علاقه‌مندان به فیزیک مفید است، نظر خود را در باره آن اعلام و در انجام آن بهر نحوی که میتوانید ما را یار باشید. چه یاری با ما یاری با خودتان و یاری با فرزندانتان است، و یاری با فرزندانتان خدمتی ماندنی برای استقلال علمی و صنعتی و بالاخره سربلندی این کشور اسلامی است. بامید دیدار شما در کمیسیون پیش دانشگاهی و بامید آغاز همکاریتان در تألیف کتب و مقاله، و با امید کسب اخبار علمی و فرهنگی و کارهای در دست انجام از تمامی نقاط دور و نزدیک جهان خاکی بوسیله شما سروران ارجمند. چشم براهیم.

و من الله التوفیق و علیه التکلان

شهریور ماه ۱۳۶۵

منابع:

۱ ــ The school Science Review Vol 67 No 241 June 1986
۲ ــ World survey of Education – V
۳ ــ Educational policy, Leg is lation and ministration – V – 1971
۴ ــ New trends in physics teaching Volumelv 1984
۵ ــ Course objective, stratagy, staffing, syndicate task action plan and timetable.
۶ ــ COLOMBO PLAN STAFF COLLEGE. SING APORE No – 85/ 15
۷ ــ Planning and organising for in struction March 1985 Dr. M M MALHOTRA
۸ ــ Curri culum evalvation M M MALHOTRA No CPSC 84/ 51
۹ ــ روش آموزش و پرورش ــ اثر جروم اس ــ برونر
۱۰ ــ اصول اساسی برنامه‌ریزی درسی و آموزشی تألیف: رالف تایلور
۱۱ ــ روش‌های نو در تدریس علوم ــ مرکز پژوهشها و همکاریهای بین‌المللی
۱۲ ــ کتب درسی ــ کشورهای مختلف جهان

راهنمائی حل بعضی از مسائل و پاسخ به پرسشهائی که به کتابهای مکانیک و فیزیک سالهای چهارم رشته ریاضی فیزیک و علوم تجربی در سال ۱۳۶۵ اضافه شده است

ابولقاسم قلمسیاه

۱ ــ دو مسئله به مسائل پایان فصل اول (کتاب فیزیک سال چهارم علوم تجربی) و به مسائل پایان فصل دوم (کتاب مکانیک سال چهارم ریاضی فیزیک) با شماره‌های ۱ و ۲ اضافه شده است که منظور از آنها استفاده از نمودارها براساس آنچه خواسته شده است پاسخ دقیق داده شود. بدیهی است وقتی که نمودار مسافت ــ زمان متحرکی یک خط راست باشد سرعت متحرک (که شیب این خط است) همواره ثابت است بنابراین سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای با هم برابرند.

۲ ــ سه پرسش به شرح زیر به پرسشهای فصل دوم کتاب فیزیک سال چهارم تجربی اضافه شده است (شماره‌های ۲۱ و ۲۲ و ۲۳) که دوتای اوّلی با شماره‌های ۲۹ و ۳۰ به آخر پرسشهای فصل سوم مکانیک سال چهارم ریاضی ــ فیزیک نیز اضافه گردیده است:

۲۱ ــ گاهی گفته می‌شود که وقتی آسانسور شتاب می‌گیرد «وزن ظاهری» کسانی که درون آن هستند تغییر می‌کند. معنی این گفته چیست؟ آیا وزن درواقع تغییر می‌کند؟

پاسخ: اگر وزن ظاهری را چنانکه تعریف شده است، برابر نیروئی بگیریم که بر تکیه‌گاه وارد می‌شود این نیرو در آسانسوری که با شتاب حرکت می‌کند، بسته به نوع حرکت، از رابطه $W'=M(g\pm a)$ بدست می‌آید که با وزن واقعی جسم، یعنی $W=Mg$ متفاوت است و تغییر می‌کند ولی Mg فقط بستگی به g شتاب جاذبه زمین دارد و مادام که g ثابت است، چه جسم ساکن باشد و چه در حال سقوط آزاد مقدار $W=Mg$ ثابت است.

۲۲ ــ یک سطح افقی بدون اصطکاک[1] و یک وزنه یک کیلوگرمی استاندارد و یک نیروسنج که درجه‌بندی آن برای شما مشخص نیست و یک متر چوبی و یک کرونومتر فقط در اختیار دارید. مراحل آزمایشی را به تفصیل شرح دهید که با استفاده از این وسائل می‌توانید جرم یک جسم را که مجهول است معین کنید.

پاسخ ــ مرحله ۱ ــ ابتدا متر چوبی را روی میز قرار می‌دهیم وزنه یک کیلوگرمی را مقابل یکی از درجات آن، مثلاً صفر می‌گذاریم. نیروسنج را به آن متصل می‌کنیم و آنرا با یکدست بطور افقی نگهمیداریم کرونومتر را روی صفر میزان کرده و در دست دیگر نگاه میداریم. وزنه را توسط نیروسنج با شتاب مناسبی که قابل کنترل باشد می‌کشیم و در همین لحظه کرونومتر را بکار می‌اندازیم و دقت می‌کنیم که نیروسنج مقدار ثابتی را نشان دهد. پس از اینکه وزنه مسافت معینی را در کنار مترچوبی پیمود کرونومتر را نگه میداریم. بهتر اینست که آزمایش توسط دو نفر انجام شود که یکنفر زمان را با کرونومتر اندازه بگیرد و دیگری وزنه را بکشد اگر نیروئی را که نیروسنج نشان میدهد (و سعی می‌کنیم با تکرار آزمایش ثابت بماند) به F نمایش دهیم و در زمان t مسافت l پیموده شده باشد داریم $l=\frac{1}{2}at^2$ و $F=ma$ بنابراین $F=\frac{2ml}{t^2}$

که به ازای $m = 1kg$ داریم $F = \frac{2l}{t^2} \times 1\ kg$ (۱)

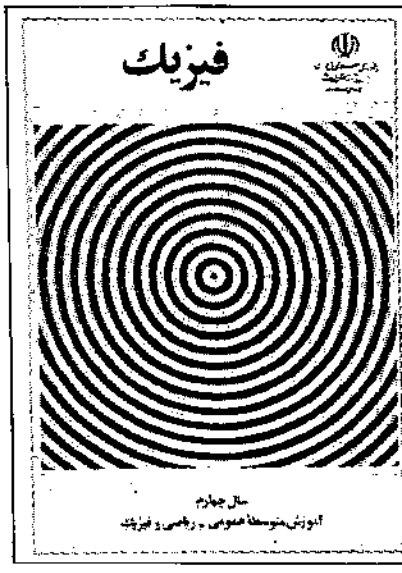
مرحله ۲ ــ جسمی را که منظور تعیین جرم آن است به فنر متصل می‌کنیم و عیناً با این جسم آزمایش را تکرار میکنیم اگر F' و l' و t' مقادیر نظیر مرحله اول باشند داریم $F' = \frac{2m'l'}{t'^2}$ (۲)

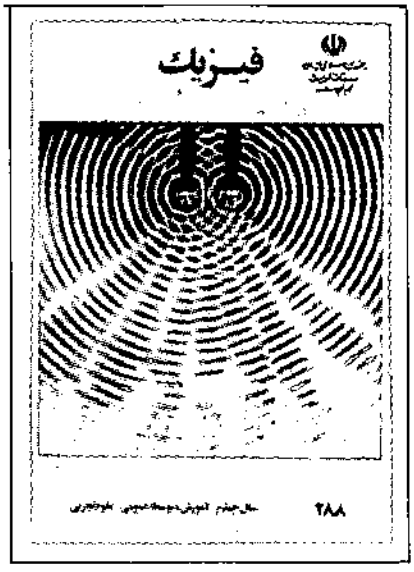
m' جرم جسم است. از تقسیم دو رابطه ۱ و ۲ برهم نتیجه می‌شود

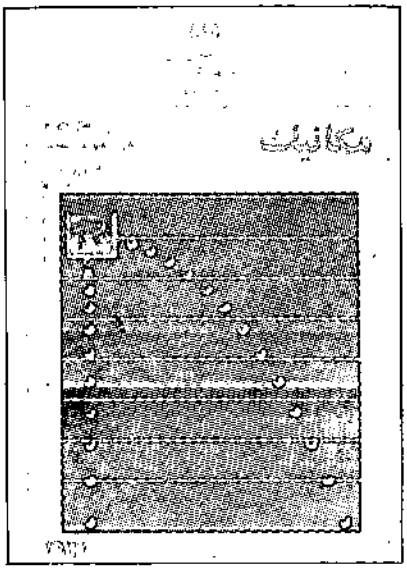
$$\frac{F'}{F} = \frac{m'}{1kg} \cdot \frac{l'}{l} \cdot \frac{t^2}{t'^2}$$

l' و l و t' و t اندازه گرفته می‌شوند و F' و F با هم مقایسه می‌شوند و نسبت مقایسه آنها یک عدد است

بنابراین $m' = \frac{F'}{F} \cdot \frac{l}{l'} \cdot \frac{t'^2}{t^2} \times 1\ kg$







بهتر اینست که سعی شود $F'=F$ باشد دراینصورت $m' = \frac{1}{1'} \cdot \frac{t'^2}{t^2} \times 1kg$ می‌توان وزنه یک کیلوگرمی را ابتدا به نیروسنج آویخت. آنچه که نیروسنج نشان می‌دهد برابر یک کیلوگرم نیرو یا ۹/۸۰ نیوتن است که نشان می‌شود. سپس F' را با آن مقایسه کرد.[۲]

۲۳ ــ این پرسش کاربرد قانون سوم نیوتن یعنی قانون عمل و عکس‌العمل در سه مثال است که توضیح و بررسی آن آسان است ولی باید دقت شود که بدرستی توضیح داده شود.

۳ ــ سه مسئله با شماره‌های ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ به آخر مسائل فصل دوم فیزیک سال چهارم تجربی اضافه شده است که مسئله شماره ۱۱ عیناً تحت شماره ۱۵ به آخر مسائل فصل سوم مکانیک سال چهارم ریاضی فیزیک اضافه شده است که ذیلاً راهنمائی می‌شوند:

۱۰) نیروی جلوبرنده راکت آپولوی ساترن معادل $۷۳۷۰۰۰۰N$ و جرم آن $۵۴۰۰۰۰kg$ بود شتاب این راکت نسبت به سطح زمین هنگام بلند شدن چه اندازه بود؟ چه مدت طول کشید تا این راکت ۵۰ متر از سطح زمین بالا رود؟ شتاب این راکت با گذشت زمان افزایش می‌یافت و در نخستین مرحله پرواز (که اولین مخزن سوخت آن به اتمام رسید و از آن جدا شد) به $۴۷m/s^2$ رسید. با آنکه نیروی جلوبر تغییر محسوسی نمی‌کرد توضیح دهید (بدون محاسبه) چرا شتاب افزایش می‌یافت؟

حل: شتاب حرکت راکت آپولو قاعدتاً باید از رابطه $a = \frac{f}{m}$ f) نیروی جلوبرنده و m جرم راکت) حساب شود یعنی:

$$a = \frac{f}{m} = \frac{۷/۳۷\times۱۰^۶N}{۵/۴\times۱۰^۵kg} \simeq ۱۳/۶۵ \frac{n}{kg} (m/s^2)$$

ولی این شتاب، شتاب حرکت راکت نسبت به سطح زمین نیست زیرا قسمتی از نیروی f صرف مقابله با وزن راکت می‌شود. اگر a' شتاب حرکت آن نسبت به سطح زمین باشد داریم:

$a=g+a'$ (g شتاب جاذبه نقلی است) زیرا $t=ma=mg+ma'$ بنابراین $a'=a-g=۱۳/۶۵-۹/۸۰=۳/۸۵m/s^2$ شتاب راکت نسبت به سطح زمین و مدتی که لازم است با این شتاب (به فرض ثابت ماندن جرم)، این راکت ۵۰ متر بالا رود برابر است با

$$t = \sqrt{\frac{۲\times۵۰}{۳/۸۵}} \simeq ۵s$$

جرم راکت در اثر خروج گازهای حاصل از سوخت درون آن و همچنین جدا شدن مخازن سوخت (پس از خالی شدن) بتدریج کاهش می‌یابد درصورتیکه در میزان نیروی جلوبر تغییر محسوسی حاصل نمی‌شود بنابراین شتاب راکت مرتباً افزایش می‌یابد.

۱۱) این مسأله که با شماره ۱۵ به آخر مسائل فصل سوم مکانیک سال چهارم ریاضی ــ فیزیک نیز اضافه شده است شبیه مسأله ۱۰ است با این تفاوت که وزن اتومبیل با عکس العمل سطح زمین خنثی می‌شود و نیروی جلوبر صرف شتاب دادن به اتومبیل می‌گردد.

۱۲) این مسأله با استفاده از روابطی که در مثال مربوط به حرکت آسانسور در متن کتاب است به آسانی حل می‌شود.

۴ ــ دو پرسش تحت شماره‌های ۹ و ۱۰ به آخر پرسشهای

---

۱ ــ سطح افقی بدون اصطکاک ممکن است تخت هوا باشد یا از قرص یخ خشک استفاده شود و یا از یک چهارچرخه کوچک و روان مخصوص آزمایشگاه در روی سطح افقی میز صاف یا شیشه استفاده شود.

۲ ــ ممکن است راههای دیگری بنظر برسد در هر حال باید این راهها عملی و امکان‌پذیر باشند.

فصل پنجم کتاب مکانیک سال چهارم ریاضی ــ فیزیک اضافه شده است بشرح زیر:

پرسش ۹) حالتهایی یافت می‌شود که در آنها برآیند نیروهای وارد بر جسم متحرک صفر است و درنتیجه جسم با سرعت ثابت بر خط راست حرکت می‌کند (یعنی جسم در حال تعادل دینامیکی است).

در مثالهای زیر (که نمونه‌ای از این حالتهاست) چه نیروهائی با هم موازنه دارند؟

۱ ــ یک اتومبیل که روی جاده افقی و مستقیم باسرعت ثابت حرکت می‌کند.

۲ ــ یک چتر باز که با سرعت ثابت در هوا سقوط می‌کند.

۳ ــ یک هواپیما که با سرعت ثابت در راستای مستقیم و افقی در هوا حرکت می‌کند.

در هریک از این مثالها منبع هریک از نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. اگر این نیروها قابل تغییر باشند چگونه می‌توان آنها را تغییر داد تا در حرکت جسم مؤثر باشند.

پاسخ: ۱ ــ در اتومبیل بین نیروی جلو بر و نیروی مقاوم موازنه برقرار است.

نیروی جلو بر عبارتست از نیروی اصطکاک میان لاستیکهای چرخهای محرک و زمین.

نیروی محرک توسط مکانیسم خاص اتومبیل از موتور به این چرخها منتقل می‌شود. نیروی مقاوم عبارتست از اصطکاک هوا و سطح جاده (که نسبت به اصطکاک هوا ناچیز است). با افزودن نیروی موتور (فشار دادن پدال گاز) می‌توان نیروی جلوبر را بیشتر کرد و بسرعت اتومبیل افزود ولی این افزایش دارای حدّی است که بستگی به مکانیسم دستگاه دارد. بدیهی است با افزایش سرعت، مقاومت هوا نیز افزایش می‌یابد و باز بین نیروها موازنه برقرار می‌شود.

۲ ــ در چترباز موازنه میان نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا است. چترباز می‌تواند با ما نورهای خاص در مقاومت هوا تغییراتی بوجود آورد و سرعت و امتداد حرکت خود را تا اندازه‌ای تغییر دهد.

۳ ــ در حرکت هواپیما، موازنه بین نیروی جلوبر (حاصل از موتور جت یا موتور ملخ‌دار) و مقاومت هوا (وارد بر بدنه و بر بال‌ها) و وزن هواپیما برقرار است (رجوع شود به متن کتاب: چگونه هواپیما پرواز می‌کند) نیروی مقاومت هوا وارد بر بالها را می‌توان با مانور روی قسمت متحرک بال تغییر داد و با تغییر آن سرعت و جهت حرکت هواپیما تغییر می‌کند.

پاسخ به پرسش ۱۰ ــ وقتی که میزان صیقلی کردن سطح‌های تماس دو جسم بویژه دو قطعه فلز هم جنس از حد معینی تجاوز کند تعداد مولکولهای بیشتری از دو سطح با هم تماس پیدا می‌کنند درنتیجه نیروی جاذبه ملکولی بین آنها افزایش می‌یابد که حاصل آن افزایش

راهنمائی حل بعضی از مسائل و پاسخ به پرسشهائی که به کتابهای مکانیک و فیزیک سالهای چهارم رشته ریاضی فیزیک و علوم تجربی در سال ۱۳۶۵ اضافه شده است

اصطکاک و درنتیجه افزایش ضریب اصطکاک است.

۵ ــ سه مسئله تحت شماره‌های ۹ و ۱۰ و ۱۱ به آخر فصل ششم (حرکت بر مسیر منحنی) کتاب مکانیک سال چهارم اضافه شده است که در زیر اشاره‌ای به طرز حل آنها می‌شود.

مسئله ۹ ــ الف ــ پرتاب افقی است، مؤلفهٔ سرعت اوّلیه در راستای قائم صفر است پس حرکت پرتابه در راستای قائم در حکم سقوط آزاد است. زمان این حرکت از رابطهٔ $y = \frac{1}{2} gt^2$ حساب می‌شود یعنی: $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$

که به ازای $y = -80^m$ و $g \simeq -10 m/s^2$ زمان رسیدن پرتابه به سطح زمین $t = 4^s$ می‌شود.

ب ــ زمان این حرکت بستگی به تندی پرتاب اوّلیه (که در راستای افقی است) ندارد.

ج ــ همه‌افقی تندی همواره $8m/s$ بوده وثابت‌است. همه‌قائم ازرابطهٔ $Vy = gt$ حساب‌می‌شودیعنی $Vy \simeq -10 m/s^2 \times 4 = -40 m/s$ (علامت منفی معرف اینست که جهت این مؤلفه تندی رو بپائین است) بنابراین هنگام برخورد پرتابه به زمین همه‌های تندی عبارتند از: $V_x = 8m/s$ و $V_y \simeq -40 m/s$

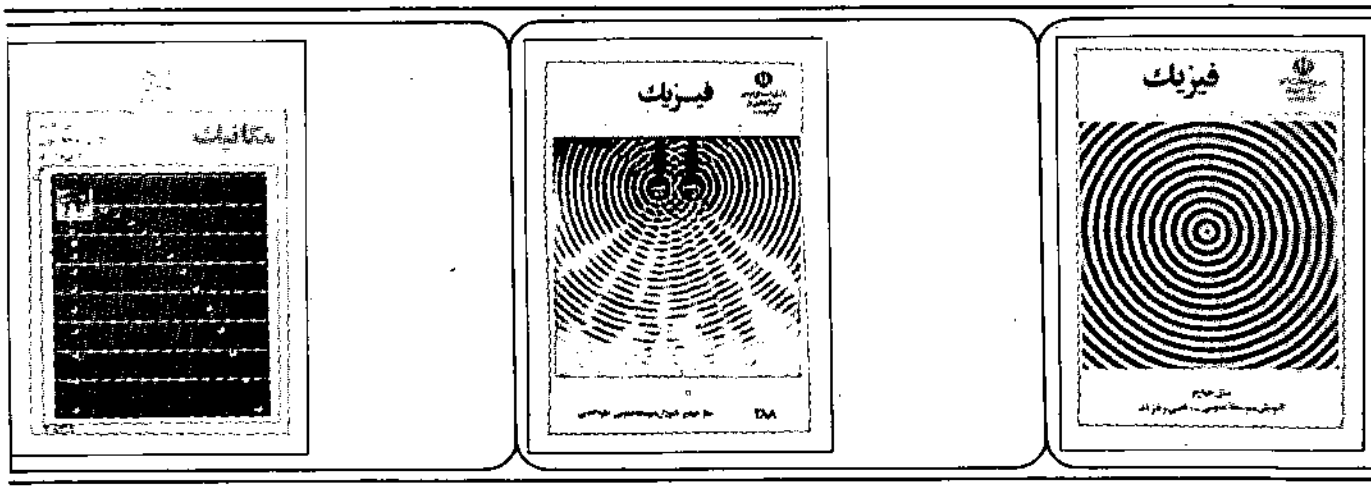
مسئله ۱۰ ــ حل این مسئله نیز آسان و شبیه به مسئله ۹ است:

جوابها $t = 2/5^s$ و $y = -30/6^m$ $\quad V_{min} = 12/5 m/s$

حداقل سرعت نشان می‌دهد که جسم در پرتاب با تندی $10m/s$ (حالت اول) به ساختمان مقابل برخورد نمی‌کند. یعنی قبل از اینکه به ساختمان برسد به زمین می‌رسد.

مسئله ۱۱ ــ باید مختصات نقطهٔ برخورد به زمین (یعنی $x = D$ و $y = -H$) در معادلهٔ مسیر $y = \frac{-gx^2}{2V_0^2 Cos^2\alpha} + xtg\alpha$ صادق باشد. از طرف دیگر ارتفاع ماکزیمم نسبت به سطح زمین بترابر است با $h_{max} = H + \frac{V_0^2 Sin^2\alpha}{2g}$ با حذف V_0^2 از این دو معادله جواب خواسته شده بدست می‌آید:

$$h_{max} = H + \frac{D^2 tg^2\alpha}{4(H + Dtg\alpha)}$$



۶ ــ دو پرسش تحت شماره‌های ۱۵ و ۱۶ به آخر پرسشهای فصل ۷ کتاب مکانیک سال چهارم ریاضی و فیزیک و تحت همین شماره‌ها به آخر پرسشهای فصل ۳ کتاب فیزیک علوم تجربی (سال چهارم) اضافه شده است.

پاسخ به پرسش ۱۵ ــ اگر رابطهٔ $F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}$ را برای یک جسم که روی سطح زمین قرار دارد در نظر بگیریم با توجه به اینکه $m_1 = Me$ (جرم زمین) و $m_2 = m$ (جرم جسم) و R شعاع کره زمین است خواهیم داشت:

$$W = F = G\frac{Mem}{R^2} = mg \quad \text{و یا} \quad \boxed{g = G\frac{Me}{R^2}}$$

۱ ــ ملاحظه می‌شود که g بستگی به جرم جسم ندارد و در یک مکان معین در روی زمین مقدار ثابتی است.

۲ ــ g بستگی به R (فاصلهٔ جسم از مرکز زمین دارد) بنابراین در نقاط مختلف زمین که فاصلهٔ آنها از مرکز زمین متفاوت است نیز متفاوت است.

۳ ــ رابطهٔ $w = mg$ نشان می‌دهد که در سطح زمین وزن هر جسم متناسب با جرم آنست.

۴ ــ برای استنتاج ثابت بودن $\frac{R^3}{T^2}$ برای اقمار یک ستاره، به محاسبات مربوط به این موضوع در متن کتاب مراجعه شود (این قسمت از پرسش مربوط به سال چهارم ریاضی و فیزیک است).

پاسخ به پرسش ۱۶ ــ پرید حرکت یک ماهواره از رابطهٔ $T = \frac{2\pi r}{V}$ بدست می‌آید که در آن جرم ماهواره دخالتی ندارد. یعنی در حرکت یک ماهواره بر روی یک مدار معین اگر محدودیتی برای جرم ماهواره موجود باشد مربوط به تکنولوژی فرستادن ماهواره به آن مدار است.

۷ ــ تعدادی مسأله به انتهای مسائل فصل ۷ کتاب مکانیک سال چهارم ریاضی ــ فیزیک و به انتهای مسائل فصل ۳ کتاب فیزیک سال چهارم علوم تجربی اضافه شده است که ذیلاً حل آنها راهنمائی می‌شود.

مسئله ۱۱ (مکانیک ۴) یا مسئله ۱۰ (فیزیک تجربی ۴)

این مسئله بمنظور مقایسه نیروی جاذبهٔ نیوتنی میان اجسام بزرگ و کوچک از فاصلهٔ دور و نزدیک است و برای روشن شدن ذهن دانش‌آموزان مفید می‌باشد. نیروی جاذبه بین ماه و زمین تقریباً $۲/۷۵ \times ۱۰^{۲۷}$ برابر نیروی جاذبه بین دو جرم داده شده است.

مسئله ۱۲ (مکانیک ۴) ــ جرم زمین را از روی پرید ماه بدور زمین که ۲۷×۸۶۴۰۰ ثانیه است می‌توان از ترکیب روابط زیر بدست آورد:

$$G\frac{Me}{r^2} = \frac{v^2}{r} \quad \text{و} \quad T = \frac{2\pi r}{V}$$

دانش‌آموزان باید وادار به محاسبه و اخذ نتیجه خواسته شده گردند.

مسئله ۱۳ (مکانیک ۴) یا ۱۱ (فیزیک تجربی ۴) ــ حل قسمت اول این مسئله که یک محاسبهٔ ساده است آسان است. ولی دانش‌آموزان باید وادار به محاسبه شوند تا حدود اندازهٔ این نیرو برایشان مشخص شود. (محاسبه آن نظیر محاسبه مسئله ۱۲ است).

برای حل قسمت دوم این مسئله در نظر بگیریم که نیروی وارد بر ماهواره برابر وزن آن در فاصلهٔ ۱۸۰۰۰ کیلومتری کره ماه است یعنی $F = mg_m$ (g_m شدت میدان جاذبه ماه در این فاصله است) اگر g_m شدت میدان جاذبه در سطح ماه و R_m شعاع کره ماه باشد داریم $\frac{g_m}{g} = \frac{R_m^2}{r^2}$ یا $g_m = g_m\frac{R_m^2}{r^2}$ چون $g_m = \frac{g}{6}$ پس $g_m = \frac{g}{6}\frac{R_m^2}{r^2}$

و

$$\boxed{F = \frac{mg}{6}\cdot\frac{R_m^2}{r^2}}$$

پرید حرکت آن از رابطه‌ای که در حل فرض اول مسئله به کار می‌رود حساب خواهد شد.

مسئله ۱۴ (مکانیک ۴) یا ۱۲ (علوم تجربی ۴) ــ برای اینکه یک ماهواره همواره در یک مکان بالای سطح زمین دیده شود باید پرید حرکت آن برابر پرید حرکت زمین یعنی ۲۴ ساعت یا

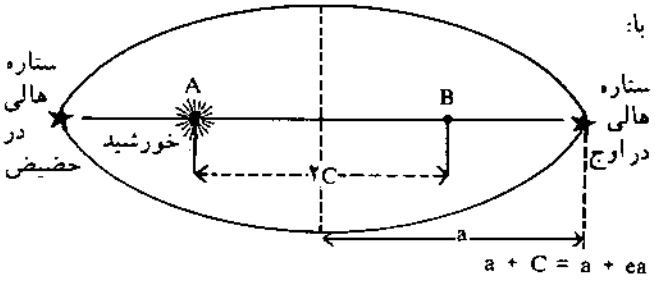
۸۶۴۰۰ = ۳۶۰۰ × ۲۴ ثانیه باشد. فاصلهٔ ماهواره از مرکز زمین از روی روابطی که در مسئله ۱۲ ، آنها اشاره شده است حساب می‌شود یعنی از رابطهٔ: $G\frac{Me}{r^2}=\frac{4\pi^2 r}{T^2}$ که از ترکیب آنها بدست آمده است.

حل مسئله ۱۵ (مکانیک ۴) یا ۱۳ (علوم تجربی ۴) ــ حل این مسئله نظیر حل مسئله ۱۲ است با این تفاوت که بجای Me (جرم زمین) جرم ماه است.

مسئله ۱۶ (مکانیک ۴) ــ اولاً فاصلهٔ متوسط ستاره هالی چنین حساب می‌شود:

واحد نجومی ۱۸ ≒ $R=\sqrt[3]{(۷۵)^2}=\sqrt[3]{۵۶۲۵}\Leftarrow \frac{T^2}{r^3}=\frac{(۷۵)^2}{R^3}=۱$

ثانیاً ــ طبق شکل فاصلهٔ ستاره (در نقطه اوج) از خورشید برابر است با:



یا $a(1+e)$ (زیرا $e=\frac{c}{a}$ خروج از مرکز است). به ازاء $e=۰/۹۶۷$ و $a=۱۸$ واحد نجومی داریم

واحد نجومی $a(1+e)=۱۸(1+۰/۹۶۷)=۱۸\times ۱/۹۶۷ \fallingdotseq ۳۵/۴$ = دورترین فاصله ستاره هالی از خورشید

که تقریباً برابر ۵۳۰ میلیون کیلومتر است.

نزدیکترین فاصلهٔ ستاره هالی از خورشید برابر است با $a-C=a(1-e)$ یا واحد نجومی $۱۸\times ۰/۰۳۳=۰/۵۹۴$ = نزدیکترین فاصله که در حدود ۸۹ میلیون کیلومتر است.

۸ ــ در فصل ۸ (کار و انرژی) مکانیک سال چهارم ریاضی ــ فیزیک و در فصل ۴ فیزیک سال چهارم علوم تجربی ۲ پرسش به آخر پرسشها اضافه شده است که ذیلاً تذکر داده می‌شود.

پرسش ۲۱ (مکانیک ۴) یا ۱۳ (فیزیک تجربی ۴) ــ در این پرسش خواسته شده که انرژی‌های جنبشی یک توپ فوتبال که از محل پنالتی به طرف دروازه زده می‌شود، یک هواپیمای جت هنگام پرواز، یک دونده در مسابقه دو صدمتر، زمین در گردش خود به دور خورشید را برآورد کنند.

سئوالی است بسیار جالب که اولاً حس کنجکاوی دانش‌آموز را بر می‌انگیزد که موضوع را دنبال کند و هر چه بیشتر جوابهای دقیق‌تری پیدا نماید، ثانیاً سئوالی است قابل بحث در هر یک از خواسته‌ها یک کمیّت که نسبتاً کمتر تغییر می‌کند (مانند جرم توپ فوتبال، سرعت هواپیمای جت، سرعت دونده دو صد متر، جرم زمین) و یک کمیّت که دامنهٔ تغییرات آن بیشتر است وجود دارد که دانش‌آموز باید مقدار متوسطی برای آن در نظر بگیرد. باید دانش‌آموزان را وادار کرد که خود دنبال جواب سئوال بروند.

پاسخ به پرسش ۲۲ (مکانیک ۴) یا ۱۴ (فیزیک تجربی ۴) ــ فرض می‌کنیم جرم دو جسم به ترتیب m_1 و m_2 و سرعت آنها v_1 و v_2 باشد. طبق فرض سئوال:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2=\frac{1}{2}m_2v_2^2 \quad \text{یا} \quad \frac{(m_1v_1)^2}{m_1}=\frac{(m_2v_2)^2}{m_2}$$

$$\frac{m_1v_1}{m_2v_2}=\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \qquad \text{و یا}$$

اگر $m_1>m_2$ باشد $m_1v_1>m_2v_2$ است یعنی اندازهٔ حرکت جسم سنگین‌تر بیشتر است.

۹ ــ چهار مسئله تحت شماره‌های ۱۹ و ۲۰ و ۲۱ و ۲۲ به مسائل فصل ۸ (مسائل کار و انرژی) مکانیک سال چهارم ریاضی و فیزیک و چهار مسئله تحت شماره‌های ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ به مسائل فصل ۴ (کار و انرژی) کتاب فیزیک سال چهارم تجربی اضافه شده است که حل بعضی از آنها گوشزد می‌شود.

راهنمائی حل مسئله ۲۰ (مکانیک ۴) یا ۱۲ (فیزیک تجربی ۴) ــ وقتی که سیستم رها شود وزنه A که سنگین‌تر است پائین می‌آید و وزنهٔ B بالا می‌رود. طبق قانون بقای انرژی کاهش انرژی جنبشی این وزنه برابر است با افزایش انرژی جنبشی کل سیستم به علاوه افزایش انرژی پتانسیل وزنه B یعنی:

$$m_Ag_A\times\frac{AB}{2}=\frac{1}{2}(m_A+m_B)v^2+m_Bg_B\times\frac{AB}{2}$$

که از این رابطه v حساب می‌شود.

راهنمایی حل مسئله ۲۱ (مکانیک ۴) ــ برای حلّ این مسئله کافی است قوانین انرژی و اندازه حرکت دربارهٔ سیستم دو وزنه نوشته شود:

$\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2=\frac{1}{2}k.\Delta x^2$ (قانون بقای انرژی)

اندازه حرکت بعد از رها شدن = اندازه حرکت قبل از رها شدن (قانون بقای اندازه حرکت)

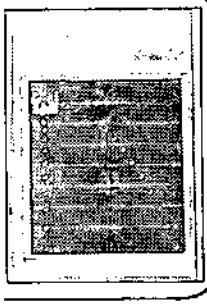
$$0=m_1v_1-m_2v_2$$

(علامت منفی بدین جهت است که حرکت دو وزنه خلاف جهت یکدیگر است). از حل این دو معادله v_1 و v_2 حساب می‌شود.

راهنمایی حل مسئله ۲۲ (مکانیک ۴) ــ

الف ــ با استفاده از قضیهٔ انرژی جنبشی در مسیر افقی BC، سرعت جسم در نقطه B حساب می‌شود: $\frac{1}{2}mv_B^2-0=\mu mg\times BC$

(در این قسمت نیروی انجام دهنده کار فقط نیروی اصطکاک است) و $V_B=\sqrt{2\mu g.BC}$ که به ازاء $\mu=۰/۲$ و $BC=۴^m$ و $۱۰\ m/s^2$



راهنمائی حل بعضی از مسائل و پاسخ به پرسشهائی که به...

$g \simeq$ مقدار V_B برابر ۴ متر بر ثانیه می‌شود.

ب ــ برای محاسبه کار نیروی اصطکاک در طول ربع دایره AB کافیست قانون بقای انرژی در این مسیر نوشته شود:

$$mg.R - 0 = \frac{1}{2} mv_B^2 + W_f$$

کار نیروی اصطکاک + افزایش انرژی جنبشی جسم = کاهش انرژی پتانسیل

$$W_f = mgR - \frac{1}{2} mv_B^2 = 1^{kg} \times 10\ m/s^2 \times 1/5^m - \frac{1}{2} \times 1 \times 4^2$$

ژول ۷ =

مسئله ۱۵ (از مسائل فصل ۳ مکانیک سال چهارم ریاضی ــ فیزیک) یا مسئله ۱۱ (از مسائل بخش ۲ فیزیک سال چهارم علوم تجربی)

الف) شتاب متوسط این اتومبیل، بدون در نظر گرفتن کاسته شدن جرم سوخت اتومبیل و صرف‌نظر کردن از نیروها اصطکاک (در مقابل نیروی موتور) طبق رابطه $f = m\bar{a}$ که در آن f نیروی جلوبر اتومبیل است، برابر خواهد بود با:

$$\bar{a} = \frac{f}{m} = \frac{8/9 \times 10^5}{4450} = 200\ m/s^2$$

که اندکی بزرگتر از $20g$ (یعنی ۲۰ برابر شتاب ثقل) است. ماکزیمم سرعت در پایان زمان ۳/۹ ثانیه حاصل می‌شود که برابر است با

$$V_{max} = 200 \times 3/9 = 780\ m/s$$

ب) این قسمت از پرسش نشان می‌دهد که شتاب ثابت نیست و در حال افزایش است. در این اتومبیل، نیروی جلوبر عبارتست از نیروی عکس‌العمل خروج گازهای حاصل از سوخت که معمولاً با سرعت ثابتی از موتور جت خارج می‌شوند و می‌توان گفت که در تمام مدت حرکت اتومبیل که نیرو اعمال می‌شود این سرعت خروج ثابت است. بنابراین افزایش شتاب در اثر کاهش جرم سوخت درون اتومبیل و مآلاً کاهش جرم سیستم اتومبیل ــ سوخت است. افزایش شتاب تدریجی است و در لحظهٔ پایان اعمال نیروی موتور که ملازم با پایان یافتن سوخت است به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد. این شتاب در صورتی قابل محاسبه است که سرعت نسبی خروج گاز و میزان کاهش جرم مشخص باشد.

ج) با اندازه‌گیری مسافت طی شده توسط اتومبیل در مدت ۳/۹ ثانیه و تعیین سرعت واقعی اتومبیل در پایان این مدت، و مقایسه این حرکت با حرکت متحرکی که دارای شتاب ثابت است و همین مسافت را در همان زمان می‌پیماید می‌توان برای این اتومبیل شتاب متوسط عملی از رابطه $V^2 = 2\bar{a}x$ بدست آورد:

$$\bar{a} = \frac{V^2}{2x} = \frac{86088/65}{28153/0} \simeq 242 m/s^2$$

که در حدود $24/5g$ است و این عدد نیز مبیّن افزایش شتاب اتومبیل در اثر کاهش جرم سوخت است.

محاسبات زیر رابطه دقیق‌تری برای تعیین سرعت (که در آن کاهش جرم منظور می‌شود) بدست می‌دهد. فرض می‌کنیم:

V = سرعت اتومبیل نسبت به زمین

U = سرعت خروج گاز از موتور

باشد. در این صورت سرعت خروج گاز نسبت به اتومبیل $V_r = U - V$ خواهد بود. اگر در یک لحظهٔ مشخص t جرم اتومبیل و سوخت آن مجموعاً m باشد، پس از زمان بسیار کوتاه dt جرم سیستم اتومبیل ــ سوخت به اندازه dm کم می‌شود (dm طبیعتاً منفی است زیرا کاهش جرم است). در همین مدت dt، سرعت اتومبیل به اندازه dV افزایش می‌یابد. اگر اندازه حرکت سیستم در لحظه t برابر $P = mV$ باشد اندازه حرکت آن در لحظه $t + dt$ برابر است با:

$$p' = [m - (-dm)](v + dv) + (-dm)u$$

(توجه داشته باشید که قانون بقای اندازه حرکت در مورد کل سیستم اتومبیل و سوخت که گاز خروجی هم جزو آنست باید در نظر گرفته شود) یا:

$$p' = mv + mdv - (U - V)dm$$

(از جمله dmdv در لحظه بسیار کوچک dt صرف نظر شده است) و تغییر اندازه حرکت برابر است با:

$$dp = P' - P = mdV - (U - V)dm = mdV - V_r dm$$

و تغییر اندازه حرکت در واحد زمان برابر است با:

بقیه در صفحه ۴۵

احمد کهربانیان

تحلیل فنی ــ اقتصادی

۱ ــ مقدمه: از طریق تابش نور با استفاده از تأثیر فتوولتائیک مستقیماً بدون نیاز به موتور حرارتی می‌توان برق تولید کرد خاصیت فتوولتائیک عبارتست از تولید نیروی الکتروموتیو در اثر جذب تشعشع یونیزه ــ دستگاههائی که در آنها نور خورشید بعنوان منبع تشعشع یونیزه مورد استفاده قرار میگیرد سلول خورشیدی نامیده می‌شود.

سلولهای خورشیدی که در دهه ۵۰ میلادی تکامل یافته و تا کنون در چند صد سفینهٔ فضائی مورد استفاده قرار گرفته‌اند بهترین وسیله تولید نیرو در خارج از جوّ بوده و لذا می‌توان چنین ادعا کرد که تکنولوژی آن نسبتاً پیشرفته و تکامل یافته است. از اواسط دهه ۷۰ کاربرد سلولهای خورشیدی برای تولید برق در زمین مورد توجه قرار گرفت و با توجه به پشتوانه تکنولوژی فضائی در مقایسه با دیگر دستگاههای خورشیدی رشد و توسعه یافت.

اگرچه در اتصال هر دو فلز متفاوت از نظرخواص الکتریکی خاصیت فتوولتائیک وجود خواهد داشت اما استفاده از نیمه هادی‌ها عملکرد بهتری داشته بطوریکه تمام سلولهای خورشیدی که امروز ساخته می‌شوند از نیمه‌هادی‌ها و بویژه نوع سیلیکون است. در واقع برای تولید نیروی مفید از طریق عمل متقابل فوتون‌ها در یک نیمه هادی لازمست که سه فرآیند بشرح زیر واقع شود:

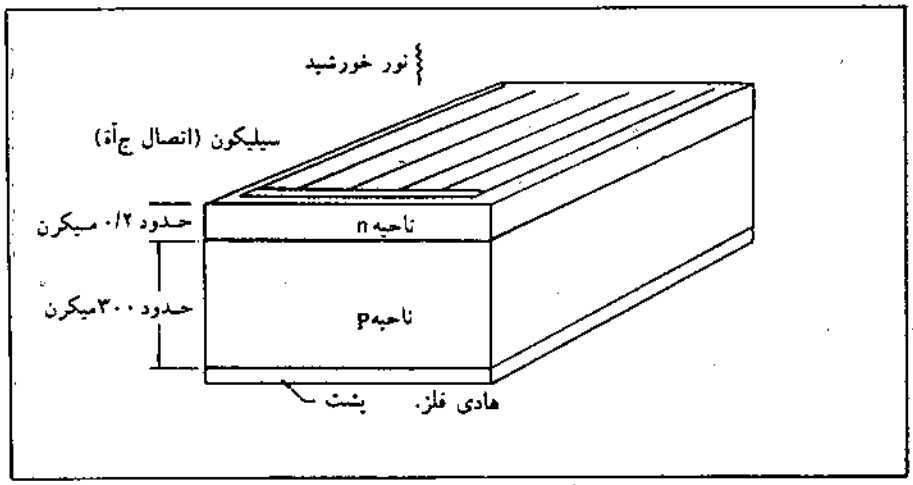
الف ــ فوتون باید در قسمت فعال نیمه هادی جذب شده و مآلاً افزایش پتانسیل انرژی الکترون را باعث گردد.

ب ــ ذرات بارداری (الکترون و یا حفره) که از جذب فوتونی بوجود میآیند باید از هم جدا شده و بطرف سطوح خارجی سلول فرستاده شوند.

ج ــ قبل از آنکه ذرات باردار فوق افزودهٔ پتانسیل خود را از دست بدهند لازمست که از سلول خارج شده و توسط بار الکتریکی مفید مورد استفاده قرار گیرند.

همانطوریکه ذکر شد سلولهای خورشیدی امروزه عموماً از نوع نیمه‌هادی با اتصال p-n میباشند که در شکل ۱ نشان داده شده است. اتصال مواد از «نوع ــ p» و «نوع ــ n» میدان الکتریک ذاتی‌ای را بوجود میآورد که شارژ (الکترون و حفره) بوجود آمده از نور خورشید را از هم جدا می‌سازد. اتصاد p-n معمولاً باین طریق ساخته می‌شوند که یک ماده از نوع p را در داخل کوره دیفیوژن شامل ناخالصی از نوع n (به صورت گاز) قرار میدهند تا بر روی ماده اصلی از نوع p یک لایه بسیار نازک (۰/۲ میکرون) قرار گیرد. بنابراین بارهای مثبت و منفی ایجاد شده از طریق جذب فوتونی اکسون براحتی بطرف سطوح بالا و پایین سلول رانده می‌شوند. سطح پائین مطابق شکل از فلز هادی و در تماس کامل با سلول تشکیل شده تا شارژ را به بار الکتریکی انتقال دهد.

جمع‌آوری شارژ از سطح بالائی را شبکه‌ای از نوارهای بسیار نازک فلزی (خطوط موازی در شکل ۱) تسهیل می‌بخشد. برای آنکه تا حد امکان نور بیشتری به اتصال برسد باید نسبت سطح شبکه فوق به سطح بالائی سلول بسیار کم و عموماً در حدود ۵



شکل ۱ ــ مؤلفه‌های اصلی سلول خورشیدی سیلیکون (اتصال P.N)

درصد باشد. بعلاوه در همین رابطه سطح رویی را ضد انعکاس می‌کنند تا نور منعکسه حداقل باشد. هر سلول ولتاژی حدوداً ۰/۵ ولت ایجاد کرده و شدت جریان آن با سطح سلول رابطه مستقیم دارد بنابراین برای ایجاد ولتاژ و قدرت مورد نظر میباید تعدادی از سلولهای خورشیدی را به صورت سری و موازی قرار داد.

اگرچه برای نوشتن معادلات دیفرانسیل حاکم بر مدل سلول شناختی از مکانیزم جذب فوتونی الزامی است و در واقع تنها از این طریق می‌توان عوامل مؤثر در عملکرد سلول را بمنظور بالا بردن راندمان کلی سیستم شناخت اما مبحث فوق از حوصله این مقاله خارج بوده و در فرصت دیگری بحث خواهد شد. در هر حال خلاصه‌ای درباره اصول کار نیمه‌هادی‌ها ضروری بنظر می‌رسد که در زیر شرح داده میشود.

۲ــ اصول کار نیمه‌هادی‌ها

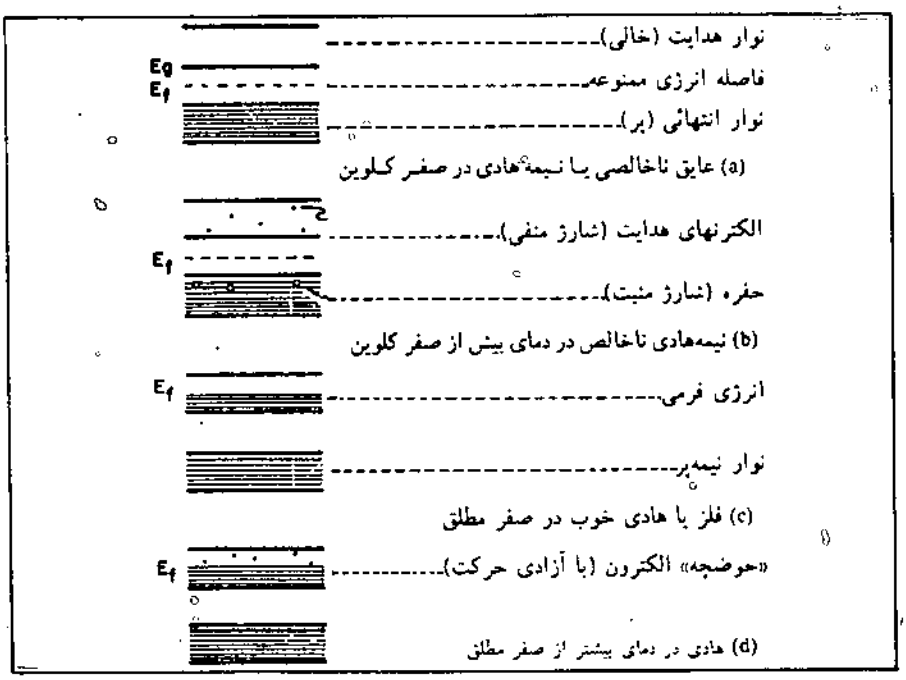
اتمهای منفرد که در داخل یک سیستم کلی نباشند دارای الکترونهائی با سطح انرژی مشخص و معینی هستند. اما وقتی اتمها در نزدیکی هم قرار گیرند (که عموماً چنین است) الکترونهای واقع در اطراف هسته اتم بر الکترونهای مجاور تأثیر متقابل میگذارند. همچنین اصل پاولی (Pauli) تعداد الکترونهای مجاز در یک سطح انرژی را محدود می‌کند. وقتی اتمها در مجاورت هم باشند سطوح انرژی مشخص مربوط به اتمهای منفرد با یکدیگر تداخل کرده و نوار انرژی را تشکیل می‌دهند (شکل ۲) در اینجا در بعضی از نوارها الکترونها می‌توانند وجود داشته باشند و در بقیه این امکان وجود ندارد.

در واقع خواص الکتریکی ماده مربوط می‌شود به چگونگی توزیع الکترونها در همین نوارهای مجاز. الکترون دائماً میل به سطوح با انرژی کمتر داشته در حالیکه مرتباً بوسیله فوتون و یا فوتون‌ها به انرژی‌های بالاتری ارتقا می‌یابند. در اینصورت نوارهای انرژی تنها مشخص کننده نواحی‌ای هستند که الکترون می‌تواند وجود داشته باشد اما مقدار انرژی واقعی الکترونها را بیان نمی‌کنند و در حقیقت توزیع الکترونها در نوارهای مجاز را می‌توان با توجه به تابع فرمی (Fermi) مشخص کرد.

$$f(E) = \frac{1}{\exp\{(E-E_f)/KT\} + 1}$$

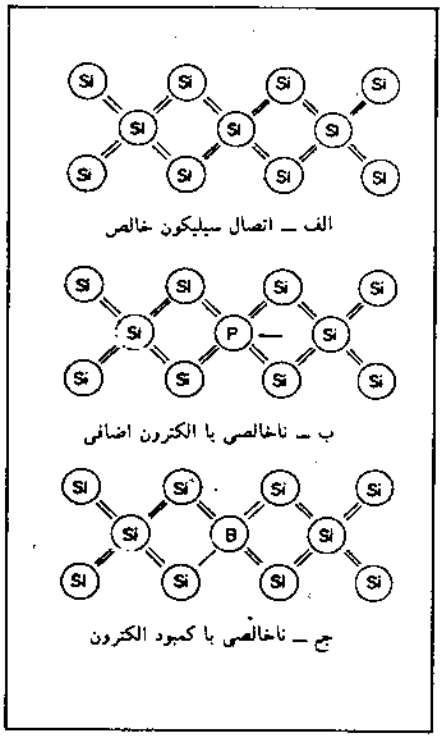
در این رابطه f(E)، احتمال اشغال مکانی با انرژی E توسط یک الکترون میباشد. K، E_f و T به ترتیب عبارتند از سطح انرژی فرمی، ثابت بولتزمن و دمای مطلق. E_f مطابق تعریف مقدار انرژی‌ایست که در آن احتمال اشغال حالتی بوسیله الکترونی دقیقاً $\frac{1}{2}$ باشد. بعبارت دیگر انرژی فرمی بالاترین سطح انرژی است که یک الکترون در صفر مطلق می‌تواند داشته باشد در تعادل ترمودینامیکی سطح انرژی فرمی در تمامیت ماده یکسان بوده و در حالات غیر تعادلی در سراسر تماس بین دو ماده پیوسته است.

اگر خارجی‌ترین نوار انرژی یک ماده



شکل ۲ ــ نوارهای انرژی برای مواد مختلف

(مثل اکثر فلزات) نیمه‌پر باشد و در اینحال در معرض یک میدان الکتریک از بیرون قرار گیرد اشغال کامل سطح انرژی تسهیل شده و موجب عبور جریان میشود البته اگر نوار مجاز انرژی خالی و یا کاملاً پر باشد در هر دو صورت این نوار نمی‌تواند سهمی در جریان برق داشته باشد (عایق الکتریک). همانطور که شکل ۲ نشان میدهد نوار مربوط به انتهائی‌ترین الکترونها را نوار انتهائی می‌گویند. در یک عایق این نوار پر میباشد و بعلاوه فاصله انرژی ممنوعه E_g (حدفاصل بین نوار انتهائی و نوار هدایتی) بسیار زیاد است. نیمه هادی‌ها نیز مشابه عایق‌ها هستند با این تفاوت که در اینجا فاصله انرژی ممنوعه بسیار کمتر از قبل است (در شرایط دمای محیط برای عایق $E_g = ۱۰$ و برای نیمه هادی در حدود ۱ الکترون ولت میباشد). بخاطر همین کوچک بودن E_g در نیمه هادی‌ها، الکترون‌ها می‌توانند بسادگی از طریق حرارت و یا نور به نوار هدایتی رانده شوند که در اینصورت یک جای خالی در نوار انتهائی بوجود آورده و اصطلاحاً آنرا «حفره» مینامند ــ الکترون نزدیک به حفره این جای خالی را پر کرده و خود حفره‌ای جدید بوجود میآورد و بهمین ترتیب ادامه مییابد و لذا عملاً جریان برق بصورت بار مثبت در جهت عکس حرکت الکترون بوجود می‌آید. در واقع هدایت الکتریک در غیرهادی مربوط است به حفره‌ها در نوار انتهائی و الکترونها در نوار هدایتی هدایت جریان که ذکر شد برای نیمه‌هادیهای «خالص» می‌باشد و هرگونه ناخالصی در ماده می‌تواند سطح انرژی جدیدی برای الکترون در داخل و یا در حد فاصل نوارهای مجاز بوجود آورد امروزه جهت اکتساب خواص الکترونیک مورد نیاز عملاً نیمه‌هادیها را از نوع «ناخالص» می‌سازند. با افزودن کمی ناخالصی به بلور نیمه هادی می‌توان تعدادی سطح انرژی در داخل ناحیه ممنوعه بوجود آورد. ناخالصی‌های متفاوت می‌توانند سطوح انرژی در مکانهای متفاوتی بوجود آورند ولذا این امکان وجود دارد که ماده‌ای ساخت که شیوه غالب هدایت شارژ یا بوسیله الکترونها و یا حفره‌ها صورت گیرد (نیمه هادی ناخالص) شکل ۳ الف اتصالات مشترک در سیلیکون خالص را نشان می‌دهد. با جایگزینی یک اتم فسفر همانطوریکه شکل ۳ ب نشان میدهد یک الکترون اضافی بوجود میآید و چون تنها از طریق جذب کولمبی به هسته اتم فسفر مربوط می‌شود با انرژی بسیار کمتری (در مقایسه با انرژی لازم برای طی تمام فاصله انرژی ممنوعه) می‌تواند جابجا شده و به نوار هدایتی برود. اگر بُرُن (Boron) جایگزین شود (شکل ۳ ج) در اینصورت کمبود الکترون داریم تا اتصالات سیلیکون مجاور تکمیل شود. در



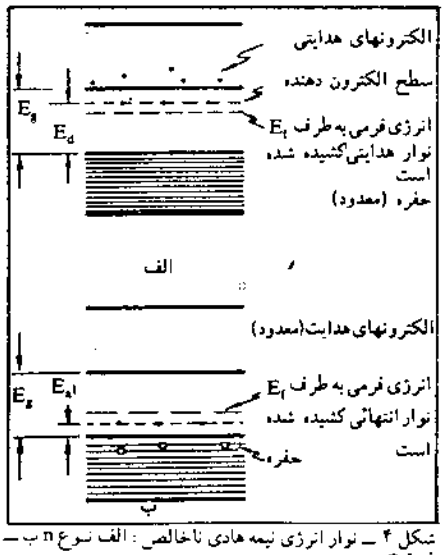
الف ــ اتصال سیلیکون خالص

ب ــ ناخالصی با الکترون اضافی

ج ــ ناخالصی با کمبود الکترون

شکل ۳ ــ ناخالصی در ساختار اتمی سیلیکون

اینحال الکترون نوار انتهائی با انرژی بسیار کمتری از E_g می‌تواند به این مکان خالی انرژی برسد. انتقال این الکترون به مکان جدید همانطوریکه قبلاً ذکر شد ایجاد حفره و مآلاً هدایت شارژ مثبت در نوار انتهائی خواهد کرد (شکل ۴ الف و ب)



شکل ۴ ــ نوار انرژی نیمه هادی ناخالص : الف نوع n ب ــ نوع p

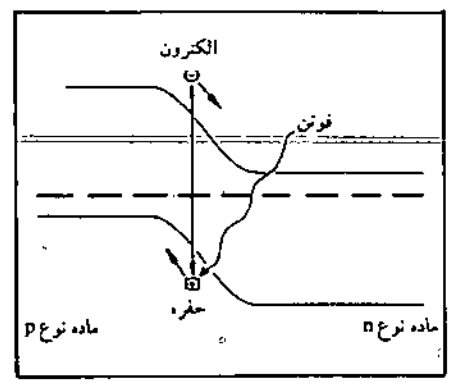
همانطوریکه در شکل ۴ مشهود است ناخالصی فسفر موجب ایجاد سطح‌دهنده انرژی می‌شود که الکترون با بار منفی به ماده میدهد و لذا «نوع n» نامیده میشود در حالت دوم، ناخالصی سبب ایجاد سطح انرژی گیرنده (E_a) میشود که الکترون از نوار انتهائی میگیرد و لذا بار غالب آن مثبت است و از این لحاظ به «نوع p» معروف است.

در نیمه هادی خالص سطح انرژی فرمی درست در وسط E_g قرار دارد و در آن تعداد الکترونهای هدایت و حفره‌ها برابر است اما در نیمه هادی ناخالص همانطور که شکل نشان میدهد انرژی فرمی به سمت انرژی دهنده (E_d) و یا E_g کشیده شده است. در هر حال مکان دقیق آن به دمای مطلق نیمه هادی و غلظت ناخالصی (تعداد اتمهای ناخالص در سانتی‌متر مکعب ماده) بستگی دارد.

در تعادل ترمودینامیکی سطح انرژی فرمی باید در طول اتصال p-n یکسان باشد. در اینحال اگر ماده اصلی برای هر دو نوع p و n یکی باشد (مثلاً ماده خالص هر دو سیلیکون باشد) نوارها باید انحنائی مطابق شکل ۵ داشته باشند. لذا در این اتصال یک میدان الکتریک ذاتی وجود دارد که هر الکترون افتاده در اتصال را بداخل ماده نوع n رانده و هر حفره در اتصال را به سمت ماده نوع p

شتاب میبخشد و بنابراین پتانسیلی مابین p و n بوجود خواهد آمد.

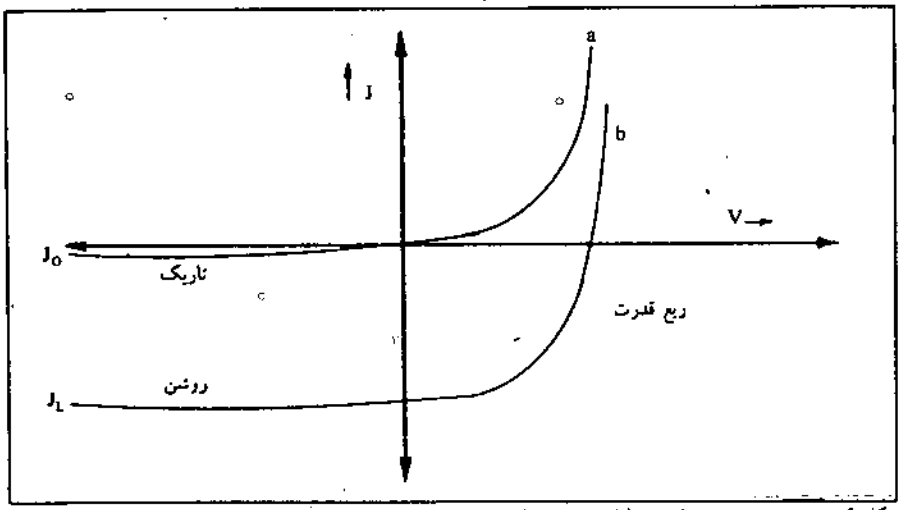
واضح است که بدون دادن نور (انرژی) به سلول چنانچه به دو سر اتصال سیم برق وصل کنیم این پتانسیل از بین خواهد رفت در هر حال چنانچه اتصال را در معرض ولتاژ منفی قرار دهیم میدان الکتریک ذاتی فوق تشدید شده و در اینصورت تنها جریانی که نهایتاً از اتصال عبور خواهد کرد مربوط میشود به الکترونهای تهییج شده توسط نور در ماده p چرا که اغلب الکترونهای ماده n انرژی لازم برای عبور از اتصال (و مقاومت ایجاد شده) به ماده p را ندارند.



شکل ۵ ــ میدان الکتریک درونی که موجب جداسازی شارژهای بوجود آمده از جذب فوتونی می‌شود اگر ولتاژ فوق در جهت عکس یعنی در جهت مثبت اعمال شود مقاومت و مانع اتصال کم شده و الکترونهای ماده n نیز با افزایش ولتاژ مانع کمتری را برای رفتن به ماده p سر راه خود دارند. در واقع رابطه بین عبور جریان در اتصال (J_j) و ولتاژ اعمال شده (V) را می‌توان بصورت معادله زیر نشان داد.

$$J_j = J_o \left[\exp \left(\frac{Vq}{KT}\right) - 1 \right] \qquad (1)$$

شکل ۶ مبین مطالب فوق بصورت منحنی است که در آن منحنی a مربوط به معادلات بالا بدون تابش نور و ولتاژ مثبت است. جریان اشباع (و یا جریان تاریک) J_o همانطوریکه گفته شد بمیزان ثابت و در اثر اعمال ولتاژ منفی (نسبتاً زیاد) بدست می‌آید (قسمت چپ منحنی a) با تابش نور خورشید زوج الکترون



شکل ۶ ــ منحنی شدت جریان ــ ولتاژ برای اتصال p-n

ــ حفره با شدت ثابتی بوجود آمده که موجب عبور جریان ثابت J_L از اتصال می‌شود.

بنابراین منتجه جریان عابر از سلول عبارتست از اختلاف بین J_L و J_j

$$J = J_L - J_j$$

منحنی b در شکل ۶ نمایش تغییرات شدت جریان یک سلول (J) با ولتاژ میباشد آنچه که در تبدیل انرژی فتوولتائیک اهمیت دارد قسمت پائین منحنی b بوده که به «ربع قدرت» معروف است و معمولاً بصورت شکل ۷ نشان داده می‌شود. همچنین دیاگرام ساده نوار انرژی سلول با تولید ولتاژ V در شکل ۷ رسم شده است.

برای شکل ۷ می‌توان نوشت:

حالتی که قدرت یعنی حاصلضرب ولتاژ ــ جریان ماکزیمم است = P_{max}

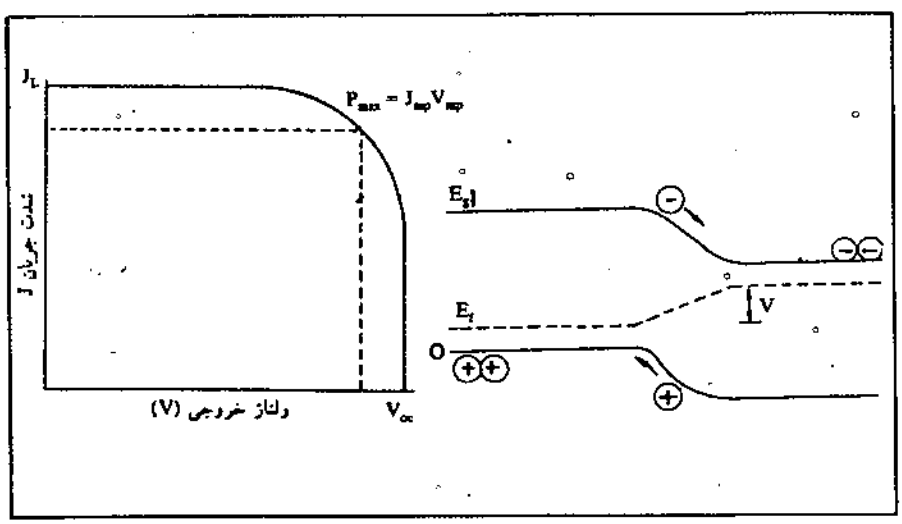
ولتاژ مدار باز = V_{oc}

ولتاژ (ماکزیمم توان) V_{mp}

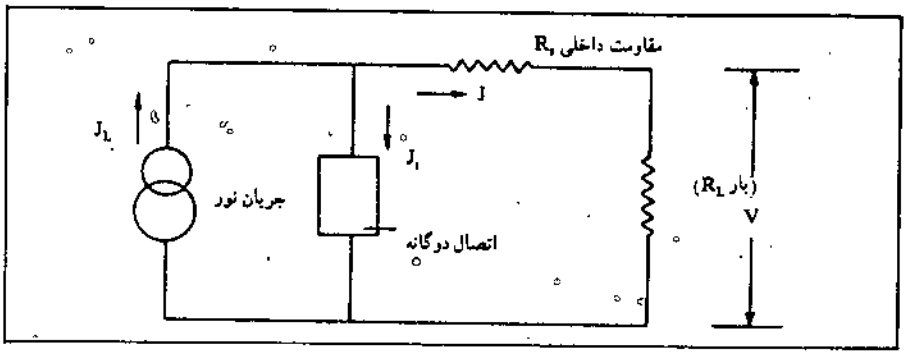
جریان (مدار کوتاه) $J_L = I_{sc}$

جریان (ماکزیمم توان) I_{mp}

در حقیقت مدار الکتریک معادل یک سلول خورشیدی بمانند شکل ۸ میباشد که در آن مقاومت داخلی (R_s) که عمدتاً مربوط به مقاومت هدایت جریان در لایه نازک بالائی سلول (شکل ۱، ناحیه n) میباشد ملحوظ شده است



شکل ۷ ــ منحنی ولتاژ ــ جریان (ربع قدرت) برای سلول خورشیدی که در آن ماکزیمم با pmax مشخص شده است.



شکل ۸ ــ مدار الکتریکی معادل یک سلول خورشیدی همراه با مقاومت داخلی R_s

دراینصورت بادرنظر گرفتن مقاومت داخلی معادله (۱) بصورت زیر درمیآید:

$$J = J_L - J_o\{\exp[\frac{(V + JR_s)q}{KT}] - 1\} \quad (۲)$$

در هر حال واضح است که R_s بر روی قدرت تولیدی تأثیر منفی داشته و باعث اُفت قدرت میشود. شکل ۹ تأثیر R_s را بر روی منحنی ربع قدرت و درصد افت قدرت ماکزیمم با افزایش R_s را نشان میدهد. بنابراین باید در عمل با انتخاب صحیح ماده و ضریب هدایت، مقاومت داخلی را به سمت صفر سوق داد.

۳ ــ مشخصات و عملکرد سلول خورشیدی سیلیکون

مشخصات تولید نیرو برای یک واحد سلول خورشیدی سیلیکون در شکل ۱۰ نشان داده شده است همانطوریکه از شکل الف مشهود است I_{sc} و همینطور I_{mp} نسبت مستقیم دارد با مقدار تشعشع یعنی هر چه تشعشع بیشتر باشد جریان بیشتری خواهیم داشت. بعلاوه شکل الف نشان میدهد که شدت جریان یک سلول خورشیدی تقریباً مستقل از تغییرات درجه حرارت عملکرد آن است. شکل ب. نمایشگر آن است که ولتاژ (V_{oc} و V_{mp}) نسبت معکوس دارد با درجه حرارت سلول و بعلاوه نشان میدهد که ولتاژ تقریباً مستقل از تغییرات تشعشع است بنابراین برای دستیابی به راندمان بالا در سلولهای خورشیدی لازم است که درجه حرارت را با وسائلی پائین نگهداشت.

امروزه برای سلولهای مسطح سیلیکون راندمان ۱۲ درصد قابل حصول میباشد. دراین صورت توان ماکزیمم برای این سلول خورشیدی در تابش ۱۰۰۰ وات بر مترمربع و در درجه حرارت ۲۸ درجه صد بخشی برابر خواهد بود با ۱۲۰ وات برمتر مربع سلول سیلیکون.

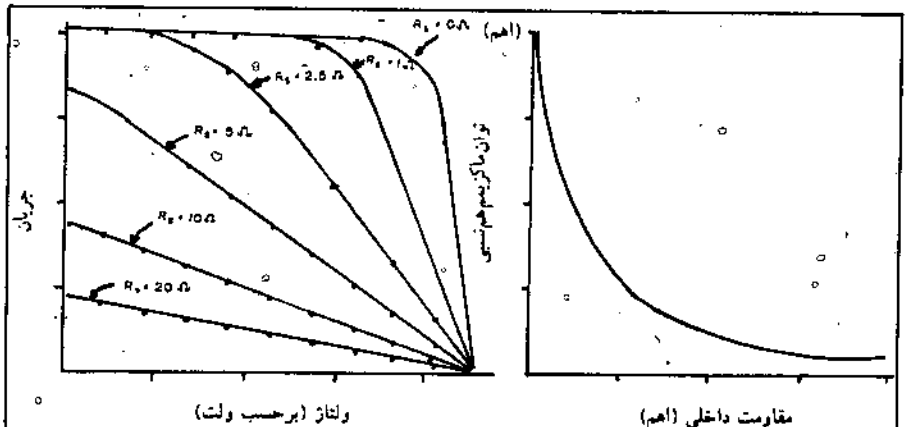
برای این سلول ولتاژ مد ار باز در حدود ۰/۶ ولت (جریان مستقیم) بوده که در توان ماکزیمم به مقدار ۰/۴۶ ولت میرسد. شدت جریان مدار کوتاه آن ۲۷۲ آمپر برمترمربع بوده که در توان ماکزیمم تا حد ۲۶۱ آمپر برمترمربع سلول تقلیل می‌یابد.

لذا با ترکیب تعدادی از این سلولها به صورت سری و موازی به توان، ولتاژ و آمپر مورد نیاز می‌توان دست یافت.

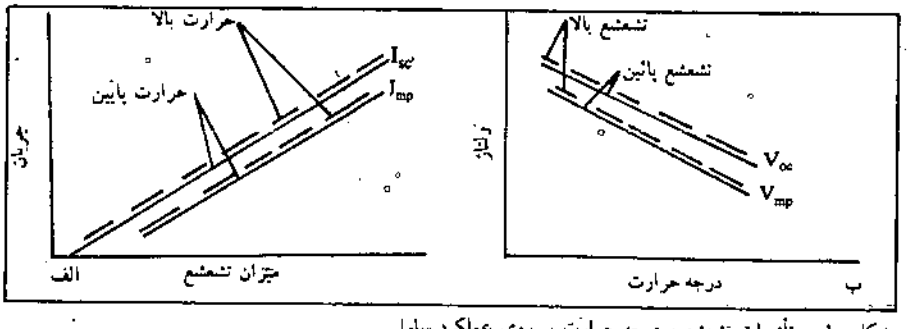
البته باید توجه داشت که همانند سیستم‌های حرارتی خورشیدی در اینجا نیز همانطوریکه شکل الف، پیشنهاد می‌کند برای جریان و قدرت بالا لازمست که تشعشع خورشید به طریقی متمرکز شود. در هر حال استفاده از تمرکز کننده‌ها در سلولهای خورشیدی حرارت سلول را بالا برده و در نتیجه افت انرژی بیشتری ایجاد می‌کند و برای جبران آن حتماً می‌باید از سیستم خنک کننده (معمولاً هوا) استفاده نمود. در هر صورت اصول کار سلولهای مسطح و تمرکز کننده کاملاً شبیه است و در زیر به بررسی اقتصادی سلول مسطح بسنده می‌کنیم.

۴ ــ ملاحظات اقتصادی و کاربرد

امروزه هر سیلیکون به صورت استاندارد و به قطر ۵۳ میلیمتر تهیه می‌شود که در شرایط



شکل ۹ ــ تاثیر R_s برروی منحنی ولتاژ ــ جریان سلول خورشیدی و همچنین درصد کاهش توان ماکزیمم سلول با افزایش R_s



شکل ۱۰ ــ تأثیرات تشعشع و درجه حرارت بر روی عملکرد سلول

استاندارد یعنی درجه حرارت کم (۲۸ درجه) و تابش تشعشع به میزان ۱۰۰۰ وات برمترمربع راندمانی در حدود ۱۲ درصد خواهد داشت. این سلول در شرایط استاندارد جریانی برابر ۳۰۰۰ میلی‌آمپر و ولتاژی به مقدار ۰/۵ ولت تولید می‌کند. در این صورت برای تولید ۲۲۰ ولت لازم است تعداد ۴۴۰ سلول سیلیکون ۵۳ میلیمتری را به صورت سری در مدار قرار داد. بعلاوه اگر فرضاً بخواهیم ۶۶ کیلو وات قدرت تولید کنیم لازم است که تعداد ۱۰۰۰ عدد از این سری‌ها را به صورت موازی قرار دهیم که این معادل خواهد بود با ۹۶۸ مترمربع سیلیکون به عبارت دیگر بازاء هر مترمربع مقدار ۶۸/۱۸ وات نیرو تولید می‌شود. البته سلول خورشیدی در تمام طول سال در شرایط استاندارد کارنکرده و بسته به آب و هوا و تشعشع خورشید در محل فرق خواهد کرد. اگر شرایط ایران را از نظر تشعشع مشابه با نیومکزیکو بگیریم در این صورت برای سلولهای مسطح و با زاویهٔ ثابت با سطح افق (در حدود عرض جغرافیائی) جمعاً ۲۵۲۱ ساعت در سال کار خواهیم داشت یعنی انرژی سالانه برابر خواهد بود با:

$$\frac{۶۸/۱۸ \times ۲۵۲۱}{۱۰۰۰۰} = ۱۷۱/۱۸ \quad \frac{\text{کیلووات‌ساعت}}{\text{برمترمربع}}$$

با تولید انبوه در سالهای گذشته قیمت سلولها کاهش یافته است بطوریکه امروزه هزینه‌ای برابر ۱۰ دلار بازاء هر وات تولیدی امکان پذیر است. البته هزینه کل سیستم یعنی هزینه ناشی از باطری، کنترل، مبدل و شبکه توزیع بسته به کاربرد سیستم هزینه را بین ۲ تا ۴ برابر بالا خواهد برد. در هر حال برای ایجاد یک شبکه تولید وتوزیع نیرو به قدرت ۶۶ کیلو وات می‌باید هزینه اولیه‌ای برابر ۱ میلیون دُلار (امریکا) منظور داشت و از آنجا با توجه به مطالب بالا و فرض اینکه نرخ بهره ۸ درصد بوده و عمر متوسط دستگاه ۲۰ سال باشد قیمت تمام شده انرژی تولیدی برابر خواهد بود با ۰/۵۸ دُلار برای هر کیلووات ساعت. اگرچه درحال حاضر قیمت تمام شده برق تولیدی در مقایسه با نیروگاههای آبی، بخاری و گازی بسیار بالاست اما با توجه به عدم وابستگی اینگونه سیستمها به هرنوع سوخت فسیلی از یک طرف و امکان کاربرد آن در نقاط دورافتاده و در مکان‌هائی که اصلاً امکان اقتصادی خط انتقال نیرو از شبکه سراسری نیست از طرف دیگر، تولید برق از سلولهای خورشیدی از ویژگی خاص برخوردار است.

منابع:

1. J. Lindmayer, Fundamentals of semiconduetor Devices, Princeton, N-J., 1965
2. H. J. Hovel, solar cells, Vol 11 of semiconductors and semimetals, Academic Press, N. Y., 1975
3. Proceedings of the Do E photovoltaic Concentrators systems work shop, may1977
4. S. W. Angrist, Direct Energy conversion, 3rd ed. Boston, 1976.
5. H. Fischer, «physics and Technology of photovoltaic solar Engergy conversion», Advances in solid state physics, pergamman press, oxford, 1974
6. W . C Dickinson (ed). Solar Energy technology Hand book past B, 1980

بقیه مقاله راهنمای حل ... از صفحه ۳۹

$$\frac{dp}{dt} = m\frac{dV}{dt} - V_r\frac{dm}{dt}$$

این تغییر اندازه حرکت طبق قوانین دینامیک برابر است با نیروی خارجی که بردستگاه اثر می‌کند.

یعنی

$$m\frac{dV}{dt} - V_r\frac{dm}{dt} = F_{ext}$$

در مسئله مورد نظر، نیروی خارجی، وزن اتومبیل نیست زیرا وزن آن با عکس‌العمل سطح خنثی می‌شود. تنها نیروی خارجی که ممکن است براتومبیل اثر کند نیروی اصطکاک و مقاومت هواست که در مقابل نیروی موتور در مسئله بحساب نیامده است. بنابراین

$$m\frac{dv}{dt} - V_r\frac{dm}{dt} = 0$$

$$dV = V_r\frac{dm}{m}$$

و از آنجا:

با

$$V - V_0 = V_r\int_{m_0}^{m}\frac{dm}{m}$$

که در آن m_0 جرم سیستم در لحظه $t_0 = 0$ و V_0 سرعت اولیه است. در این صورت سرعت اتومبیل برحسب جرم لحظه‌ای اتومبیل (m) از رابطه زیر حساب می‌شود:

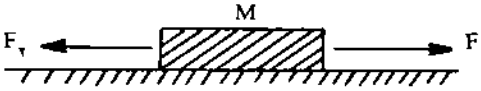
$$V = V_0 + V_r L_n\frac{m_0}{m}$$

نوشته:
M.A. Dinno and T.L. Holloman
April 1976 از مجلهٔ:
Vol.14 Number 4
Physics Teachers

«اصطکاک در حل مسائل اساسی دینامیک»

ترجمه: صیّاد رَزْمکُن
دبیر فیزیک دبیرستانهای شیراز

بطور کلی در معرّفی راه حل مسائلی که مشمول قانون دوم نیوتن در حرکت میگردد بدانش‌آموز گفته میشود که برای سیستم نیروهای القائی (کنسرواتیو) انتخاب غلط جهت حرکت به تعیین اندازه درست شتاب امّا در جهت مخالف منجر میشود. بدین معنی که جهت واقعی حرکت در خلاف جهت انتخاب شده خواهد بود. با وجود براین آنچه که معمولاً مربّی موفق به تاکید آن نمیشود این حقیقت است که این دستور در مورد نیروهای غیر القائی (غیر کنسرواتیو*) کاربردی ندارد.



ش ۱

با دو مثال زیر این مطلب بخوبی روشن میشود.

در شکل ۱ دو نیروی F_1 و F_2 که در خلاف جهت‌اند بر جسمی به جرم M که بر روی سطح بدون اصطکاکی قرار گرفته وارد شده است.

اگر $F_1 > F_2$ باشد جهت شتاب بطرف راست خواهد بود. حال با توجه به قانون دوم نیوتن می‌توان نوشت:

$$F_1 - F_2 = Ma \qquad (1)$$

اگر دانش‌آموزی متوجه رابطه $F_1 > F_2$ نشود رابطه زیر را خواهد نوشت:

$$F_2 - F_1 = Ma' \qquad (2)$$

از روابط ۱ و ۲ نتیجه میشود که $a' = -a$ است.

اگر اصطکاک را در نظر بگیریم رابطه ۱ بصورت زیر در خواهد آمد:

$$F_1 - F_2 - f = Ma \qquad (3)$$

که در آن f نیروی اصطکاک است. در اینصورت رابطه ۲ چنین نوشته میشود:

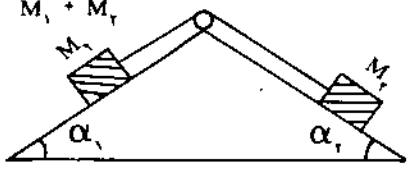
$$F_2 - F_1 - f = Ma' \qquad (4)$$

از حل معادلات ۳ و ۴ نتیجه میشود که $a = -a' - \frac{2f}{M}$ یا $2f = M(a + a')$ و اندازه شتابها برابر نیست.

حال مسأله آشنای دیگری را که در غالب کتب فیزیک با سطوح مختلف مطرح میشود در نظر میگیریم.

در شکل ۲ دستگاه بدون اصطکاک بوده شتاب حرکت از رابطه زیر بدست میآید:

$$a = \frac{M_2 g\sin\alpha_2 - M_1 g\sin\alpha_1}{M_1 + M_2} \qquad (5)$$



ش ۲

اگر $M_2 g\sin\alpha_2 > M_1 g\sin\alpha_1$ باشد شتاب مثبت بوده حرکت در جهت حرکت عقربه‌های ساعت است. در غیر اینصورت با انتخاب جهت حرکت در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت $a' = -a$ خواهد شد. امّا اگر نیروهای اصطلاک را در دو سطح بترتیب f_1 و f_2 بگیریم شتاب حرکت در جهت حرکت عقربه‌های ساعت از رابطه زیر بدست میآید:

$$a = \frac{M_2 g\sin\alpha_2 - f_2 - M_1 g\sin\alpha_1 - f_1}{M_1 + M_2} \qquad (6)$$

در حالی که شتاب حرکت در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت چنین خواهد شد

$$a = \frac{M_1 g\sin\alpha_1 - f_1 - M_2 g\sin\alpha_2 - f_2}{M_1 + M_2} \qquad (7)$$

با توجه بروابط ۶ و ۷ معلوم میشود که وجود اصطکاک باعث عدم برابری شتابها میگردد.

پایان

---

* نیروئی را القائی (کنسرواتیو) نامند هرگاه کار انجام یافته برای انتقال یک ذره از یک نقطه به نقطه دیگر مستقل از مسیر انتخاب‌شده باشد. بنابراین نیروهای جاذبه و کولنی از نیروهای بقاء هستند. البته اگر مسأله را از دید ذرات بنیادی یا میکروسکوپی در نظر بگیریم همه نیروها بقاء هستند زیرا چهار دسته نیروی الکتریکی، جاذبه‌ای، قوی و ضعیف بیشتر موجود نیست و نیروی اصطکاک در بین ذرات بنیادی جائی نخواهد داشت. (توضیح از مترجم است و از منابع زیر استفاده شده است.)

۱. The Penguin Dictionary of Physics. P.80.1977

۲. Jay Orear, Fundamental Of Physics
John Wiley and Sons,INC, Newyork (1967).P.105

اولتراسون ـ ماوراء صوت یا فراصوت

اصطلاحاتی مانند مافوق صوت و ماوراء صوت که اولی ترجمه Supersonics و دومی برگردان ultrasonics است مبیّن دو موضوع جداگانه است که یکی مربوط به گلوله‌ها یا هواپیماهائی است که با سرعتی بیشتر از سرعت صوت (حدود ۱۲۰۰ کیلومتر بر ساعت) حرکت می‌کنند و دیگری یعنی ultrasonics در مورد ارتعاشات مکانیکی است که فرکانسشان از حد بالای فرکانس قابل شنیدن بیشتر است و موضوع مورد بحث ما را تشکیل می‌دهد. ابتدا باید مشخص شود چرا در محیطهای جامد و مایع از ارتعاشات مکانیکی با فرکانسهای زیاد استفاده می‌کنند؟ برای این منظور به ذکر مقدمه‌ای می‌پردازیم.

می‌دانیم گوشهای سالم و جوان می‌تواند اصواتی را بشنود که دارای شدت معیّنی هستند و فرکانس آنها بین ۲۰ تا ۲۰ هزار سیکل برثانیه قرار دارد. صوت از جمله ارتعاشات مکانیکی است منتها شدت و فرکانس آنها بین دو حد بالا و پائین قرار دارد که با آزمایشهای فراوانی اندازه این حدود مشخص شده است. ارتعاشات مکانیکی، ویژگیهایی دارد از جمله برای انتشار به محیط مادی نیاز دارد، هر ذرّه از این محیط تحت اثر نیروی محرک ارتعاش کرده و حرکت ارتعاشی خود را با سرعت معینی منتشر می‌کند که بستگی به ویژگیهای محیط و دما دارد. برای واداشتن یک نقطه مادّی به حرکت ارتعاشی یعنی انجام حرکت رفت و آمدی حول وضع تعادل خود باید همواره دو عامل وجود داشته باشد یکی نیروی محرّک و دیگری نیروی بازدارنده، نیروی محرک انرژی جنبشی به نقطه مادّی می‌دهد و نیروی بازدارنده آن را به انرژی پتانسیل تبدیل می‌کند و در برگشت به نقطه تعادل این عمل معکوس می‌گردد. چنین حرکتی وقتی امکان پذیر است که نیروی وارد بر نقطه مادی متناسب با فاصله آن از مبداء باشد، یعنی هر قدر نقطه مادی را از وضع تعادل دور کنیم به همان نسبت اندازه نیروی بازدارنده یا برگرداننده بیشتر شود.

اگر به انتهای یک فنر وزنه‌ای به جرم m آویخته و با وارد کردن نیروی محرک f آن را به اندازه y جا بجا کنیم پس از رها کردن وزنه شروع به ارتعاش می‌کند وحول وضعیّت تعادل خود حرکت رفت و آمدی انجام می‌دهد. اگر از انتقال قسمتی از انرژی فنر به محیط مجاور نیز اتلاف انرژی آن در اثر حرارت ایجاد شده در سیم و در نتیجه کاهش انرژی اولیه صرف نظر کنیم این حرکت ارتعاشی دائماً ادامه خواهد داشت، دامنه حرکت و فرکانس رفت و آمد تغییری نمی‌کند و معادله حرکت آن را می‌توان بصورت $y = a\sin(\omega t + \varphi)$ نوشت که در آن y بُعد، a دامنه و $(\omega t + \varphi)$ فاز حرکت ارتعاشی است اگر معادله بالا بسط داده شود عبارت $y = a\sin\omega t\cos\varphi + a\cos\omega t\sin\varphi$ بدست می‌آید که می‌تواند بصورت زیر نوشته شود $y = A\sin\omega t + B\cos\omega t$ (۱) که در آن $A = a\cos\varphi$ و $B = a\sin\varphi$ است.

از آنجائیکه این بحث برای امواج اولتراسون یا ماوراء صوت هم اصولاً مصداق دارد ناچار به ادامه آن تا حد ضرورت هستیم.

می‌دانیم حرکت ارتعاشی فنر با صرف نظر کردن از اتلاف انرژی بوسیله آن و نیز ناچیز انگاشتن جرم فنر به علّت تناسب نیرو با فاصله یعنی رابطه $f = -Sy$ انجام می‌پذیرد. S ثابت سختی[1] یا به اختصار سختی فنر است. اگر f بصورت $f = m\frac{d^2y}{dt^2}$ نوشته شود، معادله دیفرانسیل یا تغییرات بسیار جزئی y برحسب جرم و سختی و جابجائی بدست می‌آید یعنی:

$$m\frac{d^2y}{dt^2} + Sy = \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{S}{m}y = 0 \qquad (۲)$$

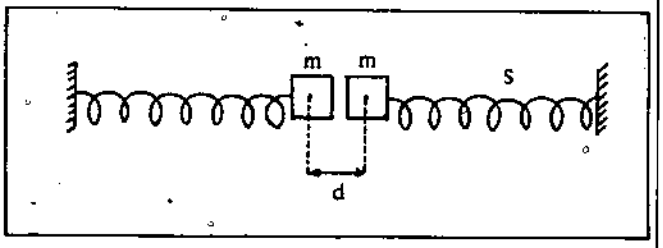
البته این معادله وقتی وجود دارد که اتلاف انرژی وجرم فنر ناچیز باشد یا انرژی تلف شده بوسیله محرّکی با فرکانس $\omega = \sqrt{\frac{S}{m}}$ و دامنه مناسب که قطعاً حرکت آن سینوسی است جبران شود.

در بعضی کارهای تحقیقی معادلهٔ تغییرات جزئی یا دیفرانسیل را بدست آورده، سپس با روش انتگرال‌گیری یا سایر عملیات ریاضی پاسخ کلی را بدست می‌آورند. در اینجا نیز ابتدا معادله حرکت جزئی یا معادله دیفرانسیلی حرکت فنر را نوشته سپس معادله حرکت کلی را بدست می‌آوریم. چرا معادله (۱) و هریک از دوجمله و نیز مجموع آنها جواب معادله دیفرانسیل (۲) است؟ یک پاسخ اینست که هریک از دوجمله به تنهائی و نیز مجموع آنها در معادله (۲) صدق می‌کند، باصطلاح وقتی یک معادله دارای دوجواب خصوصی باشد مجموع آنها نیز جواب معادله است، ولی تفسیر فیزیکی آن براساس واقعیّت و وجود کمیّت قابل اندازه‌گیری چیست؟ وقتی فنر را با وزنه کمی در

امتداد فنر به طرف پائین می‌کشیم و رها می‌کنیم ضمن حرکت هم انرژی جنبشی در آن وجود دارد و هم انرژی پتانسیل، با ماکزیمم شدن یکی دیگری می‌نیمم می‌شود و بالعکس، اگر یکی را با توجه به اختلاف فاز φ متناسب با معادله $A^2\sin^2\omega t$ معرّفی کردیم دیگری را باید متناسب با معادله $B^2\cos^2\omega t$ معرّفی کنیم. دامنه انرژی جنبشی و دامنه انرژی پتانسیل همواره با هم برابر است روی این اصل معادله (۲) می‌تواند هم تغییرات انرژی جنبشی را توجیه کند و هم تغییرات انرژی پتانسیل و هم مجموع آنها را. با اینکه اساس براینست که حتی‌المقدور از فرمول‌ها کمتر استفاده شود معهذا باید متذکر شد که معمولاً حل معادله (۱) را بصورت جامع

$$y = A_1 e^{j(\omega t - \varphi)} + B_1 e^{j(\omega t + \varphi)}$$

می‌نویسند که y بُعد و A_1 و B_1 دامنه موج‌های دور شونده و نزدیک شونده است که یکی از آنها را می‌توان به انرژی جنبشی نسبت داد و دیگری را به انرژی پتانسیل. اکنون به بحث در مورد انتقال انرژی ارتعاشی جرم m که به انتهای فنری بسته شده به جرمی مساوی با آن که به فنری مشابه دیگری متصل ولی ساکن است می‌پردازیم، هر دو فنر و وزنه بر روی میزی افقی و بدون اصطکاک قرار دارند و امتداد فنرها و وزنه‌ها یکی است، شکل (۱)، اگر یکی از فنرها را به اندازه x>d



شکل ۱

متراکم کنیم یعنی انرژی پتانسیل به آن بدهیم وزنه پس از رها شدن به جرم دیگر انرژی می‌دهد و جرم اخیر شروع به حرکت ارتعاشی می‌کند. چون جرم دو وزنه و ثابت سختی دوفنر مشابه است فرکانس حرکت ارتعاشی هر دو وزنه یکی خواهد بود ولی دامنه ارتعاشی آنها با هم و در نتیجه انرژی ارتعاشی آنها یکی نخواهد بود. اگر فاصله بین این دو جرم بی‌نهایت به صفر نزدیک شود مانند برخورد سر به سر دو جرم مساوی و هم راستا عمل می‌شود یعنی جرم اوّل همه انرژی خود را به جرم دوّم داده و جرم اخیر حرکت ارتعاشی جرم اول را عیناً انجام می‌دهد و پس از برگشت به وضع اول انرژی خود را به جرم متصل به فنر اول داده و این جرم حرکت ارتعاشی خود را از سر می‌گیرد. فنرها را در حدی که ارتعاش می‌کنند الاستیک فرض می‌کنیم (فنر به ازاء نیروئی که برانتهای آن وارد می‌شود وقتی الاستیک است که پس از حذف نیرو طول اوّلیه خود را باز یابد) و از اتلاف انرژی در اثر تشعشع حرارتی صرف‌نظر می‌کنیم.

حال اگر جرم یکی از وزنه‌ها و ثابت سختی فنر متصّل به آن را بسیار بزرگ بگیریم از جرم اول انرژی ارتعاشی به فنر دوم و جرم متصل به آن منتقل نمی‌شود و همه انرژی به منبع یعنی جرم اول و فنر متصل به آن برمی‌گردد و با توجه به تشابه مدار الکتریکی و مکانیکی که بحثی مفید و جالب است می‌توان آن را مشابه اتصال اولیه ترانسفورماتور به مولد جریان متناوب دانست که دوسر ثانویه باز باشد. همچنین اگر جرم متصل به فنر دوم بسیار کم و فنر نیز ثابت سختی ناچیزی داشته باشد نمی‌تواند از جرم مرتعش وابسته به فنر اول انرژی قابل توجهی دریافت دارد.

اکنون به شرح انتقال انرژی ارتعاشی از یک مولکول هوا به مولکول دیگر هوا، از مولکول هوا به مولکول آب و از مولکول آب به مولکول هوا می‌پردازیم. همه این محیط‌ها به ازاء دامنه ارتعاشی که بسیار کوچک است الاستیک می‌باشند، یعنی پس از حذف نیرو، مولکولها فاصله اولیه بین خود را باز می‌یابند. نیروی الکترو مغناطیسی بین مولکولها وقتی که فاصله بین آنها نسبت به فاصله تعادل کمتر یا زیادتر شود به نیروی دافعه یا جاذبه تبدیل می‌گردد و مانند نیروی بازدارنده فنر وقتی که تحریکی برآن وارد شود عمل می‌کند. در نتیجه مولکولها تحت اثر نیروهای محرّک و بازدارنده به ارتعاش درآمده و این مولکولها مولکولهای دیگر را که از حیث جرم و محیط مشابهند به نوبه خود به ارتعاش در می‌آورند و انرژی ارتعاشی در هوا منتشر می‌شود. (مثلاً در هوای ۲۰ درجه سلسیوس با سرعت حدود ۳۴۰ متر برثانیه منتشر می‌شود.) ولی مولکولهای مرتعش هوا نمی‌توانند انرژی کافی به مولکولهای آب، مایعات و یا مواد جامد که بسیار چگالتر از مولکولهای هوا هستند منتقل کنند. عکس این قضیه نیز درست است. پس باید مولد حرکت ارتعاشی در محیط های مایع و جامد بسیار پرقدرت‌تر از مولدهای حرکت ارتعاشی در هوا و گازها باشد. با توجه به رابطه شدت انرژی ارتعاشی معلوم می‌شود که این مولّدها باید دارای چه ویژگیهائی باشند.

شدت انرژی ارتعاشی بنا به تعریف «مقدار انرژی است که در واحد زمان از واحد سطح عمود برامتداد انتشار می‌گذرد» و رابطه آن که به سهولت قابل اثبات است بصورت $I = 2\pi^2 N^2 a^2 \rho C$ می‌باشد که در آن N فرکانس ارتعاش، a دامنه آن و ρ جرم حجمی محیط و C سرعت انتشار انرژی ارتعاشی در محیط است ولی ρC معنای خاصّی دارد و نقش مهمی در انتقال انرژی بازی می‌کند.

ρC جرمی است که می‌توانیم تمام آن را در استوانه‌ای به سطح مقطع واحد و طول C فرض کنیم. انرژی ارتعاشی مولکولهای موجود در آن که با فرکانس N هرتز و دامنه a داخل در ارتعاش می‌شوند براساس تعریف برابر شدت انرژی خواهد بود. ρC اسم خاصی دارد و آن «امپدانس اکوستیکی‌ویژه[۲]» می‌باشد و مشابه جزء حقیقی امپدانس

الکتریکی یعنی R بوده و واحد آن در دستگاه SI «ریل[3]» است که برحسب $\frac{\text{کیلوگرم}}{\text{مترمربع} - \text{ثانیه}}$ می‌باشد. مقدار آن برای هوا و آب تقریباً ۴۱۵ و $۱/۵ \times ۱۰^{۶}$ ریل می‌باشد. با مقایسه C/ دو محیط متوجه می‌شویم که برای دامنه و فرکانس ارتعاشی معیّن، مولّد ارتعاش در محیطی که C/ خیلی زیاد است باید چه توانی داشته باشد، چون شدت با مجذور فرکانس یعنی $N^{۲}$ متناسب است. یکی از راههای زیادکردن قدرت استفاده از مولّدهائی است که ارتعاشاتی با فرکانس‌های بسیار بالا یعنی «اولتراسون» تولید می‌کنند.

این مولّدها می‌توانند از نوع مکانیکی باشند و یا با استفاده از خاصیّت پیزوالکتریک[4] بعضی اجسام و یا پدیده مانیتوستریکسیون[5] ساخته شوند

سوت گالتن یک مولّد مکانیکی صوتی و فراصوتی است که در سال ۱۸۸۳ بوسیله گالتن ساخته شده و در ۱۹۰۰ بوسیله Edelmann تکمیل گردید.

این سوت با داشتن پیچ متحرک و تغییر حفره رزنانس می‌تواند فرکانس از ۳۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ هرتز را در هوا تولید نماید. فشار هوای دمیده شده عامل مهّمی در افزایش فرکانس است، بدیهی است گوش انسان نمی‌تواند صوتی را که فرکانس آن بیش‌از بیست هزار سیکل برثانیه است بشنود، ولی بعضی جانوران مانند سگ‌ها این صدا را می‌شوند و بطرف منبع صدا جلب می‌شوند.

مولد Hartmann نوعی دیگر از مولدهای امواج اولتراسون در هواست که با استفاده از واردکردن گاز ئیدروژن در حفره رزناتور فرکانس ارتعاشی را به یکصدکیلو هرتز رسانده است. زیرا در هوا بعلّت سرعت انتشار کم (حدود ۳۴۰ متر برثانیه) فرکانس صدای حاصل از سوت گالتون که در حفره رزنانس آن هوا قرار دارد نمی‌تواند بیش‌از ۲۵ کیلو هرتز باشد می‌دانیم سرعت صوت در ئیدروژن با توجه به فرمول $C=\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ حدود ۱۲۰۰ متر برثانیه است با افزایش فرکانس ضریب راستاوری یعنی انتشار قسمت اعظم انرژی صوتی در یک امتداد خاص افزایش می‌یابد. باتوجه به جرم مولکولی هیدروژن انرژی ارتعاش حاصل ضعیف است. سوت هارتمن بمرور توسط دیگران تکمیل گردید که فعلاً جای بحث آن نیست.

بر اساس سوت گالتون، سوتهایی برای انتشار صوت و اولتراسون در آب ساخته شده است که برای امولسیونه‌کردن چربیها بکار می‌رود. برای ریزترشدن و ثابت‌ماندن ذرات چربیها عمل چندین بار تکرار می‌گردد که بحث درباره آنها از حوصله این مقاله خارج است.

مولدهای مکانیکی بطوریکه دیده شد فرکانس محدودی دارند، گرچه حد بالای فرکانسهای آنها در حوزه امواج اولتراسون قرار دارد ولی برای مصارف وسیع صنعتی و تحقیقاتی و پزشکی به امواجی با فرکانسهای بسیار بالاتر نیازمی‌باشد، در نتیجه از خواص پیزو الکتریک استفاده می‌کنند.

---

(۱) ــ در یک ثانیه از واحد سطح که بطور عمود برامتداد انتشار قرار گرفته جرمی برابر C/ می‌گذرد که استوانه‌ای به سطح مقطع واحد و طول C را می‌تواند اشغال کند. بدیهی است که درهر لحظه تعدادی مولکول به این استوانه وارد و تعدادی از آن خارج می‌شود که با توجه به تعداد بسیار زیاد مولکولها می‌توان جرم موجود دراستوانه راثابت فرض کرد.چون هرمولکول دراثرارتعاش به مولکول مجاور نزدیک یا از آن دور می‌شود (ارتعاش در هوا طولی است) لذا در هرلحظه می‌تواند دارای انرژی جنبشی و پتانسیل باشد که براساس اصل بقاء انرژی مجموع آنها برابر ماکزیمم انرژی جنبشی یا ماکزیمم انرژی پتانسیل است یا می‌تواند برابر مجموع متوسط انرژی جنبشی و پتانسیل در طول λ یا T و یا مضربی از آنها باشد بنابراین اگر جرم مولکولهائی را که در استوانه‌ای به سطح مقطع واحد و طول dx قرار دارد با $\rho_0 dx$ نشان دهیم‌مقدار متوسط مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی در هرلحظه و در هرمکان برابر است با:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\lambda}\int_0^{\lambda}\rho_0 a^2\omega^2\sin^2(\omega t - kx)\,dx$$

که در آن ε_0 متوسط انرژی در واحد حجم است که به آن چگالی انرژی ارتعاشی هم می‌گویند.

البته معادله ارتعاشی را $y = a\cos(\omega t - kx)$ در نظر گرفته‌ایم.

با توجه به اینکه $\sin^2\alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$ است انتگرال آن در فاصله یک طول موج برابر $\frac{1}{2}$ می‌شود. در نتیجه

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\lambda}\rho_0 a^2\omega^2\left[\frac{x}{2}\right]_0^{\lambda} \Longrightarrow \varepsilon_0 = \frac{1}{2}\rho_0 a^2\omega^2$$

ε_0 چگالی انرژی است یعنی انرژی است که از واحد سطح می‌گذرد و حجم واحد را اشغال می‌کند. چون در یک ثانیه حجم اشغال شده $V = 1 \times C$ واحد است

پس $I = \varepsilon_0 C$

یا $I = \frac{1}{2}\rho_0 a^2\omega^2 C$

با توجه به اینکه $\omega = 2\pi N$ است داریم

$$I = 2\pi^2 N^2 \rho_0 a^2 C$$

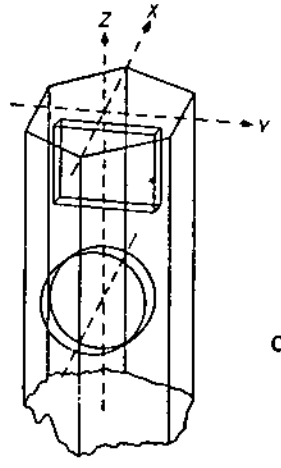
این خاصیت را برادران کوری (CURIE) در سال ۱۸۸۰ کشف کرده و نام آنرا الکتریسیته قطبی گذاشتند. آنها مشاهده کردند که وقتی بر مواد خاصی مانند کوارتز فشار وارد شود بر سطح آنها بار الکتریکی ظاهر می‌گردد، و خیلی زود دریافتند که اندازهٔ بار الکتریکی متناسب با فشار است.

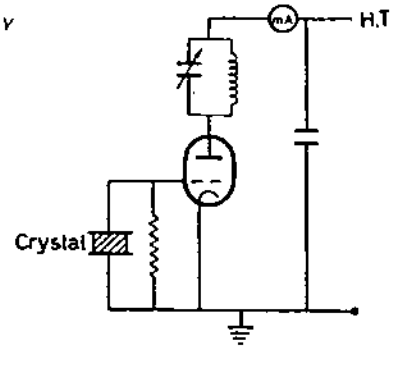
یکسال بعد هم خاصیّت معکوسی، که لیپمن (LIPPMAN) در تئوری خود پیش‌بینی کرده بود بوسیله برادران کوری کشف گردید. معلوم شد که اگر مواد پیزو الکتریک مانند دی الکتریک یک خازن مورداستفاده قرار گیرد برحسب جهت میدان الکتریکی منقبض یا منبسط می‌گردد. لانژون (LANGEVIN) فیزیک‌دان فرانسوی با استفاده از این خاصیت در جنگ جهانی اول دستگاهی ساخت که مکان زیردریایی‌ها را آشکار می‌ساخت. در این دستگاه از کوارتز بعنوان ماده پیزو الکتریکی استفاده شد که با فرکانس میدان الکتریکی متناوب به ارتعاش درآمده و امواجی را در آب منتشر می‌کرد. این امواج پس‌از برخورد به زیردریائی منعکس شده و این‌بار متناسب با تراکم و انبساط بر کوارتز فشار آورده که موجب پیدایش بار الکتریکی متناسب با فشار در آن می‌گردید و پس‌از تقویت بوسیله دستگاههای آشکار کننده مکانُ زیردریائی مشخّص می‌گردید. این دستگاه سی سال بعد پس‌از اصلاح و تکمیل شدن بنام سونار[۶] در کشتیها برای تعیین عمق و محل دقیق زیردریائیها مورداستفاده قرار گرفت.

باید توجه داشت که امواج رادیوئی حتی با کمترین فرکانس (۳۰ کیلوسیکل برثانیه) در آب دریا در هر ۳۰ سانتیمتر یک دسی‌بل کاهش می‌یابد درحالیکه امواج صوتی با فرکانس ۱۰ کیلوسیکل برثانیه در هر متر بیش‌از ۰/۰۰۱ دسی‌بل و ماوراء صوت با فرکانس ۵۰ کیلو سیکل برثانیه در هر متر بیش‌از ۰/۰۱۵ دسی‌بل تضعیف نمی‌شود. بر این اساس در داخل آب دریا باید از سونار یا فرستنده امواج صوتی که مانند گیرنده هم عمل می‌کند استفاده کرد، ولی در هوا امواج الکترومانتیک کاربرد دارند، بطوریکه دیده می‌شود با افزایش فرکانس امواج صوتی در دریا ضریب جذب زیاد می‌شود، از این‌نظر برای ارسال علائم صوتی تا فاصله‌های دور از ارتعاشاتی با فرکانسهای کمتر که با استفاده از خاصیّت مانیتوستریکسیون که مبحثی جداگانه است تولید می‌شود و قدرت کافی به امواج ارسالی می‌دهد استفاده می‌کنند در همان سالهای جنگ بین‌المللی اول نیکولسون (NICOLSON) از نمک Seignette که خاصیّت پیزوالکتریک آن بسیار بالاتر از کوارتز بود استفاده کرد. در سال ۱۹۴۸ در آمریکا از سرامیکها که خواص پیزوالکتریک آنها بسیار جالب است استفاده شد که امروزه مورداستعمال وسیعی یافته‌اند که متناسب با کاربرد متنوع آنهاست، گرچه نقطه‌کوری یعنی دمائی که سرامیکها خاصیّت پیزوالکتریک خود را از دست می‌دهند اغلب از کوارتز کمتر است ولی حساسیت بعضی از آنها نسبت به کوارتز در برابر نیروی محرکه منبع تغذیه حتی دویست برابر کوارتز است. برای بحث درباره کاربرد وسیعی که امواج اولتراسون و هیپرسون Hypersonic waves (امواجی با فرکانسهائی بسیار بیشتر از امواج اولتراسون) در صنایع و پزشکی و تحقیقات علوم دریائی و سایر علوم پیدا کرده‌اند باید نحوه ارتعاش برش‌های مختلف کوارتز و سرامیکها با ساختمان متفاوت و نیز لوله‌های نیکلی موردتوجه بیشتری قرار گیرد چون استفاده از کوارتز بعنوان ماده پیزوالکتریک سابقه تاریخی دارد و نسبت به سایر موارد مقدم است لذا به اختصار ویژگیهای آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

کوارتز یا SiO_2 در سیستم شش وجهی بلوری می‌شود و دارای سه محور x و y و z می‌باشد که اوّلی را محور الکتریکی، دومی را محور مکانیکی و سومی را محور نوری می‌نامند برای آنکه ایجاد ارتعاشات طولی نماید باید بلور ر عمود بر محور x ها برید. اگر عمود بر محور مکانیکی y بریده شود ارتعاشات برشی خواهد بود. اگر در امتداد محور نوری به بلور نگاه کنیم بلور را غیرشفاف می‌بینیم.

بلور کوارتز مانند دی‌الکتریکی یک خازن عمل می‌کند، جوشنها را از نوع فلزاتی که اکسیده نمی‌شوند انتخاب می‌کنند. بلور وقتی تحت‌اثر یک‌میدان الکتریکی متناوب قرار گیرد، منبقض و منبسط شده، در نتیجه دارای حرکت ارتعاشی وا داشته خواهد شد. شکلهای زیر بلور کوارتز و برش آن و نیز یکی از انواع مدارهای نوسانگر را نشان می‌دهد.





بعلت وجود دو قطبی الکتریکی در کوارتز که سبب آن عدم تقارن اتم‌های اکسیژن و si است، وقتی تحت تأثیر میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد در یک آلترنانس منقبض و در آلترنانس دیگر منبسط می‌شود و مانند یک تیغه مرتعش عمل می‌کند، چون دارای توان کافی است مولکولهای محیطی را که با آن تماس دارد وادار به ارتعاش با فرکانس ارتعاشی خودّ می‌نماید. کوارتز را با پالس الکتریکی یا قطار موج به ارتعاش در می‌آورند. اگر با پالس الکتریکی به ارتعاش درآید بر طبق فرکانس اصلی یا هارمونیکهای خود که متناسب با ضخامت آنست ارتعاش می‌کند، در صورتیکه اتصال جوشنها به کوارتز طوری باشد که بتواند از دو طرف ارتعاش کند، با هارمونیک‌های خود ارتعاش خواهد کرد. مسئله مهم اینست که نباید بین کوارتز و محیطی، که می‌خواهیم موج در آن منتشر شود هوا وجود داشته باشد زیرا ρC کوارتز بسیار بیشتر از ρC هواست (ρC کوارتز برابر $۱۴/۳ \times ۱۰^{۶}$ ریل است در حالیکه ρC هوا فقط ۴۱۵ ریل می‌باشد) از این جهت بین کوارتز و محیط که ممکن است بدن یا فلز باشد باید با رعایت بهداشت و یا دمای فلز ورقه‌ای از روغن مناسب قرار گیرد چون در این مقاله از کاربرد فراوان امواج اولتراسون، در پزشکی و صنعت و کارهای تحقیقاتی بعلت تراکم مطالب نمی‌توان بحث کرد، بررسی تکمیلی برش‌های مختلف کوارتز و سرامیکها که امروزه کاربرد وسیعی بخصوص در پزشکی و صنعت پیدا کرده‌اند به آینده موکول می‌گردد.

مطلبی که در مورد فرستنده‌های امواج اولتراسون که ماده پیزوالکتریک آن از نوع کوارتز است این است که نباید آنها را در هوا بکار انداخت زیرا ورقه نازک کوارتز خواهد شکست. برای ایجاد امواج با فرکانس زیاد تا آنجا که میسر است برش‌های نازک از ورقه کوارتز تهیه می‌کنند.

اگر تیغه‌ای از کوارتز به ضخامت ۰/۵ میلیمتر تهیه شود و بتواند از دو رخ ارتعاش کند برای هارمونیک اصلی در وسط آن گره خواهد بود. در نتیجه طول موج فرکانس اصلی برابر $\lambda=۲e=۱mm$ می‌شود که در آن e ضخامت تیغه کوارتز است. با توجه به اینکه سرعت انتشار ارتعاشات طولی در کوارتز ۵۳۷۰ متر بر ثانیه است، فرکانس اصلی برابر است با:

$$f = \frac{C}{\lambda} = \frac{۵۳۷۰}{۱\times۱۰^{-۳}}$$

$$f = ۵/۳۷ \times ۱۰^{۶}\ HZ$$

ملاحظه می‌شود که برای فرکانس اصلی خیلی بیشتر، تیغه کوارتز تا چه حد نازک و شکننده خواهد بود.

---

۱) Stiffness Con Stant

۲) Specific acoustic Impedance

۳) Rayl به یاد لرد رایله این واحد را ریله نامیده‌اند.

۴) piezoelectric

۵) magnetostrictive effect

۶) ــ سونار S. O. N. A. R مخفف Saund Navigtion AND Ranging است.

منابع

1 – Fundamentals of ultrasonics

Jack Blitz چاپ دوم ۱۹۶۷

LONDON BUTTER WORTHS

2 – bes transducteurs electro et mecans – Acoustiques

R. LEHMANN

PARIS CHIRON ۱۹۶۳

۳ ــ مبانی اکوستیک Austin. R. Frey و Lawrence E. Kinsler ترجمه آقایان دکتر اسماعیل بیگی و دکتر برکشلی امیر کبیر ۱۳۶۴ ترجمه از چاپ دوم کتاب به زبان اصلی

۴ ــ Technique des ultrasons

A. E. CRAWFORD

PARIS ۱۹۵۹

۵ ــ Ultrasons de haute intensite application industrielles

B. Brown

J. E. Goodman

Dunod ۱۹۷۱

۶ ــ VIBRATIONS MECANIQUES ACOUSTIQUE

P.FLEURY J. P. MATHIEU

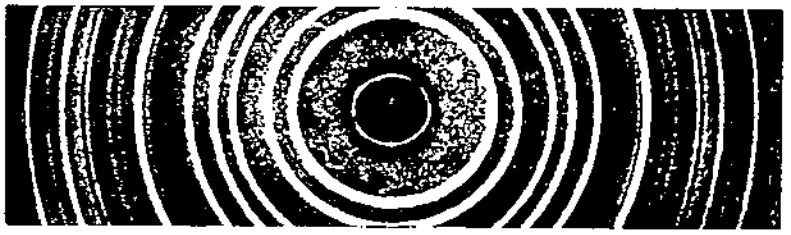
EYROLLES ۱۹۶۸

۷ ــ Fundamentals of Acoustics (3nd edition)

by Lawrance E. Kinsler and Austin R Ferey

published by john wiley and soas inc

NewYork ۱۹۸۲



توضیح:

محتوای مقاله زیر برای شما آشناست. از آن جهت که این مقاله بوسیله دانش‌آموز سال دوم دبیرستان ترجمه گردیده مورد توجه قرار گرفته است.

لذا به جهت تشویق این دانش‌آموز عزیز و جهت نشان دادن توانائیهای نهفته در دانش‌آموزان این امت مسلمان[1] هیئت تحریریه پس از ویرایش لازم با چاپ مقاله موافقت کرد.

پراش پرتوهای الکترونی و اشعه ایکس

طبیعت موجی ماده

ترجمه و تدوین: راماکنت ــ دانش‌آموز

مقدمه: فیزیک کوانتومی بی‌شک از اعجاب‌آورترین و با ارزش‌ترین دستاوردهای علمی قرن حاضر میباشد. یکی از مهمترین گامها در این زمینه نشان دادن این حقیقت است که وقتی با ابعاد کوچک و ذرات اتمی سروکار داریم قوانین فیزیک کلاسیک بگونه‌ای شگفت چهره عرضه میکنند. علی‌الخصوص بروز خواص موجی از پرتوهای اتمی نظیر الکترونها و نوترونها و ... یکی از مداخل مهم فیزیکدانان این قرن برای ورود به حوزه مکانیک کوانتومی است که این مهم با فرض بسیار زیبای دوبروی تحقق میپذیرد. مقاله حاضر سعی دارد ضمن توضیح این فرض مقایسه دقیق بین پراش اشعه X و الکترونها توسط یک بلور و شباهت الگوی حاصل انجام دهد.

* قانون براگ

در سال ۱۹۱۴ ویلیام براگ و فرزندش لارنس براگ دریافتند که هرگاه پرتو یکنواختی از اشعه ایکس بر صفحه‌ای از بلور بتابد چنان منعکس میشود که گویی این صفحه اتمی مانند آینه‌ای عمل میکند. این اثر مهم را میتوان با نظریه موجی هایگنس مانند انعکاس نور در آینه‌های تخت توضیح داد. فرض کنید باریکه‌ای تکفام از پرتوهای ایکس موازی به بلوری می‌تابد و با اتمهایی مانند A و B و C و D در صفحه اتمی P برخورد مینماید (شکل ۱) هر اتم اشعه ایکس را پراکنده مینماید. با استفاده از اصل هایگنس جبهه موج‌های (کروی) را میتوان کشید که مرکز انتشارشان اتمها باشند، که همه اینها بر جبهه یک موج تخت واقعند که زاویه امتداد انتشار آن با صفحه P برابر زاویه تابش است. وقتی اشعه ایکس داخل بلور میشود از صفحات اتمی دیگر مانند Q و R که موازی با P هستند به همین ترتیب منعکس میگردد. معمولاً پرتو منعکس شده از یک صفحه اتمی ضعیف است ولی اگر پرتوهای منعکس شده از تمام این صفحات هم‌فاز باشند اشعه شدیدی توسط بلور منعکس میگردد. بنابر این اگر θ زاویه پرتو با صفحه منعکس‌کننده باشد و فاصله بین دو

(۱) راما کنت دانش‌آموز شیعه اثنی عشری است که در سال دوم دبیرستان تحصیل میکند.

صفحه اتمی مجاور برابر d باشد، تفاوت مسیر بین پرتوهای ۱ و ۲ در شکل ۲ برابر است با

$$LM + MN = 2LM = 2d\sin\theta$$

بنابراین دسته پرتو منعکس شده وقتی شدید خواهد بود که

$$2d\sin\theta = n\lambda$$

که در اینجا λ طول موج و n عددی صحیح است. این مطلب قانون براگ نام دارد.

❊ پراش الکترونها:

آزمایشات مشابهی که اولین بار توسط جرمر و دیویسون انجام شد نشان داد که الکترونها نیز همانند اشعه x توسط بلور تفرق (پراش) می‌یابند. بنابراین دارای خواص امواج هستند.

این پدیده را میتوان در یک لوله تلترون (TELTRON TUBE) مشاهده نمود. در این اسباب مطابق شکل ۳ پرتویی از الکترونها را به صفحه بسیار نازکی از گرافیت می‌تابانند. در نتیجه یک الگوی پراش روی صفحه‌ای که در انتهای آن تعبیه شده مشاهده میگردد. جورج تامسون (Sir George Thomson) برای اولین بار چنین الگوی پراشی را با استفاده از لایه بسیار نازکی از طلا بدست آورد. اگر ولتاژ آنود V را افزایش دهیم سرعت الکترونها v نیز افزایش می‌یابد و مشاهده میشود که حلقه‌های الگوی پراش تنگتر میشوند. این مطلب نشان میدهد که طول موج الکترونها λ با ولتاژ آنود V و سرعت الکترونها v نسبت معکوس دارد.

اگر یکی از حلقه‌ها به شعاع R را انتخاب کنیم زاویه انحراف الکترونها از مسیر پرتو فرودی (ø) را میتوان از رابطه $ø = 2\theta$ بدست آورد که اینجا θ زاویه بین پرتو تابش با صفحه گرافیت یا بلور است.(شکل ۴) حال $tgø = \frac{R}{D}$ و اگر ø کوچک باشد میتوان گفت $ø \simeq \frac{R}{D}$ بنابراین $\theta = \frac{R}{2D}$. اگر حالا قانون براگ را که به آن اشاره کردیم بکار بندیم:

$$2d\sin\theta = n\lambda$$

بنابراین $\lambda \propto \sin\theta \propto \theta \propto R$ (۱)

یا طول موج الکترونی مستقیماً بستگی دارد به شعاع حلقه پراش.

اگر نمودار رابطه R با $\frac{1}{V}$ را برای مقادیر مختلف ولتاژ شتاب دهنده V رسم نماییم خط راستی بدست می‌آید که از مبدأ میگذرد. حال انرژی جنبشی هر الکترون برابرست با $\frac{1}{2}m_e v^2$ که m_e جرم الکترون است. از طرف دیگر کار انجام شده یا انرژی مصرف شده برای انتقال الکترون برابرست با حاصل ضرب ولتاژ در بار الکتریکی هر الکترون یعنی eV. که این انرژی به انرژی جنبشی الکترون تبدیل میشود:

$$\frac{1}{2}m_e v^2 = eV$$

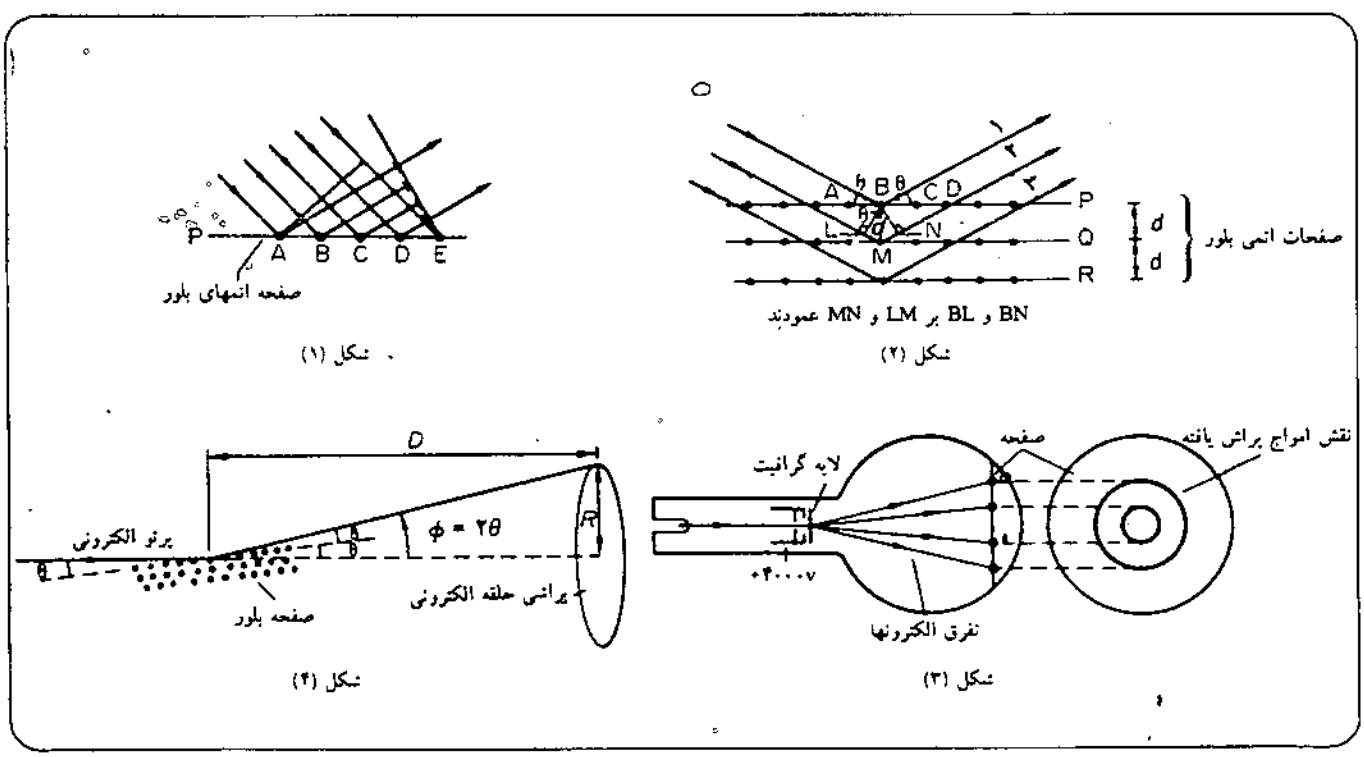
و در نتیجه $\frac{1}{v} = \sqrt{\frac{m_e}{2eV}}$ α $\frac{1}{\sqrt{V}}$

که v سرعت الکترون است که از حالت سکون شتاب می‌گیرد.

بنابراین از رابطهٔ (۱) بنظر میرسد که الکترونها امواجی هستند که طول موج آنها با سرعتشان رابطه عکس دارد. این درست موافق با نظریه دوبروی است که اکنون به آن می‌پردازیم.

❊ نظریه دوبروی

دوبروی در ۱۹۲۵ قبل از کشف پراش الکترونها نظریه‌ای داد بر این مبنا که ذرات مادی ماهیت موجی هم دارند و طول موج امواج مربوط به آنها از رابطه زیر بدست می‌آید:



$$\lambda = \frac{h}{p}$$

که P اندازه حرکت ذرات و h ثابت پلانک برابر با $۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}$ ژول ثانیه است. عدد h اولین بار در نظریه تابش گرمایی پلانک مطرح گردید و سپس در همه شاخه‌های فیزیک اتمی راه پیدا کرد. در مثال بالا انرژی کسب شده توسط هر الکترون eV است. بطوریکه eV = $\frac{۱}{۲} m_e v^۲$ (m_e = جرم الکترون) که v سرعت الکترونها است با این فرض که در ابتدا ساکن بوده‌اند. بنابراین

$$P = m_e v = \sqrt{۲eVm_e} \qquad \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e v} = \frac{h}{\sqrt{۲eVm_e}} \propto \frac{۱}{\sqrt{V}}$$

اینک میتوانیم طول موج یک پرتو الکترونی را تخمین بزنیم. فرض کنید V = ۳۶۰۰ ولت. برای الکترونها داریم $m_e = ۹/۱ \times ۱۰^{-۳۱}$ کیلوگرم (جرم الکترون) و $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$C (بار الکترون) و نیز $h = ۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴}$ js.

بنابراین: $\lambda = \frac{h}{\sqrt{۲eVme}} = \frac{۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴}}{\sqrt{۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۳۶۰۰ \times ۹/۱ \times ۱۰^{-۳۱}}} = ۲ \times ۱۰^{-۱۱}$ متر

که حدوداً سی هزار مرتبه از طول موج نور مرئی کوچکتر است. برای همین از پرتوهای الکترونی در میکروسکوپهای الکترونی استفاده میکنند. قدرت جداکنندگی میکروسکوپهای الکترونی از میکروسکوپهای معمولی خیلی بیشتر میباشد.

* طبیعت موجی ماده

الکترونها تنها ذراتی نیستند که خاصیت موجی دارند. ذرات سنگین بعلت زیاد بودن جرم و در نتیجه اندازه حرکت، طول موجهای خیلی کوچک دارند و نمی‌توان خواص موجی را احساس کرد. زیرا پراش هنگامی رخ میدهد که فواصل شبکه‌ای در حدود طول موج باشد. بنابراین ذرات سنگینتر مانند پروتونها بسیار کمتر متفرق میشوند. ولی در آزمایشهای مربوط به پراش از نوترونهای با سرعت کم استفاده میشود زیرا وقتی سرعت کاهش یابد اندازه حرکت آنها تقریباً برابر با اندازه حرکت الکترونها میشود. از طبیعت موجی ذرات آلفا نیز در توضیح تلاشی آلفایی مواد پرتوزا (رادیواکتیو) استفاده میشود.

* دوگانگی

از آنچه گفته شد برمی‌آید که ذرات می‌توانند خواص موجی از خود نشان دهند و همچنین بعضی وقتها امواج نیز میتوانند به مانند ذرات عمل کنند. مثلاً در پدیده فوتوالکتریک بنظر میرسد امواج الکترومغناطیسی مانند ذرات عمل میکنند. همچنین اشعه گاما بصورت امواج الکترومغناطیسی با طول موج بسیار کوتاه عمل میکند ولی هنگام آشکارسازی با لوله گایگر ـ مولر (Geiger – Muller Tube) که پالس‌ها (تپها)ی مجزا را شمارش میکند بصورت ذرات ظاهر میشود.

بنابراین فیزیکدانان نتیجه گرفته‌اند که جنبه دوگانگی ذره ـ موج یک امر عمومی است و به تمام ذرات فیزیکی تعلق می‌گیرد و اینکه ما پدیده‌ای را از چه جنبه‌ای بررسی کنیم فقط مسئله راحت بودن و آسانی کارمان می‌باشد. این دو جنبه متفاوت توسط دو معادله زیر هم مربوطند:

$$E = hf \qquad P = \frac{h}{\lambda}$$

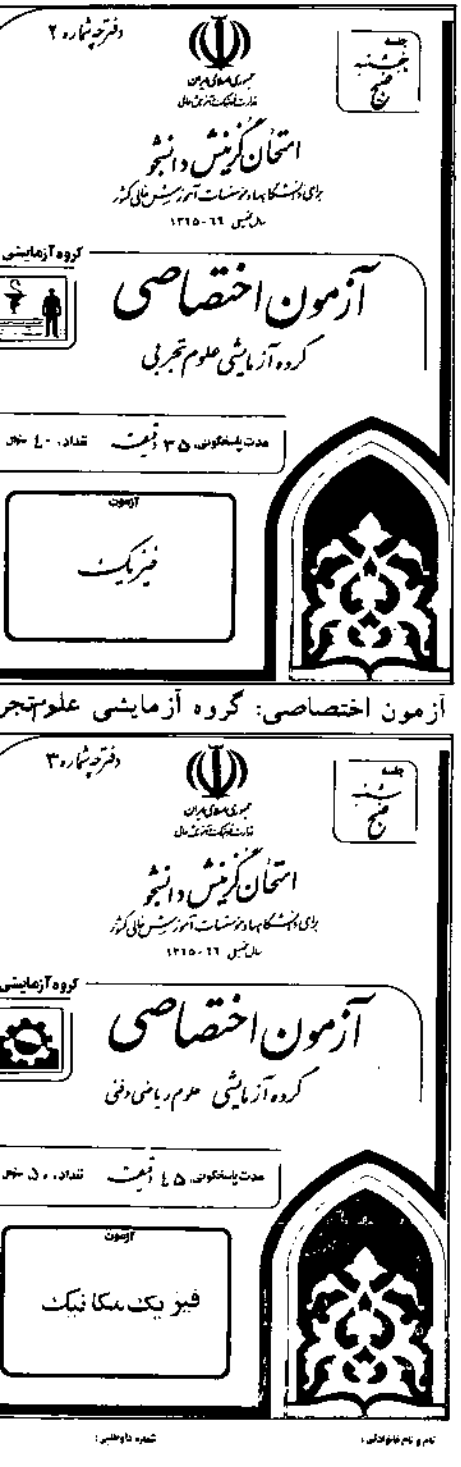
در سمت چپ این دو رابطه E و P به یک توصیف ذره‌ای مربوطند و در سمت راست f و λ از یک توصیف موجی حکایت میکنند. توجه کنید که h در هر دوی این معادلات وجود دارد. در مورد فوتون که سرعتش سرعت نور C و بسامدش f است داریم: $\lambda = \frac{C}{f}$ بنابراین E = hf و

$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{hf}{C} = \frac{E}{C}$$

در نتیجه $E = pc = mc^۲$

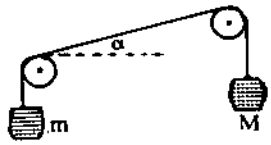
بنابراین بعنوان یک ذره، جرم فوتون برابر $\frac{E}{C^۲}$ یا $\frac{hf}{C^۲}$ است. در ۱۹۲۳، کامپتون Compton تفرق اشعه ایکس (فوتونهای با بسامد بالا) را بوسیله ماده بررسی نمود و با آزمایش نشان داد که نتایج حاصل با این فرض که ذره‌ای به جرم $\frac{hf}{C^۲}$ با الکترون برخورد کشسانی کند مطابقت میکنند.

امتحان
گزینش دانشجو



۱ ــ در شکل مقابل اصطکاک قرقره‌ها و وزن نخ ناچیز و دستگاه در حال تعادل است.

اگر امتداد نخ با افق زاویه α بسازد، کدام رابطه بین m و M برقرار است؟



۱) $m = M\cos\alpha$ ۲) $m = M\sin\alpha$

۳) $m = M\,tg\alpha$ ۴) $m = M$

۲ ــ جسمی به وزن ۷۵۰ نیوتن را روی سطح شیبداری به شیب ۰/۶ قرار میدهیم. اگر ضریب اصطکاک بین جسم و سطح ۰/۴ باشد، حداقل نیرو برای جلوگیری از حرکت جسم چند نیوتن است؟

۱) ۱۸۰ ۲) ۲۱۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۳۰۰

۳ ــ اگر شدت میدان جاذبه زمین را در سطح تراز دریا به g_0 و در ارتفاع h به g_h و شعاع کرهٔ زمین را به R نشان دهیم، نسبت $\frac{g_0}{g_h}$ برابر است با:

۱) $\sqrt{\frac{R}{R+h}}$ ۲) $\sqrt{\frac{R+h}{R}}$ ۳) $\frac{R^2}{(R+h)^2}$ ۴) $\frac{(R+h)^2}{R^2}$

۴ ــ در یک پاندول مخروطی طول نخ ۰/۸ متر و زاویه‌ای که با راستای قائم میسازد ۶۰° است. اگر $g = 10\ m/s^2$ باشد پریود این آونگ چند ثانیه است؟

۱) $0/2\pi$ ۲) $0/4\pi$ ۳) 2π ۴) 4π

۵ ــ اگر روی دسته یک ماشین چمن‌زنی نیروی ۱۰۰ نیوتن در امتدادی که با افق زاویه ۶۰° میسازد وارد شود و آنرا در سطح افقی یک متر تغییر مکان دهد، چند ژول کار انجام میشود؟

۱) ۵۰ ۲) $50\sqrt{3}$ ۳) ۱۰۰ ۴) $100\sqrt{3}$

۶ ــ اتومبیلی به وزن W در جاده‌ای که با سطح افق زاویه ۳۰° میسازد با سرعت ثابت V بالا میرود، توانی که صرف غلبه بر نیروی جاذبهٔ زمین میشود چند (W.V) است؟

۱) $\sqrt{\frac{3}{2}}$ ۲) $\sqrt{3}$ ۳) $\frac{1}{2}$ ۴) ۲

۷ ــ سنگی به حجم ۴۰ سانتیمتر مکعب به انتهای فنری آویزان است، اگر سنگ در مایعی به جرم حجمی $0/9\ gr/cm^3$ غوطه‌ور شود، طول فنر ۵ سانتیمتر کم میشود در صورتیکه $g = 10\ m/s^2$ فرض شود، ضریب ثابت فنر چند نیوتن بر متر است؟

۱) ۳/۶ ۲) ۷/۲ ۳) ۱۸ ۴) ۳۶

۸ ــ در ظرفی که قاعده آن به شکل مستطیل به ابعاد $10\ cm \times 12\ cm$ است، تا ارتفاع ۸ سانتیمتر آب ریخته‌ایم. فشار آب وارد بر کف ظرف چند نیوتن بر مترمربع است؟ ($g = 10\ m/s^2$)

۱) ۸۰ ۲) ۹۶ ۳) ۸۰۰ ۴) ۹۶۰

۹ ــ نقطه مادی در صفحه مختصات در امتداد خط مستقیم در مدت ۲ ثانیه از نقطهٔ A به مختصات (متر ۱، متر ۴) به نقطهٔ B به مختصات (متر ۷، متر ۱۲) میرسد، سرعت متوسط آن چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۵ ۲) ۷ ۳) ۸ ۴) ۱۰

۱۰ ــ اگر وزن ظاهری جسمی در آب ۳۰ گرم نیرو و در الکل که جرم حجمی آن ۰/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب است ۳۶ گرم نیرو باشد، جرم جسم چند گرم است؟

۱) ۴۸ ۲) ۵۲/۸ ۳) ۶۰ ۴) ۸۲/۵

۱۱ ــ اگر جسمی به وزن ۱۰ نیوتن و به حجم ۴۰۰ سانتیمتر مکعب را به انتهای نیروسنجی آویزان و در آب غوطه‌ور کنیم، نیروسنج چند نیوتن نشان میدهد؟ $g = 10\ m/s^2$

۱) ۲/۵ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۱۰

۱۲ ــ دو میلهٔ همطول A و B داریم که ضریب انبساط طولی آنها به ترتیب λ_A و λ_B است، اگر دمای میله A را باندازهٔ θ درجه سلسیوس و دمای میلهٔ B را به اندازهٔ 2θ درجه سلسیوس بالا ببریم، نسبت افزایش طول آنها $\frac{\Delta l_A}{\Delta l_B}$ کدام است؟

۱) $\frac{1+\lambda_A}{1+2\lambda_B}$ ۲) $\frac{1+2\lambda_A}{1+\lambda_B}$ ۳) $\frac{\lambda_A}{2\lambda_B}$ ۴) $\frac{2\lambda_A}{\lambda_B}$

۱۳ ــ در گرماسنجی مقداری آب ۴۰ درجه موجود است، یک قطعه یخ صفر درجه در آن می‌اندازیم، تمام یخ ذوب شده و ۳ کیلوگرم آب صفر درجه بدست می‌آید. اگر از گرمائی که گرماسنج میدهد صرفنظر شود و گرمای نهان ذوب یخ ۸۰ کالری بر گرم باشد، جرم آب چند کیلوگرم بوده است؟

۱) ۰/۷۵ ۲) ۱ ۳) ۱/۵ ۴) ۲

۱۴ ــ اگر در یک حرکت مستقیم متشابه‌التغیر سرعت اولیه $V_0\ m/s$ و شتاب حرکت $4\ m/s^2$ باشد، مسافت پیموده شده در ثانیه ششم چند متر است؟

۱) $V_0 - 22$ ۲) $V_0 + 22$ ۳) $V_0 - 72$ ۴) $V_0 + 72$

۱۵ ــ اگر گلوله‌ای با سرعت ۵۰ متر بر ثانیه به تخته‌ای به ضخامت ۱۰ سانتیمتر برخورد کرده و از طرف دیگر آن با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه خارج شود، مدت زمان عبور گلوله در داخل تخته بر حسب ثانیه کدام مقدار خواهد بود؟ (شتاب حرکت در داخل تخته یکنواخت فرض شود)

۱) $\frac{1}{4000}$ ۲) $\frac{1}{400}$ ۳) $\frac{1}{40}$ ۴) $\frac{1}{4}$

۱۶ ــ آئینه محدبی به شعاع ۵۰ سانتیمتر از یک شیئی تصویری میدهد که طول آن $\frac{1}{5}$ طول شیئی است، فاصلهٔ شیئی تاآئینه‌چندسانتیمتراست؟

۱) ۵۰ ۲) ۷۵ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۵۰

۱۷ ــ اگر ضریب شکست شیشه نسبت به آب $\frac{9}{8}$ و ضریب شکست الماس نسبت به شیشه $\frac{8}{5}$ باشد، نسبت سرعت نور در آب به سرعت نور در الماس کدام است؟

۱) $\frac{45}{64}$ ۲) $\frac{5}{9}$ ۳) $\frac{64}{45}$ ۴) $\frac{9}{5}$

۱۸ ــ اگر شیئی را در امتداد محور اصلی به کانون عدسی همگرائی نزدیک کنیم، تصویر آن چه میشود؟

۱) از عدسی دور و بزرگتر ۲) از عدسی دور و کوچکتر

۳) به عدسی نزدیک و بزرگتر ۴) به عدسی نزدیک و کوچکتر

۱۹ ــ دو عدسی نازک مسطح ــ محدب و مسطح ــ مقعر را که شعاع انحناء آنها به ترتیب ۲۵ سانتیمتر و ۱۲/۵ سانتیمتر است از طرف سطح مسطح به هم چسبانده‌ایم، اگر ضریب شکست عدسیها $\frac{۳}{۲}$ باشد، همگرائی مجموعه آنها چند دیوپتری است؟

۱) ۴ ــ ۲) ۲ ــ ۳) ۲ ۴) ۴

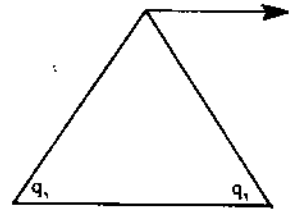
۲۰ ــ فاصلهٔ کانونی عدسی شیئی میکروسکوپی ۵ میلیمتر و جسم کوچکی بفاصلهٔ ۵/۱ میلیمتر از آن واقع است. اگر بزرگنمائی عدسی چشمی ۲۰ باشد، بزرگنمائی میکروسکوپ کدام است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۲۰۲ ۳) ۵۱۰ ۴) ۱۰۰۰

۲۱ ــ مکمل رنگ زرد کدام است؟

۱) آبی ۲) فیروزه‌ای ۳) قرمز ۴) گلی

۲۲ ــ در دو رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع دو ذره با بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ قرار دارند و شدت میدان الکتریکی حاصل از آنها در رأس دیگر مثلث مطابق شکل زیر است. کدام رابطه بین $q_۱$ و $q_۲$ برقرار است؟



۱) $q_۱$ مثبت و $q_۲$ منفی و اندازهٔ آنها باهم برابر است

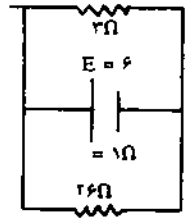
۲) $q_۱$ مثبت و $q_۲$ منفی و اندازهٔ آنها متفاوت است

۳) $q_۱$ منفی و $q_۲$ مثبت و اندازهٔ آنها باهم برابر است

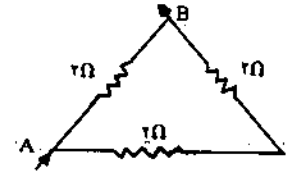
۴) $q_۱$ منفی و $q_۲$ مثبت و اندازهٔ آنها متفاوت است

۲۳ ــ در مدار شکل زیر شدت جریانی که از پیل میگذرد چند آمپر است؟

۱) ۰/۶ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۴



۲۴ ــ در شکل زیر جریان برق از A وارد و از B خارج میشود. مقاومت معادل بین دو نقطه A و B چند اهم است؟



۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۱}{۶}$ ۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) ۶

۲۵ ــ در عمل الکترولیز مقدار الکتریسیته لازم برای آزاد ساختن یک اتم گرم آلومینیم چند برابر مقدار الکتریسیته لازم برای آزاد ساختن یک اتم گرم مس است؟

۱) $\frac{۲}{۳۰}$ ۲) ۳ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۳}$

۲۶ ــ اگر از تجزیه الکتریکی آب اسیددار در مدت ۵ دقیقه ۱۱۲ سانتیمتر مکعب ئیدروژن در شرایط متعارفی آزاد شود، شدت جریان چند آمپر است؟ هم ارز الکترو شیمیائی ئیدروژن $\frac{۱}{۹۶۰۰۰}$ گرم بر کولن میباشد.

۱) ۱/۶ ۲) ۳/۲ ۳) ۴/۸ ۴) ۶/۴.

۲۷ ــ لامپ دو قطبی در کدامیک از موارد زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

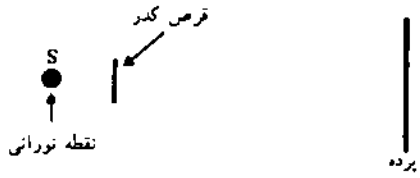
۱) تبدیل انرژی گرمائی به الکتریکی

۲) تبدیل انرژی نورانی به الکتریکی

۳) تقویت جریان تناوب

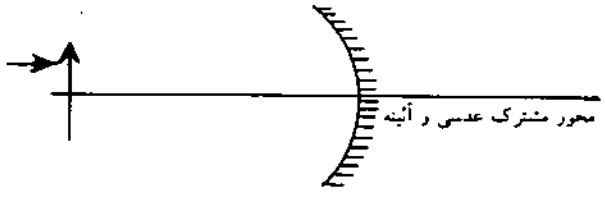
۴) یکطرفه کردن جریان تناوب

۲۸ ــ یک نقطه نورانی بفاصلهٔ ۱/۵ متر از یک پرده قائم قرار دارد. اگر یک قرص کدر بطور قائم در مسیر اشعه تابش و در فاصلهٔ ۰/۵ متری نقطهٔ نورانی قرار دهیم، مساحت سایه آن روی پرده تقریباً چند برابر مساحت قرص است؟



۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۹

۲۹ ــ در شکل زیر فاصلهٔ کانونی عدسی f و شعاع آئینه ۲f است. فاصلهٔ آئینه و عدسی چقدر باید باشد تا پرتوی که موازی محور اصلی به عدسی می‌تابد پس از انعکاس از آئینه روی خودش باز گردد؟



۱) f ۲) ۲f ۳) ۳f ۴) ۴f

۳۰ ــ سرعت انتشار ارتعاشات عرضی در طول یک تار مرتعش با قطر مقطع تار چه نسبتی دارد؟

۱) عکس ۲) عکس با مجذور آن

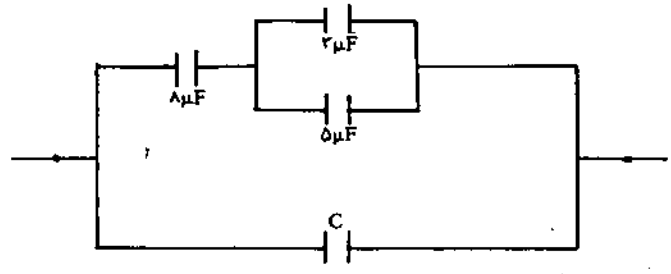
۳) عکس با جذر آن ۴) مستقیم

۳۱ ــ سرعت انتشار صوت در هوا به کدامیک از کمیت‌های زیر بستگی دارد؟

۱) دمای هوا ۲) شدت صوت
۳) فرکانس صوت ۴) فشار هوا

۳۲ ــ در طول لوله صوتی بازی به هنگام تولید صوت ۳ شکم تشکیل شده است. اگر طول لوله ۸۵ سانتیمتر و سرعت انتشار صوت در هوای داخل لوله ۳۴۰ m/s باشد، فرکانس صوت لوله چند هرتز است؟
۱) ۳۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۸۰۰

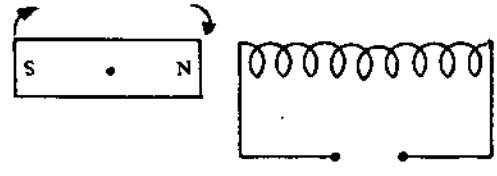
۳۳ ــ در شکل زیر ظرفیت خازن C چند میکرو فاراد باید باشد تا ظرفیت معادل کل خازنها ۶ میکروفاراد شود؟



۱) ۸ ۲) ۶ ۳) ۴ ۴) ۲

۳۴ ــ دو صفحهٔ خازنی را که فاصلهٔ بین آنها قابل تنظیم است به دو قطب یک باتری متصل کرده‌ایم. اگر بدون جداکردن خازن از باتری فاصلهٔ دو صفحه را نصف کنیم ظرفیت و بار الکتریکی خازن به ترتیب چند برابر میشوند؟
۱) $\frac{۱}{۲}$، $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$، ۲ ۳) ۲، $\frac{۱}{۲}$ ۴) ۲، ۲

۳۵ ــ آهن‌ربای NS با سرعت ۵۰ دور در ثانیه در مقابل سیم‌پیچی مطابق شکل می‌چرخد. اگر فلوی ماکزیمی که از سیم پیچ میگذرد ۰/۰۰۹ وبر باشد و $\pi = ۳$ فرض شود نیروی محرکه القائی ماکزیمم چند ولت خواهد بود؟



۱) ۱/۵ ۲) ۲/۷ ۳) ۳ ۴) ۵/۴

۳۶ ــ بین دو صفحهٔ خازنی به ظرفیت ۱۰ میکروفاراد اختلاف پتانسیل متناوبی به معادلهٔ $V = ۲۰۰\sqrt{۲}\,\text{Sin}\,۱۰۰\pi t$ برقرار شده است. شدت جریان مؤثری که از آن میگذرد چند آمپر است؟
۱) صفر ۲) $\pi / ۵$ ۳) $\pi\sqrt{۲/۵}$ ۴) $۲\times۱۰^{۵}\pi$

۳۷ ــ اگر دو سر سیم پیچی به مقاومت R را به اختلاف پتانسیل پیوسته ۲ ولت وصل کنیم، جریان الکتریکی بشدت ۲ آمپر از آن میگذرد، و اگر دو سر آنرا به اختلاف پتانسیل متناوب $V = ۲\text{Sin}\,۳۰۰t$ ببندیم شدت جریان مؤثر یک آمپر میشود، ضریب خود القائی سیم پیچ چند هانری است؟
۱) $\frac{۱}{۱۵۰}$ ۲) $\frac{\pi}{۱۵۰}$ ۳) $\frac{۱}{۳۰۰}$ ۴) $\frac{\pi}{۳۰۰}$

۳۸ ــ اگر طول موج نوری در آب به ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ برابر ۰/۴۵ میکرون باشد، در شیشه به ضریب شکست $\frac{۳}{۲}$ چند میکرون خواهد بود؟
۱) ۰/۳ ۲) ۰/۴ ۳) ۰/۵ ۴) ۰/۶

۳۹ ــ فوتون کدام اشعه، انرژی بیشتری دارد؟
۱) زیر قرمز ۲) فوق بنفش ۳) گاما ۴) نور مرئی

۴۰ ــ معادلهٔ حرکت متحرکی بصورت $x = ۲۰\,\text{Sin}\,\pi t$ میباشد که در آن x برحسب سانتیمتر و t بر حسب ثانیه است، سرعت متحرک در لحظه $t = \frac{۱}{۳}$ ثانیه، چند سانتیمتر بر ثانیه است؟
۱) ۱۷/۳ ۲) ۳۱/۴ ۳) ۳۴/۶ ۴) ۶۲/۸

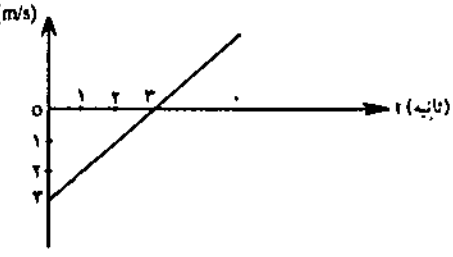
آزمون اختصاصی: گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی

۱ ــ اتومبیلی از حالت سکون با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند. اگر مسافت طی شده در ثانیه اول ۲/۵ متر باشد، مسافت طی شده در ثانیهٔ دوم چند متر است؟
۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۷/۵ ۴) ۱۰

۲ ــ اگر جسمی با سرعت اولیهٔ V_0 در شرایط خلاء از بالای برجی رو به پائین پرتاب شود و d_1 مسافت طی شده در ثانیهٔ اول سقوط و d_2 مسافت طی شده در ثانیهٔ دوم سقوط باشد مقدار $d_2 - d_1$ کدام است؟
۱) g_0 ۲) $g + V_0$ ۳) $۲g$ ۴) $\frac{۳}{۲}g + V_0$

۳ ــ متحرکی از حال سکون باشتاب ثابت به حرکت درمی‌آید و پس از t ثانیه سرعتش به V میرسد. سپس به مدت $۲t$ ثانیه سرعتش بطور یکنواخت کاهش پیدا میکند تا به $\frac{V}{۲}$ برسد. کل مسافتی که متحرک تا این لحظه پیموده برابر است با:
۱) vt ۲) $\frac{۲}{۳}vt$ ۳) $\frac{۳}{۲}vt$ ۴) $۲vt$

۴ ــ اگر متحرکی بر مسیر مستقیم حرکت کرده و نمودار تغییرات سرعت، زمان آن شکل‌زیر باشد. معادلهٔ حرکت آن در SI کدام است؟



۱) $x = -۳t^{۲} + ۳t$ ۲) $x = -\frac{۱}{۲}t^{۲} + ۳t$
۳) $x = \frac{۱}{۲}t^{۲} - ۳t$ ۴) $x = ۳t^{۲} - ۳t$

۵ ــ گلولهٔ کوچکی را بطور قائم بسمت بالا پرتاب میکنیم، اگر در زمانهای t_1 و t_2 پس از شروع حرکت از ارتفاع h نسبت به لبهٔ پرتاب

عبور کند، مقدار h کدام است؟

۱) $\frac{1}{2}gt_1t_2$ ۲) $\frac{1}{2}g(t_2^2 - t_1^2)$ ۳) $\frac{1}{2}gt_2^2 + \frac{1}{2}gt_1^2$ ۴) $\frac{1}{2}g(t_1 + t_2)^2$

۶ ــ میخواهیم جسمی به جرم M را روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی که با افق زاویهٔ ۳۰° میسازد با شتاب g بالا ببریم، اندازهٔ نیروی لزم چقدر است؟

۱) $\frac{1}{3}Mg$ ۲) $\frac{2}{3}Mg$ ۳) $\frac{3}{2}Mg$ ۴) $2Mg$

۷ ــ آسانسوری از حال سکون باشتاب ثابت $1/8\ m/s^2$ بسمت پائین به حرکت درمی‌آید. ۲ ثانیه بعد شخصی که در آسانسور است گلوله کوچکی را از ارتفاع ۱ متر نسبت به کف آسانسور رها میکند، سرعت نسبی گلوله در برخورد با کف آسانسور چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۰/۴ ۲) ۴ ۳) ۴/۵ ۴) ۷/۶

۸ ــ هواپیمائی مسیر دایره‌ای را در سطح قائم با سرعت ثابت دور میزند. اختلاف نیروی قائمی که خلبان بر صندلی خود در بالاترین و پائین‌ترین نقطه مسیر وارد میکند چند برابر وزنش می‌باشد؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۹ ــ اگر اتومبیلی به جرم ۰/۵ تن تحت تأثیر نیروی ثابت، سرعتش در مدت معینی از ۱۰ متر بر ثانیه به ۳۰ متر بر ثانیه برسد، کار نیرو در این مدت چند کیلو ژول خواهد بود؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۵۰

۱۰ ــ اگر برآیند نیروهای وارد بر یک ماشین دو برابر و سرعت ماشین نیز دو برابر شود، توان آن:

۱) ثابت می‌ماند ۲) ۴ برابر میشود ۳) ۲ برابر میشود ۴) نصف میشود

۱۱ ــ بوسیلهٔ فنری که ضریب ثابت آن ۴۰۰ نیوتن بر متر است، جسمی به وزن ۱۰۰ نیوتن را روی سطح افقی که ضریب اصطکاک آن با جسم ۰/۲ است با تندی ثابت می‌کشیم. اگر امتداد فنر افقی باشد افزایش طول آن چند سانتیمتر است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۸

۱۲ ــ سنگی به جرم ۰/۱ کیلوگرم با سرعت اولیه ۶ متر بر ثانیه از ارتفاع h در امتداد افق پرتاب میشود، اگر مقاومت هوا ناچیز و $g = 10\ m/s^2$ فرض شود ۰/۸ ثانیه پس از پرتاب اندازهٔ حرکت جسم چند کیلوگرم متر بر ثانیه است؟

۱) ۰/۶ ۲) ۰/۸ ۳) ۱ ۴) ۱/۴

۱۳ ــ ذره‌ای روی خط $y = x$ با سرعت ثابت ۱۰ متر بر ثانیه حرکت میکند. سرعت این ذره در امتداد محور xها چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۵ ۲) $5\sqrt{2}$ ۳) $5\sqrt{2}$ ۴) ۱۰

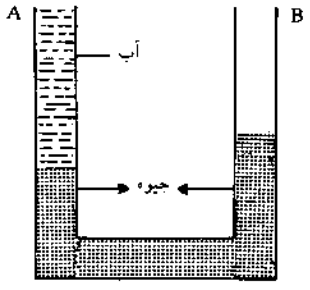
۱۴ ــ حلقهٔ نازکی به جرم M روی سطح افقی بدون لغزش می‌غلتد، اگر سرعت انتقال مرکز حلقه V باشد، انرژی جنبشی آن کدام است؟

۱) $\frac{1}{4}MV^2$ ۲) $\frac{1}{2}MV^2$ ۳) $\frac{3}{4}MV^2$ ۴) MV^2

۱۵ ــ کدامیک از عوامل زیر در مقدار نیروئی که از طرف مایع بر کف ظرف آن وارد میشود بی‌تأثیر است؟

۱) ارتفاع مایع ۲) جرم حجمی مایع ۳) شکل ظرف ۴) مساحت کف ظرف

۱۶ ــ در شکل زیر ارتفاع آب در شاخهٔ A برابر ۲۷/۲ سانتیمتر است. در شاخهٔ B الکل به جرم حجمی $0/8gr/cm^3$ میریزیم تا جیوه در دو شاخه هم سطح شود، اگر جرم حجمی جیوه و آب به ترتیب $13/6gr/cm^3$ و $1gr/cm^3$ باشد ارتفاع الکل چند سانتیمتر است؟



۱) ۱۷ ۲) ۲۸ ۳) ۳۴ ۴) ۴۲

۱۷ ــ اگر بر سطح مایع درون ظرفی مطابق شکل قطعه چوبی را شناور سازیم، افزایش نیروی وارد بر کف ظرف چقدر خواهد بود؟

۱) برابر وزن چوب ۲) برابر وزن مایع هم حجم چوب
۳) بیشتر از وزن مایع هم حجم چوب ۴) کمتر از وزن چوب

۱۸ ــ دمای مقدار معینی گاز را در فشار ثابت ۳۰°c افزایش میدهیم، در نتیجهٔ حجم گاز به اندازهٔ $\frac{1}{10}$ حجم اولیه آن افزایش پیدا میکند، دمای اولیهٔ گاز چند درجه سلسیوس بوده است؟

۱) ۳ ۲) ۲۷ ۳) ۳۰ ۴) ۳۳

۱۹ ــ مقداری بخار آب ۱۰۰°c را در ۵۰۰ گرم آب ۱۰°c وارد میکنیم، دمای تعادل ۴۰°c میشود، اگر گرمای نهان تبخیر آب ۵۴۰ کالری بر گرم باشد بخار آب چند گرم بوده است؟

۱) ۱۲ ۲) ۲۵ ۳) ۱۲۰ ۴) ۲۵۰

۲۰ ــ حجم گازی در دمای ۲۷/۳ درجه سلسیوس برابر V_1 است، اگر در فشار ثابت دمای این گاز را به ۲۷۳ درجه سلسیوس برسانیم، حجم آن V_2 میشود کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

۱) $V_2 = 9V_1$ ۲) $10V_1 > V_2 > 9V_1$ ۳) $V_2 = 10V_1$ ۴) $2V_1 > V_2 > V_1$

۲۱ ــ یک اتاق تاریک از جسمی که بفاصلهٔ ۴۰ سانتیمتری روزنه آنست تصویری بطول ۱۰ سانتیمتر تشکیل میدهد، جسم را چند سانتیمتر به روزنه نزدیک کنیم تا طول تصویر آن ۱۲/۵ سانتیمتر شود؟

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۱۲/۵ ۴) ۱۶

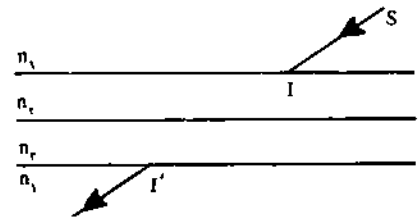
۲۲ ــ اگر یک آئینه کروی از یک شیئی تصویری حقیقی بدهد که اندازهٔ آن ۳ برابر جسم و نسبت به آن مستقیم باشد نوع آئینه و شیئی به ترتیب کدام است؟

۱) محدب، حقیقی ۲) محدب، مجازی ۳) مقعر، حقیقی ۴) مقعر، مجازی

۲۳ ــ شعاع انحناء دو آئینه مقعر و محدب با هم برابر است. اگر دو شمع با طول‌های مساوی را مقابل این دو آئینه و بفاصلهٔ $\frac{f}{2}$ از آنها قرار دهیم، طول تصویر در آئینه مقعر چند برابر طول تصویر در آئینه محدب است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۶

۲۴ ــ در شکل زیر اگر $\hat{IR}$ در امتداد SI (مسیر نور در محیط‌هائی که ضریب شکست آنها n_2 و n_3 است رسم نشده)، و $n_2 \neq n_3$ باشد n_1 و n_3 نسبت به n_1 چگونه باید باشند؟



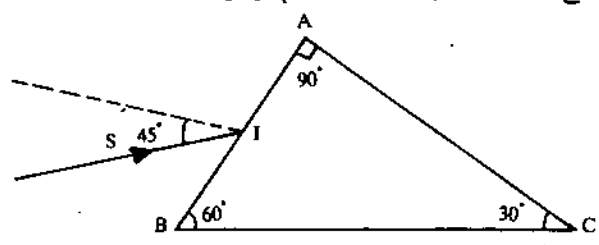
۱) هر دو بزرگتر

۲) هر دو کوچکتر

۳) یکی برابر و دیگری کوچکتر

۴) یکی بزرگتر و دیگری کوچکتر

۲۵ ــ پرتو یک رنگ SI مطابق شکل زیر با زاویهٔ ۴۵ درجه به سطح AB منشور ABC که ضریب شکست آن $\sqrt{2}$ است، می‌تابد. این پرتو از کدام سطح و با زاویهٔ چند درجه خارج میشود؟

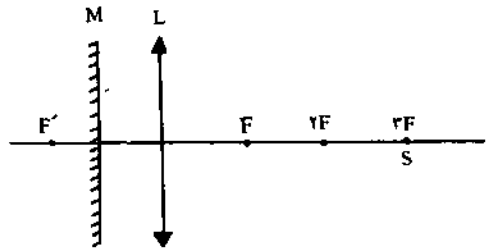


۱) AC ، ۴۵ ۲) AC ، ۶۰ ۳) BC ، ۴۵ ۴) BC ، ۶۰

۲۶ ــ اگر فاصلهٔ کانونی یک عدسی از شیشه به ضریب شکست $\frac{3}{2}$ در هوا f_1 و در آب به ضریب شکست $\frac{4}{3}$، f_2 باشد نسبت $\frac{f_1}{f_2}$ کدام است؟

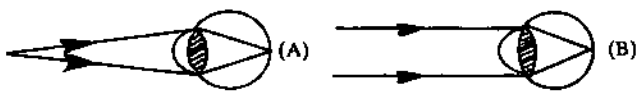
۱) $\frac{8}{9}$ ۲) $\frac{9}{8}$ ۳) ۲ ۴) ۴

۲۷ ــ نقطهٔ نورانی که روی محور اصلی عدسی و بفاصلهٔ ۳F از آن قرار دارد، آئینه تخت M عمود بر محور عدسی و بفاصلهٔ $\frac{F}{2}$ از آن واقع است، تصویر حقیقی S در این دستگاه کجا تشکیل میشود؟



۱) بین S و بینهایت ۲) بین F و 2F ۳) بین 2F و S ۴) بین عدسی و F

۲۸ ــ طرز تشکیل تصویر روی شبکیه دو چشم (A) و (B) بدون انجام تطابق مانند شکل زیر است. این دو چشم به ترتیب چگونه‌اند؟



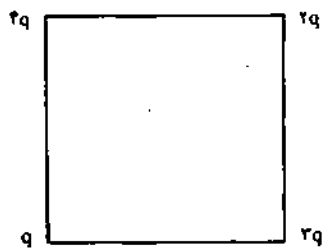
۱) دوربین، سالم ۲) سالم، دوربین

۳) نزدیک‌بین، دوربین ۴) نزدیک بین، سالم

۲۹ ــ اگر با عینکی که شیشه‌های آن زردرنگ است به پارچهٔ آبی رنگی نگاه کنیم آنرا به چه رنگ می‌بینیم؟

۱) آبی ۲) تیره ۳) زرد ۴) سفید

۳۰ ــ اگر در یک رأس مربعی بار الکتریکی q قرار گیرد، اندازهٔ شدت میدان حاصل از آن در مرکز مربع E_1 خواهد بود. درصورتیکه در چهار رأس این مربع بارهای الکتریکی مطابق شکل زیر قرار گیرد، اندازهٔ شدت میدان در مرکز آن چند E_1 میشود؟

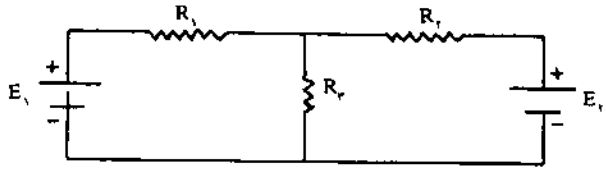


۱) $\sqrt{2}$ ۲) ۲ ۳) $2\sqrt{2}$ ۴) ۴

۳۱ ــ دو سیم فلزی A و B هم جنس و هم طول ولی قطر سیم A دو برابر قطر سیم B میباشد. مقاومت الکتریکی سیم A چند برابر مقاومت الکتریکی سیم B است؟

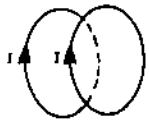
۱) ۴ ۲) ۲ ۳) $\frac{1}{2}$ ۴) $\frac{1}{4}$

۳۲ ــ در شکل مقابل $E_1 = E_2 = 6$ ولت و $R_1 = R_2 = R_3 = 10$ اهم و مقاومت درونی مولدها ناچیز است، شدت جریانی که از مقاومت R_2 میگذرد چند آمپر است؟



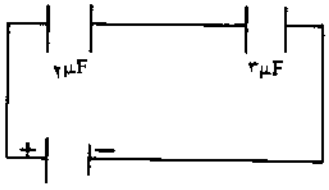
۱) ۰/۲ ۲) ۰/۴ ۳) ۰/۶ ۴) ۰/۸

۳۳ ــ از دو حلقهٔ مشابه که بطور موازی مقابل یکدیگر قرار دارند، جریانهای I در یک جهت عبور میدهیم، نیروئی که دو حلقه برهم وارد میسازند چه نوع و جاذبه یا دافعه است؟



۱) الکتریکی، جاذبه ۲) الکتریکی، دافعه
۳) مغناطیسی، جاذبه ۴) مغناطیسی، دافعه

۳۴ ــ اگر در شکل زیر بار ذخیره شده در خازن ۲ میکروفارادی برابر ۳۰ میکروکولن باشد، انرژی ذخیره شده در خازن ۳ میکروفارادی چند میکروژول خواهد بود؟



۱) ۱۵۰ ۲) ۱۸۰ ۳) ۲۲۵ ۴) ۳۳۷/۵

۳۵ ــ سیم مستقیمی بطول ۱۰ سانتیمتر در میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت ۰/۰۱ تسلا در امتدادی که با خطوط میدان زاویهٔ ۳۰° میسازد قرار دارد، اگر از این سیم جریان ۰/۴ آمپر عبور کند نیروی وارد بر آن از طرف میدان مغناطیسی چند نیوتن خواهد بود؟

۱) ۲×۱۰^{-۴} ۲) ۰/۰۲

۳) $\sqrt{۳}\times۱۰^{-۴}$ ۴) $۰/۲\sqrt{۳}$ ۲

۳۶ ــ یک سیم پیچ و یک لامپ بطور سری به دو قطب یک باطری وصل شده و لامپ روشن است، اگر یک هسته آهنی در درون سیم پیچ وارد کنیم، روشنائی لامپ چگونه تغییر می‌کند؟

۱) زیاد میشود و بهمان حال باقی میماند
۲) زیاد میشود و سپس به حال اول برمیگردد
۳) کم میشود و سپس به حال اول برمیگردد
۴) کم میشود و بهمان حال باقی میماند

۳۷ ــ الکترونی با بار الکتریکی $-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولن با سرعت ۲×۱۰^{۸} m/s وارد میدان مغناطیسی یکنواختی بشدت ۵×۱۰^{-۲} تسلا میشود. در لحظه‌ای که راستای حرکت با راستای میدان زاویه ۳۰ درجه میسازد نیروی وارد بر آن چند نیوتن است؟

۱) $-۱/۶\sqrt{۳}\times۱۰^{-۱۲}$ ۲) $-۱/۶\times۱۰^{-۱۲}$

۳) $-۸\sqrt{۳}\times۱۰^{-۱۳}$ ۴) -۸×۱۰^{-۱۳}

۳۸ ــ آونگی را به سقف آسانسوری آویخته‌ایم وقتیکه آسانسور ساکن است زمان تناوبش T است اگر آسانسور با شتاب $\frac{g}{۲}$ رو به پائین حرکت کند، زمان تناوب آن چند T میشود؟

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

۳۹ ــ معادلهٔ حرکت ارتعاشی دو ذره به ترتیب $y_۱=۴\sin۲۰\pi t$ و $y_۲=۲\sin۴۰\pi t$ میباشد. اگر حداکثر شتاب این دوذره‌به‌ترتیب $a_۱$ و $a_۲$ باشد، نسبت $\frac{a_۱}{a_۲}$ برابر است با:

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

۴۰ ــ متحرکی دارای حرکت نوسانی به معادلهٔ $y=\sqrt{۲}\sin t+۳\sqrt{۲}\cos\omega t$ میباشد که در آن x برحسب سانتیمتر است. دامنهٔ نوسان متحرک چند سانتیمتر است؟

۱) $۲\sqrt{۲}$ ۲) $۴\sqrt{۲}$ ۳) $۲\sqrt{۵}$ ۴) $۴\sqrt{۵}$

۴۱ ــ سرعت انتشار صوت در یک گاز دو اتمی ۱۴۰۰ متر بر ثانیه و در گاز دو اتمی دیگری در همان دما برابر ۳۵۰ متر بر ثانیه است. جرم مولکولی گاز دوم چند برابر جرم مولکولی گاز اول است؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۳۲

۴۲ ــ طول لولهٔ صوتی بازی دو برابر طول یک لوله صوتی بسته است. هر دو لوله دومین صوت خود را تولید می‌کنند، نسبت فرکانس صوت لولهٔ بسته به فرکانس صوت لولهٔ باز کدام است؟

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

۴۳ ــ از یک سلف بدون مقاومت که ضریب خود القائی آن ۰/۰۳ هانری است جریانی به معادلهٔ $I=۵\sin۴۰۰t$ میگذرد، معادلهٔ اختلاف پتانسیل دو سر مدار کدام است؟

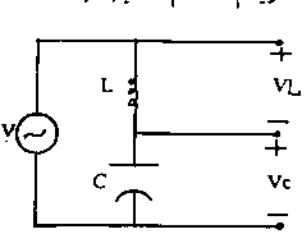
۱) $V = ۶۰\sin۴۰۰t$

۲) $V = ۶۰\sqrt{۲}\cos۴۰۰t$

۳) $V = ۶۰\cos۴۰۰t$

۴) $V = ۶۰\sqrt{۲}\sin۴۰۰t$

۴۴ ــ در مدار شکل زیر با تنظیم فرکانس، مقاومت ظاهری خازن با مقاومت ظاهری سیم‌پیچ برابر شده است اگر فرکانس را دو برابر نموده اختلاف پتانسیل V را ثابت نگاه داریم، کدام نتیجه بدست می‌آید؟



۱) $V_L = \frac{۱}{۴}Vc$

۲) $V_L = \frac{۱}{۲}Vc$

۳) $V_L = ۲\,Vc$

۴) $V_L = ۴\,Vc$

۴۵ ــ اگر دمای مطلق یک تابش کننده ۳ برابر شود، طول موج مربوط

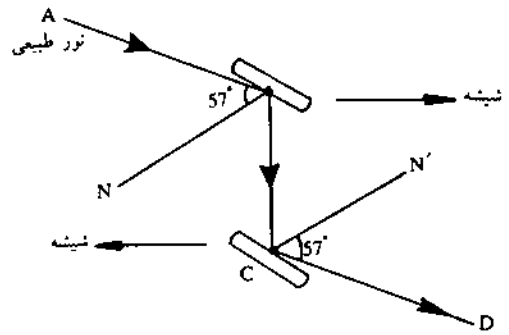
به ماکزیمم انرژی تابشی آن چندبرابر میشود؟

۱) $\frac{1}{9}$ ۲) $\frac{1}{3}$ ۳) ۳ ۴) ۹

۴۶ ــ در آزمایش یانگ با طول موج ۶۰۰۰ آنگستروم فاصله وسط پنجمین نوار روشن از وسط نوار روشن مرکزی، ۲/۵ میلی‌متر است. اگر آزمایش در همان شرایط با طول موج ۴۸۰۰ آنگستروم انجام شود، عرض هر نوار چند میلی‌متر خواهد شد؟

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۲۵ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۵

۴۷ ــ در شکل زیر اگر شیشه بالائی را بتدریج حول محور BC تا ۹۰ درجه دوران دهیم، در شدت نور شعاعهای BC و CD چه تغییراتی داده میشود؟



۱) تغییر نمی‌کند ۲) CD از بین می‌رود

۳) فقط CD کاهش می‌یابد ۴) هر دو کاهش می‌یابد

۴۸ ــ عنصر رادیواکتیو $^{226}_{88}Ra$ ضمن تابش ذرات آلفا و بتا به عنصر پایدار $^{206}_{82}Pb$ تبدیل میشود، در این تبدیل به ترتیب چند ذره آلفا و چند ذره بتا تابش میشود؟

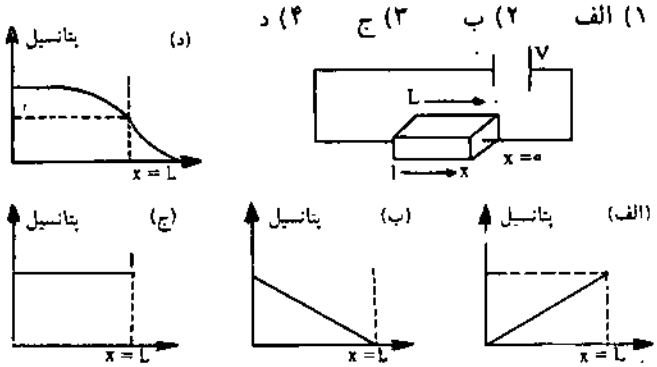
۱) ۵، ۴ ۲) ۱۰، ۶ ۳) ۸،۵ ۴) ۶، ۱۰

۴۹ ــ تواتر نوسانات یک نوسان کننده که از سلف $L = \frac{2}{\pi^2} \times 10^{-4}$ هانری و خازن $C = 2$ میکروفاراد تشکیل شده، چند کیلو سیکل بر ثانیه است؟

۱) ۵ ۲) ۱۶ ۳) ۲۵ ۴) ۴۰

۵۰ ــ اگر دو سر یک نیم هادی مطابق شکل زیر به اختلاف پتانسیل V وصل شوند، کدامیک از اشکال زیر گویای تغییرات پتانسیل در داخل نیم هادی خواهد بود؟

۱) الف ۲) ب ۳) ج ۴) د



جدول پاسخ به آزمون اختصاصی فیزیک و مکانیک

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی ۶۶ ــ ۶۵					شماره تست					شماره تست				
	۱	۲	۳	۴		۱	۲	۳	۴		۱	۲	۳	۴
۱					۱۷					۳۴				
۲					۱۸					۳۵				
۳					۱۹					۳۶				
۴					۲۰					۳۷				
۵					۲۱					۳۸				
۶					۲۲					۳۹				
۷					۲۳					۴۰				
۸					۲۴					۴۱				
۹					۲۵					۴۲				
۱۰					۲۶					۴۳				
۱۱					۲۷					۴۴				
۱۲					۲۸					۴۵				
۱۳					۲۹					۴۶				
۱۴					۳۰					۴۷				
۱۵					۳۱					۴۸				
۱۶					۳۲					۴۹				
					۳۳					۵۰				

گروه آزمایشی علوم تجربی ۶۶ ــ ۶۵					شماره تست					شماره تست				
	۱	۲	۳	۴		۱	۲	۳	۴		۱	۲	۳	۴
۱					۱۷					۳۴				
۲					۱۸					۳۵				
۳					۱۹					۳۶				
۴					۲۰					۳۷				
۵					۲۱					۳۸				
۶					۲۲					۳۹				
۷					۲۳					۴۰				
۸					۲۴									
۹					۲۵									
۱۰					۲۶									
۱۱					۲۷									
۱۲					۲۸									
۱۳					۲۹									
۱۴					۳۰									
۱۵					۳۱									
۱۶					۳۲									
					۳۳									

اخبار علمی و فرهنگی

در جلسه پیش دانشگاهی کنفرانس فیزیک که در طول مدّت برگزاری سومین کنفرانس فیزیک ایران با شرکت علاقه‌مندان، دانشجویان، دبیران و اساتید محترم دانشگاه‌ها در محل برپایی سخنرانیهای عمومی از ساعت ۲۰ لغایت ۲۳ تشکیل گردید ریاست جلسه را برادر حسینعلی وحید (مسن‌ترین شخص حاضر در جلسه) و دبیری جلسه را برادر دانشجو سلامتیان (جوانترین شخص حاضر در جلسه) عهده‌دار شدند. در این جلسه پیشنهادات زیر مورد تأیید حاضرین قرار گرفت:

۱ ــ در کنفرانسهایی که با همکاری انجمن فیزیک ایران برگزار می‌گردد علاوه بر شاخه‌های فیزیک نظری و فیزیک کاربردی شاخه آموزش فیزیک نیز منظور گردد، تا دبیران و اساتید محترم علاقه‌مند به امر آموزش فیزیک در سطوح مختلف مقالاتی را برای ایراد سخنرانی در این شاخه تهیه و برای تأیید و تعیین وقت به دفتر برگزاری کنفرانس ارسال دارند (برادر محمدتقی توسلی عضو هیأت مدیره کنفرانس که در جلسه حضور داشتند، از طرف خود و سایر اعضاء هیأت مدیره این درخواست را تأیید و اظهار امیدواری کردند که در سال آینده چندین مقاله و سخنرانی از طرف دبیران خصوصاً در این شاخه ارائه شود).

۲ ــ کتاب آزمایشهای فیزیک دوره دبیرستان برای هر چهار سال تحصیلی آموزش متوسطه نظری نوشته شود تا هماهنگی لازم در سراسر کشور فراهم آید.

۳ ــ روش تدریس معلمان علاقه‌مند و با تجربه، به صورت مقاله‌هایی در مجله رشد آموزش فیزیک چاپ و منتشر گردد تا بدین وسیله تبادل تجربه حاصل آید.

(مقرر شد که برادر باغی اولین مقاله در این زمینه را تهیه و برای مجله ارسال فرمایند).

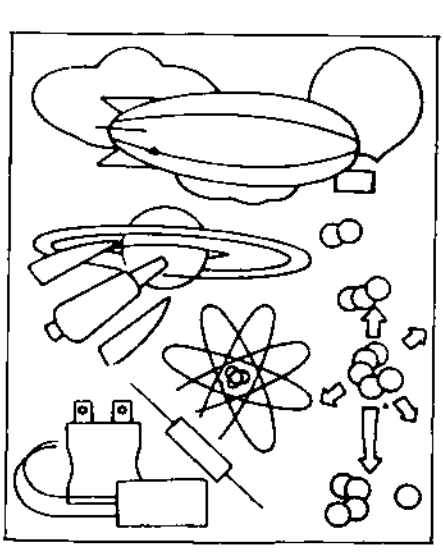
۴ ــ به منظور بالا بردن توانائیهای معلمان در امر تدریس کنفرانسهایی در محل سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی خاص دبیران برگزار گردد. اولین کنفرانسها وسیله برادر دکتر قلمسیاه انجام گیرد تا رفع اشکالات میسرتر باشد.

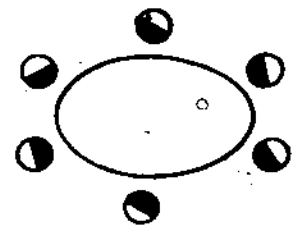
۵ ــ ساعات و نمره خاصی برای آزمایشهای فیزیک منظور شود.

۶ ــ از محصلین علاقه‌مند و توانای کلاسهای بالاتر برای رفع اشکال دانش‌آموزان کلاسهای پائین‌تر استفاده شود.

صنایع آموزشی:

جلسه مشترک کارشناسان گروه فیزیک دفتر تحقیقات و صنایع آموزشی در سه نوبت تشکیل شد. حاصل این جلسات این بود که صنایع آموزشی کلیه وسایل آزمایشگاهی خود را برای ارزشیابی و تعیین استاندارد به گروه فیزیک ارسال دارد و گروه فیزیک نتایج بررسی را کتباً به صنایع آموزشی اعلام کند.

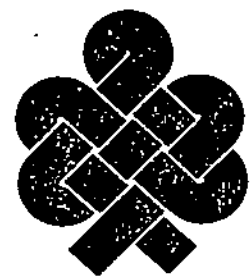




جلسه استان تهران:

اولین جلسه سرگروه‌های آموزشی فیزیک استان تهران در تاریخ ۶۵/۸/۱۶ با حضور نماینده اداره کل استان، نماینده دفتر آموزش ضمن خدمت، کارشناس فیزیک دفتر تحقیقات و سرگروه‌های آموزشی مناطق مختلف در محل اداره کل استان تشکیل گردید.

در این جلسه در زمینه‌های مختلف بحث و تبادل نظر شد و تصمیماتی نیز اتخاذ گردید. در پایان برادر رضازاده به عنوان رابط دبیران فیزیک استان با دفتر تحقیقات انتخاب شدند.



همکاری دانشگاه با آموزش و پرورش:

برادر علی جباری آزاد سرپرست محترم دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد طی نامه‌ای که به اداره کل آموزش و پرورش خراسان ارسال داشته‌اند، علاقه‌مندی این دانشکده را به دانش‌افزایی دبیران اعلام فرمودند. ضمن تشکر و سپاس و درخواست توفیق هر چه بیشتر برای ایشان عین نامه را منتشر می‌کنیم، با این امید که دیگر دانشگاه‌ها و مؤسسات عالی کشور نیز در این راه گام بردارند.

شماره ــــــــــ
تاریخ ــــــــــ
پیوست ــــــــــ

دانشکده علوم

دانشگاه فردوسی مشهد

بسمه تعالی

«سرشماری عمومی نفوس و مسکن برای برنامه‌ریزی و سازندگی»

مدیر کل محترم آموزش و پرورش خراسان

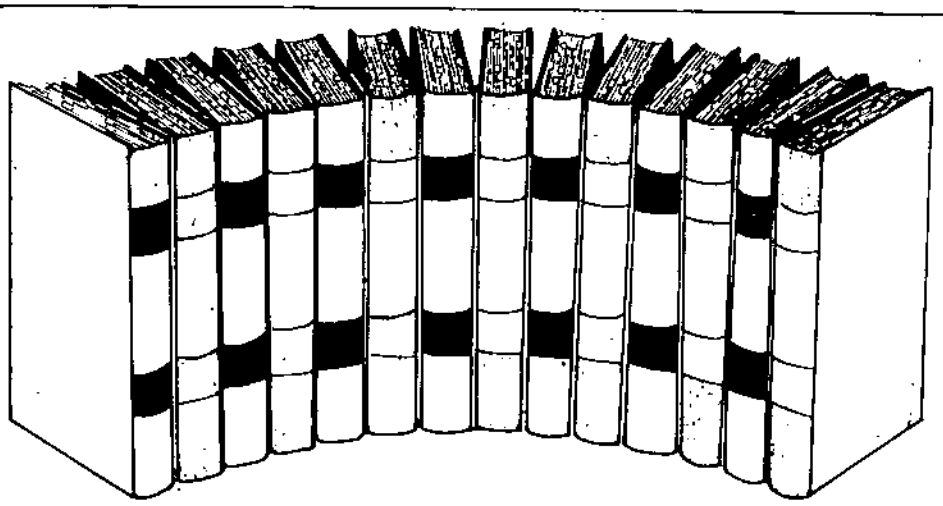
با سلام بدین وسیله دانشکده علوم دانشگاه فردوسی «مشهد» به منظور همکاری نزدیکتر با دبیران محترم آن اداره و در جهت رفع مشکلات علمی ایشان آمادگی خود را اعلام می‌دارد.

خواهشمند است دستور فرمایند بنحو مقتضی به اطلاع دبیران محترم دروس فیزیک، شیمی، ریاضیات، زمین‌شناسی و زیست‌شناسی سراسر استان برسانند که می‌توانند بین ساعات تعیین شده در روزهای زیر مستقیماً به دانشکده علوم واقع در مشهد ــ خیابان دانشگاه ــ خیابان اسرار مراجعه و با اساتید نامبرده زیر تماس حاصل فرمایند. ضمناً آن عده از ایشان که به علت بعد مسافت قادر به مراجعه نیستند می‌توانند به صورت مکاتبه‌ای از این امکانات برخوردار شوند. ح

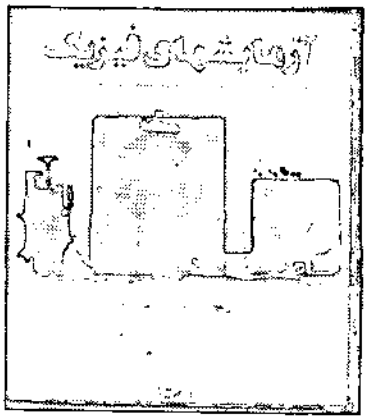
فیزیک	۱ ــ آقای دکتر سربیشه‌ای	یکشنبه‌ها	۶ ــ ۴
	۲ ــ آقای دکتر رحیمی	چهارشنبه‌ها	۶ ــ ۴
شیمی	۱ ــ آقای دکتر زوار	سه‌شنبه‌ها	۶ ــ ۴
	۲ ــ آقای دکتر بکاولی	سه‌شنبه‌ها	۶ ــ ۴
ریاضیات	۱ ــ آقای دکتر صادقی	شنبه‌ها	۶ ــ ۴
زمین‌شناسی	۱ ــ آقای دکتر موسوی حرمی	دوشنبه‌ها	۶ ــ ۴
	۲ ــ آقای دکتر کریم‌پور	دوشنبه‌ها	۶ ــ ۴
زیست‌شناسی	۱ ــ آقای دکتر لاهوتی	دوشنبه‌ها	۱۱/۳۰ــ۱۰/۳۰ و ۱۸/۳۰ــ۱۷/۳۰
	۲ ــ آقای دکتر نورزاد	۱۲ ــ ۱۰/۳۰	شنبه‌ها
		۱۷/۳۰ ــ ۱۶	یکشنبه‌ها

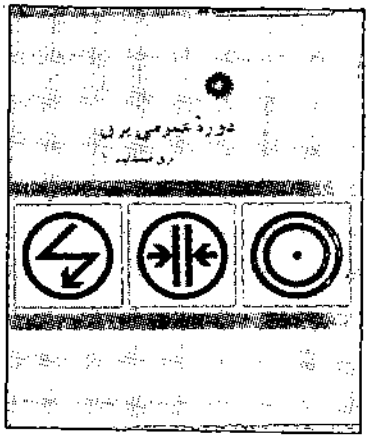
علی جباری آزاد
سرپرست دانشکده علوم

رونوشت: معاونت محترم آموزشی دانشگاه جهت استحضار — امضا



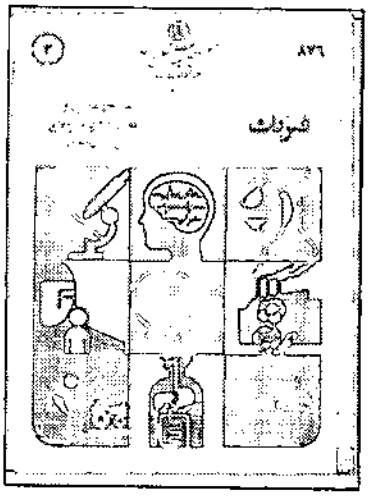
معرفی کتاب





۱ ــ کتاب آزمایشهای فیزیک سال سوم ــ علوم تجربی ــ ریاضی و فیزیک

این کتاب برای اولین بار از طرف انتشارات دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی در سال ۱۳۶۵ چاپ و در اختیار دانش‌آموزان مربوط قرار گرفت. کلیه آزمایشها و مطالب مندرج در این کتاب پس از اجرا بر اساس دانش‌آموز محوری تدوین شده است. بدیهی است که اجرای آن در سراسر کشور خالی از اشکال نخواهد بود. امید آنکه کلیه دبیرستانهای کشور در آینده‌ای نه چندان دور توانائیهای لازم برای اجرا و بهره‌وری از این کتاب را کسب کنند.

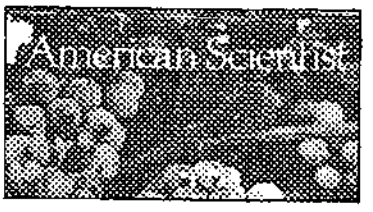


۲ ــ کتاب دورهٔ عمومی برق ــ برق مستقیم

کتاب مذکور از مؤسسه فدرال برای تحقیقات آموزش حرفه‌ای ــ آلمان غربی ترجمه هوشنگ نحوی بوسیله نشر دانشگاهی منتشر شد. این کتاب با زبان ساده و تصاویر رنگی خودآموز مناسب و مفیدی در زمینه ساختمان ماده ــ بار الکتریکی ــ منبع ولتاژ الکتریکی می‌باشد.

۳ ــ کتاب فیزیک سال چهارم رشته بهداشت محیط

کتاب فوق که با همکاری دفتر آموزش بازرگانی و دفتر تحقیقات برنامه‌ریزی شده بود توسط اعضاء گروه فیزیک تدوین و برای اوّلین بار در سال ۱۳۶۵ چاپ و در اختیار دانش‌آموزان مربوطه قرار گرفت. با پایان یافتن چاپ این کتاب هم اکنون کلیه کلاسهای رشته بهداشت دارای کتاب فیزیک می‌باشند بدیهی است که این مجموعه کتب با نیازهای این رشته تحصیلی کاملاً منطبق نیست.



۴ ــ مجله American - Scientist

مجله‌ای است که تمامی شماره‌های آن به کتابخانه سازمان پژوهش ارسال می‌شود. مطالعه این مجله در محل کتابخانه برای کلیه علاقه‌مندان میسر خواهد بود.

نامه‌ها و مقاله‌ها:

● برادری غلامرضا رجبی دبیر فیزیک شهرستان خمین ـ نامه پر از مهر شما که با نظرهای قابل توجه‌ای همراه بود و بعنوان برادر دکتر حداد عادل ریاست محترم سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی ارسال نمودید دریافت شد. ضمن تشکر از توجه شما به این نشریه امیدواریم عملاً در شماره‌های ۴ و ۵ به درخواست شما پاسخ مثبت داده باشیم. ضمناً منتظر دریافت نظریه‌های سازنده و مقالاتی در زمینه‌های گوناگون از طرف شما هستیم.

● برادر عبدالمجید گلشنی دبیر فیزیک دبیرستان شهید بهشتی خرامه فارس

نامه شما دریافت شد. ضمن تشکر از توجه شما به این نشریه و علاقمندی شما به دانش‌افزایی همانطوریکه در این شماره از مجله مشاهده می‌کنید، پاسخ مسایل جدید مندرج در کتب چاپ ۱۳۶۵ و عین مسایل امتحانات نهایی برای استحضار دبیران محترم آورده شده است. بدیهی است که به این کار ادامه خواهیم داد.

● برادر کاظم جعفری

ضمن تشکر از شما اعلام میدارد که مقاله شما تحت عنوان چند مسئله سینماتیک به کمک نمودار تدوین و ارسال شده بود، دریافت شد. مقاله توسط اعضاء هیأت تحریریه نشریه در دست بررسی است که نتایج بررسی در جلسه هیأت مطرح خواهد شد و در صورت تأییددرشماره‌های آینده چاپ ومنتشر می‌گردد.

● برادر دکتر محمد فرهاد رحیمی استاد محترم بخش فیزیک دانشکده علوم دانشگاه مشهد

ضمن تشکر و قدردانی از توجه شما به این نشریه به اطلاع میرساند که مقاله مفید تحقیقاتی ارسالی دریافت و در دست بررسی است و در صورت تأیید در شماره بعدی نشریه چاپ و منتشر خواهد شد. ضمناً منتظر دریافت سایر تحقیقات‌شما برادرارجمند وکوشا هستیم.

● برادر احمد توحیدی دبیر دبیرستانهای شیراز

سه مقاله خوب و مستند ارسالی شما برادر کوشا دریافت شد. ضمن تشکر و قدردانی از توجه فراوانی که به این نشریه دارید آرزومندیم که بتوانیم تمامی مقالات شما را مرتب چاپ و منتشر کنیم.

● برادر رامین موسوی سندی دبیر محترم دبیرستانهای تهران

مقاله ارسالی شما دریافت شد. این مقاله در اختیار اعضاء هیأت قرار خواهد گرفت تا در صورت تأیید منتشر گردد. منتظر دریافت مقالات مفید شما هستیم.

● برادر کورش جاویدان دانشجوی عزیز دانشکده علوم دانشگاه مشهد

. نامه پر از مهر شما که نشانه علاقه و توجه شما به آموزش کشور است دریافت شد. امید آنکه هیأت تحریریه اجازه چاپ آن را مورد تأیید قرار دهد منتظر دریافت مقالات دیگری از شما و سایر همکلاسی‌های شما در دانشگاه هستیم.

● خواهر مژگان طالبی دانش‌آموز سال چهارم ریاضی فیزیک شهرستان جیرفت.

ضمن تشکر از شما بخاطر علاقه‌مندیتان به پاسخ‌هائی که برایتان مطرح میشود، باطلاع میرساند که نامه شما دریافت شد. پاسخ نامه مستقیماً برایتان ارسال خواهد شد.

● برادر رضا فیروز بهر دانش‌آموز عزیز سال چهارم ریاضی فیزیک قروه کردستان

نامه شما دریافت شد. پس از بررسی پاسخ آن مستقیماً برای خودتان ارسال خواهد شد. از علاقه شما به دانش‌افزائی سپاسگزاریم.

● برادر انوشیروان صالح‌پور از تهران

مقاله شما تحت عنوان فیزیک رسم ـ فیزیک محاسبه دریافت شد و مورد بررسی قرار گرفت ضمن تشکر از توجهات شما به مطالب علمی در انتظار مقالات بهتر شما هستیم.

● برادر رسول شمشادی دانشجوی دانشکده علوم دانشگاه گیلان

نامه پر مهر شما دریافت شد ضمن تشکر از لطف شما خواهشمند است برای تهیه کتابهائی که بوسیله نشر دانشگاهی منتشر شده است با مرکز نشر دانشگاهی تهران خیابان خالد اسلامبولی مکاتبه فرمائید.

● برادر پرویز قطبی دبیر محترم دبیرستان علمدار آذربایجان شرقی

نامه شما در پاسخ به پرسش مندرج در مجله شماره ۲ رسید از توجه شما به مطالب علمی قدردانی می‌نماید.

● برادر صدرالدین میرزانیا دبیر محترم فیزیک دبیرستانهای آباده

نامه شما مبنی بر پاسخ به پرسش مجله شماره ۲ دریافت شد. از توجه شما به مطالب علمی تشکر می‌نماید.

● برادر بهمن قمری

ضمن اعلام وصول پاسخ با حوصله و دقیق شما به پرسش مندرج در مجله از توجه شما به دانش‌افزایی و مطالب علمی سپاسگزاری می‌شود.

●

اطلاعیه

دربارهٔ نشریات رشد آموزش تخصصی

مجلات رشد آموزش مواد درسی مدارس کشور نشریاتی است که از سوی گروههای درسی دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش با همکاری دفتر امور کمک آموزشی هر سه ماه یکبار ــ چهار شماره در سال ــ منتشر می‌شود.

این نشریات در حال حاضر عبارتند از:

۱ ــ رشد آموزش ریاضی
۲ ــ رشد آموزش زبان
۳ ــ رشد آموزش شیمی
۴ ــ رشد آموزش فیزیک
۵ ــ رشد آموزش زمین‌شناسی
۶ ــ رشد آموزش ادب فارسی
۷ ــ رشد آموزش جغرافیا
۸ ــ رشد آموزش زیست‌شناسی

هدف از انتشار این نشریات در وهلهٔ اول ارتقاء سطح معلومات معلمان و در مرحلهٔ بعد ایجاد ارتباط متقابل میان معلمان هر رشته و دفتر تحقیقات به منظور تبادل تجارب و مطالب جنبی و مفید درسی است.

دبیران، دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر علاقه‌مندان به اشتراک این مجلات می‌توانند جهت اشتراک هر چهار شماره از یک مجله در سال مبلغ ۴۰۰ ریال به حساب ۹۲۹ خزانهٔ بانک مرکزی ــ قابل پرداخت در کلیهٔ شعب بانک ملی ــ واریز و فیش آن را همراه با فرم تکمیل شدهٔ زیر به نشانی تهران، صندوق پستی شماره ۱۵۸۷۵/۳۳۳۱ دفتر امور کمک آموزشی ــ مرکز توزیع ارسال دارند. شماره تلفن مرکز توزیع: ۸۳۱۴۸۱

محل فروش آزاد

الف ــ تهران:

۱ ــ کتابفروشی شهید سید کاظم موسوی ــ اول خیابان ایرانشهر شمالی.
۲ ــ فروشگاه انتشارات رشد ــ خیابان انقلاب بین ولی‌عصر و کالج.
۳ ــ مرکز نشر دانشگاهی ــ نمایشگاه دائمی کتاب.
۴ ــ نمایشگاه دائمی کتاب کودک ــ روبروی دانشگاه تهران.
۵ ــ کتابفروشی صفا ــ روبروی دانشگاه تهران.
۶ ــ کیوسکهای معتبر مطبوعات
۷ ــ شرکت کتاب طب و فن روبروی دانشگاه
۸ ــ کتابفروشی انجمن اسلامی دانشگاه تربیت معلم

ب ــ شهرستانها:

۱ ــ باختران ــ کتابفروشی دانشمند ــ خیابان مدرس پاساژ ارم.
۲ ــ آذربایجان شرقی (تبریز) ــ مطبوعاتی ملازاده.
۳ ــ آذربایجان غربی (ارومیه) ــ مطبوعاتی زینال‌پور.
۴ ــ اصفهان ــ کتابفروشی مهرگان و کتابفروشی جنگل.
۵ ــ مازندران (ساری) هماهنگی گروههای آموزشی استان
۶ ــ کرمان ــ بازک مطهری ــ فرهنگسرای زمین.
۷ ــ خرم‌آباد ــ خیابان شهدای شرقی، کتابفروشی آسیا
۸ ــ مشهد ــ فروشگاه شماره یک انتشارات آستان قدس
۹ ــ تبریز ــ کتابفروشی علامه دهخدا
۱۰ ــ اصفهان ــ کتابفروشی رودکی
۱۱ ــ رشت ــ کتابفروشی فرهنگستان
۱۲ ــ گرگان ــ کتابفروشی جنگل
۱۳ ــ قم ــ کتابفروشی طوس
۱۴ ــ آستارا ــ کتابفروشی نیما
۱۵ ــ سقز ــ نمایندگی روزنامه کیهان

توجه، دانشجویان مراکز تربیت معلم می‌توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند.

فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

اینجانب ..... با ارسال فیش واریز مبلغ ۴۰۰ ریال، متقاضی اشتراک یکسالهٔ مجلهٔ رشد آموزش ..... هستم.

نشانی دقیق متقاضی: استان ..... شهرستان ..... خیابان .....

کوچهٔ ..... پلاک ..... تلفن .....

ابوریحان محمّدبن احمد بیرونی

متولد سال ۳۵۲ ش در اطراف شهر خوارزم که بیش از ۱۵۰ کتاب نوشته است ۷۰ کتاب در نجوم، ۲۰ کتاب در ریاضی و ۱۸ کتاب ادبی، تاریخ‌نویس مشهوری است و کارهای او در زمینه جغرافی، فیزیک و زمین‌شناسی است.

نخستین کسی است که در ریاضیات ریشه سوم کعب را بطریق بسیار ساده‌ای کشف کرده است. فرضیه قوه جاذبه و حرکت وضعی زمین از کارهای اوست. محاسبه علمی جهت‌یابی قبله را تعیین کرد و اولین کسی است که فکر تصویر برجسته را ارائه کرده است. در باره صید مروارید، ارتباط دریاها، اثرات مهتاب ــ خواص طبیعی گیاهان و آهنربا ــ کرویت زمین، سنگ معادن، وزن مخصوص اجسام، آب شیرین و شور و در ادبیات و داروسازی و گیاه‌شناسی تحقیقات ارزنده‌ای را نموده است. نخستین اثر بزرگ بیرونی (آثار الباقیه عن قرون الخالیه) است که از تقویم‌ها ــ دوره‌ها ــ مسائل مهم ریاضی، نجومی، هواشناسی و غیره سخن می‌گوید. از کتابهای مهم او قانون مسعودی و التفهیم فی صناعه التنجیم است.