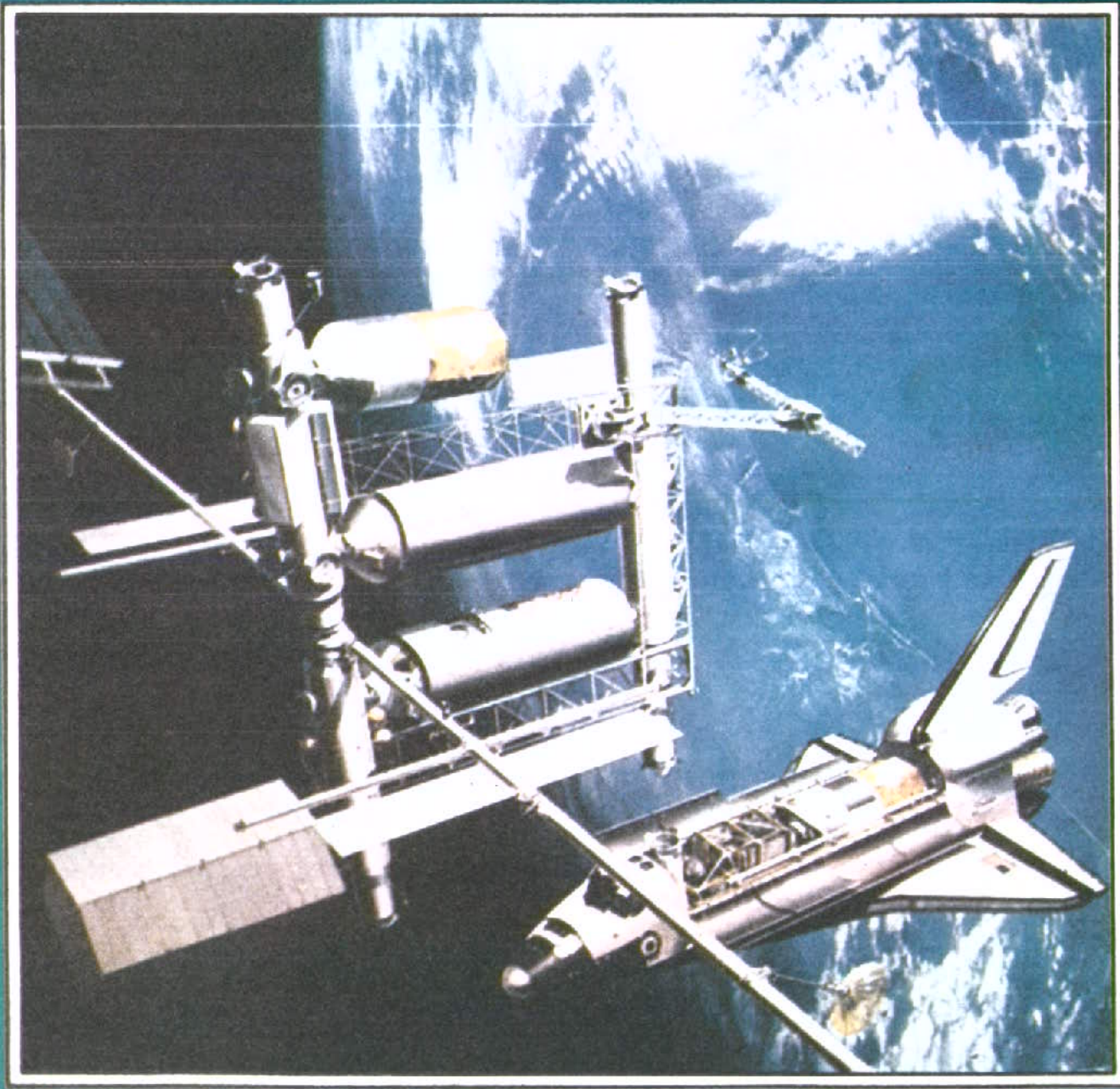
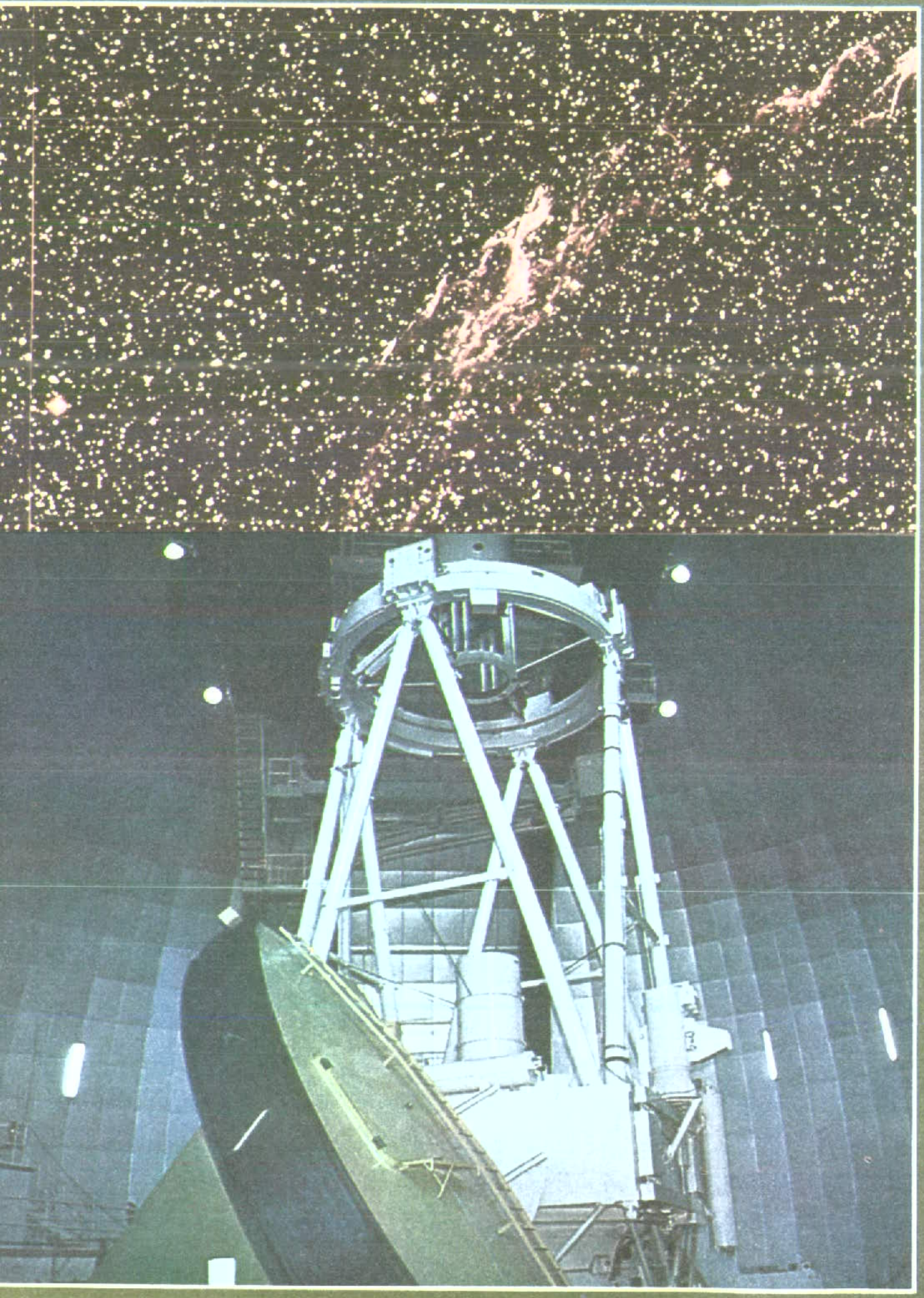
رشد آموزش فیزیک

سال دوم ـ پائیز ۱۳۶۵ بهاء: ۱۰۰ ریال شماره مسلسل ۶ و ۷





رشد آموزش فیزیک

سال دوم ــ پاییز و زمستان ۱۳۶۵ شمارهٔ مسلسل ۶ و ۷
نشریه گروه فیزیک دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف
کتابهای درسی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
نشانی: خیابان ایرانشهر شمالی ــ ساختمان شمارهٔ ۴
وزارت آموزش و پرورش تلفن ۴ ــ ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۴۳)

سردبیر: اصغر لطفی
تولید: واحد مجلات رشد تخصصی
صفحه‌آرا: محمد پریسای

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 (قسمت دوم)	ابوالقاسم قلمسیاه	۵
تحلیلی بر حادثه چرنوبیل و گذری بر حوادث مشابه گذشته		۸
سطح انرژی پتانسیل صفر و آشفتگی کتابهای کمک درسی	سیدجعفر مهرداد	۲۱
فیزیکدانان در گیرودار ریسمان[1]	فرامرز ناصر آزاد	۲۴
ابن هیثم		۳۲
تولید برق		۴۸
فیزیک عملی	حسام ــ حمزه	۵۲
اندازه‌گیری زمان عکس العمل	احمد توحیدی	۵۳
تحقیقاتی در جهت استنباط از مفهوم کلمهٔ «نور» در مورد محصلین ۱۰ تا ۱۶ سال		۵۴
چرا بارهای غیرهمنام یکدیگر را می‌ربایند؟	علی معصومی	۵۹
عکاسی استروبوسکپی	حسنعلی وحید	۶۰
چند مسألهٔ فیزیک و مکانیک		۶۲
از میان نامه‌ها		۶۵
اخبار علمی و فرهنگی		۶۷
پاسخ و راهنمای حل مسایل		۷۰
سئوالات امتحان نهایی درس فیزیک		۷۱

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشگفتار

با انتشار این شماره دومین سال انتشار رشد آموزش فیزیک را پشت سر میگذاریم، امید آنکه هر آنچه در این مدّت تقدیم گردیده بگونه‌ای مفید واقع شده باشد.

در شماره بعد برای ارزشیابی حاصل کار دو سالی که گذشت اقدام خواهد شد. بجاست بگوئیم، در تمام مدّت دو سال با وجود تنگناهای فراوان، تنها درخواست و مطلوبهای همه‌گیر، همگون دبیران فیزیک همانا محتوی و روشهای بهتر و مؤثرتر برای انجام خدمت بیشتر و مفیدتر بوده است.

براستی این عاشقان خدمت، عشق بخدمت را از که آموخته‌اند؟
از خدا، از رسول خدا، از علی، از اولاد علی؟

تنها و تنها ایمان به خدا عشق خدمت به نوباوگان و نوجوانان و جوانان پاک و منزه را در وجود معلمان روشن کرده و پُرفروغش نگه داشته است. معلم هستیم، هر آنچه میدانیم از معلمانمان آموخته‌ایم و میاموزیم، یقیناً ناسپاسی است اگر از معلمی بگوئیم و از معلم شهید دکتر مرتضیٰ مطهری نامی نبریم، درجاتش عالی‌تر و یادش گرامی باد، یاد او و یاد همه معلمانی که آموخته‌اند خدمت به اسلام و مسلمین هدف زندگی ما باشد.

فرصت را مغتنم میشماریم، نوشته این بزرگ معلم تاریخ را در بارهٔ «شعاع آگاهی و سطح خواسته انسان» میخوانیم که معلم از هر فرصتی برای یادگیری و یاددهی استفاده میکند.

شعاع آگاهی و سطح خواستهٔ انسان [1]

قلمرو انسان چه در ناحیهٔ آگاهیها و بینشها و شناختها و چه در ناحیه خواسته‌ها و مطلوبها بسی وسیعتر و گسترده‌تر و متعالی‌تر است.

آگاهی انسان و شناخت او، از ظواهر اشیاء و پدیده‌ها عبور می‌کند و تا درون ذات و ماهیت آنها، و روابط و وابستگیهای آنها و ضرورتهای حاکم بر آنها نفوذ می‌نماید، آگاهی انسان نه در محدودهٔ منطقه و مکان زندانی می‌ماند و نه زنجیرهٔ زمان آن را در قید و بند نگهمیدارد، هم مکان را در می‌نوردد و هم زمان را، از اینرو هم به ماوراء محیط زیست خویش آگاهی پیدا می‌کند تا آنجا که دست به شناخت کرات دیگر می‌یازد، و هم بر گذشته و آیندهٔ خویش وقوف می‌یابد، تاریخ گذشتهٔ خویش و جهان یعنی تاریخ زمین، آسمان، کوهها، دریاها، گیاهان، و جانداران دیگر را کشف می‌کند و در بارهٔ آینده تا افقهای دوردست می‌اندیشد. بالاتر اینکه انسان اندیشهٔ خویش را در بارهٔ بی‌نهایتها و جاودانگیها به جولان می‌آورد و به برخی بی‌نهایتها و جاودانگیها شناخت پیدا می‌کند. آدمی از شناخت فردیت و جزئیت بافراتر می‌نهد، قوانین کلی و حقایق عمومی و فراگیرندهٔ جهان را کشف می‌کند و به این وسیله تسلط خویش را بر طبیعت مستقر می‌سازد.

انسان از نظر خواسته‌ها و مطلوبها نیز می‌تواند سطح والائی داشته باشد، انسان موجودی است ارزشجو، آرمانخواه و کمال مطلوبخواه. آرمانهایی را جستجو می‌کند که مادی و از نوع سود نیست، آرمانهایی که تنها به خودش و حداکثر همسر و فرزندانش اختصاص ندارد، عام و شامل و فراگیرندهٔ همهٔ بشریت است، به محیط و منطقهٔ خاص، یا قطعه‌ای خاص از زمان محدود نمی‌گردد.

انسان آنچنان آرمانپرست است که احیاناً ارزش عقیده و آرمانش فوق همهٔ ارزشهای دیگر قرار می‌گیرد، آسایش و خدمت به انسانها از آسایش خودش با اهمیت‌تر می‌گردد، خاری که در پای دیگران فرو برود مثل اینست که در پا بلکه چشم خودش فرو رفته باشد، با دیگران همدرد می‌شود، از شادی دیگران شاد و از اندوه آنان اندوهگین میگردد. به عقیده و آرمان مقدس خود آنچنان دلبستگی پیدا می‌کند که منافع خود، بلکه حیات و هستی خود را به سهولت فدای آن می‌نماید.

جنبهٔ انسانی تمدن بشری که روح تمدن به شمار می‌رود، مولود اینگونه احساسها و خواسته‌های بشری است.

ملاک امتیاز انسان

بینش وسیع و گستردهٔ انسان دربارهٔ جهان، محصول کوشش جمعی بشر است که در طی قرون و اعصار رویهم انباشته شده و تکامل یافته است، این بینش که تحت ضوابط و قواعد و منطق خاص در آمده نام «علم» یافته است. علم به معنی اعم، یعنی مجموع تفکرات بشری دربارهٔ جهان که شامل فلسفه هم می‌شود، محصول کوشش جمعی بشر است که نظم خاص منطقی یافته است.

گرایشهای معنوی و والای بشر، زادهٔ ایمان و اعتقاد و دلبستگیهای او به برخی حقایق در این جهان است که آن حقایق، هم ماورای فردی است، عام و شامل است و هم ماورای مادی است یعنی از نوع نفع و سود نیست. اینگونه ایمانها و دلبستگیها، به نوبهٔ خود، مولود برخی جهان‌بینی‌ها و جهانشناسی‌ها است که یا از طرف پیامبران الهی به بشر عرضه شده است و یا برخی فلاسفه خواسته‌اند نوعی تفکر عرضه نمایند که ایمانزا و آرمان‌خیز بوده باشد.

به هر حال گرایشهای والا و معنوی و فوق حیوانی انسان آنگاه که پایه و زیربنای اعتقادی و فکری پیدا کند نام «ایمان» به خود می‌گیرد.

پس نتیجه می‌گیریم که تفاوت عمده و اساسی انسان با جانداران دیگر که ملاک «انسانیت» او است و انسانیت وابسته به آن است، علم و ایمان است.

دربارهٔ امتیاز انسان از جانداران دیگر سخن‌ها فراوان گفته شده است، برخی منکر امتیاز اساسی میان این نوع و سایر انواع هستند، تفاوت آگاهی و شناخت انسان با حیوانرا از قبیل تفاوت کمّی و حداکثر تفاوت کیفی می‌دانند، نه تفاوت ماهوی. همهٔ آن شگفتیها و اهمیتها و عظمتها که نظر فلاسفهٔ بزرگ شرق و غرب را سخت دربارهٔ مسأله شناخت در انسان جلب کرده است، چندان مورد توجه این گروه واقع نشده است.

---

۱ ــ از صفحات ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ مقدمه‌ای بر جهان‌بینی اسلامی، (۱) انسان و ایمان علامه شهید، حاج شیخ مرتضیٰ مطهری.

بقیه در صفحه ۲۳

سرگذشت فیزیک (قسمت دوم)

گالیله

از گالیله تا نیوتن

ابوالقاسم قلمسیاه

(قرن هفدهم میلادی)

۱ ــ ۲ ــ نظر اجمالی ــ با آغاز قرن هفدهم میلادی (مطابق قرنهای دهم و یازدهم هجری شمسی) فیزیک عاقبت شکوفا شد. محققان معدود بودند، ولی از میان آنان شخصیتهای بزرگی برخاستند. در آن عصر که هنوز به تخصص نیازی نبود، درگیرشدن با مسائل متنوّع امکان داشت و چند دانشمند بزرگ دامنهٔ تحقیقات خود را با شجاعت وسعت دادند. برای آنان چنین عصری بسیار رویائی بود. همه چیز تقریباً در حال ایجاد بود. پدیده‌هائی کشف و مطالعه و بررسی آنها آغاز شد. اصول کلی وضع و قانونها پایه گذاری شدند. اسبابهای تازه‌ای اختراع شد و فیزیک با روش نوینی تجدید حیات کرد. قرن هفدهم میلادی در واقع یک دوره طلائی است، بهمین جهت دربارهٔ آن بیشتر تأمّل خواهیم کرد.

۲ ــ ۲ ــ روشهای جدید ــ فیزیک، به سبب پیدایش نابغه‌ای همچون گالیله (۹۴۳ ــ ۱۰۲۱ /۱۵۶۴ ــ ۱۶۴۲) در ایتالیا نضج گرفت. باید اذعان کرد که از ارشمیدس به بعد تا آن زمان چنین شخصیتی در زمینه علم فیزیک، بروز نکرده بود. می‌توان گالیله را بنیان‌گذار فیزیک دانست، نه‌تنها به سبب اهمیت کشفیّاتی که در زمینه‌های بسیار متنوّع انجام داده است بلکه به علت روش نوینی که در تحقیقات خود بکار برده‌است. گالیله در ضمن اینکه به مشاهده پدیده‌ها به عنوان نقطه آغاز اهمیت میداد، روی نقش آزمایش تکیه می‌کرد و مخصوصاً کوشش می‌کرد تا نتایج را با قواعد ریاضی دقیق بیان کند. این نحوه پی‌بردن به صحت و سقم قوانین فیزیکی، مشی کارها را تغییر داد و سبب شد تا فیزیک بر پایه‌های استوار قرار گیرد.

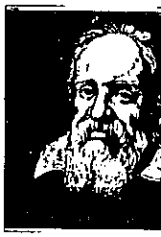
در همین زمان، روشهای کهنه توسط یک فیلسوف انگلیسی به‌نام فرانسیس بیکن[1] (که از رجال انگلستان نیز بود) مطرود قلمداد شد. او در کتاب خود «ارغنون نو»[2] روش تجربی

نیوتن

را تقویت و نتایج حاصل از تجارب را برحسب کیفیت‌هایشان طبقه‌بندی کرد (۱۶۲۰/۹۹۹). لکن دکارت، اغلب استدلال صِرف را بر روش تجربی ترجیح می‌داد بهمین سبب به طرف نظریه‌های غیرواقعی کشیده شد. پس از او یکی از پیروان متعصبش موقتاً پیشرفت فیزیک را در فرانسه کند کرد. بر عکس در ایتالیا شاگردان گالیله بجز نتایج آزمایش چیز دیگری را قبول نداشتند.

۳ ــ ۲ ــ پیدایش آکادمیها ــ در آغاز قرن هفدهم، فیزیکدانان، بویژه در فرانسه بطور انفرادی کار می‌کردند.دکارت (۹۷۵ ـ ۱۵۹۶/۱۰۲۹ ـ ۱۶۵۰)، پاسکال (۱۰۰۲ ـ ۱۶۲۳/۱۰۴۱ ـ ۱۶۶۲)فرما(۹۸۰ ـ ۱۶۰۱/۱۰۴۴ ـ ۱۶۶۵) از آن جمله‌اند که هر سه آماتور بودند. دانشگاها هنوز تحقیق علمی را ناچیز می‌شمردند، زیرا اوقاتشان صرف الهیات و فلسفه می‌شد. بین علاقمندان به علم، که به سبب شغلشان یا موقعیتشان در شهرها یا در خارج از کشورشان اقامت می‌گزیدند هیچگونه ارتباط رسمی برقرار نبود؛ نه محفلی بود که دور هم جمع شوند و کارهای خود را عرضه کنند و نه نشریه‌ای که کارهای آنان را منعکس سازد و لازم بود که در جریان باشند.

بر پایه رفع این نقیصه بود که آکادمیها بوجود آمدند. نخستین آنها بر حسب تاریخ تأسیس، آکادمی فلورانس بود. نُه فیزیکدان ایتالیائی (از جمله بورلّی[۳]، و یویانی[۴])در سال ۱۶۵۷/۱۰۳۶ دور هم جمع شدند. این فیزیکدانان که شاگردان گالیله بودند تصمیم گرفتند به روش معلم خود یک رشته کارهای عملی انجام دهند، یعنی آزمایش را پایه کارهای خود قرار دهند و بحثهای منافیزیکی را کنار بگذارند. آنان این اجتماع خود را «آکادمی تجربه»[۵] نامیدند و با مسئولیت مشترک، تحقیقات خود را دسته‌جمعی انجام دادند و نتایج کارهای خود را مشترکاً در یک نشریه منتشر ساختند. این کار دسته‌جمعی،اگر چه منجر به اختراع قابل توجّهی نشد و هنوز پیش‌رس محسوب می‌شد، ولی نسبتاً ثمر بخش بود، آکادمی فلورانس در سال ۱۶۶۸/۱۰۴۷ منحل شد و با انحلال آن دوره طلائی فیزیک در ایتالیا پایان یافت.



در همان ایام، چند نجیب‌زاده در انگلستان دور هم جمع می‌شدند و دربارهٔ فیزیک گفتگو می‌کردند. با تشکیل آکادمی فلورانس آنان هم متشکل شدند و «انجمن سلطنتی» را در لندن پایه‌گذاری کردند (۱۶۶۲/۱۰۴۱). در آغاز مثل اعضاء آکادمی تجربه تصمیم گرفتند کار دسته جمعی انجام دهند، ولی این وضع به زودی تغییر کردو اعضای این انجمن مستقلاً به کار پرداختند. در همین جا بود که شخصیتهائی مانند بویل، هوک، بویژه نیوتن (۱۰۲۱ ـ ۱۶۴۲/۱۱۰۶ ـ ۱۷۲۷)، یکی از بزرگترین چهره‌های تاریخ علم، درخشیدند. در سال ۱۶۶۶/۱۰۴۵ کولبر[۶] (یکی از دولت‌مردان فرانسه) در پاریس آکادمی علوم را تاسیس کرد که نه تنها دانشمندان فرانسوی آن عصر (از جمله ماریوت، روبروال) وارد آن شدند بلکه دانشمندان خارجی هم، از جمله هویگنس (۱۰۰۸ ـ ۱۶۲۹/۱۰۷۴ ـ ۱۶۹۵) از هلند، به این آکادمی روی آوردند. بعد هم آکادمی علوم برلین تاسیس شد. لازم است متذکر شویم که همهٔ این مؤسسه‌های علمی، با قدرت در پیشرفت دانش فیزیک شرکت کردند. در آنها مراکز مطالع بسیار فعال تشکیل شد، علاوه بر این بین اعضای آنها تبادل نظر صورت می‌گرفت و مهمتر از همه روش مؤثر کار دسته جمعی را پایه‌گذاری کردند.

۴ ــ ۲ ــ نشریه‌ها ــ این دوره آغاز پیدایش نشریه‌های علمی نیز هست. در کشور فرانسه کولبر وسایل انتشار مجله‌ای به‌نام «*مجله دانشمندان*»[۷] را فراهم کرد (۱۶۶۵/۱۰۴۴). در همان سال نشریه‌های «*مذاکرات فلسفی*»[۸] در لندن انتشار یافتند که در آنها اعضای انجمن سلطنتی کارهای خود را عرضه می‌کردند.اندکی بعد در لیپزیگ[۹]مجلات «**Acta eruditorum**» انتشار یافت.

یادآور شویم که در همین ایام رصدخانه‌هائی نیز ایجاد شدند، از جمله رصدخانه پاریس توسط کولبر، مجهز به آزمایشگاههای واقعی که در آنها آزمایشهای فیزیکی مهم انجام می‌شد، رصدخانه گرینویچ (شروع در سال ۱۶۷۵/۱۰۵۴) و رصدخانه برلین (در ۱۷۰۰/۱۰۷۹)که فقط اختصاص به کارهای نجومی داشتند.

خلاصه آنکه، فیزیک در این قرن سازمان یافت و تمام مؤسسات تازه تاسیس علمی به پیشرفت و توسعه این دانش کمک کردند.

۵ ــ ۲ ــ مکانیک ــ پیش از قرن هفدهم تنها شاخه مفید مکانیک، استاتیک بود که ارشمیدس آنرا ایجاد کرد. دینامیک وجود نداشت. نه تنها دربارهٔ آن اطلاع قابل توجهی نداشتند، بلکه اطلاعات جزئی هم که داشتند نادرست بود. مثلا معتقد بودند که برای ادامهٔ یک حرکت یکنواخت بر خط راست باید بطور دائم بر متحرک نیرو وارد کرد، وگرنه همین که نیروی متحرک از بین رفت جسم می‌ایستد. قانونهای سقوط اجسام را نمی‌دانستند، مسیر پرتابه‌هارابه سه‌قسمت‌تقسیم می‌کردند: یک خط راست بالا رونده یک قوس دایره و یک خط راست پایین رونده. دینامیک در سال ۹۷۹ / ۶۰۰ پایه‌گذاری شد و به سرعت رو به کمال رفت. این تولد و تکامل مدیون سه شخصیت بزرگ: گالیله ــ هویگنس[۱۰]، و نیوتن است.

گالیله نخستین پایه را گذاشت ــ می‌گویند گالیله در سنّ نوزده سالگی نخستین کشف خود را کرد: ضمن مشاهدهٔ لوستر کلیسای پیز، متوجه شد که نوسانات آن همواره همزمان هستند (قانون ایزوکرونیسم). سپس دست به مطالعه سقوط اجسام زد و نشان داد که سقوط آنها، چنانچه مقاومت هوا ناچیز باشد، به

وزنشان بستگی ندارد و برای اثبات این نظر، چند جسم با وزنهای مختلف را از بالای برج مایل پیزا با هم رها ساخت که با هم به سطح زمین رسیدند. سپس نشان داد که سرعت سقوط متناسب با زمان و فاصله پیموده شده متناسب با مجذور زمانست. برای تحقیق، از سطح شیب‌دار که حرکت روی آن کندتر از سقوط آزاد است استفاده کرد. این نتایج که تا سال ۱۶۰۲/۹۸۱ بدست آمد، پیشرفت بزرگی محسوب می‌شد. امّا گالیله به آنها اکتفا نکرد و چندین اصلی کلی اساسی وضع کرد از جمله: اصل اینرسی (لختی) (که در آن موقع به وسیله کپلر بطور ناقص بیان شده بود)، لزوم نیرو برای ایجاد شتاب، دستور متوازی‌الاضلاع برای تعیین برایند نیروها. بدین ترتیب مکانیک پایه‌های محکمی پیدا کرد. در روزهای پیری، گالیله مسئله دیگری را حل کرد که تا آن زمان دانشمندان نسل بعد از نسل دربارهٔ آن اظهارنظر کرده بودند: او با استدلال ثابت کرد که ***مسیر پرتابه در خلاء یک سهمی است*** (۱۶۳۸/۱۰۱۷). خلاصه، کتاب گالیله در مکانیک جالب توجه است، زیرا نه تنها در آن مسائل ویژه متعددی را مطرح و حل کرده است، بلکه مفاهیم قدیمی ارسطوئی را واژگون و نخستین اصول اساسی مکانیک را پایه گذاشته است.

کارهای گالیله در اپتیک و نجوم نیز مورد توجه هم‌عصرانش بوده است؛ از جمله کارهای وی در این زمینه اصلاح دوربین نجومی، کشف ستارگانی که پیشینیان به سبب نداشتن وسیله قادر به رؤیت آنها نبودند، دفاع از عقیده کوپرنیک دربارهٔ منظومه شمسی که یک قرن قبل از او اظهار شده بود. دربارهٔ اندازه‌گیری سرعت نور نیز تلاش کرد ولی به نتیجه نرسید.

گالیله در روزهای پایان عمرش در ویلای خود کور و مریض خانه‌نشین شد، ولی شاگردانش برای مشورت با او به ملاقاتش می‌رفتند و جوانان دانش‌طلب ایتالیائی برای ادای احترام به او تنهایش نمی‌گذاشتند.

هویگنس و آونگ ــ نظریه آونگ که نخست گالیله آن را پایه‌گذاری کرده بود توسط هویگنس در تألیفی به نام «Horologium Oscillatorium» (۱۰۵۲ / ۱۶۷۳) تکمیل شد. هویگنس که نظریه‌پرداز قابلی بود مسئله آونگ مرکب را عمیقاً بررسی کرد و در رابطه با آن دو موضوع مهمّ را خاطرنشان ساخت: یکی ***نیروی گریز از مرکز*** و دیگری ***«قضیه انرژی جنبشی»***. علاوه بر نظریه‌پردازی، هویگنس در کارهای عملی نیز بسیار موفق بود و نخستین ساعت آونگ‌دار را ساخت و بر دو مشکل بزرگ آن زمان، یعنی محفوظ نگهداشتن نوسانات و جلوگیری از میرائی فوری آنها و ثبت شماره آنها بطور خودکار، غلبه کرد. اندکی بعد، هویگنس ساعتهای جیبی را که تا آن زمان نامرتب کار می‌کردند اصلاح کرد: بدین طریق که در سال ۱۶۷۵/۱۰۵۴ اساس کار فنرهای مارپیچی را نشان داد و با استفاده از این فنرها در ساعتهای جیبی، تعیین وقت دقیقتر صورت گرفت.

کارهای هویگنس در مکانیک به همین جا ختم نمی‌شود، وی توضیح داد که چرا زمان نوسان آونگ در نقاط مختلف سطح زمین یکی نیست. همچنین نظریه رضایت‌بخشی دربارهٔ مسائل برخوردها بسط داد.

نیوتن و جاذبه عمومی. از مدّتها پیش، حرکت سیّاره‌ها حس کنجکاوی دانشمندان را برانگیخته بود. قانونهای تجربی کپلر این حرکات را به درستی مجسّم می‌کرد ولی این قانونها نیاز به یک نظریه کلّی داشتند که آنها را تأیید کند. عدّه‌ای از دانشمندان در این زمینه ادراکهائی نیز داشتند: مثلاً بورلّی[11] دانشمند ایتالیائی و پس از او رابرت هوک[12] محقق انگلیسی، ایده گرانش (جاذبه) متقابل متناسب با عکس مجذور فاصله را القاء کرده بودند ولی هنوز فرضیه مبهمی بیش نبود. در سال ۱۶۸۷/۱۰۶۶ نیوتون در کتاب اصول خود، که به حق یکی از مهمترین تألیفات بشر در طول تاریخ علوم است این نیاز را برطرف ساخت. در این کتاب نیوتن ابتدا اصول دینامیک را بیان کرده سپس فرق میان جرم و وزن و تناسب بین نیرو و شتاب را از نو بیان کرده است. پس از آن با استدلال ثابت کرده است که حرکت بر مسیر بیضی طبق قانون پیمایش سطوح نسبت به کانون آن (که سیارات از آن پیروی می‌کنند) به سبب وجود یک نیروی گرانشی متناسب با عکس مجذور فاصله است. بعد با ترکیب قوانین کپلر و قانون گرانش بین سیاره‌ها قانون جاذبهٔ عمومی را نتیجه گرفته است. در آخر تعداد زیادی از پدیده‌ها، از جمله تقدیم اعتدالین، و جزر و مد را توضیح داده است.

نیوتن با تألیف این کتاب در بین دانشمندان زمان و حتی پس از مرگ چنان حیثیّتی کسب کرد که تصوّر اشتباه دربارهٔ گفتار او نمی‌رفت و علاقمندان به او به‌شدّت از آثار وی دفاع می‌کردند.

۶ ــ ۲ ــ اپتیک

ابزارهای اپتیکی ــ دوربین نجومی نخستین بار توسط یک عینک‌ساز هلندی به نام هانس لی‌پرشی[13] در میدلبورگ اختراع شد (۱۶۰۸/۹۸۷).

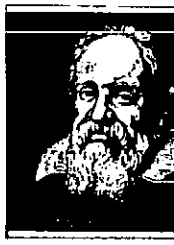
در آن زمان اختراع به اصطلاح دیمی بود. اختراع دوربین نیز نتیجه ملاحظات بر پایه یک نظریه نبود، فیزیکدانی هم شکل و جای عدسی‌ها را برای تشکیل یک دوربین حساب نکرده بود. بدون شک، تصادف و تجسس، عینک‌سازان را در جریان این اختراع، که بعدها تئوری آن وضع شد، قرار داد. دوربین به سرعت

در کشورهای مجاور هلند پخش شد. گالیله، چنانکه متذکر شدیم آنرا تکمیل کرد و دوربینی ساخت که سی برابر درشت می‌کرد و تصویر واضحی می‌داد و آنرا برای رؤیت ستارگان بکار برد (برخلاف تمایل اهالی ونیز که می‌خواستند با آن مناظر زیبای آن شهر را تماشا کنند) و در سال ۱۶۱۰/۹۸۹ به کمک آن اکتشافات متعددی به عمل آورد؛ از جمله پستی و بلندی‌های سطح ماه، فازهای زهره، اقمار مشتری و غیره. گالیله نخستین انسانی بود که اینها را مشاهده می‌کرد، زیرا پیش از او فقط با چشم غیرمسلّح می‌توانستند ستارگان را نظاره کنند. بعضی از این کشفیات، ارجحیت سیستم خورشید مرکزی را بر او مدلّل ساخت.

کم‌کم ساختار دوربین بهتر شد و شکلش تغییر کرد. در سال ۱۶۱۱/۹۹۰ کپلر به جای عدسی چشمی که در دوربین گالیله عدسی مقعری بود یک عدسی محدّب قرار داد. محقق دیگری به نام شینر[۱۴] (اهل کشور آلمان) برای دیدن خورشید شیشه رنگی بکار برد و لکّه‌های خورشید را در مدّت طولانی مطالعه کرد. سپس گاسکنی[۱۵] از انگلستان، با اختراع ریزسنج، دقّت تنظیم دوربین را بیشتر کرد (۱۶۴۰/۱۰۱۹). سرانجام هویگنس روش نوینی برای تراش عدسیها ابداع کرد و دوربین بسیار خوبی ساخت که با آن اقمار زحل را کشف کرد.

در همین دوره بود که توسط یک محقق ایتالیائی (به نام پ. زوکشی[۱۶]) پیشنهاد شد به جای عدسی شیئی دوربین، آینه مقعّر بزرگ گذاشته شود. این پیشنهاد اساس ساختمان تلسکوپهائی بود که توسط دو نفر منجم، یکی انگلیسی به نام گریگوری در سال ۱۶۶۳/۱۰۴۲ و دیگری فرانسوی به نام کاسِگرَن[۱۷] چند سال بعد از آن عملی شد.

میکروسکوپ نیز در سال ۱۶۰۰/۹۷۹ در هلند اختراع شد. اختراع این ابزار هم مانند دوربین در اثر تجسس صورت گرفته نه بر پایه تئوری. اختراع آن به هانس و زاخاریاس جانسِن[۱۸] نسبت داده شده است. اختراع این اسباب به مراتب کمتر از اختراع دوربین روی مردم اثر گذاشت. برای تکمیل میکروسکوپ نیاز به عدسیهای دقیقی بود که تهیه آنها هنوز خیلی زود بود و سه قرن بعد عملی شد.

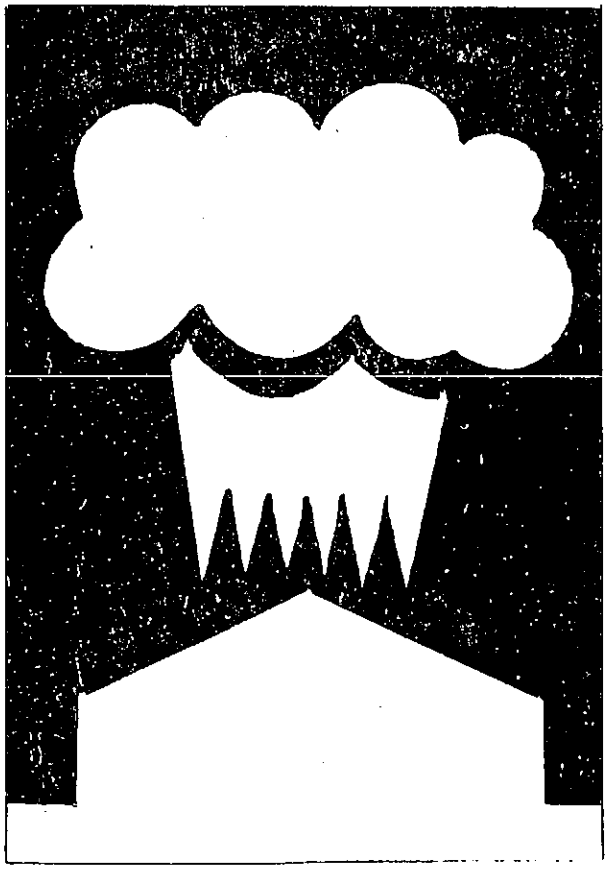


دنباله دارد.

زیرنویسها

۱ ـ Fnansis Bacon
۲ ـ Novum organum
۳ ـ Borelli
۴ ـ Viviani
۵ ـ Academia del cimento
۶ ـ Colbert
۷ ـ Journal des Savants
۸ ـ Philosophical transactions
۹ ـ Leipzig
۱۰ ـ Huygens
۱۱ ـ Borelli
۱۲ ـ Hooke, rabert
۱۳ ـ Hans Lippershey
۱۴ ـ Scheiner
۱۵ ـ Gascoigne
۱۶ ـ P. Zucchi
۱۷ ـ Cassegrain
۱۸ ـ Zacharias Jansen

تحلیلی برحادثه چرنوبیل و گذری بر حوادث مشابه گذشته



در اوایل اردیبهشت ماه ۱۳۶۵ نیروگاه هسته‌ای شوروی در منطقه چرنوبیل واقع در شهر کیف در اثر یک حادثه غیرمترقبه منفجر شد که ضمن وارد آوردن خساراتی فراوان، قربانیانی نیز بخود اختصاص داد.

واقعه چرنوبیل و حوادث جنبی ناشی از آن که در تاریخ تحولات کنونی در جهان از اهمیت خاصی برخوردار است و از ابعاد گوناگون، قابل بررسی است. در پی بروز این حادثه که در ۱۳۰ کیلومتری شمال کیف مرکز اوکراین روی‌داد شوروی به شعاع ۳۰ کیلومتر در اطراف این مرکز منطقه امنیتی ایجاد کرد و ضمن کمک از کشورهای غربی برای اطفای حریق از نزدیک شدن عامه مردم به این منطقه جلوگیری بعمل آورد.

دولت آمریکا بر روی این مسئله تبلیغات فراوانی انجام داد و حتی در دوازدهمین اجلاس صنعتی سران کشورهای غرب در توکیو رسماً بعنوان یکی از محورهای مذاکرات بر روی آن به بحث نشستند و اعلام داشتند که انفجار این راکتور اتمی برای کشورهای همسایه بشدت خطرناک است و حتی در تصمیم‌گیری خود در بازار مشترک اروپا ورود محصولات اروپای شرقی به غرب را ممنوع اعلام کردند.

متعاقب این برخوردها، دولت شوروی اعلام داشت که آمریکا با استفاده از مسئله انفجار راکتور اتمی و تبلیغ بر روی آن سرپوشی بر روی آزمایشهای اتمی خود میگذارد. منابع دولت ریگان اعلام داشتند سازمانهای اطلاعاتی آمریکا به این نتیجه رسیده‌اند که یک انفجار شیمیایی به نوعی موجب ذوب شدن یک راکتور شده است و نه تنها برای مردم ساکن در اطراف محل حادثه، بلکه نواحی شمالی و کشورهای همجوار را نیز تحت شعاع قرار داده است. بنا به نظر کارشناسان اتمی، انفجار نیروگاه هسته‌ای شوروی یکبار دیگر پیامدهای خطر جنگ هسته‌ای را برای جهانیان مشخص کرد و نمودارهای تشکیل دهنده نابودی بشر را ترسیم نمود روسها نه تنها از کنار این مسئله براحتی گذشتند و کوچکترین نرمشی در این زمینه از خود نشان ندادند بلکه اعلام داشتند این حادثه تنها یک نقص فنی بوده و فقط ۲ نفر در اثر آن کشته شده‌اند زیرا که قدرتهای بزرگ برای حفظ سلطه خود در نقاط مختلف جهان و حفظ برتری بر قدرت رقیب برایشان اهمیتی چندان در خور توجه وجود ندارد و تنها بر روی انعکاس واکنشهای بین‌المللی تأمل مینمایند. روسها اعلام کرده‌اند که موفق شده‌اند آتش را مهار کنند اما بنا بر نظر کارشناسان مهار آتش به معنی این نیست که توفیق کامل حاصل شده و راکتورهای چرنوبیل قابل بهره‌برداری هستند.

در ۱۷ اکتبر ۱۹۶۹ در نیروگاه (سن لوران) شماره یک فرانسه که از راکتور نوع ۱ بود ۵ مجموعه در اثر حریق آتش گرفت و اورانیوم مذاب وارد حفاظ راکتور گردید. جهت پاکسازی راکتور ۳۰۰ نفر از جمله ۱۰۶ کارگر شرکتهای خصوصی یکسال کار کردند. با توجه به حجم راکتور چرنوبیل که چندین برابر این راکتور میباشد چنانچه سوخت ذوب شده وارد حفاظ شده باشد میتوان حدس زد که چه مدت میبایست جهت پاکسازی راکتور کار کرد. روسها گفته‌اند که سه واحد نیروگاه چرنوبیل سالم است لیکن متوقف شده است با توجه به آلودگی محیط نمیتوان گفت پس از چه مدت میتوان نیروگاه سالم را براه انداخت. بعلاوه در چنین مواقعی لازم است تمامی مدارهای خنک کننده راکتورهای سه گانه بدقت مورد بررسی قرار گیرد با این حساب اگر منظور روسها که گفته‌اند قدرت هر راکتور ۹۲۵ مگاوات است، بدین ترتیب اتحاد شوروی تا مدتها میبایست از نعمت حدود ۴۰۰۰ مگاوات برق محروم شود که عواقب این محرومیت را میتوان برای یک کشور بزرگ صنعتی حدس زد. از سوی دیگر نیروگاههای مشابه در دیگر نقاط شوروی میبایست تحت کنترل و احتمالاً بازرسی قرار گیرند که خود این عمل در سیستم برق‌رسانی ایجاد اختلال خواهد کرد.

از نظر سیاسی لااقل اتحاد شوروی از این فاجعه عملی به همان اندازه که ابرقدرت رقیب او در سانحه چالنجر متضرر گردید حیثیت علمی خود را اگر هنوز از دست نداده باشد از دست خواهد داد مضافاً بر اینکه در حال حاضر اقداماتی در حال تدارک شدن است که مسکو را در سطح اروپا حتی در جهان مورد سرزنش قرار دهند که چرا به موقع جهان را از چنین حادثه‌ای مطلع نکرده است با توجه به نیاز شوروی به ارز خارجی اکنون که قیمت نفت به ثلث خود رسیده شوروی تا مدتها از درآمد ارزی توریستی و صدور مواد غذایی محروم میگردد. متحدین شوروی اگر اختیاری در گزینش نیروگاههای خود داشته باشند در صورتی که راکتورهای مشابه سفارش داده‌اند یقیناً می‌بایست تن به تجدید نظر دهند. گرچه چندین برابر شدن تشعشعات در خاصه یک هزار کیلومتر از مرکز حادثه گویای آن است که مثلاً خطرات سرطان‌زایی منطقه اطراف راکتور را تهدید میکند. تا رسیدن اطلاعات دقیقتر نمیتوان بدرستی نتیجه گرفت که میزان ضایعات حال و آینده تا چه اندازه خواهد بود. البته چنانچه بادهای تند در منطقه بوزد و بارانی تند ببارد تا قسمت اعظم مواد رها شده را بزمین باز گرداند، باید بیم آن داشت که منطقه وسیعی از اروپا آلوده گردد البته هم اکنون در چندین کشور بویژه لهستان، سوئد و فنلاند نوشیدن آب باران ممنوع شده است.

دامها از خوردن علفهای تازه، برحذر داشته شده‌اند و نوشیدن شیر عملاً ممنوع گردیده است، و چه بسا در آینده نزدیک، خوردن ماهی نیز در مناطق مختلف اروپا منع گردد. چنانچه اطلاعات دقیق‌تری از سوی شوروی یا سازمان بین‌المللی انرژی اتمی برسد میتوان بهتر وارد جزئیات شد و درباره میزان تشعشع پخش شده و ضایعات حاصله از آن صحبت کرد آنچه در خاتمه باید مورد تأکید قرار گیرد این است که مسؤلان سازمان انرژی اتمی ایران می‌بایست بدقت پیامدهای فاجعه چرنوبیل را مد نظر قرار دهند و از تجربیات بدست آمده نهایت استفاده را بنمایند. بدون شک شوروی در بهره‌گیری از کامپیوترهای بزرگ توانایی علمی غرب را ندارند و کسانیکه با صنعت پیچیده بهره‌گیری از انرژی اتمی در مقیاسهای بزرگ آشنایی دارند میدانند که در زیر دکمه‌های اطاق فرمان یک تکنسینی که باید با هوشیاری در مواقع خطر آنها را بحرکت درآورد، جهانی از کدهای پیچیده محاسباتی نهفته است که بفرمان کامپیوتر از انسان تبعیت میکنند و شوروی در برخورداری از تسهیلات کامپیوتری مسلماً کمتر از غرب بهره جسته است. بهرحال اثر فاجعه چرنوبیل، آینده بهره‌گیری از انرژی اتمی علاوه بر تأکید افزایش آموزش انسان و دقت بیشتر در نوشتن کدهای محاسباتی و تجهیز بیشتر ایمنی راکتورهای اتمی از آثار جنبی تجاوز نمیکند مضافاً بر اینکه هنوز اطلاعات صحیح و قابل اعتمادی در دست نیست که خالی از اغراض سیاسی غربیها یا عاری از پنهان کاری روسها باشد. و بالاخره شاید این حادثه از نظر اقتصادی اندکی به بهای نفت اضافه کند.

در ذیل تاریخچه‌ای از حوادث مهم هسته‌ای بدین شرح ذکر میگردد.

۱ ــ دوم دسامبر ۱۹۵۲ در کنار رودخانه چالک کانادا، ظاهراً وقوع خطائی از سوی یک کارگر باعث نشت یک میلیون، گالن مواد رادیواکتیو از داخل یک راکتور هسته‌ای آزمایشی بداخل آب گردید و شش ماه طول کشید تا آب رودخانه از این مواد پاک شد.

۲ ــ هفتم تا دهم اکتبر ۱۹۵۷ در انگلستان در یک راکتور تولید پلوتونیوم در شمال لیورپول وقوع آتش سوزی باعث نشت عظیم‌ترین مواد رادیواکتیو گردید. دولت انگلیس بعدها حداقل ۳۹ فقره مرگ ناشی از سرطان را منسوب به تأثیرات این حادثه دانست.

۳ ــ در شوروی در سال ۱۹۵۷ در انگلستان در یک راکتور تولید پلوتونیوم در شمال لیورپول وقوع آتش سوزی باعث نشت عظیم‌ترین مواد رادیواکتیو گردید. دولت انگلیس بعدها حداقل ۳۹ فقره مرگ ناشی از سرطان را منسوب به تأثیرات این حادثه دانست.

۳ ــ در شوروی در ۱۹۵۷ در کوههای اورال یک حادثه هسته‌ای ظاهراً در یک تأسیسات تسلیحاتی بوقوع پیوست اگرچه اطلاعات اندکی از این واقعه منتشر گردید لکن صدها کیلومتر مربع از مناطق اطراف از ساکنانش تخلیه گردید.

۴ ــ بیست و سوم مه ۱۹۵۸ دومین حادثه هسته‌ای در رودخانه چالک ظاهراً در اثر حرارت زیاد سوخت بوقوع پیوست و یکبار دیگر آب رودخانه را آلوده ساخت.

۵ ــ پنجم اکتبر ۱۹۶۶ دتیرویت امریکا، در کارخانه اکزیکوفزمی یک راکتور آزمایشی آسیب دید و مقادیر زیادی مواد رادیواکتیو نشت کرد. این کارخانه بعدها در سال ۱۹۷۲ تعطیل گردید.

۶ ــ هفدهم اکتبر ۱۹۶۹ در فرانسه یک راکتور هسته‌ای در سینت لاشوانت ظاهراً بدلیل اشتباهاتی که به هنگام پرکردن سوخت آن رخ داد نشت کرد اما تلفاتی به همراه نداشت.

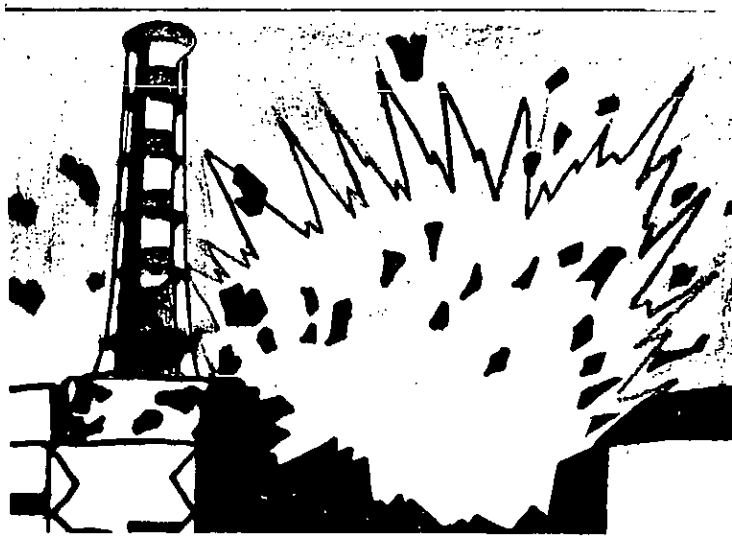
۷ ــ نوزدهم نوامبر ۱۹۷۱ در مینه‌سوتای امریکا بیش از پنجاه هزار گالن از فاضلاب رادیواکتیو وارد رودخانه می‌سی‌سی‌پی شد. این حادثه ظاهراً بدلیل لبریز شدن انبار فاضلاب‌های هسته‌ای صورت گرفت.

۸ ــ ۲۲ مارس ۱۹۷۵ در امریکا کارگرانی که قصد داشتند با استفاده از یک شمع نشت هوایی راکتوری در «دکاتور» واقع در ایالت آلاباما را بررسی کنند موجب وقوع یک آتش‌سوزی با حدود ۱۵۰ ملیون دلار خسارت شدند لیکن گفته شد که هیچگونه مواد رادیواکتیویته نشت نکرده و به کسی آسیبی نرسیده است.

۹ ــ در ۲۸ مارس ۱۹۷۹ در جریان بدترین حادثه هسته‌ای امریکا در میدستون پنسیلوانیا یک راکتور هسته‌ای آسیب دید و باعث نشت مقادیر نامشخصی مواد رادیواکتیو بداخل جو گردید.

۱۰ ــ در هفتم اوت ۱۹۷۹ در امریکا نشت اورانیوم غنی شده در یک کارخانه محرمانه در نزدیکی اروبن واقع در تنسی باعث ابتلای حداقل هزارتن به تأثیرات تشعشعی گردید.

۱۱ ــ در یازدهم فوریه ۱۹۸۱ حداقل ۸ کارگر در ناحیه



سکواریای تنسی در معرض تشعشعات یک کارخانه هسته‌ای قرار گرفت و علاوه بر آن بیش از صدهزار گالن از مواد رادیواکتیو نشت کرد.

۱۲ ــ در بیست و پنجم آوریل کارگرانی که سرگرم تعمیر یک کارخانه هسته‌ای در تسوروگا واقع در ژاپن بودند در معرض مواد رادیواکتیو قرار گرفتند.

۱۳ ــ در بیست و پنجم ژانویه ۱۹۸۲ در کارخانه کنیا در نزدیکی نیویورک مقادیری مواد رادیواکتیو در فضا پخش گردید.

۱۴ ــ در نوزدهم آوریل ۱۹۸۴ در امریکا در سکواریا دومین واقعه هسته‌ای بوقوع پیوست علت آن ظاهراً حرارت فوق‌العاده آبهای رادیواکتیو و فوران آن در جریان یک روند تعمیراتی بود و گفته شد که کسی آسیب ندید.

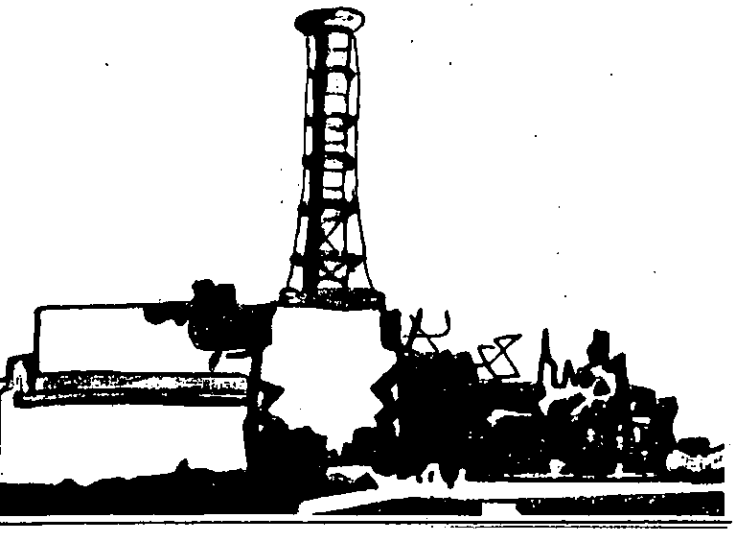
۱۵ ــ و بالاخره کارخانه هسته‌ای دیوین بسه در نزدیکی بندر اواک، واقع در اوهایو امریکا ظاهراً بدلیل اشتباهات کارکنان آب سرد خود را از دست داد اما موادی نشت نکرد.

کنفرانس بررسی حادثه چرنوبیل در سازمان انرژی اتمی ایران

سخنرانی افتتاحیه برادر مهندس امراللهی ریاست سازمان انرژی اتمی ایران

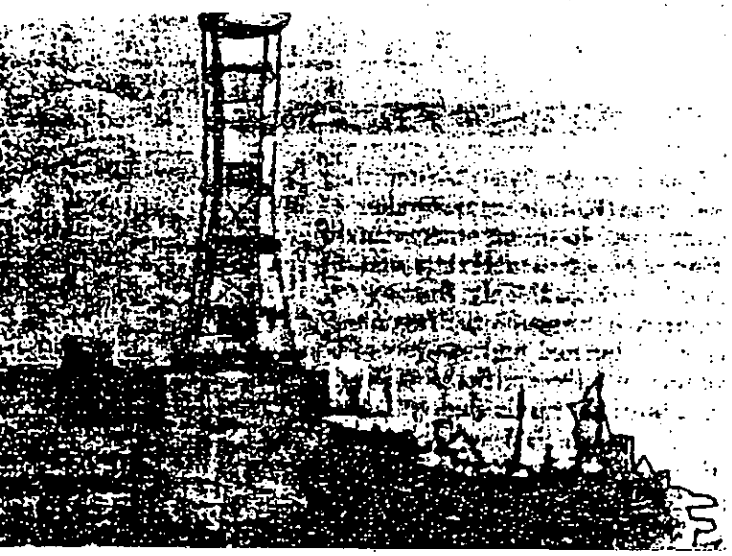
بسم‌الله الرحمن الرحیم

ضمن عرض سلام و خیرمقدم به همه حضار محترم و کسانی که اظهار علاقه فرموده و تشریف آوردند. همانطور که مستحضر هستید حادثه چرنوبیل در ۲۶ آوریل مطابق با ۶ اردیبهشت اتفاق افتاد و تا امروز نظریه‌های مختلفی در خصوص نفس این حادثه ارائه شده است که در سخنرانی اول خواهد آمد. باز همانطور که مستحضر هستید شاید این سؤال پیش آید که چرا بعد از گذشت ۲۰ روز این جلسه برگزار می‌شود لازم است این اشاره را داشته باشم که اطلاعات علمی لازم تا امروز هم که با شما صحبت می‌کنم در حد بسیار محدود بوده و در سطح جهان بیشتر اطلاعاتی است که در مجلات و روزنامه‌های غیرفنی آمده و نمی‌تواند قابل استناد باشد بنابراین امیدوارم که ما در آینده اطلاعات



بیشتر و بهتری بتوانیم جمع‌آوری کرده و به حسب مورد آن در اختیار علاقمندان قرار بدهیم. بر حسب اطلاعاتی که ما تا امروز داریم مقامات رسمی شوروی گفته‌اند که ۲ ماه طول می‌کشد که اظهار نظر فنی کنند. البته باز امروز در آژانس بین‌المللی انرژی اتمی شورای حکام جلسه دارد که ما هنوز نمی‌دانیم نتیجه چه خواهد بود.

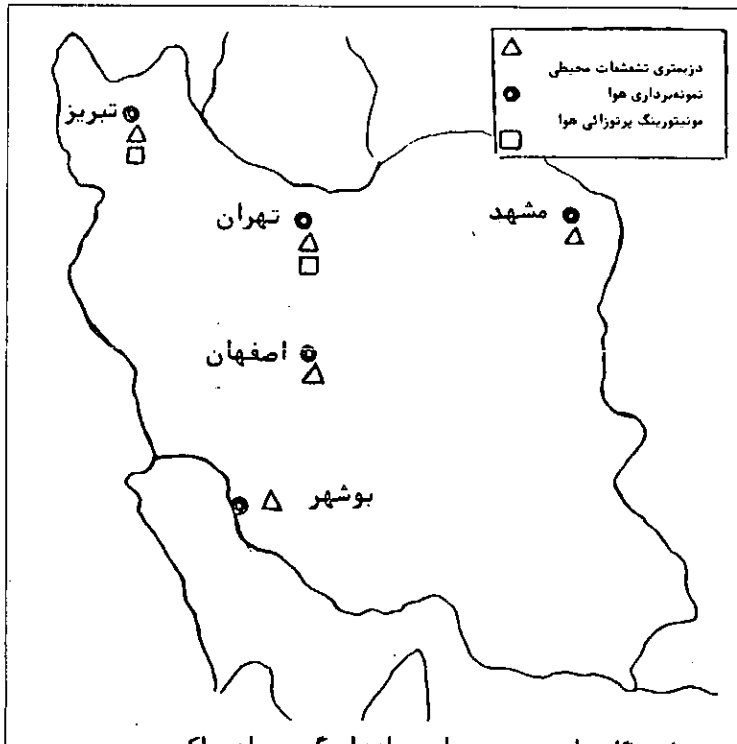
در رابطه با اتفاقی که افتاد بعد از مدتی ما اثراتی هر چند بسیار بسیار کم روی هوای کشورمان مشاهده کردیم و از آن روز تا بحال واحد حفاظت در برابر اشعه ما بسیار فعال با قضیه برخورد کرده است با امکاناتی که در داخل این سازمان وجود دارد و تقریباً امکاناتی است که در کشورهای دیگر هم کم و بیش در همین سطح موجود است ما توانستیم به نتایجی برسیم که خلاصه و جمع‌بندی آن این است که این حادثه عارضه‌ای مهم برای کشور ما تا به امروز نداشته و اندازه گیری‌های ما نشان داده که اگر نشت مواد رادیواکتیو بین یک هزارم تا



یک دویستم به اصطلاح حد مجاز بوده و در این زمینه اعلام شده است که مسئله مهمی برای کشور ما ندارد.

در خصوص کارهایی که برای حفاظت در برابر اشعه در کشورمان انجام شده لازم است عرض کنم که به محض دریافت اطلاعات ما تیمهایی را بسیج کرده و به مناطق غربی و شمال غربی و سایر نقاطی که فکر می‌کردیم بررسی لازم است اعزام داشتیم تا آمار و ارقام آنها را بدست آورده و در اختیار داشته باشیم.

در بخش دوم صحبتهای امروز آمار و تحلیل و بالاخره نتایج آنها به اطلاع شما خواهد رسید. لازم است اینجا باز عرض کنم ما به عنوان یک سازمان فنی وقتی اظهار نظر می‌کنیم که حداقل داده‌هایی را داشته‌باشیم که بتوان بر آنها استناد کرد و این داده‌ها تا امروز ناکافی است غیر از اندازه‌گیریهایی که در داخل مملکت کرده‌ایم بقیه اطلاعات و داده‌ها کافی نیست و این کمبود به تصور من کمبود علمی در سطح جهان میباشد. بنابراین اگر فرضاً می‌بینیم که از جانب همکاران من چندین نظریه مطرح می‌شود این به این دلیل است که هنوز اطلاعاتی کافی برای این قضیه نیست در قسمت میزگرد سعی می‌شود اگر سؤالی است به آنها پاسخ داده شود. یک بار دیگر لازم میدانم از حضور همه کسانی که محبت کرده و در این کنفرانس شرکت نموده‌اند تشکر کنم و این انشاءالله زمینه‌ای باشد که ما بتوانیم تحقیقاتمان را در این خصوص در اختیار همگان قرار بدهیم. متشکرم.



ایستگاههای نمونه‌برداری واندازه‌گیری رادیواکتیویته محیطی

اشاره

حادثه انفجار نیروگاه چرنوبیل شوروی، با تبلیغات گسترده دول اروپایی و آمریکا روبرو شد. بوقهای امپریالیستی کوشیدند تا از این حادثه برعلیه ابرقدرت شرق سود برند و در تزاحمهای سیاسی شرق و غرب به دستاویزی جهت بی‌اعتبار نمودن حریف در اذهان عمومی مردم جهان دست یابند. از آنجا که محل این حادثه درحدود ۱۵۰۰ کیلومتر با مرزهای شمال و شمال غربی کشور ما قرار داشته است. محققان و کارشناسان انرژی اتمی ایران کوشیدند تا با تحقیقات لازم زمینه را جهت پیشگیری از تأثیرات مواد رادیواکتیویته فراهم آورند و برخلاف دستگاههای تبلیغاتی غرب، بدوراز هرگونه توهم و شایعه، حقایق حاصله را در اختیار همگان قرار دهند.

خوشبختانه تحقیقات گروههای تحقیق و پیگیری امور حفاظت در برابر اشعه به بی‌خطربودن آثار چرنوبیل در هوا، طبیعت و خاک کشور دلالت دارد. آنچه در پی می‌آید متن کامل از مطالب ارائه شده در سمینار «بررسی حادثه نیروگاه اتمی چرنوبیل و اثرات رادیولژیکی آن» است که در تاریخ ۳۱ /۶۵/۲ در سالن شهیدبهشتی سازمان انرژی اتمی ایران برگزار گردید.

بسم الله الرحمن الرحیم

موضوع صبت مادراینجا بـه ارائـه بخشی از نتایج انـدازه گـیری ریـزش مـواد رادیواکتیو بعداز حادثه نیروگاه اتمی چرنوبیل در ایـران اختصاص دارد. ابـتدا درچند قسمت کـوتاه چند مطلب کـلی را حضورتـان عرض میکنم و بـعداز همکـارم دعـوت خـواهم کـرد، جزئیات مطلب را در این رابطه ارائه نمایند.

در آغاز کلام، شرح مختصری را در مورد زمان حادثه و نحوه‌ی شروع و ادامه‌ی فعالیت گروه تحقیق و پیگیری سازمـان انـرژی اتـمی ایران معروض می‌دارم.

امور حفاظت در برابر اشعه سازمـان انـرژی اتـمی ایـران در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ۶۵ بـرابر بـا ۳۰ آوریـل ۱۹۸۶ همزمـان بـا مطلع‌شدن آژانس بین‌المللی انرژی اتـمی (IAEA) دروین، از طـریق رسانه‌های غربی اطلاع حاصل نـمود کـه در یکی از چهـار نـیروگاه هسته‌ای درحال کار چرنوبیل شوروی واقـع در ۱۳۰ کـیلومتری شمال شهر کیف ایالت اوکراین حـادثه اتـمی رخ داده است و مـقدار قـابل ملاحظه‌ای مواد رادیواکتیو در فضا رها شده کـه در روزهای اول، ایـن مواد مناطقی از کشورهای اسکانـدیناوی را آلوده نـموده است. مـحل حادثه حدوداً ۱۵۰۰ کیلومتر بطور هوائی با بالاترین خط مـرزی شمال کشور ما فاصله دارد.

در پی اطلاع از این حادثه و همزمان بـا تشکیل و آغاز فـعالیت ستاد برنامه‌ریزی و هم‌آهنگی عملیات اضطراری مقابله با آثار حادثه در سازمان انرژی اتمی ایران، یک کمیته اضطراری بـرای انـدازه‌گـیری رادیواکتیویته محیطی و ریـزش احتمالی مـواد رادیـواکتیو رها شده از این حادثه برخاک ایران، در امور حفاظت در برابر اشعـه تشکیل شد و بلافاصله فعالیت گسترده‌ای را در حد امکاناتی که واحد در اختیار دارد شروع کـرد. ایـن کـمیته عهـده‌دار وظـایف و مسئولیت مشخص، برنامه‌ریزی و پیگیری عملیات نمونه‌برداری و آمـاده‌سازی نـمونه‌های محیطی و اندازه‌گـیری مـوادرادیواکتیو در نـمونه‌ها و اسپکترومـتری موادپرتوزای نمونه‌ها و تهیه وسایل و تجهیزات مـورد نـیاز و تـجزیه و تحلیل نتایج و تـهیه و نشر گـزارشات مـربوط بـه عملیات اضطراری است. دراین ستاد و کمیته، مـتخصصین و کـارشناسان بـا تـخصص و مهارت در زمینه‌های تکنولوژی هسته‌ای و ایمنی هسته‌ای و هواشناسی و مهندسی محیط و حفاظت در بـرابر اشعـه و اثـرات بـیولوژیکی و فوریت‌های اتمی شرکت دارند.

در اولین نشست اعضاء کمیته، پس‌از انـجام مشورت‌های اولیه و ارزیـابی وضعیت تشخیص داده شد کـه لازم است ضمن تکمیل عملیات مونیتورینگ محیطی در تهران نسبت به اعزام فـوری تـیم‌های مجهز اضطراری به مناطقی از شمال و غرب کشور و سایر نـقاطی کـه امکان دارد آلوده شده باشد اقدام شود تا آمادگیهای کافی برای هدایـت عملیات و انجام اقدامات مربوط به مراقبت و تأمین سلامت عمومـی و همچنین آگاه‌نمودن مردم درصورت نیاز بـه جلب تـوجه بـیشتر آنـها دردرازمدت برای رعایت موارد حفاظت و ایمنی تأمین گردد.

در ادامه عملیات، شرایـط مـونیتورینگ مـحیطی درازمـدت ایستگاه تهران به شرایط اندازه‌گیری اضطراری تبدیل گردید و نـمونه برداری و اندازه‌گیریهای فـوق‌العـاده رادیـواکتیویته هوای تـهران و نمونه‌برداری از آب و خاک و گیاه از مـحلهای مـختلف استان تـهران آغاز شد.

همزمان با این، پس‌از ارتباط با سازمـان هواشناسـی و کسب نظر از پـیش‌بـینی‌های هواشناسی آن سازمـان و اطـلاع از وضعیت هواشناسی و چگونگی جریانات جوی درزمان حـادثه و روزهای بـعد، بلافاصله تیم مجهزی به منطقه آذربایجان اعزام گـردید تـا بـا ایـجاد ایستگاه موقت کنترل رادیواکتیویته هوا در تبریز، از نـقاط مـختلف آن منطقه نمونه‌برداری محیطی و اندازه‌گیری تشعشات را بعمل آورد. این تـیم روز بـعد (۱۱ اردیـبهشت ۶۵) ایستگاه مـوقتی را در ایستگاه لرزه‌نگاری سازمان واقع در بالای کـوههای شمال و مشرف بـه شهـر تبریز تأسیس و دستگاههای نمونه‌برداری هوا و اندازه‌گیری پـرتوهای گاماومونیتورینگ رادیواکتیویته آلفاوبتای هوا را در مـحل راه‌انـدازی نمود و شروع به ارسال مـرتب و مـداوم نـمونه‌های تـهیه شده بـه آزمایشگاه مرکزی در تهران کرد.

اکیپی که به این منطقه رفـته بـود در ادامـه‌ی عملیات، پس‌از ده روز اولین مـأموریت خـود را در مـناطقی از آذربـایجان و جلفـا و سرحدات شمالی کشور به پایان برد که نتیجه‌ی آن نمونه‌برداری از هوا و سایر عناصر طبیعی از قبیل خاک و گیاه بوده است. و این نمونه‌های اولیه را سریعاً به تهران ارسال داشت تا همزمان با سایر نمونه‌هائی کـه از دیگر نقاط به تهران رسیده بود و یا در خـود تـهران جمع‌آوری شده، موردآنالیز سریع و خیلی فوری قرار بگیرد تـا در فـرصتی کـه وجـود داشت ما بتوانیم پیش‌از رسیدن مواد رادیواکتیو و هوای آلوده بـفضای ایران زمینه رادیواکتیویته موجود در این نـقاط از کشورمـان را تـعیین بکنیم و مقدار و روند افزایش احتمالی را مـتعاقباً تـحت کـنترل داشته باشیم.

چگونگی آلوده‌شدن فضای ایـران بـه مـواد رادیواکتیو رها شده از حادثه چرنوبیل ـ

پیش‌بینی و محل تأسیس ایستگاه موقت تبریز و استقرار اکـیپ در این مـنطقه در شروع عملیات پس‌از کسب نـظر از پـیش‌بـینی‌های سازمان هواشناسی انجام شده و دراین رابـطه سازمـان هواشناسی بـه

ماآگاهی داد که جبهه‌ای که در فضای اروپا در حال تکوین میباشد کم‌کم میل بسمت جنوب دارد و بعدهم این‌پیش‌بینی درست درآمد و جبهه‌ای که روی اروپا بود هوای آلوده آن مناطق را تدریجاً از سمت شمال غرب بطرف آذربایجان و مناطقی از غرب کشور ما حمل نمود.

نقشه‌های پیش‌بینی هواشناسی که ملاحظه خواهید کرد مقطعی از پیش‌بینی‌های هواشناسی را نشان میدهد که مربوط است به روزهای ۱۲ تا ۱۵ اردیبهشت یعنی تقریباً یک هفته بعداز اتفاقی که در چرنوبیل پیش آمد و بررسی دقیق این نقشه‌ها مسیر حرکت جبهه‌ای که از اروپا شروع به حرکت نموده و به فضای ایران رسیده است را نشان میدهد. قسمتی از این مسیر و نحوه جریانات تقریباً روی این تعداد نقشه مشخص است. بنابراین تأثیر و عمل این جریانات هوا، بخشی از مواد رادیواکتیو حاصل از حادثه چرنوبیل که در فاصله روزهای نامبرده به اتمسفر رها شده و همچنین بخشی از موادرادیواکتیو منتشر شده روزهای پس‌از حادثه از روز ۲ ماه می برابر با ۱۲ اردیبهشت به بعد به منطقه دریای سیاه و ترکیه رسید. روزهای بعد همین هوای آلوده از طریق شمال و شمال غرب کشور تقریباً به تمامی فضای آذربایجان وارد گردیده و در اندک مدتی به استانهای مرکزی و تهران هم سرایت نموده است. با اینهمه اندازه‌گیری غلظت رادیواکتیویته هوا و سطح زمین که از تاریخ ۱۲ اردیبهشت به بعد در تبریز و تهران منضماً انجام میشود حاکی از این میباشد که در هیچ مورد میزان آلودگی درحد خطرناکی نبوده است.

ایستگاههای اندازه‌گیری

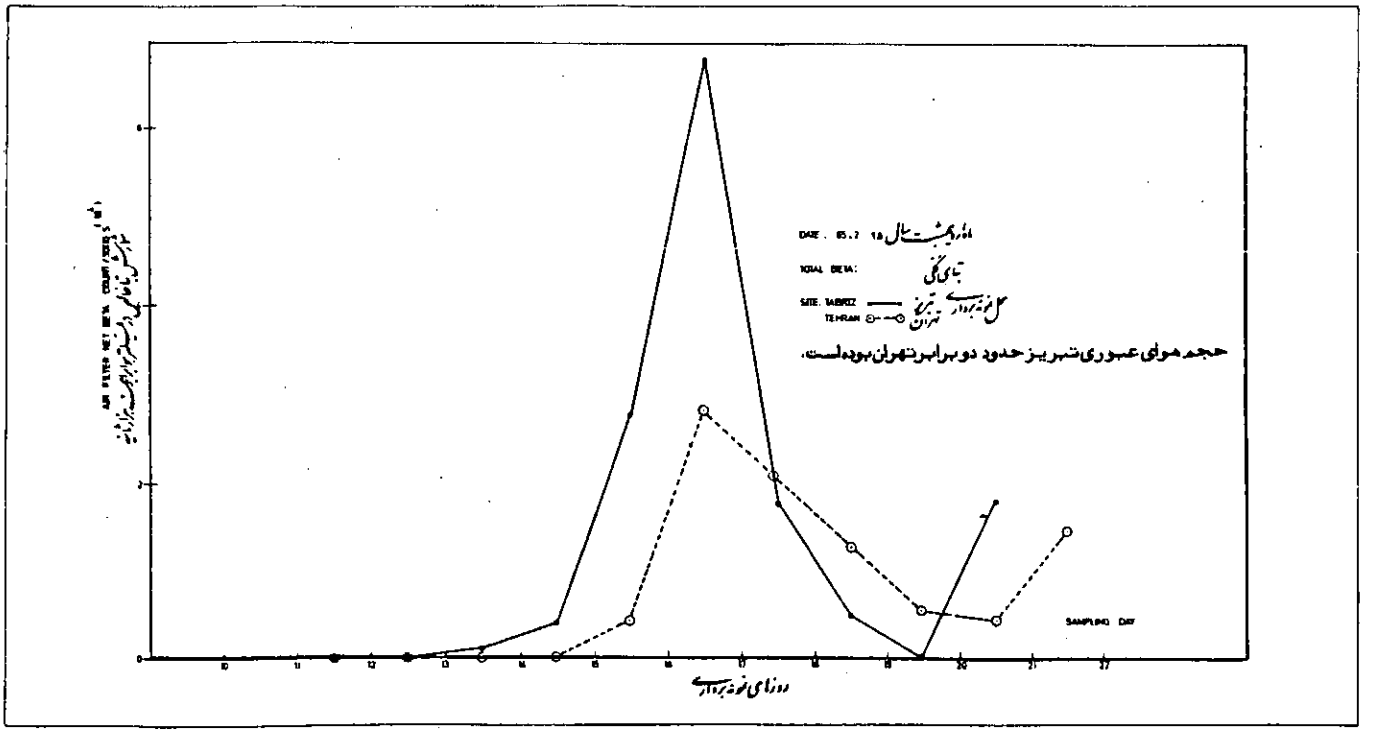
در تصویری که مشاهده خواهید کرد (تصویر) ایستگاههای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری رادیواکتیویته هوا در سطح کشور نشان داده شده است. دراین ایستگاهها تجهیزات مربوط به دزیمتری تشعشات محیطی و نمونه‌برداری با حجم زیاد از هوا و مونیتورینگ پرتوزائی هوا مستقر میباشد تعدادی ایستگاههای فرعی نیز در سطح کشور به محلهای نمونه‌برداری از آب و خاک و گیاه اختصاص دارد که در این تصویر منعکس نشده است.

تجهیزات

با اشاره کوتاه باین نکته که اندازه‌گیری آلودگی رادیو اکتیویته هوای ایران بویژه هوای تهران سابقه‌ای طولانی داشته و در مواردی به قبل از سال ۱۳۵۰ بازمیگردد، میتوان گفت در حال حاضر امور حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی ایران از پیشرفته‌ترین تجهیزات برای نمونه‌برداری‌های محیطی و اندازه‌گیری‌های کمی و کیفی مواد رادیواکتیو و بررسیهای مربوط بآن استفاده می‌کند و این وسایل و تجهیزات به مراتب دقیق‌تر و کاملتر از تجهیزات سابق است.

روش کار

از آنجائیکه معمولاً جو زمین منشاء و عامل اصلی نقل و انتقال آلودگی به انسان محسوب شده و مسیر بحرانی ایجاد آلودگی بحساب میآید و بهمین جهت اندازه‌گیری مواد رادیواکتیو موجود در هوا شاخص خوب و سریعی برای تعیین مقدار و تعقیب روند تغییرات



آلودگی منطقه‌ای محسوب میگردد و با این روش در کوتاه مدت میتوان مقدار رادیواکتیویته را تعیین نمود بنابراین شروع عملیات ما با تکمیل سایر اندازه‌گیری‌های مستمری که در جهت کنترل مداوم رادیواکتیویته هوای تهران و در ایستگاههای دیگر بعمل آمد آغاز گردیده و متعاقباً نسبت به نمونه‌برداری آبهای سطحی و خاک و گیاه و حتی نزولات جوی نیز اقدام میشود.

بطور کلی نحوه نمونه‌برداری و کنترل تشعشعات بدو طریق مستقیم و غیرمستقیم صورت میگیرد و کلیه نمونه‌های تهیه شده از هوا و آب و خاک و گیاه و بعضی مواد غذائی پس از آماده‌سازی‌های اولیه، تحت اندازه‌گیری غیرمستقیم قرار میگیرد و تشعشعات محیطی با روش مستقیم سنجش میشود.

در آزمایشگاههای مرکزی ما کلیه نمونه‌های جمع‌آوری شده روزانه بدو روش اندازه‌گیری رادیواکتیویته بتای کل و اسپکترومتری و آنالیز عناصر گامازا مورد آزمایش کمی و کیفی دقیق قرار میگیرد.

نتایج اندازه‌گیری

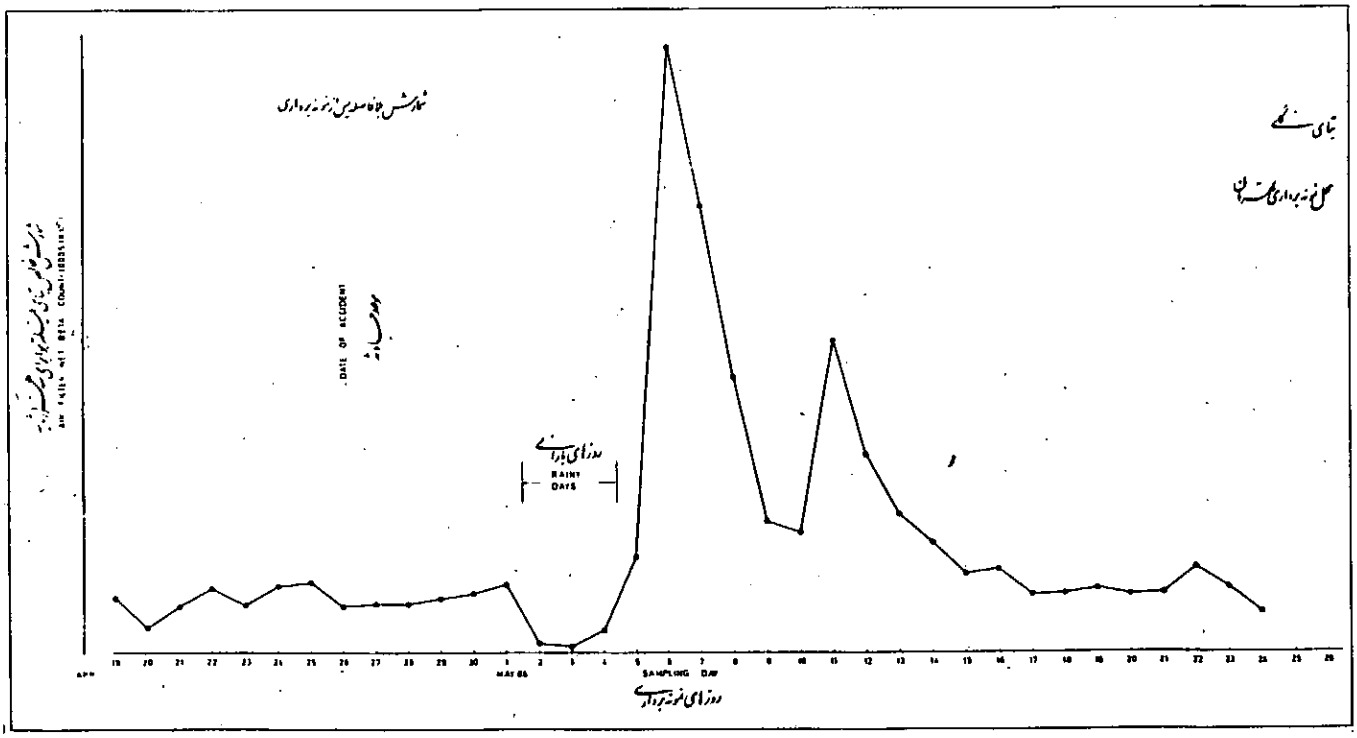
در این مرحله به بررسی کوتاه بخشی از نتایج اندازه‌گیریهایی که تاکنون جمع‌آوری شده است می‌پردازیم. نتایجی که چه از طریق نمونه‌برداریها و اندازه‌گیریهای غیرمستقیم حاصل شده است بطور نسبی موافق با اطلاعات هواشناسی در مورد نحوه حرکت جریانات جوی در روزهای گذشته میباشد و حداقل برای دو ایستگاه تبریز و تهران تغییرات آلودگی هوا بمواد رادیواکتیو هم‌آهنگ است. این معنی در تصویر نمودارهای مقایسه‌ای تغییرات رادیواکتیویته بتای کل هوا مشخص است.

نمودارهای این تصویر در واقع تعداد شمارش شده رادیواکتیویته مجمع هوا روی دستگاههای اندازه‌گیری را نشان میدهد و بطور نمونه برای دو ایستگاه تبریز که با خط پر نشان داده شده و ایستگاه تهران که با خط چین نشان داده شده ترسیم گردیده و یک نمودار مقایسه‌ای برای نحوه تغییرات رادیواکتیویته بین دو محل مذکور تلقی میگردد. البته تفاوت مقدار بین دو نمودار بخصوص اختلاف ارتفاع پیکهای ماکزیمم برای دو محل دلیل تفاوت زیاد میزان رادیواکتیویته نیست بلکه بلحاظ این است که مقدار هوائی که در دو محل مزبور نمونه‌برداری شده متفاوت است.

این نمودار ویژگی خوب و جالبی را نمایش میدهد که همان صحت پیش‌بینی هواشناسی است که قبلاً نیز یادآور شده‌ام.

ارقام مربوط باین نمودارها مقدار شمارش خالص رادیواکتیویته بتای کل فیلترهای هوائی را نشان میدهد که پس از چهار روز مورد شمارش قرار گرفته‌اند و این تأخیر در شمارش بخاطر اینست که فرصت کافی برای استحاله رادیواکتیویته طبیعی هوا داده باشیم و رادیواکتیویته با نیمه عمر طولانی‌تر مربوط به رادیواکتیویته غیرطبیعی هوا را بتوان روی فیلترهای هوا مورد سنجش قرار داد.

با دقیق شدن روی این نمودارها میتوان پی برد که رادیواکتیویته بتای کل هوای تبریز از روزهای ۱۳ و ۱۴ اردیبهشت تدریجاً شروع به



افزایش نموده در حالیکه این افزونی رادیواکتیویته در هوای تهران پس از حدود یک روز از روزهای ۱۴ و ۱۵ اردیبهشت شروع شده است و ماکزیمم اولیه غلظت رادیواکتیویته هوا با فاصله زمانی حدود ۴ تا ۵ روز مشاهده میشود هرچند که در این فاصله زمانی ریزش باران در تهران و تبریز وجود داشته است و این پدیده هواشناسی در کاهش آلودگی رادیواکتیویته هوا و برعکس افزایش رادیواکتیویته خاک مؤثر میباشد ولی هنوز وجود پیک دوم در نمودار تحت بررسی دقیق خواهد بود تا علت کشف گردد و یک احتمال وجود دارد که این پیک مربوط به ورود جبهه‌ای دیگر پشت سر جبهه هوای آلوده بمواد رادیواکتیو اولی باشد که عامل تکوین پیک ماکزیمم غلظت اولی بوده است.

خوشبختانه چون از ۱۵ اردیبهشت سمت حرکت جریانات جوی در بالای اروپا مجدداً عوض شد و بطرف شمال شرقی تغییر جهت داد. لذا در عمل از نفوذ بیشتر آلودگی به فضای ایران جلوگیری شده است.

مواد رادیواکتیویته در نمونه‌های هوا و سایر عناصر محیطی جمع‌آوری شده از تبریز و تهران کشف شد، طیفی از بعضی عناصر گامازای پاره‌های فسیونی و مشتقات ثانویه آنها را از قبیل: ید ۱۳۱ و تلوریوم ۱۳۲ و ید ۱۳۲ و لانتن و باریوم ۱۴۰ و روتنیوم ۱۰۳ و سرزیومهای ۱۳۴ و ۱۳۷ و سریوم ۱۴۱ را دربرمیگیرد. این عناصر معمولاً در داخل میله‌های سوخت مصرف شده راکتور وجود دارند و بر اثر حادثه در جو رها شده‌اند.

مقایسه نمودار تغییرات بعضی از این عناصر در هوای تهران برای روزهائی که دارای بیشترین مقادیر غلظت بوده‌اند در تصویر نشان داده میشود.

* * *

میزگرد کنفرانس بررسی حادثه چرنوبیل

س: واکنش در شکافت هسته‌ای چیست؟

ج: وقتی نوترون جذب هسته اتم اورانیوم ۲۳۵ میشود اتم جدید یعنی اورانیوم ۲۳۶ ناپایدار است و بدوپاره تقسیم میشود این عمل را شکافت هسته‌ای و پاره‌های بدست آمده را پاره‌های شکافت میگویند. همزمان با این عمل مقدار زیادی انرژی (۲۰۰ میلیون الکترون ولت در هر شکافت) و همچنین ۲ یا بیشتر نوترون آزاد میگردد. نوترون بدست آمده پس از چند بار برخورد با ماده آرام‌کننده مقدار زیادی انرژی خود را از دست میدهد و به نوترون حرارتی تبدیل میگردد این نوترون با اتمهای قابل شکافت دیگر برخورد میکند و واکنش زنجیره‌ای ادامه مییابد.

س: چه اتمهائی قابل شکافت هستند؟

ج: اتمهائی که با نوترون حرارتی قابل شکافت هستند عبارتند از اورانیوم ۲۳۵، پلوتونیوم ۲۳۹، و اورانیوم ۲۳۳ که اولی در طبیعت یافت میشود و دو تای دیگر ساخته و پرداخته بشر است. بدینمعنی که برای تهیه پلوتونیوم ۲۳۹، اورانیوم ۲۳۸ و برای تهیه اورانیوم ۲۳۳، توریوم ۲۳۲ را در معرض تابش نوترون قرار میدهند. اورانیوم ۲۳۸ و توریوم ۲۳۲ را عناصر مستعد باروری Pentile میگویند. یادآوری میشود اورانیوم طبیعی دارای ۰/۷۱ درصد اورانیوم ۲۳۵ و ۹۹/۳ درصد اورانیوم ۲۳۸ می‌باشد.

س: لطفاً یکبار دیگر ساختمان راکتورهای اتمی را بزبان ساده بیان کنید؟

ج: نیروگاه اتمی سیستمی است که طراحی شده تا از انرژی اتمی برای تهیه بخار و نهایتاً تولید برق استفاده نماید بطور خیلی ساده تشکیل شده از یک تانک محتوی مواد قابل شکافت (Pissile) آرام‌کننده نوترون، و خنک‌کننده که حرارت را از قلب راکتور میگیرد و به دیگ بخار میبرد بخار تولید شده توربین را بحرکت درمیآورد و برق تولید میگردد.

س: چه رادیو ایزوتوپهائی در سوخت مصرف شده موجود است؟

ج: با شکافته شدن هسته اتم حدود ۳۵ عنصر و بیش از ۲۰۰ رادیو ایزوتوپ بوجود میآید که حداقل جرم آنها ۷۲ و حداکثر ۱۶۰ میباشد. احتمال اینکه اتم بدو قسمت مساوی تقسیم شود یک در ده هزار و احتمال اینکه هسته اتم به سه قسمت تقسیم شود یک در میلیون است. اگر بر روی یک محور مختصات جرم پاره‌های شکافت و بر روی محور دیگر درصد تولید آنها را مشخص کنیم یک منحنی بدست میآید که دارای دو نقطه ماکزیمم است یکی در حدود استرانسیوم ۹۰ و دیگری در حدود سزیوم ۱۳۷ میباشد.

س: در راکتورها از چه موادی برای خنک کردن و آرام کردن نوترون استفاده میشود؟

ج: خنک‌کننده مایع و یا گازی است که حرارت را از قلب راکتور میگیرد و بدیگ بخار میبرد معمولاً از آب معمولی، آب سنگین و سدیم مذاب، گاز اکسید و کربن و گاز هلیوم استفاده میشود. در این قسمت دوم سئوال همانطوریکه گفته شد در هر عمل شکافت نوترونهای جدیدی بدست میآید که انرژی آنها بطور متوسط حدود ۲Mev است برای اینکه نوترون وارد واکنش هسته‌ای شود باید انرژی آن تحلیل یابد یعنی باید با اتمهای سبک مواد آرام‌کننده برخورد کند تا

انرژی آن بکمتر از ۰/۲۵ Mev برسد. آرام‌کننده ممکن است آب معمولی، آب سنگین، گرافیت و غیره باشد در نیروگاه چرنوبیل برای آرام کردن از گرافیت استفاده میشده است.

س: اولین نیروگاه هسته‌ای در کجا ساخته شده است؟

ج: اولین راکتور بمنظور آزمایش در سال ۱۹۴۲ بوسیله فرمی فیزیکدان ایتالیایی در شیکاگو ساخته شد. ۱۲ سال بعد یعنی در سال ۱۹۵۴ اولین نیروگاه هسته‌ای برای تولید الکتریسیته و با قدرت 5MWe در شوروی (obninsk) ساخته شد بنابراین سابقه کار نیروگاههای مولد برق تا بامروز ۳۲ سال است.

س: نوع سوخت هسته‌ای نیروگاه چرنوبیل چه بوده است؟

ج: سوخت LWGR اکسید اورانیوم است که از ۱/۸ تا ۲ درصد غنی میشود یعنی ۱/۸ تا ۲ درصد اورانیوم ۲۳۵ و بقیه اورانیوم ۲۳۸ میباشد. این سوخت در پوشش‌های آلیاژ زیرکنیوم (Zirconium) قرار گرفته است.

س: شنیده شده که در شوروی بیش از ۵۵ راکتور اتمی و در آمریکا بیش از ۱۰۰ راکتور اتمی وجود دارد لطفاً بفرمائید که در شوروی چند درصد برق بوسیله این تعداد راکتور تأمین میشود و همچنین در ایالات متحده؟

ج: این ارقام ۱۴۱ حادثه در ۱۴ کشور جهان از کجا آورده‌اید، تا آنجا که ما اطلاع داریم حوادثی که در تاریخ نیروگاههای هسته‌ای اتفاق افتاده از تعداد انگشتان دست هم کمتر است. اولی در سال ۱۹۵۳ در چالک ریور (Chalk Riner) کانادا اتفاق افتاد ولی بکسی صدمه‌ای وارد نشد. دومی در سال ۱۹۵۷ در ویندا سکیل (Wink Scale) در شمال لیورپول انگلستان بود. سومی در ۱۹۶۱ در ایالت ایداهو، امریکا اتفاق افتاد که برای اولین بار سه نفر کشته بجای گذاشت. چهارمی در ۱۹۷۵ در ایالت پنسیلوانیا در امریکا بود که تلفات نداشت. پنجمی در ۱۹۷۹ اتفاق افتاد که تا قبل از حادثه چرنوبیل بزرگترین حادثه محسوب میشد و بنام حادثه تری‌مایل ایلند شهرت دارد. در این حادثه کسی صدمه‌ای ندید ولی مقداری مواد رادیواکتیو از نیروگاه فرار کرد و بمحیط زیست رسید ششمی در ۱۹۸۱ در ژاپن بود. هفتمی در ۱۹۸۶ در اکلوهمای امریکا اتفاق افتاد که در اثر انفجار یک تانک شیمیائی یک نفر کشته شد و آخرین و بزرگترین حادثه هم مربوط به چرنوبیل میشود که بدرستی از تعداد تلفات اطلاعی در دست نیست ولی مسلماً حادثه چرنوبیل از مجموع تمام حوادث گذشته بیشتر تلفات داشته است و اما درآینده نیروگاههای هسته‌ای چه اثراتی خواهد داشت باعث خواهد شد که درس عبرتی بگیرند و در طراحی باز هم نکات ایمنی بیشتری منظور دارند. این نوع حوادث باعث توقف در پیشرفت نیروگاههای هسته‌ای نخواهد شد برای اینکه کشورهای آینده‌نگر نمیتوانند با این تکنولوژی عظیم وداع کنند. یک مثال ساده میآورم در این شهر تهران روزی ۶ تا ۹ نفر در اثر حوادث رانندگی کشته میشوند آیا باعث شده که مردم از اتومبیل صرفنظر کنند. در دنیا حدود ۳۷۵ نیروگاه هسته‌ای برای تولید برق مشغول کار است اگر این تعداد را در سالهای بهره‌برداری از آنها ضرب کنیم رقمی در حدود ۳۸۰۰ سال راکتور میشود تعداد کل تلفات ۳۸۰۰ سال راکتور در سراسر جهان از تعداد تصادفات رانندگی دو هفته تهران کمتر بوده است.

س: نمونه‌برداری سازمان از هوای آلوده شامل چه عناصری بوده است توضیح دهید و اینکه سازمان روی چه موادی از رادیواکتیو نمونه‌برداری مینماید؟

ج: اندازه‌گیری آلودگی هوا شامل کلیه رادیو ایزوتوپها چه از منابع طبیعی و چه از منابع مصنوعی میشود ولی بعد از حادثه چرنوبیل ید، استرانسیوم و سزیوم بیشتر مورد توجه بوده است. از میان رادیوایزوتوپهائی که در سوخت تولید میشود از همه مهمتر در اینگونه موارد ید است که عنصری قابل تصعید میباشد ولی نیمه عمر آن (۸ روز) نسبتاً کوتاه است. البته گازهای دیگر نظیر آرگون، کریپتون، زنون و غیره بوده‌اند که چون نیمه عمری کوتاه (چند ساعت) داشته‌اند قبل از اینکه بایران برسند ازبین رفته‌اند بعد از ید عناصری که مهم هستند استرانسیوم و سزیوم میباشند که دارای نیمه عمرهای طولانی هستند و در سوخت مصرف شده درصد تولید آنها بالاتر است. خواص شیمیائی استرانسیوم نظیر کلسیوم است یعنی عنصری که مورد نیاز تمام ارگانهای بدن میباشد.

س: جواب داده شده که مواد محافظت کننده برای بدن وجود ندارد پس چرا در بعضی کشورها قرص ید را توصیه نمودند. آیا شیر خشت مواد پرتوزا را ازبین نمیبرد؟

ج: مرکز تجمع ید در بدن غده تیروئید است. قرص ید را توصیه مینمایند تا بدن از ید غیراکتیو اشباع شود و وقتی ید اکتیو وارد بدن میگردد بدون اینکه مقدار متنابهی جذب شود دفع گردد. در جواب سؤال دوم هیچ ماده‌ای وجود ندارد که خاصیت اکتیویته را ازبین ببرد ممکن است موادی باشند که عنصر اکتیو را جذب کنند، درمورد شیرخشت هم اطلاعی دردست نیست.

س: اثرات ناشی از چنین انفجارات هسته‌ای تا چه مدت فاجعه ببار میاورد و آیا پس از طی این مدت میتوان بطور قطع گفت که اثرات ناشی از آن پایان یافته است.

ج: میزان آلودگی ناشی از حادثه چرنوبیل بدو عامل مسافت و زمان بستگی دارد هرچه از چرنوبیل دورتر شویم مقدار آلودگی کمتر است جائی که بطور جدی آلوده شده خود مجتمع چرنوبیل است و تا شعاع ۳۰ کیلومتری هم منطقه ممنوعه اعلام شده است میزان آلودگی با گذشت زمان نیز ازبین خواهد رفت مقدار زیادی از آلودگی پس از یک

روز ازمیان خواهد رفت ولی چون مسئله جدی است منتظر گذشت زمان نخواهند شد و اقدام به رفع آلودگی خواهند کرد. در خارج از شعاع ۳۰ کیلومتری مسئله آنقدر اهمیت ندارد که فاجعه خوانده شود.

س: حد آلودگی هوای ایران بعد از حادثه چرنوبیل چند برابر آلودگی قبل میباشد؟

ج: همانطوریکه در سخنرانی‌ها گفته شد حادثه در روز ششم اردیبهشت اتفاق افتاد ولی دستگاههای ما از روز ۱۶ اردیبهشت شاهد بالا رفتن میزان آلودگی بودند علت تاخیر هم این بود که جبهه هوای چرنوبیل ابتدا بطرف کشورهای اسکاندیناوی رفته بود و پس از دور زدن و در بازگشت از روی دریای مدیترانه از طرف غرب ایران وارد کشور شد در روزهای ۱۶ تا ۱۹ شمارش بتای کلی از ۱/۳ در ثانیه به ۱۲/۷ رسید البته در گزارش گفته شد که شمارش از ۴۰۰۰ به ۳۸۰۰۰ رسیده بود (در محاسبات این ارقام ۳۰۰۰ ثانیه منظور شده است) در روزهای ۲۲ و ۲۳ اردیبهشت دوباره شمارش به ۸۰۰۰ رسید و هم‌اکنون هم مقدار آن کمتر از ۵۰۰۰ است.

س: باتوجه به اینکه اکتیویته بتا طبق نمودارهائی که نشان دادید در روزهای ۱۶ تا ۱۹ اردیبهشت حدوداً متجاوز از ۱۰۰ برابر روزهای معمولی گذشته بوده است فرمودید هنوز خیلی پائین‌تر از حد مجاز است لذا فکر نمی‌کنید این حد مجاز فقط برای کشورهای جهان سوم است که کشورهای پیشرفته برای هرچه بیشتر عرضه کردن راکتورهای ساخت خودشان تعیین کرده‌اند؟

ج: کشورهای پیشرفته جهان براساس تحقیقات خود بمعیار و استانداردهای مخصوص خودشان رسیده‌اند که با اندکی کم و بیش تقریباً همه در یک سطح هستند. ولی ما مقررات و استانداردهای خود را از کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی میگیریم سازمانهای مشهور دیگری نظیر سازمان جهانی بهداشت و سازمان بین‌المللی کار با کمیسیون فوق همکاری نزدیک دارند. کمیسیون فقط توصیه کننده است و بر خود کشورها است که هرطور بخواهند مقررات و استانداردهای خود را تهیه نمایند.

س: اگر نیروگاه اتمی بوشهر سفارش داده نشده بود سازمان انرژی اتمی چه نوع نیروگاهی و از چه کشوری برای نیازهای ایران سفارش میداد؟

ج: باز هم از نوع PWR و از آلمان غربی میخریدیم. برای اینکه در این نوع نیروگاهها نکات ایمنی بحد مطلوبی رعایت شده و آلودگی ندارد. تکنولوژی آلمان در بین کشورهای غربی از کیفیت ممتازی برخوردار است.

س: باتوجه باینکه امسال در بودجه سالانه، بودجه سازمان انرژی اتمی بیشتر پیش‌بینی شده باتوجه باین مسئله چه تغییرات و تحولاتی در سازمان انرژی اتمی ایجاد خواهد شد. آیا در کشور ایران هم در آینده برای تولید نیروی برق از نیروگاههای اتمی استفاده خواهد شد؟ متشکرم.

ج: وقتی صحبت از انرژی اتمی میشود عده‌ای تنها تصور نیروگاه هسته‌ای مینمایند غافل از اینکه نیروگاه فقط بخش کوچکی از صنایع عظیم انرژی اتمی است در سی سال گذشته انرژی اتمی چنان تحولی در زندگی بشر بوجود آورده که بجرأت میتوان گفت سهم عظیمی از تمدن کنونی مدیون این تکنولوژی است و هرچه تا بامروز انجام پذیرفته در مقایسه با آنچه که در آینده خواهد شد بسا ناچیز است. آنطور که پیش‌بینی میشود در سه قرن آینده جهان انرژی مورد نیاز خود را براساس انرژی اتمی طرح‌ریزی و بنا خواهد کرد. کشورهای آینده نگر هم اکنون بکوشش همه‌جانبه‌ای برای توسعه این تکنولوژی دست زده‌اند و ما نمیتوانیم و نباید از دیگران عقب بمانیم.

ج: در شوروی ۵۱ راکتور در حال کار است که ۱۱ درصد برق آن کشور را تامین میکند و علاوه بر اینها ۳۴ راکتور دیگر در دست ساختمان است. در ایالات متحده ۱۰۱ راکتور در حال کار است که ۱۷ درصد برق آن کشور را تامین میکند و ۲۹ راکتور دیگر هم در دست ساختمان است.

س: این راکتور (چرنوبیل) چند سال درحال بهره‌برداری بوده است؟

ج: در مجتمع هسته‌ای چرنوبیل چهار نیروگاه در حال کار بوده که در سالهای ۱۹۷۷ ــ ۱۹۷۸، ۱۹۸۱، ۱۹۸۲ ساخته شده‌اند و دو نیروهاه دیگر هم در دست ساختمان است که قرار است در سالهای ۱۹۸۸، ۱۹۸۹ مورد بهره‌برداری قرار گیرند تمام آنها از نوع LWGR میباشد یعنی خنک کننده آنها آب و آرام کننده آنها گرافیت است نیروگاهی که دچار حادثه شده همانست که در سال ۱۹۸۲ ساخته شده و از سال ۱۹۸۳ تا زمان حادثه بکار مشغول بوده است.

س: آیا اطلاع دارید که چه تعداد از کارکنان راکتور اتمی چرنوبیل در همان لحظه از بین رفتند؟

ج: اطلاعات ما در باره تعداد تلفات همانست که از رسانه‌های گروهی شنیده‌ایم منابع شوروی تعداد تلفات را در لحظات اول دو نفر و منابع غربی صدها نفر ذکر میکنند بعداً این موضوع روشن خواهد شد.

س: آیا انفجارات داخلی زمین مثل آتشفشانهای زیر اقیانوس و ارتعاشات شدید زلزله میتواند علل انفجار راکتور اتمی باشد؟

ج: قبل از اینکه یک نیروگاه در محلی ساخته شود باندازه کافی درباره محل بنای آن مطالعه و ارزیابی میکنند تا مطمئن شوند که زلزله خیز نیست. مثلا برای نیروگاه بوشهر تا شعاع ۵۰ کیلومتری محل آن زلزله خیز نیست و درصد سال گذشته زلزله قابل توجهی نداشته است با وجود بر این ساختمان نیروگاه بوشهر براساس ۷

ریشتر طراحی شده است. بنابراین در جواب سؤال شما باید گفت بسیار بعید است.

س: فاصله حادثه تا دریای خزر چقدر است؟

ج: مجتمع هسته‌ای چرنوبیل در ۱۳۰ کیلومتری شمال شهر کیف قرار دارد. کیف مرکز ایالت اوکراین است که دارای طول شرقی ۳۰ درجه و عرض شمال ۵۰ درجه می‌باشد فاصله چرنوبیل تا تهران ۲۵۳۰ کیلومتر و تا مرز بازرگان ۱۷۵۰ کیلومتر است. نزدیکترین فاصله دریای خزر تا چرنوبیل بیش از ۱۲۰۰ کیلومتر است.

س: آیا با توجه به ارتباط آبی ایران با شوروی از طریق دریای خزر احتمال این نمیرود که در طولانی مدت آلودگیهای رادیو اکتیو از این طریق به ایران منتقل شود و بر روی آبزیان و سفره‌های زیر زمینی و کشاورزی ایران اثر بگذارد آیا نباید در اینمورد مطالعه انجام گیرد.

ج: آنچه تا بحال از نیروگاه چرنوبیل بمحیط زیست رسیده از طریق هوا بوده انتظار نمیرود که ذوب قلب راکتور بحدی باشد که به آبهای زیر زمینی راه یافته باشد. رسانه‌های گروهی میگویند مهندسین شوروی با تزریق سیمان بزیر راکتور مشغول محکم کردن زیربنای راکتور هستند تا تماس بین رادیو ایزوتوپها و آبهای زیر زمینی برقرار نشود در هر صورت آلودگی بقدری نخواهد بود که باعث نگرانی در دریای خزر شود.

س: مردم شوروی که در نزدیکی حادثه بودند آیا اثرات اشعه را شخصاً احساس کردند؟

ج: پرتوهای یونساز با هیچیک از حواس قابل تشخیص نیست در پرتوگیریهای بیش از صدرم ممکن است عوارضی نظیر حالت تهوع، سرگیجه، اسهال و غیره بهمراه داشته باشد. افرادی که تا یک کیلومتری راکتور بمدت نسبتاً طولانی توقف داشته‌اند دچار چنین عوارضی شده‌اند.

س: همانطوریکه سازمان هواشناسی اعلام میکند امروز هوا بارانی و یا ابری است ولی هیچگونه نقشی در هوا ندارد سازمان انرژی اتمی هم فقط اندازه‌گیری کرده است ولی هیچگونه اقدامی برای جلوگیری از ورود مواد رادیواکتیو نکرده است چرا؟

ج: درست است که سازمان هواشناسی نقشی در تشکیل و حرکت جبهه‌های هوا ندارد ولی همه مردم از پیش بینی وی بهره‌مند میشوند. سازمان انرژی اتمی هم آلودگی هوا را اندازه میگیرد تا در صورت لزوم بمردم اعلان خطر کند. درست است که ما نمیتوانیم مسیر هوا را تغییر دهیم ولی وقتی آلودگی مسلم شد نکات ایمنی را تذکر خواهیم داد تا مردم با خودیاری اقدام به حفاظت نمایند از هوا که بگذریم هم اکنون کلیه مواد غذائی که بکشور وارد میشود کنترل میگردند حتی تریلی و کامیونهائی که از شوروی وارد کشور میشوند مورد بررسی دقیق قرار میگیرند.

س: اشاره شد که اندازه‌گیری تشعشع در نقاط مختلف ایران بعمل آمده است لطفاً بفرمائید دقیقاً غیر از تهران و تبریز در چه محلهای دیگر اندازه‌گیری شده است؟

ج: امور حفاظت در برابر اشعه این سازمان بطور مستمر در تمام ایام سال در شهرهای مشهد، اصفهان، تبریز، تهران و بوشهر نمونه‌برداری میکند و علاوه براین فیلترهائی که با کمک سازمان‌های دیگر تهیه میشود اندازه‌گیری و شمارش مینماید. پس از حادثه چرنوبیل اکیپ‌های اورژانس برای نمونه برداری از مناطق شمال شمال غربی و غرب کشور نیز اعزام گردیده‌اند.

س: لطفا بفرمائید از چه راههائی آلودگی به‌انسان سرایت میکند؟

ج: وقتی مواد پرتوزا به‌اتمسفر راه می‌یابد با جریان هوا بهر سو حرکت میکند و بعد بتدریج بر روی سبزی، درخت، آب و زمین می‌نشیند و نهایتاً باعث پرتوگیری داخلی و خارجی انسان میگردد بعضی از راههای پرتوگیری عبارتند از:

- قرار گرفتن بدن در معرض پرتوهای گاماوبتای موجود در هوا
- فرو بردن غبار پرتوزا بوسیله تنفس
- نوشیدن آب آلوده
- خوردن برگهای آلوده سبزیجات
- خوردن سبزیجاتی که با آب آلوده آبیاری شده باشند.

نوشیدن شیرگاوی که در مزاع آلوده چرا کرده و یا آب آلوده نوشیده باشد.

- خوردن گوشت حیوانات و غذاهای دریائی که مدتی در محیط آلوده زیسته‌اند.
- پرتوگیری خارجی بدن در اثر رسوبات آلوده
- پرتوگیری خارجی بدن در اثر شنا کردن، قایق سواری، و تماس با ساحل آلوده دریا

س: با توجه به نگرانی شدید مردم راجع باین حادثه آیا لازم نیست که سازمان هر چه زودتر از طریق رسانه‌های گروهی مردم را از نگرانی بیرون آورد؟

ج: همانطوریکه گفته شد میزان آلودگی هوای تهران و مراکز استانها بطور مستمر در تمام سال اندازه‌گیری میشود تا اگر احیاناً مقدار آن بالا رود اقدامات لازم بعمل آید. در مورد حادثه چرنوبیل پس

از اطلاع بلافاصله نیروهای اورژانس و سایر قسمتهای دیگر سازمان بکمک بخش محیط شتافته‌اند تا از هوا، آب، خاک و مواد غذائی نمونه‌برداری شود تا تحت نظارت و کنترل باشند. هم اکنون کارشناسان مادر مرزهای کشور مواد غذائی وارداتی را کنترل می‌کنند و مراقب اوضاع هستند اگر چه تا به‌امروز مقدار پرتوزائی برای چند روزی بالا رفت ولی باز هم زیر حد مجاز بود و جای نگرانی نیست.

س: آیا مواردی بوده که مواد غذائی وارداتی از اروپا شرقی یا غربی دارای مقدار بیشتر از مجاز رادیواکتیو باشد و از پخش و مصرف آن جلوگیری شده باشد اگر بله از چه کشوری و چه ماده غذائی و در چه تاریخی؟

ج: مواد غذائی که قبل از حادثه چرنوبیل بسته‌بندی شده‌اند آلوده نیستند. چند هفته وقت لازم است تا مواد غذائی که بعد از حادثه بسته‌بندی شده‌اند کشور وارد شوند هنوز چنین مدتی سپری نشده است. ثانیاً اقداماتی انجام گرفته تا از خرید غذاهای آلوده خودداری شود.

س: اثرات اشعه بر روی نباتات و محصولات کشاورزی منطقه در شعاعهای مختلف چه خواهد بود؟

ج: اگر منظور شما اثرات کوتاه مدت است کشاورزی منطقه اوکراین از لحاظ اقتصادی متضرر خواهد شد چون قسمت اعظم محصولات کشاورزی دور ریخته خواهد شد ولی اگر منظور شما اثرات دراز مدت یعنی اثرات ژنتیکی دموتاسیونی اشعه بر روی گیاهان است این خود بحث مفصلی است کتابهای متعددی در این باره هست که اگر مایل باشید میتوانید با مراجعه به کتابخانه سازمان مطالعه فرمائید.

س: با توجه به پیک ارائه شده افزایش رادیونوکلوئیدها حدود صد برابر قبل بوده چطور با اینکه این مقدار اضافه شده باز هم ــ حد مجاز است؟

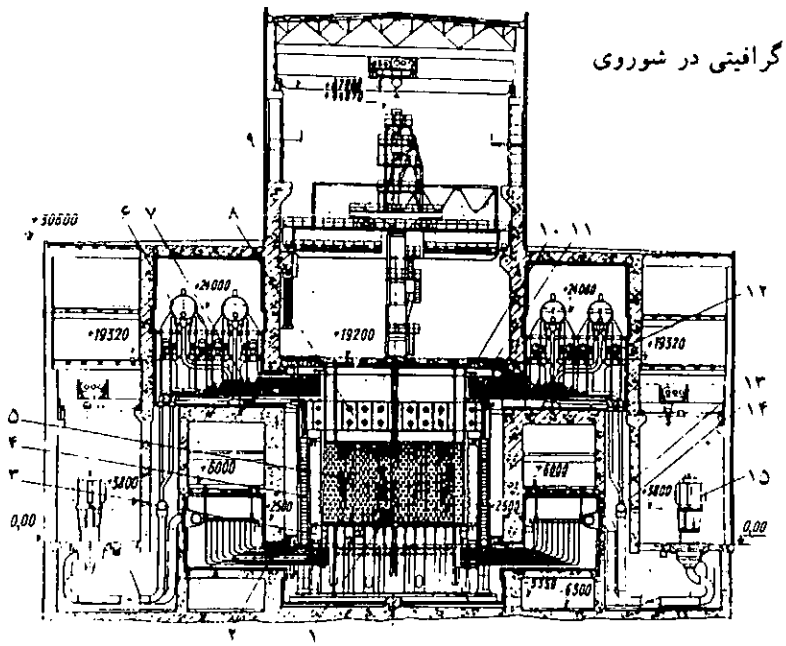
ج: شمارش کلی بتادر روزهای ۱۷ تا ۲۱ اردیبهشت حداکثر به حدود ۹ برابر افزایش یافت شاید رقم شما در مورد ید ۱۳۱ باشد که مقدار $10^{-12} \times 6$ Mci/ml دیده شده ولی میزان مجاز ید 10^{-10} Mci/ml × ۱ میباشد و می‌بینید که مقدار دیده شده از ــ حد مجاز کمتر است.

س: فرمودید آلودگی رادیو اکتیو در سراسر ایران که حداکثر مقدار خود را پشت سر گذاشته بسیار کمتر از حد مجاز است در اینصورت آیا لزومی جهت حفاظت در مقابل رادیو اکتیو از این پس وجود دارد؟

ج: از نظر ریزشهای اتمسفری مقدار آن روزبروز کمتر میشود در داخل کشور مسئله‌ای نداریم ولی در مورد مواد غذائی که وارد کشور میشود با مقامات مسئول تماس گرفته شده تا از جاهائیکه احتمال آلودگی میرود غذا تهیه نشود و علاوه بر اینها کلیه مواد غذائی که از اروپا وارد کشور میشود ابتدا آزمایش خواهند شد و اگر آلودگی نداشت اجازه توزیع صادر خواهد شد.

س: با توجه به تعداد حوادثی که در نیروگاههای هسته‌ای در جهان رخ داده است (۱۴۱ حادثه در ۱۴ کشور) و حادثه چرنوبیل که از نوع وخیمترین این حوادث بوده است آینده نیروگاههای هسته‌ای در چند سال آینده چگونه خواهد بود؟

راکتور تولید کننده بخار آب از نوع گرافیتی در شوروی



۱ مخزن مجتمع میله‌های سوخت محتوی اکسید اورانیم
۲ تغذیه آب به مخزن مجتمع میله‌های سوخت
۳ نگاهدارنده و محافظ
۴ حفاظ نوترونهای شعاعی
۵ کند کنندهٔ گرافیت
۶ جداسازنده‌های بخار
۷ لوله‌های انتقال دهنده مخلوط بخار و آب از مخزن به جداسازنده‌ها
۸ حفاظ بیولزیکی و نگاهدارنده فوقانی دستگاه سوختگیری
۱۰ و ۱۱ محوطه بالای راکتور
۱۲ سیستم تشخیص نقص حفاظ سوخت
۱۳ تانک تغذیه کننده آب اضطراری
۱۴ پمپ تانک تغذیه کننده آب اضطراری
۱۵ پمپ‌های گردش کار

توضیح: باتوجه به اهمیت موضوع و علاقمندی سروران خوانندگان مجله از حادثه چرنوبیل این مقاله از «نشریه» انرژی «هسته‌ای» داخلی سازمان انرژی اتمی ایران عیناً دریافت و ... شده است.

سطح انرژی پتانسیل صفر و آشفتگی کتابهای کمک درسی

سیدجعفر ــ مهرداد

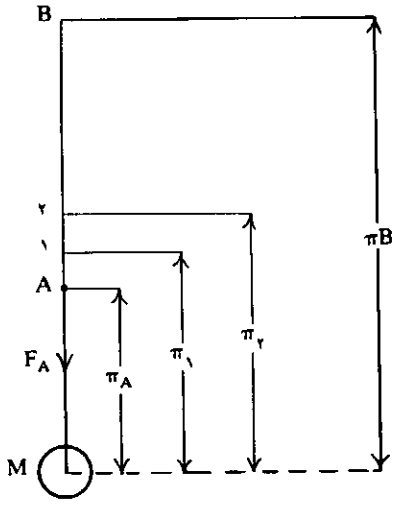
در فصل ۸ صفحه ۱۷۷ پرسش شماره ۹ مکانیک سال چهارم ریاضی و فیزیک می‌خوانیم: «با توجه به این که انرژی پتانسیل جاذبه‌ای معمولاً نسبت به یک سطح مقایسه (سطح انرژی پتانسیل صفر) سنجیده[1] می‌شود بگویید سطح مقایسه مناسب در(سیاره‌ای که به دورخورشید می‌چرخد)کجا باید انتخاب شود؟».

پاسخ کتابهای کمک درسی به این سؤال متفاوت و جالب توجه است. به سه دسته پاسخ برخورد می‌کنیم. بعضی **مرکز خورشید**[1] و بعضی دیگر **سطح زمین**[2] و تعدادی نیز **مدار حرکت سیاره**[3] را سطح مقایسه مناسب انتخاب کرده‌اند و هیچکدام از این کتابها نیز هیچگونه توضیحی برای انتخاب خود ارائه نداده است. پاسخ درست این سؤال این است: برای سیاره‌ای که به دور خورشید می‌چرخد، سطح **مقایسه مناسب** برای انرژی پتانسیل گرانشی (سطح انرژی پتانسیل صفر) در **بی‌نهایت دور** انتخاب می‌شود. با این انتخاب، انرژی پتانسیل گرانشی دستگاه (خورشید + سیاره) از رابطه $\mu_\pi = -\frac{GMm}{\pi}$ به دست می‌آید. در این رابطه M جرم خورشید و m جرم سیاره و π فاصله مراکز این دو و G «ثابت جهانی جاذبه» است. برای $\pi = \infty$، $\mu_\pi = 0$ است. توضیحات زیر برای روشن کردن این پاسخ، مفید به نظر می‌رسد.

۱ ــ در پانوشت صفحهٔ ۱۵۹ مکانیک چهارم ریاضی و فیزیک می‌خوانیم:

«رابطه $E_p = mgh$ در صورتی درست است که اندازه g در طول مسیر h ثابت باشد. اگر جرم m از سطح زمین خیلی دور شود مقدار g در نتیجه نیروی mg ثابت نمی‌ماند و چنانکه دیدیم به نسبت عکس مجذور فاصله تغییر می‌کند برای محاسبه کار باید این تغییرات منظور شود. این محاسبه از برنامه کار این کلاس خارج است».

حال می‌خواهیم بدانیم که برای محاسبه انرژی پتانسیل گرانشی در حالت کلی چه رابطه‌ای را باید به کار بریم. مثلاً انرژی پتانسیل دستگاه (خورشید + سیاره) یا دستگاه (زمین + ماهواره) و یا دستگاه (زمین + جسم خیلی دور) چگونه محاسبه می‌شود.



(شکل ۱)

به عنوان مقدمه باید بدانیم که:

اولاً نیوتن با استفاده از محاسبات ریاضی ثابت کرد که اثر جاذبه کل اجزاء یک جسم کروی بر یک جسم دیگر چنان است که تمام جرم جسم کروی در مرکز آن متمرکز است.

ثانیاً ــ فرض می‌کنیم شعاع زمین r و فاصله جسمی به جرم m تا مرکز زمین برابر π است. این جسم از نقطه A به فاصله R به فاصله π_A تا نقطه B به فاصله π_B از مرکز زمین به وسیله یک عامل دور می‌شود بدون اینکه انرژی جنبشی آن تغییر کند. در این صورت می‌گوییم کار این عامل خارجی به صورت انرژی پتانسیل ثقلی در دستگاه (زمین + جسم) ذخیره شده است و به عبارت دیگر انرژی پتانسیل ثقلی این دستگاه افزایش یافته است.

---

* انرژی پتانسیل ثقلی = Gravitational potential energy = انرژی پتانسیل گرانشی = انرژی پتانسیل جاذبه‌ئی

به روشهای متفاوت می‌توانیم مقدار این کار را محاسبه کنیم.
مطابق شکل ۱ جرم زمین متمرکز در مرکز آن فرض و با M نشان داده شده است. فاصله A تا B را به فواصل کوچک تقسیم می‌کنیم به طوریکه بتوان نیروی وارد بر جرم m را در هر فاصله کوچک ثابت فرض کرد. می‌دانیم $F_A = G\frac{Mm}{\pi_A^2}$ و $F_1 = G\frac{Mm}{\pi_1^2}$ است. نیروی جاذبه متوسط در این فاصله کوچک تقریباً $F = G\frac{Mm}{\pi_A \pi_1}$ است. کار انجام یافته در جابجائیهای متوالی از A تا B عبارت است از:

$$W_{A\to 1} = \overline{F}.\Delta\pi = G\frac{Mm}{\pi_A \pi_1}(\pi_1 - \pi_A)$$

$$W_{A\to 1} = GMm(\frac{1}{\pi_A} - \frac{1}{\pi_1})$$

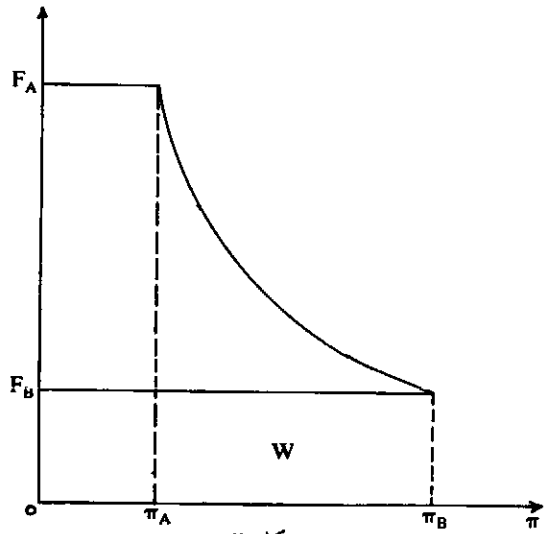
$$W_{1\to 2} = GMm(\frac{1}{\pi_1} - \frac{1}{\pi_2})$$

$$W_{n\to B} = GMm(\frac{1}{\pi_n} - \frac{1}{\pi_B})$$

$$W_{A\to B} = GMm(\frac{1}{\pi_A} - \frac{1}{\pi_B})$$

این مقدار کار که برای جابجایی جرم m از نقطه A تا نقطه B انجام یافته افزایش انرژی پتانسیل ثقلی دستگاه (زمین + جسم) را نشان می‌دهد.

۲ ــ می‌توان با استفاده از نمایش کار به وسیله نمودار مقدار کار را برای جابجایی جرم m از نقطه A تا نقطه B محاسبه کرد.



شکل ۲

مطابق شکل ۲ فاصله‌های جرم m نسبت به مرکز زمین بر روی محور افقی و مقدار نیروی جاذبه زمین وارد بر آن در فاصله‌های مختلف روی محور قائم نشان داده شده است.

منحنی نمایش تغییرات این نیرو بر حسب فاصله جسم تا مرکز زمین نظیر منحنی نمایش $y = \frac{a}{x^2}$ است.

سطح محصور بین منحنی $F = f(\pi) = G\frac{Mm}{\pi^2}$ و محور افقی مقدار کار را نشان می‌دهد.

$$W_{A\to B} = \int_{\pi_A}^{\pi_B} G\frac{Mm}{\pi^2}\,d\pi = GMm\,[-\frac{1}{\pi}]$$

$$W_{A\to B} = GMm(\frac{1}{\pi_A} - \frac{1}{\pi_B})$$

۳ ــ هر گاه بخواهیم در میدان ثقل زمین جسمی به جرم m را از نقطه‌ای به فاصله $\pi > R$ از سطح زمین تا به بی‌نهایت دور برسانیم بنا به رابطه (۱) افزایش انرژی پتانسیل دستگاه (زمین + جسم) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$W_{\pi\to\infty} = GMm(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\infty})$$

$$W_{\pi\to\infty} = G\frac{Mm}{\pi} \qquad (۲)$$

تابعی مانند $\mu = \varphi(\pi)$ در نظر می‌گیریم و آنرا ***انرژی پتانسیل گرانشی دستگاه (زمین + جسم)*** می‌نامیم. مقدار این تابع را هنگامی که فاصله جسم تا زمین برابر π است با μ_π و هنگامی که جسم بی‌نهایت دور است با μ نشان می‌دهیم با توجه به رابطه (۲) افزایش انرژی پتانسیل گرانشی از فاصله π تا فاصله بی‌نهایت دور برابر است با:

$$\mu_\infty - \mu_\pi = G\frac{Mm}{\pi} \qquad (۳)$$

۴ ــ در رابطه (۳) هرگاه $\mu = 0$ انتخاب شود انرژی پتانسیل ثقلی دستگاه (زمین + جسم) در فاصله π به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\mu_\pi = -G\frac{Mm}{\pi}$$

از این رابطه در ابتدای این بحث سخن گفته‌ایم. ***این انتخاب*** $\mu_\infty = 0$ ***منطقی است*** زیرا در فاصله بی‌نهایت دور جسم از زمین نیروی جاذبه بین این دو صفر است و بنا به رابطه $\mu_\pi = -G\frac{Mm}{\pi}$ هنگامی که $\pi = \infty$ است $\mu_\infty = 0$ است.[۲]

۵ ــ برای اجسام بسیار دور از زمین مانند ماهواره‌ها، مناسب‌ترین (سطح انرژی پتانسیل صفر) در بی‌نهایت دور انتخاب شده است. در صورتیکه برای اجسام مجاور سطح زمین که اندازه g ثابت فرض می‌شود سطح زمین برای (سطح انرژی پتانسیل صفر)، انتخاب مناسبی است.

نکته مهم این است که انرژی پتانسیل ثقلی دستگاه (زمین + جسم) بنا به رابطه $\mu_\pi = -G\frac{Mm}{\pi}$ در هر فاصله محدود π همواره منفی است. این منفی بودن نباید عجیب به نظر برسد. دلیل منفی بودن انرژی پتانسیل ثقلی روش انتخاب (سطح انرژی پتانسیل صفر) است. هرقدر جسم به زمین نزدیکتر شود انرژی پتانسیل ثقلی دستگاه (زمین +

جسم) کاهش می‌یابد و در نتیجه انرژی پتانسیل با عدد منفی که دارای قدر مطلق بزرگتری است نشان داده می‌شود.

۶ ــ هنگامی که از «انرژی پتانسیل ثقلی جسم» سخن می‌گوییم باید بدانیم که انرژی پتانسیل ثقلی مربوط به خاصیت خود جسم به تنهایی نیست. انرژی پتانسیل ثقلی به دستگاه (زمین + جسم) تعلق دارد نه به خود جسم به تنهایی. هرگاه بخواهیم دقیق سخن بگوییم باید همواره از انرژی پتانسیل دستگاه (زمین + جسم) نام ببریم تنها هنگامی مجاز هستیم، از «انرژی پتانسیل ثقلی جسم» صحبت کنیم که در خاطر خود ادراک این معنی را بنماییم که انرژی پتانسیل ثقلی به طور تام مربوط به خاصیت خود جسم به تنهایی نیست بلکه بستگی به فاصله جسم تا مرکز زمین (یا ارتفاع آن از سطح زمین) دارد و با فرض نبودن زمین، انرژی پتانسیل ثقلی به جسم تعلق نمی‌گیرد.[5] نکته دیگر اینکه با توجه به انتخاب (سطح انرژی پتانسیل صفر) تنها افزایش یا کاهش انرژی پتانسیل ثقلی می‌تواند مفهوم فیزیکی داشته باشد.

۷ ــ از رابطه (۱) می‌توانیم به آسانی رابطه ساده $E_p = mgh$ را نتیجه میگیریم هر گاه جسمی به جرم m از سطح زمین به اندازه h به بالا برده شود به طوری که اندازه g در طول مسیر h ثابت باشد می‌توانیم بنویسیم:

$$W = GMm(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h})$$

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h} = \frac{R+h-R}{R(R+h)} = \frac{h}{R^2(1+\frac{h}{R})}$$

هرگاه $R>>h$ باشد $\frac{h}{R} \ll 1$ است می‌توان به جای $\frac{h}{R}+1$ مقدار (۱) را قرار داد و با توجه به اینکه $g = G\frac{M}{R^2}$ است نتیجه می‌شود:

$$E_p = W = GMm \times \frac{h}{R^2} = mgh$$

مراجع

۱ ــ از قبیل: نکاتی در زمینهٔ فیزیک سال چهارم متوسطه نشریه شماره ۲۴ وزارت آموزش و پرورش صفحه ۱۹ ــ مکانیک از سری کتابهای یکان صفحه ۲۵۳ ــ مکانیک از سازمان انتشارات بیهقی صفحه ۲۰۸

۲ ــ از قبیل مکانیک سازمان نوارهای درسی صفحه ۹۹ ــ مکانیک از انتشارات باستان صفحه ۳۸۸

۳ ــ مکانیک مجموعه علوم صفحه ۸۲

۴ ــ Haber ... PSSc, Physics, 1976, P. 357

۵ ــ Borowitz – Acontemporary view of Elementary physics, 1968, 1. 2 , 1

بقیه از صفحه ۴

این گروه انسان را از نظر خواسته‌ها و مطلوب‌ها نیز یک حیوان تمام عیار می‌دانند بدون کوچکترین تفاوتی از این نظر[2]. برخی دیگر تفاوت او را در جان داشتن می‌دانند یعنی معتقدند، جاندار و ذی‌حیات منحصر به انسان است، حیوانات دیگر نه احساس دارند و نه میل و نه درد و نه لذت، ماشینهایی بی جانند شبیه جاندار. تنها موجود جاندار انسان است، پس تعریف حقیقی او آن است که موجودی است جاندار[3]. دیگر اندیشمندان که انسان را تنها جاندار جهان نمی‌دانند و به امتیازات اساسی میان او و سایر جانداران قائلند هر گروهی به یکی از مختصات و امتیازات انسان توجه کرده‌اند از اینرو انسان با تعبیرها و تعریفهای مختلف و متفاوتی تعریف شده است از قبیل: حیوان ناطق، (تعقل کنند)، مطلق طلب، لایتناهی، آرمانخواه، ارزشجو، حیوان ماوراء الطبیعی، سیری نابذیر، غیرمعین، متعهد و مسئول، آینده‌نگر، آزاد و مختار، عصیانگر، اجتماعی، خواستار نظم، خواستار زیبایی، خواستار عدالت، دو چهره، عاشق، مکلف، صاحب وجدان، دو ضمیری، آفریننده و خلاق، تنها، مضطرب، عقیده پرست، ابزار ساز، ماوراء جو، تخیل آفرین، معنوی، دورازهٔ معنویت، و ... و ...

بدیهی است که هر یک از این امتیازات به جای خود صحیح است اما شاید اگر بخواهیم تعبیری بیاوریم که جامع تفاوتهای اساسی باشد همان به که از علم و ایمان یاد کنیم و بگوئیم انسان حیوانی است که با دو امتیاز «علم و ایمان» از دیگر جانداران امتیاز یافته است.

اگر انسان این است که مطهری میگوید، پس معلم انسان کیست؟ خیر و رحمت الهی بر همهٔ آنانی باد که شغل شریف معلمی را تقبل کردند و رضای خدا را طلب میکنند.

۲ ــ هابز از فلاسفهٔ معروف انگلستان چنین نظری درباره انسان دارد.

۳ ــ نظریهٔ معروف دکارت.

فیزیکدانان در گیرودار ریسمان[1]

اثر: استفان دلی‌ژرژ
ترجمهٔ: فرامرز ناصر آزاد
از مجله فرانسوی علوم و آینده ماه مه ۱۹۸۶

نظریه ابر ریسمان‌ها، در علم فیزیک نظریه نوینی است. نخستین ویژگی این نظریه جایگزینی همهٔ ذرات موجود در کائنات تنها با یک شیء با نام ریسمان است. دیگر اینکه، ریسمان در فضای ۱۰ بُعدی وجود دارد و بوسیله ریسمان‌ها تمامی نیروهای موجود داده میشوند.

موجودیت داشته باشد، یک بعدی و بینهایت کوچک است. تنها ذره به شکل ریسمان، عملی و پراتیک است. آشنائی با اسامی و خواص مجموعه کثیر ذرات مشکلاتی به همراه دارد. ریسمان به تنهائی جایگزین همه آنها می‌شود. فیزیکدانان تاکنون برای ذرات، طبقه‌بندی خاصی قائل شده‌اند. تمام آنها را به دو خانواده بزرگ تقسیم می‌کنند، فرمیونها و بوزونها. یکی دانستن ایندو را غیرممکن میدانند. فرمیونها شدیداً فردگرا هستند. آنها ماده را تشکیل می‌دهند. نمونه بارز آنها الکترونها هستند. هرگز دو الکترون در یک اتم نمی‌توانند در حالتی (کوانتائی) مشابه بسر برند. بوزونها عامل و ناقل نیروهائی هستند که بر فرمیونها حاکم‌اند. از فوتون می‌توان به عنوان یک بوزون نام برد.

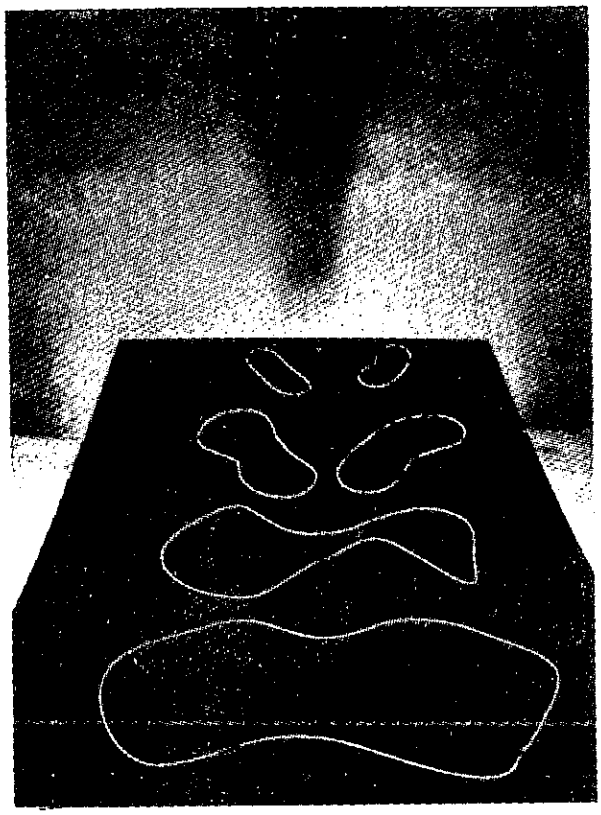
بنابر عقیده جان شوارتز[2] و مایکل گرین[3] که ازجمله پیشتازان مدل ابرریسمان‌ها هستند، فیزیک نظری دارای مخیله‌ای پیچیده و تصوراتی شگفت‌انگیز است و شاید میتوان گفت که در کمان فیزیک نظری، بیش از یک رشته زه جای می‌گیرد. بهترین گواه بر این گفته همانا ظهور نظریه ریسمان‌هاست. با بیانی دقیقتر، نظریه ابر ریسمان‌ها قصد دارد بینش ما را در زمینه ساختار ماده دگرگون سازد. مادهٔ ذره‌ای کنار گذاشته می‌شود و به جای آن، ریسمان، نخ، رشته و یا چیزی شبیه مفتول می‌نشیند. شیئی سحرانگیز و بدیع با خواصی سحرانگیزتر. ریسمان می‌تواند دو سرش باز شود، روی خودش بپیچد، تا میزان بینهایت مرتعش شود، کشیده شود، پاره شود یا پاره نشود و دو سر جدا شده آن به یکدیگر بچسبد، اما تمام این حالات در فضای ۱۰ بُعدی واقع می‌گردد. ازنظر فیزیکدانان این فضای ۱۰ بُعدی شامل ۹ بعد فضا و یک بُعد زمان است. درصورتیکه ریسمان در چنین فضائی

مایکل گرین

تئودور کالوزا

باید این نوع طبقه‌بندی را حذف کرد و آنرا با فرضیه ابرریسمانها که در آن تنها یک خانواده از ذرات پیش‌بینی شده، جایگزین نمود. انگلوساکسونها نظریهٔ ابرریسمان‌ها را «نظریه‌ای برای تمام جهان» نام نهاده‌اند، نظریه‌ای که جهان ما را به شکل واحدی تبیین می‌کند. اظهارات استیون وین برگ[۵] در مراسم یکصدمین سالگرد تولد نیلز بوهر[۶] در شهر کپنهاگ، به تاریخ اکتبر ۱۹۸۵، بیانگر اهمیت روزافزون نظریه ابرریسمانهاست: «من از تمام فعالیتهای خویش، حتی کتابهائی که قبلاً شروع به نوشتن آنها کرده بودم، دست کشیده‌ام تا اوقات خود را تنها به نظریه ابرریسمانها مصروف دارم. اما یادآور می‌شوم که ریاضیات مربوط به این نظریه بسیار پیچیده است». ضمناً علاوه بر ریاضیات، مفاهیم و تصورات نظریه ابرریسمانها نیز بس مشکل است.

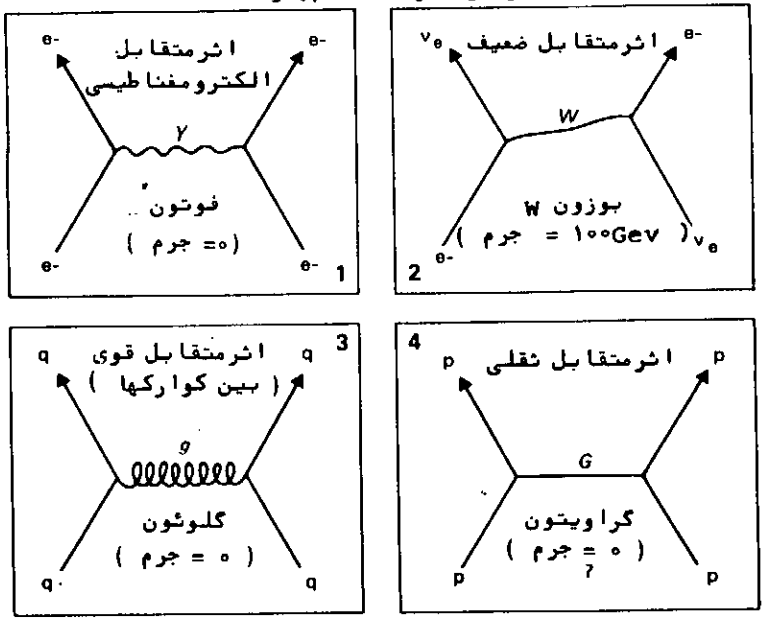
تصور و تجسم یک ذره، به‌طور غریزی ما را به سوی یک گوی بسیار کوچک و یا یک دانه با اندازه‌ای بسیار کوچک که نیروهائی آنرا به گردش و حرکت واداشته، می‌کشاند. با این گونه تصور تجسم ذهنی ما ناقص است. ازنظر یک فیزیکدان، ذره چیزی نقطه‌وار نوعی اجتماع انرژی، بدون ساختار، بدون شکل و به ویژه بدون بعد است. ریسمان از این هم انتزاعی‌تر است. به‌هر صورت ریسمان نقطه‌وار نیست بلکه دارای شکلی بسیار نازک بوده و در یک بعد بسیار طویل است. اما برای تجسم فضائی با ۹ بُعد اضافی، به عنوان قلمرو ذرات ریسمانی، بی‌شک لازم است مانند تمامی نظریات تجریدی فیزیکی، از مسیر عادی منحرف شد. بدینسان قادر خواهیم بود به ابرریسمان شکل مناسبتری را نسبت دهیم. درطی این طریق، ریسمان آریان به یاری فیزیکدانان می‌شتابد. قصد و اراده نظری و همیشگی فیزیکدانان، آنان را به این کار واداشته است. تجدید وحدت تمام نیروهائیکه (نیروهای چهارگانه) بر دنیای فیزیک حکمفرما هستند. اختلاف و تفاوت هیچگاه



برای فیزیکدانان خوشایند نبوده است. چنین وحدتی، فکر انیشتین را نیز تا واپسین روزهای عمرش به خود مشغول کرده بود. این فیزیکدان بزرگ، فضا ــ زمان را، ازلحاظ ریاضیِ در ساختاری چهاربُعدی ــ سه بُعد فضا و بُعد زمان ــ با یاری نظریه نسبیت عام، به یکدیگر مرتبط ساخت.

نخست باید از فیزیکدان جوان روس،

نمودار آشارمتقابل چهارگانه



۱ ــ دو الکترون بوسیله یک فوتون روی یکدیگر تأثیر می‌کنند. ۲ ــ نوترینو الکترونیکی و الکترون بوسیله یک بوزون W روی یکدیگر تأثیر می‌کنند. ۳ ــ برهمکنش میان دو کوارک را یک گلوئون تأمین می‌کند. ۴ ــ گراویتون، ذرهٔ واسطه فرضی، عامل ثقل است.

تئودور کالوزا[8] یاد کرد. او با انیشتین، پدر نسبیت عام، به سال ۱۹۱۹ مکاتبه داشته طی مقاله‌ای نظر خود را مبتنی بر افزایش ابعاد قبلی به ۵ بُعد اعلام کرد. او بر این اندیشه بود که دو نیروی بنیادی، یعنی نیروی گرانش که بر نسبیت عام بنا شده بود و نیروی الکترومغناطیس را وحدت بخشد. در آن زمان تنها این دو نیرو شناخته شده بودند. انیشتین در طول دو سال، در نامه‌های خود از وی خواست که انتشار این مقاله را به تعویق بیاندازد. سرانجام انیشتین به کیفیت و اهمیت این اقدام پی برد و طی نامه‌ای همکار جوان خود را در این راه تشویق نمود. مقاله کالوزا با عنوان «وحدت فیزیک» به سال ۱۹۲۱ منتشر شد. مدل کالوزا یک نقص اساسی داشت: مدل او کوانتائی نبود. پس از اندی، به سال ۱۹۲۶، فیزیکدان سوئدی، اسکارکلین[9]، سعی بر این داشت که سازگاری نتایج حاصله از تئوری کوانتائی را در فضای پنج بُعدیِ کالوزا بررسی کند.

در اینجا مساعی خود را در راه روشن کردن بُعد اضافی کالوزا به کار می‌بریم. نخست یک خط راست با طول بینهایت را درنظر بگیرید. دایره‌ای کوچک را عمود بر این خط در یک نقطه آویزان کنید. روشن است اگر این عمل را برای تمام نقاط خط راست تکرار کنیم، استوانه‌ای خواهیم داشت که طول آن نیز بینهایت است. خط و دایره که هریک دارای یک بعد هستند، شکلی با دو بعد ایجاد می‌کنند.

حال برای ساختن یک شکل چهار بعدی، بجای خط صفحه‌ای دوبعدی و بجای دایره کره‌ای دو بعدی جایگزین می‌کنیم. هریک از نقاط صفحه به یک کره وابسته است. در این ساختار که امتزاجی از صفحه و کره است، برای شناخت مکان هر نقطه لزوماً باید به چهار مختصات دسترسی داشت. دو مختصات برای صفحه و دو مختصات برای کره. این بازی کوچک هندسی به منظور بیان بعد پنجم برای ما کافیست. خط راست ساختار اولیه و صفحه ساختار دوم، مشابه فضا ــ زمان عادیی است که ما در آن بسر می‌بریم و دایره یا کره مشابه بُعد یا ابعاد اضافی تکمیل کنندهٔ فضا ــ زمانی با بیش از چهار بُعد می‌باشد. بدین سان می‌توان با اضافه کردن یک دایره به هریک از نقاط فضا و به هریک از لحظه‌های فضای چهار بعدی، به فضا ــ زمانی با پنج بعد دست یافت. بعداً شرح داده خواهد شد که چه واقعیت فیزیکی را می‌توان به چنین فضائی نسبت داد.

اما اقدامات کالوزا و کلین نتایج فوری دربرنداشت. به ویژه اینکه این نمونه، برای ذراتی مانند الکترون جرمی مبالغه‌انگیز پیش‌بینی می‌کرد.

تنها یادآور می‌شویم که امروزه تمام فرضیاتی را که در چهارچوبی کوانتائی، سعی بر متحد کردن نیروهای بنیادی در فضائی با بیش از چهار بعد دارند، فرضیات کالوزا ــ کلین می‌نامند. کالوزا در مواجهه با مشکلات وحدت نیروی الکترومغناطیس و نسبیت عام کلام زیبائی دارد: «مکانیک کوانتائی، این هیولای فیزیک مدرن، هر نظریه کلاسیک را که طبیعتاً جبری‌گرا و مکانیکی‌گراست و درپی کسب اعتبار می‌باشد، تهدید می‌کند» به راستی بر تمامی قرن بیستم، دو فرضیه، که هریک دنیای فیزیک را بنابراصول خود توصیف می‌کنند، حکمفرما است. نسبیت، اولین چهارچوب بزرگ و سرانجام و پایان همه فرضیات کلاسیک است. نسبیت در جهانی با مقیاس کلان (ماکروسکوپی) فرمانروائی می‌کند. چارچوب دوم نظریه هیولاگونه کوانتائی است و همواره شگفتیها، ابهامات و معماهائی مغایر عقاید عام درپی دارد. درحال حاضر ابهامات این فرضیه برطرف شده و می‌تواند با دقت رفتار ماده را در مقیاس اتم و زیر اتم تشریح کند. در اینجا تنها به مواردی که در رابطه با مقاله است می‌پردازیم. ابهام نخستین در رابطه با هویت دوگانه عناصر سازندهٔ اتم، هسته اتم و غیره است. این عناصر به طور تفکیک‌ناپذیر همزمان موج و ذره‌اند. دومین ابهام، که آن نیز منکوب شده ناشی از طبیعت احتمال‌گرایانه نظریهٔ کوانتائی است. در دنیای کوانتائی، برخلاف فرضیات کلاسیک که در آنها مسیر اجسام جیراً شناخته شده و معین است، شناخت دقیق موقعیت و سرعت معین اجسام در حال حرکت، امکان‌پذیر نیست. بدینسان از الکترون که حول هسته اتم می‌چرخد تنها به احتمال اینکه در منطقه‌ای از فضا میباشد دسترسی داریم.

نظریه کوانتائی، با وجود دارا بودن ظاهر عجیب، در اثر اصالت عمیق خود راهگشای مناسبی برای درک ساختار ظریف ماده محسوب می‌شود. این نظریه چارچوب بزرگی را فراهم می‌آورد (دومین چارچوب از آن نسبیت است)، و فیزیکدانان توانسته‌اند سه نیرو از چهار نیروی موجود در جهان، یعنی نیروی الکترو مغناطیس برهمکنش ضعیف و برهمکنش قوی را به آرامی در آن چهارچوب به توصیف درآورند. نیروی گرانش از موقعیت جداگانه‌ای برخوردار است. فعلاً این نیرو را کنار گذاشته و توجه خود را به سه نیروی دیگر مصروف می‌داریم.

قصد از بیان ماده، ذرات متشکله و ابرهمکنش میان آنهاست. تعداد این ذرات کثیر است. امّا همان طور که در آغاز ذکر گردید، ذرات به دو خانواده بزرگ تقسیم شده‌اند: خانواده بوزونها و خانواده فرمیونها. فرمیونها ذرات سازنده ماده محسوب شده و عمدتاً شامل ذرات حقیقتاً بنیادی هستند، آنها به دو زیر گروه تقسیم شده‌اند: لپتونها که نسبت به برهمکنش قوی حساسیت ندارند و کوارکها که هادرونها را تشکیل می‌دهند. کوارکها نسبت به برهمکنش قوی حساسند.

لپتونها شش تا هستند. الکترون، موبون[10]، تو[11] که هر سه از لحاظ الکتریکی باردارند و نوترینو همراه با دو گونه دیگر آن: نوترینوموبونی و نوترینوتوئی که هر سه از لحاظ الکتریکی خنثی می‌باشند. هادرونهای جرمدار نیز شش تا هستند. کوارکها هرگز آزاد

چهار برهمکنش بنیادی

	نیرد	شدت نسبی	مدت زمان به ثانیه	ذرات واسطه بوزونها	کنش میان بارهای مشابه	ذراتی که تحت تأثیر قرار میگیرندفرمیونها
اثر برهمکنش	بینهایت	10^{-40}	۲	گیاویتون	جاذبه	ذرات جرمدار
برهمکنش الکترومغناطیسی	بینهایت	10^{-3}	10^{-20}	فوتون	دافعه	ذرات باردار
برهمکنش ضعیف	10^{-20} متر	10^{-14} ۳/۱۰	10^{-9}	بوزونهای برداری واسطه Z° و W^{-} و W^{+}	دافعه	لپتونها کوارکها
برهمکنش قوی	10^{-17} متر	۱	10^{-23}	گلوئون	دافعه	کوارکها

ما در اینجا گراویتون را ذکر کرده‌ایم. رودن است که گراویتون یک ذره فرضی است.

ذرات و زوجهای ابر متقارن آنها

ذرات معمولی				تصویر (فرضی) این ذرات با ابر تقارن		
ذرات مسئول موجودیت برهمکنشها	قوی	گلوئون	اسپین ۱	گلوئینوها	اسپین ۱/۲	
	الکترومغناطیسی	فوتون		فوتینوها		
	ضعیف	Z° و $W^{\pm}$		وینوها و زینوها		
	گرانشی	گراویتون	اسپین ۲	گراویتینو	اسپین ۳/۲	
سازاهای ماده	لپتونها	الکترون نوترینو	اسپین ۱/۲	سلکترونها واسنوترینوها واسکوارکها	اسپین = ۰	
	کوارکها					

در نظریه ابر تقارن برای هر یک از ذرات شناخته شده ذره‌ای جدید بنام زوج که فیزیکدانان آنرا «تصویر ابر تقارن» می‌نامند پیش‌بینی می‌شود، در آنجا ذرات شناخته شده با ذرات تصویری از لحاظ اسپین و جرم متفاوتند. خواص دیگر آنها مشابه است.

و تنها نیستند و برای مثال نوترونها و یا پروتونهای اتم را تشکیل می‌دهند (در این حالت باید سه تا باشند).

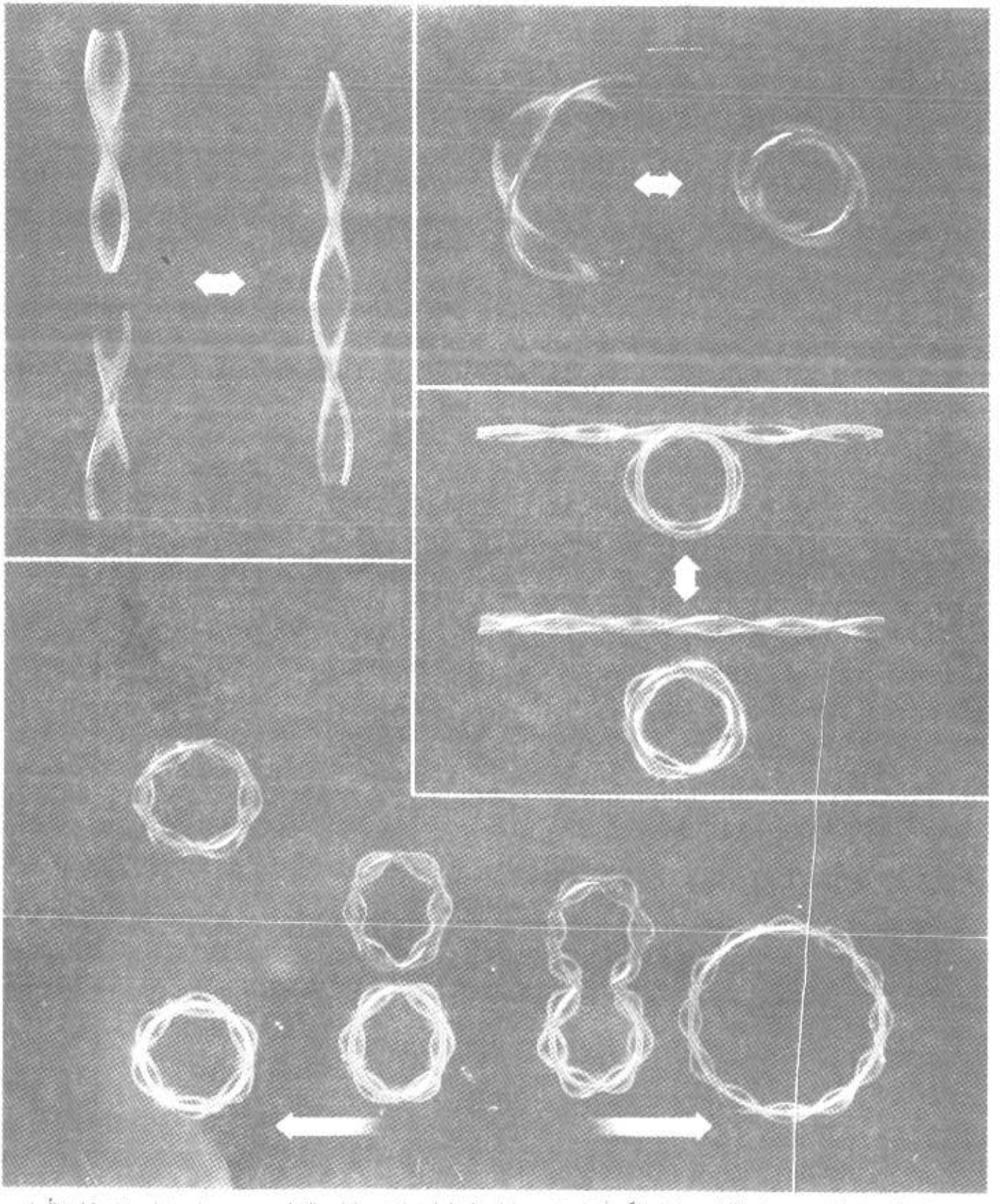
فرمیونها، برای برهمکنش بر یکدیگر لازم است بگونه‌ای دگر از ذرات تبدیل شوند که مسلماً بوزون‌ها خواهند بود.

به تعبیری بوزونها میانجی نیروهای مختلف‌اند بدین دلیل فیزیکدانها آنها را بوزونهای واسطه نام نهاده‌اند. این کوانتاهای برهمنکش نیز بی‌بُعد و بی‌شکل بوده و کاملاً نقطه‌وار هستند. بدینسان در برهمکنش الکترومغناطیسی نیرویی از روابط بین پروتون هسته یک اتم و الکترونهای پیرامونی آن برقرار است. کوانتای واسطه میان پروتون هسته اتم و الکترونِ پیرامون فوتون میباشد. بدین منوال، در مقیاسی عمیقتر گلوئونها، در ماده، عامل برهمنکش قوی‌اند که موجب تجمع کوارکها شده و به عنوان مثال تشکیل یک پروتون می‌دهند.

حال به ریسمان باز میگردیم، ریسمانی که ما را به تجدید وحدت راهبری کرده و بر تمامی فیزیک مدرن پرتو افکنده است. باید یادآور شد که در اواخر سالهای ۱۹۶۰، برخی از نظریه‌پردازان مساعی خود را در راه تبیین برهمکنش قوی که باعث همبستگی هسته‌های اتم میگردد، بکار برده‌اند. در آن زمان برای اولین بار این عقیده مطرح شد که برهمکنش قوی بین ذرات نقطه‌وار ایجاد نشده، بلکه میان ذرات رشته‌سان، با یک بُعد فضائی پدید می‌آید. این پیش درآمد، که در آن ذره به شکلی ریسمان‌گونه تبدیل می‌شود، ریسمانی که در دو سرش خواصی مانند اسپین نهفته است، در اینجا خاتمه نیافت. در آن دوره تجسم موجودیت اجسام ده بُعدی به هیچوجه مطرح نبود. بنابر این ریسمانها را کلاف کرده و در قفسه‌های فرضیات نظری بایگانی نمودند.

به طور کلی، گرایش به وحدت بخشی نیروها از نظریات کالوزا ــ کلین سرچشمه نمی‌گیرد. به برکت نظریاتی با نام نظریات «پیمانه» نتایجی به دست آمد. در نظریات پیمانه، گونه‌ای نوین از اصل تقارن به کار می‌رود. این نظریات، در سالهای ۱۹۵۰ به منظور تبیین برهمکنش قوی مطرح شده، اما مانند نظریه ریسمانها بایگانی شده بودند.

نخستین وحدت، موفق، میان برهمنکش الکترو مغناطیسی و برهمکنش ضعیف، برقرار شد. در مراحل اولیه، وحدت میان این دو نیرو بعید به نظر می‌رسید، زیرا خواص آنها بسیار متفاوت بود. به عنوان مثال، بُرد نیروی اولی بینهایت است در صورتیکه بُرد نیروی دوم بسیار کوتاه می‌باشد. با وجود این، دارا بودن شباهتهائی از لحاظ ریاضی، آنها را به یکدیگر نزدیک ساخت. در اواخر سالهای ۱۹۶۰، سه نظریه‌پرداز به نامهای وینبرگ[۱۲]، گلاشو[۱۳]،



در مدل فیزیکی ریسمانها، ذرات وجود ندارند. بلکه این ریسمانها جایگزین آنها می‌شوند. ریسمانها می‌توانند باز یا بسته باشند. ریسمانها در حالت باز دو سر خود حاوی خواص مشخصه ذرات، مثلاً بار الکتریکی هستند. دو ریسمان می‌توانند به یکدیگر جوش خورده و تشکیل یک ریسمان بدهند. یک ریسمان می‌تواند روی خود بسته شود. در این حالت ریسمان معرف یک گراویتون، ذرهٔ واسطه نیروی گرانش است. دو ریسمان بسته می‌توانند با یکدیگر ادغام شده و تشکیل یک ریسمان را بدهند. آرایشهای مختلف ریسمانها برهمکنش‌ها را بیان می‌کنند.

سالام[14] ادعا بر موجودیت سه ذره جدید نمودند. سه ذره بوزونهای W^+، W^- و Z^0 ناقل برهمکنش جدیدی به نام الکترو ضعیف هستند. این ترکیبی از دو برهمکنش قبلی است. در سال ۱۹۸۳، سه ذره مزبور در اثر برخورد پروتون و ضد پروتون (پاد پروتون) که بوسیله شتاب‌دهنده در مرکز هسته‌ای CERN در شهر ژنو با انرژی متعادل GEV ۱۰۰ شتاب داده شده بودند، تولید این رویداد موفقیت بزرگی برای علم فیزیک، در نیمه دوم قرن بیستم محسوب گردید.

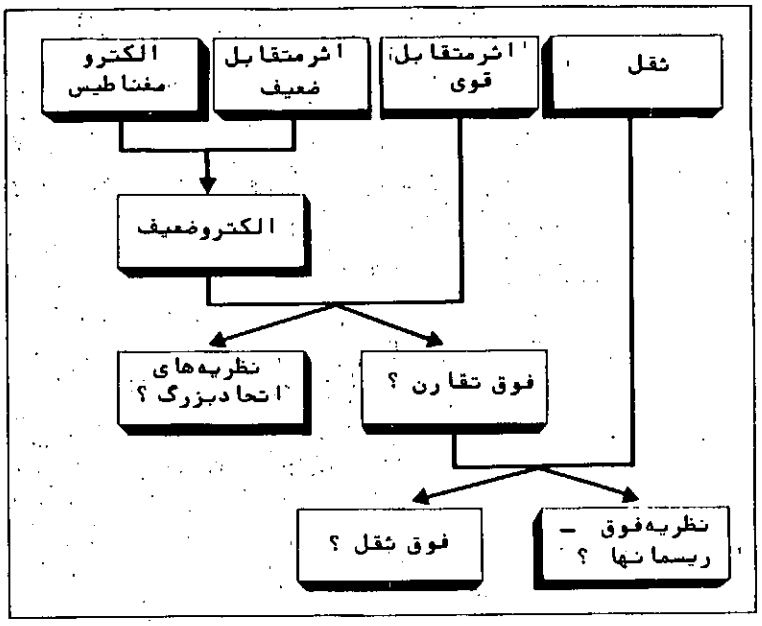
دومین اقدام برای وحدت که تمامی علم فیزیک را در بر می‌گرفت سعی بر این داشت که برهمکنشهای قوی و الکترو ضعیف را در یک نیروی واحد ادغام کند. فیزیکدانان آنرا «وحدت بزرگ» نظریه‌هایی‌که همان را توجیه میکند یگانگی‌های بزرگ میگویند. ورود به نظریه‌های پیچیدهٔ این ترکیب از حوصله بحث ما خارج است. تنها متذکر شویم که مقدار انرژی لازم برای دستیابی به وحدت این سه برهمکنش Gev [15] ۱۰ است. رقمی بس عظیم! یک میلیون میلیارد Gev با مقدار انرژی که جهان در لحظات اولیه ایجاد خود با آن مواجه بوده است. روشن است که با هیچ دستگاهی نمی‌توان به این مقدار انرژی دست یافت. جهان در چنین مرحله‌ای از تاریخ خود، علاوه بر نیروی گرانشی تنها با یک نیروی واحد مواجه بوده و آن نیرو، پس از رویدادی که نظریه‌پردازان «گسل خود به خودی متقارن می‌نامند»، به سه نیروی فعلی تقسیم شده است.

بوزونها، یعنی میانجیهای این نیرو کدامست؟ آنها را X و Y نام نهاده‌اند و نشر یا جذب یکی از آندو موجب تبدیل شگفت‌آور یک کوارگ به یک لپتون می‌شود. تنها آزمون تجربی که در حال حاضر نظریه‌های وحدت بزرگ را توجیه می‌کند، از تلاشی خود به خودی پروتون است. این ذره قبلاً پایدار محسوب می‌شد، اما در چارچوب نظری اخیر نباید پایدار باشد. آزمایشهای وسیعی به منظور مشاهده تلاشی پروتون در دست اقدام است، اما تاکنون هیچیک به نتیجه مطلوب نرسیده است. معهذا به کمال و ارزش نظریه وحدت بزرگ خدشه‌ای وارد نشده است. نظریه وحدت بزرگ باب ارتباط میان سه برهمکنش را گشوده و بویژه تعاریف شورانگیزی در کیهان‌شناسی برای درک بهتر وقایعی که در لحظات بلافاصله بعد از مهبانگ (نظریه انفجار بزرگ) رخ داده، عرضه می‌دارد.

ما قبلاً یادآوری کردیم که نظریه‌پردازان انسانهای خیال‌پردازی هستند. آنچه از نظر شما گذراندیم خود شاهدی بر این مدّعا بود. اکنون وقت آن رسیده که به قلمرو برترین، یعنی فوق تقارن وارد شویم. با ابر تقارن نیز می‌توان برهمکنشهای غیر متجانس را به یکدیگر مربوط ساخت. نخست باید به مفهوم تقارن که در تمامی علم فیزیک به طور اعم و در فیزیک ذره‌ای به طور اخص نقش بنیادین دارد، بپردازیم. فیزیکدانها، در نظریاتی که مثلاً برهمکنش ضعیف را به شرح و بسط درمی‌آورد، از تقارن «پیمانه» نام می‌برند. این تقارن با مکانیسم فیزیکی بسیار جالب خود، قادر است میان دو ذره‌ای که بهم ارتباط می‌دهد، جهش و دگرگونی ایجاد کند.

بدینسان در همان برهمکنش الکترو ضعیف، یک نوترینو می‌تواند با جذب یک بوزون W، به الکترون تبدیل شود. فیزیکدانها با الهام از این تقارن، به گونه‌ای جدید به نام ابر تقارن دست یافته‌اند. ابر تقارن این بار ذرات با اسپین متفاوت را به یکدیگر ربط می‌دهد. اسپین یک خاصیت چرخشی داخلی است. ابر تقارن به مثابه یک «پل»، بوزون، فوتون، گلوئون، W^+ و Z^0 را به فرمیونها یعنی ذرات تشکیل دهنده ماده، مرتبط می‌سازد. واژه «پل»

نمودار خلاصه‌شده اتحاد نیروها



ما در این نمودار، اتحادهای پی در پی را گرد آورده‌ایم.

تنها اتحادی که تاکنون به اثبات رسیده، اتحاد الکترو ضعیف است که الکترو مغناطیس و برهمکنش ضعیف را متحد نموده، بوزونهای W^+، W^-، Z^0 که به سال ۱۹۸۳ در مرکز CERN تولید شدند، دلیل تجربی این اتحاد است. سایر اتحادها هنوز به صورت فرضیه هستند.

همان مکانیسمی نظری است که موجب دگرگونی شگفت میشود. با این ابر تقارن می‌توان از یکی از این برادران متخاصم به دیگری رسید.

همچنین، در جهان ابر تقارن، برای هر یک از ذراتی که ما می‌شناسیم، ذرهٔ دیگری تحت عنوان تصویر ذره اولی وجود دارد. این ذرات تشکیل خانواده فرضی زینوس[15] را می‌دهند. هنوز باید تا ظهور فوتینو، زوج ابر متقارنِ فوتون، وینو، تصویرِ W، گلوئینو برای گلوئون و نیز سلکترون برای الکترون و یا اسکوارک برای کوارک انتظار کشید. لازم به تذکر است که ابر تقارن، انبساط فضای عادی را به طرز ویژه‌ای برمی‌انگیزد. ما انتخاب نام آن فضا را بر عهده شما می‌گذاریم..... بله آن نیز ابر فضاست. در حال حاضر پژوهشگران این ذرات را، که نامهای نامأنوس دارند، در دستگاه‌های شتاب‌دهندها جستجو می‌کنند.

ما تاکنون از نیروی گرانش، چهارمین و آخرین نیرو صحبتی به میان نیاوردیم. این نیرو را باید در چارچوب نظری دیگری، یعنی نسبیت، به جمع نیروهای دیگر افزود. با به میان آوردن این نیرو، همه چیز به شکل دهشتناکی پیچیده‌تر جلوه می‌کند. در حالیکه نظریه کوانتائی توانسته است خواسته‌های نسبیت را فراهم آورد، اما نظریه نسبیت همواره در مقابل کوانتائی شدن سرکشی می‌کند. در حالیکه، مثلاً، در اولین لحظات ایجاد جهان، یعنی تنها 10^{-43} ثانیه بعد از مهبانگ (Big-Bang)، لحظاتی که نام فیزیکدان شهیر پلانک را با خود همراه دارد و طولها به طور باورنکردنی کوچکند، 10^{-33} سانتیمتر، در آنجا آثار کوانتائی بر نیروی گرانشی حکمفرماست و فضا و زمان، معمّا گونه جلوه می‌کنند. مثلاً فضا دارای انحناء شدیدی می‌شود. تلاشهای فراوانی در راه کوانتائی کردن نیروی گرانشی به عمل آمده است. در این زمینه می‌توان از نظریه ابر گرانش که نسبیت عام و ابر تقارن را به یکدیگر مرتبط می‌سازد، نام برد.

ما اکنون در قلمرو ابر نظریهٔ وحدت بزرگ گام برمی‌داریم. مدلهای کالوزا ــ کلین و ابعاد اضافی آن یک بار دیگر مطرح می‌گردند. در فضایی که بیشترین تلاش به عمل آمده، مدل یازده بعدی است. این بیشترین ابعادی است که در آن فوق ثقل موجودیت می‌یابد. جهان ابر گرانش با ده بعد فضایی و یک بعد زمانی، بسیار شگفت‌انگیز است. ما با ساده‌نگری جهان را چهار بُعدی ــ سه بُعد فضا و یک بُعد زمان ــ مشاهده می‌کنیم. اما چرا جهان ده بعدی؟ بنابر عقیده نظریه‌پردازان، این ده بعد می‌تواند موجودیت داشته باشد، اما ساختار فضا ــ زمان، آنجا که آثار نظریه‌های کوانتائی و نسبیت مخلوط می‌شود، چنان روی خود انحناء پیدا کرده و در خود پیچیده، که هر چیز قصد خروج از آنرا دارد، بلافاصله به آن باز می‌گردد. برای درک بهتر موضوع میتوانیم، به ساختار نخستین خود، یعنی آن دوایر کوچکی که به هر یک از نقاط یک خط بستگی دارد باز گردیم. اگر آن دوایر را بسیار کوچک فرض کنیم، بیننده آنرا تنها یک خط می‌بیند. بدینسان، در انرژی‌های کوچک که ما را احاطه کرده‌اند، این ابعاد اضافی در هم ادغام شده و در انتها در خود فرو رفته‌اند. آنها ابعاد مخفی‌اند، وجود دارند اما، قابل مشاهده نیستند.

اشکال اساسی، ناشی از کوانتایی کردن نیروی گرانشی، مقادیر بینهایت است که بی‌تردید در محاسبات ظاهر می‌شوند. قبلاً گفته شد که نظریه کوانتائی احتمال‌گرا است. احتمالاتی که موجب برخورد بین نظرپردازانی که در ابر گرانش کار می‌کنند، احتمالات در بینهایت است. احتمالات در بی‌نهایت بطور مطلق دارای معنی نمیباشد. یک احتمال تنها میتواند بین صفر و یک تغییر کند. خلاصه اینکه نظریه ابر گرانش قابل بصورت متعارف درآوردن نیست. جمله بصورت متعارف درآوردن «راژه‌ای فنی از محاسبات ریاضی است که برای حذف برخی عوامل در یک عبارت بکار میرود. در اینجا حذف بینهایت مورد نظر است.

مشکلات دیگری که در پیشروی پروژه‌های وحدت بزرگ برای فیزیک‌دانان موجود است «بی‌ترتیبی‌ها[18]» نام دارد، این مشکلات بویژه در نظریه‌های برهمکنش ظاهر می‌شوند.

در دهه ۱۹۷۰، تعدادی از فیزیکدانان، مجدداً مدل کالوزا ــ کلین را مطرح ساختند. دو فیزیکدان و نظریه‌پرداز، جان شوارتز و ژوئل شرک[16] قصد بر این داشتند. در سال ۱۹۷۴ اعلام کردند: اگر مدل ریسمانها نمیتوانند مفسر برهمکنش قوی باشند، شاید بتوان از آن به منظور وحدت نیروی گرانش با برهمکنشهای دیگر استفاده کرد. به سال ۱۹۷۶ شرک و اوژن کرمر[17]، استادان دانشسرایعالی پاریس، مجدداً روی مدل کالوزا ــ کلین کار کردند، آنها برای کاهش ابعاد این مدل، از ده بُعد به چهار بعد معمول، در راه تفسیر مدل ریسمانها تلاش می‌کردند. اشتراک و ادغام گونهٔ جدید مدل ریسمانها، حاوی اصول ابر تقارن (رابط بوزونها و فرمیونها)، که در آن زمان به شرح و بسط درآمده بود با نظریه ابر گرانش یازده بعدی، به اوج خود رسید.

این بار ریسمانها کلاً کنار گذاشته نشدند، بلکه قسمتی از تحقیقات به آنها اختصاص داده شد. تا اینکه، در سال ۱۹۸۴، پژوهشهای جان شوارتز و مایکل گرین مجدداً نظریه ریسمانها را مطرح کرد. این بار، مدل شوارتز و گرین، به یک دلیل اساسی توجه‌ها را بیش از پیش به خود جلب نمود. در این مدل، «بی‌ترتیبی‌ها»، که در مدلهای پیشین موجب ناپایداریهای منطقی می‌شد از میان برداشته شده بودند. اوژن کرامر اظهار می‌دارد: «هر چند که مشکل اساسی در مسیر دستیابی به نظریه «وحدت بزرگ» ناشی از بی‌ترتیبی‌ها نیست، اما ما معتقدیم که با مدل ریسمانها به نتایج دلخواه خواهیم رسید. این امر با در اختیار داشتن پیشگوئیهای جالب توجه، عملی می‌شود. تنها پیشگوئی در دسترس ما، تلاشی پروتون است. ضمناً به نظر می‌آید که

نظریه ریسمانها قادر است از مشکلاتی که بر نظریه ابر گرانش سنگینی می‌کند بکاهد». بنابراین، اولین مشخصه مدلهای ابر ــ ریسمانها، دارا بودن فضاهای بیش از چهار بعد است. فضایی دقیقاً با ۱۰ بعد. اوژن کرامر می‌افزاید:

«این امر، از لحاظ مفهوم، مشکلی برای فیزیکدانان ایجاد نمی‌کند». مسئله هنگامی پیش می‌آید که بخواهیم با عمل «تراکم»، از ده بُعد لازم برای نظریه ریسمانها شروع کرده و مجدداً خود را در فضای چهار بعدی باز یابیم. در آن صورت هر یک از این فضاهای «کوچک» متراکم، از لحاظ تجربی و عملی قابل آشکارسازی نخواهند بود.

مشخصه اساسی فوق ریسمانها مربوط به تک بعدی بودن آنهاست. در این مدل ذرات دیگر نقطه‌وار نبوده بلکه، به شکل رشته‌ای جهت‌دار هستند. حال دیگر همه چیز به تک‌تک نقاط ریسمان وابستگی پیدا می‌کند.

هر کدام از این ریسمانها می‌تواند حالات برانگیختگی متعددی اتخاذ کند. هر یک از حالات برانگیختگی در رابطه با یکی از ذرات است. ذرات موجود در جهان ما، حالتهای پائین و پست ابر ریسمانهاست. مثلاً، الکترون به ذراتی بسیار کم جرم مربوط می‌شود. خلاصه ریسمان معرف بینهایت ذره است. ریسمان، مانند زه یک‌ساز، می‌تواند بنیادین و چندین حالت برانگیخته را اتخاذ کند. هر یک از این حالات برانگیختگی، به گونه‌ای ذره مربوط است. دو سر ریسمان می‌توانند یکدیگر را قطع کرده و در هم شکنند. از سوی دیگر، یک ریسمان می‌تواند خود به خود به دو تکه تقسیم شود. آن دو تکه نیز می‌توانند به نوبه خود با هم یکی شوند. متذکر می‌شویم، برخلاف نظریه‌های میدانی که در آنها برهمکنش میان دو ذره با جذب و دفع یک بوزون برقرار می‌گردد، این امر در فرآیند ریسمانها، با گسیختگی و جوش خوردن سرهای ریسمانها حاصل می‌شود. برهمکنش همانا تبادل ریسمانهاست و بازی با ریسمانها ما را قادر می‌سازد که به همه برهمکنشهای شناخته شده دست یابیم ــ به ویژه نیروی گرانش، این نیروی عزیز و گرامی که به سه همنوع دیگر خود نپیوسته، و انتظار ما را به پایان نمی‌رساند. بدینسان در نظریه فوق ریسمانها، ریسمان خم شده، دو سر آن به یکدیگر جوش خورده و ذره‌ای با نام گراویتون به جود می‌آورد. گراویتون همان بوزون بر همکنش گرانشی است.

در اینجا ما از شرح و بسط بیشتر ابر ریسمانها خودداری می‌کنیم، باید متذکر شد که وجه امتیاز اصلی این نظریه، ساده‌سازی و جایگزینی تمام ذرات با یک ذره ریسمان گونه است. اما پیچیدگی دهشتناک در محاسبات از جمله عیوب آن می‌باشد. به عنوان مثال، در نظریه‌های پیشین تنها ۱۲ گونه ذره ناقل یا واسطه نیروها وجود داشت. در نظریه ریسمانها تعداد آنها به ۴۹۶ ذره افزایش می‌یابد. اوژن کرامر می‌گوید: «برای کوانتائی کردن نیروی گرانشی باید این تاوان را قبول کرد». فیزیکدانها باید همچنین تدابیری به منظور مقابله با دو گروه تقارن، به نامهای (۳۲) SO و $E_8 \times E_8$ بیاندیشند. گروه اول، فضایی با ۳۲ بعد داخلی را به کار می‌گیرد. این بزرگترین گروهی است که تاکنون برای نظریه وحدت بزرگ بکار برده شده است.

این طور به نظر می‌رسد که نظریه‌پردازان علم فیزیک و ریاضیدانان را هنوز تحقیقات وسیعی در انتظار است. معهذا آرامش چشمگیری در آزمایشگاههای فیزیک و دانشگاههای ذیربط حکمفرماست.

در خاتمه متذکر می‌شویم، همانطور که انتظار می‌رفت، نظریه ریسمانها در زمینه کیهانشناسی نیز ثمراتی به بار آورده است. نظریه ریسمانها جهانی سایه مانند (Shadowworld) را که به موازات با جهان ما موجودیت داشته و در گسترش ابعاد اضافی به سر می‌برد پیش‌بینی می‌کند. جهانی شبَه‌گونه در امتزاج با جهان ما، با خورشیدها، سیارات و کهکشانهای خود. جهانی که بر ریسمان مستقر است.

زیرنویسها

۱ ــ Cordes، به فرانسه
به انگلیسی Strings
۲ ــ John Schwartg
۳ ــ Michael Green
۴ ــ Theory for every thing
۵ ــ Steven Weinberg
۶ ــ Niels Bohr
۸ ــ Theodor Kaluza
۹ ــ Oskar Klein
۱۰ ــ muon
۱۱ ــ tau
۱۲ ــ S. Weinberg
۱۳ ــ S. Glashow
۱۴ ــ A. Salam
۱۵ ــ Zions
۱۶ ــ Joël Scherk
۱۷ ــ Eugène Cremmer
۱۸ ــ anomalies

ابن هیثم

ابن هَیثَم، ابوعلی حسن‌بن حسن بصری (یا مصری)، به لاتینی الهازن (Alhazen)، که صورت لاتینی شدهٔ حسن است. (تولد: ۹۶/۳۵۴؛ وفات: قاهره، حدود ۱۰۴۰/۴۳۰)، نورشناسی، نجوم، ریاضیات.

دربارهٔ زندگی ابن هیثم چند روایت مختلف داریم که گاه با هم نمی‌خوانند، و اغلب از قرن ششم ــ هفتم/سیزدهم به دست ما رسیده‌اند. قفطی (وفات: ۱۲۴۸/۶۴۶) سفر ابن هیثم را از عراق به مصر فاطمی، در دورهٔ خلافت الحاکم بِأمرالله (۳۸۶ ــ ۹۹۶/۴۱۱ ــ ۱۰۲۱)، بتفصیل روایت می‌کند. این خلیفه که منجم بزرگ ابن یونس (وفات: ۱۰۰۹/۳۹۹) در دربارش به سر می‌برد، کتابخانه‌ای به نام دارالعلم بنا کرده بود که در شهرت از سلف خود، بیت‌الحکمهٔ بغداد (که در زمان خلافت مأمون، ۱۹۸ ــ ۸۱۳/۲۱۸ ــ ۸۳۳ شکوفان بود)، کمتر نبود. ابن هیثم مدعی شده بود که می‌تواند با تعبیهٔ ساختمانی بر روی رود نیل جریان آب آن رود را تنظیم کند، و خلیفه که تحت تأثیر این ادعا قرار گرفته بود از او، که هم درآن زمان ریاضیدانی نام‌آور بود، دعوت کرد که به مصر برود؛ و بنزای اینکه احترام خود را به او نشان بدهد تا دهکده‌ای در بیرون قاهره، به نام خَندَق، به استقبال او رفت.

به گفتهٔ قفطی، ابن هیثم مدتی بعد در رأس هیئتی از مهندسان به مرز جنوبی مصر، که گمان می‌کرد آب نیل در آنجا از سرزمینهای مرتفع به مصر وارد می‌شود، سفر کرد. اما پیش از آنکه به مقصد برسد، کم‌کم اعتقادش به نقشه‌هایی که داشت سست شد، زیرا با مشاهدهٔ ساختمانهای کهنی که بر ساحل نیل می‌دید، و در طرح و اجرا هیچ نقصی نداشت، دریافت که اگر نقشهٔ او عملی بود حتماً سازندگان این ساختمانهای شگفت‌آور بدان کار اقدام می‌کردند؛ و هنگامی که پی برد وضع سرزمین جَنادِل در جنوب اسوان با تصورات او وفق نمی‌دهد، تردیدهایش به یقین مبدل شد. این بود که نزد حاکم با یأس و شرم به شکست خود اعتراف کرد و خلیفه او را به یک سمت دیوانی گماشت. ابن هیثم نخشت این شغل را از روی ترس پذیرفت، اما چون خود را از خشم خلیفهٔ خون‌آشام و متلون المزاج در امان نمی‌دید، تظاهر به دیوانگی کرد و از این رو تا مرگ حاکم خانه‌نشین بود. سپس از دیوانه‌نمایی دست برداشت، در نزدیکی مسجد الازهر اقامت گزید، اموالش را که به امر حاکم مصادره شده بود پس گرفت، و باقی عمر خود را به تألیف و استنساخ متون علمی و تدریس سپری کرد.

قفطی حرفهایی را که از دوستش یوسف فاسی (وفات: ۱۲۲۷/۶۲۴) شنیده است در ذیل این روایت می‌آورد. این یوسف، پزشکی یهودی از اهل شمال آفریقا بود، که مدت کوتاهی در قاهره با ابن میمون کار کرده بود و سپس ساکن حلب شده بود [۱]. یوسف فاسی «شنیده بوده است» که ابن هیثم در دوران اخیر زندگی خود با درآمد سالانه‌ای که از استنساخ اصول اقلیدس و مجسطی بطلمیوس و «کتب متوسطات» [۲] داشت (و مقدار آن ۱۵۰ دینار مصری بود) گذران می‌کرد؛ و بر همین حال می‌زیست تا «در [فی حدود] [۳] سال ۴۳۰ (۱۰۳۸ ــ ۱۰۳۹)، یا اندکی پس از آن [او بعده بِقَلیل]» درگذشت. قفطی درست پس از نقل گفتهٔ یوسف فاسی عبارتی می‌آورد که باید از خود او باشد، بدین مضمون که کتابی در هندسه به خط ابن هیثم در اختیار دارد که تاریخ تحریر آن ۴۳۲ (۱۰۴۰ ــ ۱۰۴۱) است.

علی‌بن زید بیهقی حکایت قدیمی‌تری از سفر ابن هیثم به مصر نقل می‌کند [۴] و می‌گوید که ریاضیدان [ابن هیثم] خلیفه را فقط یک بار بیرون قهوه‌خانه‌ای در قاهره دید، که دیداری بود کوتاه و بدفرجام. خلیفه که بر خری سیمین لگام سوار بود رساله‌ای را که ابن هیثم دربارهٔ طرح نیل تألیف کرده بود وارسی می‌کرد و مؤلف رساله بر چهارپایه‌ای (دکانی) پیش روی او ایستاده بود. خلیفه طرح ابن هیثم را نشدنی و پر هزینه خواند و دستور داد که چهارپایه را از بین ببرند و خود از آنجا دور شد. ابن هیثم، که بر جان خویش بیمناک بود، در تاریکی شب از آن سرزمین گریخت و به شام رفت و در آنجا بعدها خود را تحت حمایت حاکمی نیک نفس درآورد. اما این داستان، با همهٔ آب و رنگش، اعتباری ندارد؛ زیرا شواهد دیگر آن را تأیید نمی‌کنند. مثلاً قاضی صاعد اندلسی (وفات: ۱۰۷۰/۴۶۲) از قاضی به نام عبدالرحمان بن عیسی، که معاصر او بوده است، نقل می‌کند که ابن هیثم را در سال ۴۳۰، یعنی در اواخر عمرش، در مصر دیده است.

ابن ابی اصیبعه (وفات: ۱۲۷۰/۶۶۸) نام ابن هیثم را محمدبن حسن (نه حسن‌بن حسن) ذکر می‌کند، و داستان قفطی را (که یکجا و فقط با حذف عبارت اخیر دربارهٔ نسخهٔ دستنوشت ابن هیثم نقل می‌کند) به روایت دیگری پیوند می‌دهد که از عَلَم‌الدین قیصربن

ابی‌القاسم‌بن مُسافر شینده بوده است. این علم‌الدین ریاضیدانی مصری بود که در شام اقامت داشت و به سال ۱۲۵۱/۶۴۹ در دمشق درگذشت [۵]. به گفتهٔ او، ابن هیثم در آغاز در بصره و توابع آن مقام وزارت داشت، اما چون سخت مشتاق بود که زندگی خود را یکسره وقف علم و تحقیق کند خود را به دیوانگی زد، تا سرانجام از این شغل معاف شد. پس از آن به مصر رفت و در آنجا باقی زندگی خود را در مسجد الازهر گذراند و زندگی خود را با فروش نسخه‌هایی که همه ساله از اصول اقلیدس و مجسطی بطلمیوس برمی‌داشت، می‌گذراند. در این مورد باید افزود که از عنوان یکی از آثار او (شمارهٔ II ۱۳) ظاهراً چنین برمی‌آید که به سال ۱۰۲۷/۴۱۸، شش سال پس از مرگ الحاکم بامرالله، در بغداد بوده است [۶].

متأسفانه زندگینامه‌ای که خود ابن هیثم نوشته، و ابن ابی اصیبعه از دستنویسی به خط خود او نقل می‌کند، به روشن کردن این روایات مختلف کمک نمی‌کند. این رساله که در اواخر سال ۱۰۲۸/۴۱۷، یعنی در شصت‌وسه سالگی مؤلف، نوشته شده و آشکارا از فی‌مایَعْتَقِدُهُ رَأیاً [۷] جالینوس متأثر است، سیاهه‌ای از آثار ابن هیثم را تا آن تاریخ شامل است، اما صحبتش دربارهٔ تحولات فکری او بسیار کلی است.

چنانکه ابن ابی اصیبعه نقل می‌کند، ابن هیثم چون در جوانی به تعمق دربارهٔ اعتقادات متباین فرق دینی و پایبندی شدید هر فرقه به آرای خود پرداخت دربارهٔ همهٔ آنها دچار تردید شد و معتقد شد که حقیقت یکی است. چون سنش بیشتر شد و آمادگی درک مسائل فکری را یافت تصمیم گرفت که به عامهٔ مردم پشت کند و زندگی خود را وقف تحری حقیقت، که ارزشمندترین دارایی اینجهانی و مطمئن‌ترین راه جلب خشنودی الهی است، بنماید؛ و این تصمیم را با نقل عبارت جالینوس در فی‌حیلة البُرء [۸] به «بخت بلند، یا الهام الهی، یا نوعی جنون» منسوب می‌کند. وی که از تفحص در علوم دینی طرفی نبسته است سرانجام اعتقاد می‌یابد که حقیقت را فقط در تعالیمی می‌توان جستجو کرد که «مادهٔ آنها محسوس و صورت آنها معقول است» و مثال بارز این گونه تعالیم را در آثار ارسطو (که در اینجا مجملی از آن آثار را بیان می‌کند) و علوم حکمی ریاضیات و طبیعیات و مابعدالطبیعه می‌یابد؛ و برای آنکه نشان دهد به تصمیم خود پایبند مانده است، سیاهه‌ای از نوشته‌های خود را تا تاریخ آخر ذیحجهٔ ۱۰/۴۱۷ فوریهٔ ۱۰۲۷ فراهم می‌آورد که شامل بیست و پنج عنوان در موضوعات ریاضی (سیاههٔ I آ) و چهل و پنج عنوان در طبیعیات و مابعدالطبیعه (سیاههٔ I ب) است.

ابن ابی اصیبعه دو سیاههٔ دیگر از آثار ابن‌هیثم نقل می‌کند که ما به II و III نشان می‌دهیم. سیاههٔ II که به پیوست سیاههٔ I و به خط خود ابن‌هیثم به دست ابن ابی اصیبعه رسیده، شامل عنوان بیست و یک اثر است که بین آخر ذیحجهٔ ۱۰/۴۱۷ فوریهٔ ۱۰۲۷ و آخر جمادی‌الاخر ۲۵/۴۱۹ ژوئیه ۱۰۲۸ تألیف شده است. ابن ابی اصیبعه نمی‌گوید که آیا سیاههٔ III را هم از نسخه‌ای به خط خود ابن هیثم استنساخ کرده است یا نه، فقط می‌گوید که این «فهرست»ی است از آثار ابن‌هیثم تا پایان سال ۲/۴۲۹ اکتبر ۱۰۳۸، که به دست او رسیده است. به هر حال، ذکر دو نکته در بارهٔ فهرست اخیر لازم است: این فهرست که شامل نود و دو اثر است، همهٔ شصت و نه اثری را که قفطی به ابن هیثم نسبت می‌دهد، به استثنای دو اثر، در بر دارد؛ و همهٔ آثار موجود ابن هیثم (که شمارشان دست کم پنجاه و پنج اثر است)، باز هم به استثنای چند مورد معدود، در آن ذکر شده‌اند. همچنین باید گفت که تقریباً در همهٔ مواردی که می‌توان تاریخ تألیف آثاری را از روی ارجاعاتی که در آثار ابن هیثم به یکدیگر شده است پیدا کرد، ترتیب این آثار در سیاههٔ III با ترتیب زمانی تألیف آنها یکی است. مثلاً III ۲ پیش از III ۵۳ تألیف شده؛ III ۳ پیش از III ۳۶، III ۴۹، III ۶۰، III ۷۷، III ۸۰، III ۲۰ پیش از III ۲۱؛ III۲۵ پیش از III ۳۱؛ III ۲۶ پیش از III ۳۸ و III ۶۸؛ III ۴۲ پیش از III ۴۷؛ III ۵۳ پیش از III ۵۴؛ III ۶۱ پیش از III ۶۳؛ III ۶۳ پیش از III ۶۴؛ و III ۶۶پیش از III ۷۷ نوشته شده است. بااین حال،تاریخ‌تألیف III ۱۷ مقدم بر III ۱۶ است (ر. ک. کتابشناسی).

از جملهٔ موضوعات آثار ابن هیثم، منطق و اخلاق و شعر و موسیقی و کلام را می‌توان نام برد، اما هیچ یک از این آثار و نیز خلاصه‌هایی که از آثار ارسطو و جالینوس ترتیب داده بوده، برجای نمانده است. آثاری که از او باقی مانده همه‌در زمینه‌هایی‌است که وی‌به داشتن‌سهم‌مهمی‌درآنهانامبرداراست؛یعنی‌نورشناسی‌ونجوم وریاضیات.

نورشناسی: نظریهٔ نور. نظریهٔ ابن هیثم در بارهٔ نور نه با هیچ یک از نظریه‌هایی که پیش از او در دوران باستان یا در اسلام وجود داشته یکی است، و نه مستقیماً از نظریه‌های پیشینیان اقتباس شده است. بدیهی است که در نظریهٔ او اجزایی از نظریه‌های قبلی با هم ترکیب شده‌اند ــ و از این بابت دین او به بطلمیوس پیش از دیگران است ــ اما او این نظریه‌ها را تنقیح کرده و به شیوه‌ای آرایش داده است که از آن میان چیز تازه‌ای پدید آمده است.

نوشته‌های ابن هیثم در نورشناسی شامل رساله‌ای است «برطبق روش بطلمیوس» (III ۲۷) که به ترجمهٔ عربی کتاب نوشناخت (المناظر) او، که فاقد مقالهٔ اول و پایان مقالهٔ پنجم و مقالهٔ آخر است، دسترسی داشته

ابن هیثم

است؛ و نیز تلخیصی از اقلیدس و بطلمیوس، که در آن «مطالب کتاب اول را که از کتاب بطلمیوس افتاده، تکمیل کرده» است (I آ۵). این دو کتاب اکنون موجود نیست.

اما ابن هیثم در اثر مهم خود، کتاب المناظر (III ۳) [۹]، که به هفت مقاله تقسیم می‌شود، سعی کرده است تا با «از سر گرفتن تحقیق در بارهٔ اصول و مقدمات این علم، و آغاز کردن تحقیق با استقرا در آنچه موجود است، و مرور در اوضاع و احوال چیزهایی که دیده می‌شوند» آشفتگیهایی را که در سراسر این موضوع می‌بینند بزداید. هنگامی که نتایج استقرا مسلم شد، باید «بتدریج و بترتیب در کار تحقیق و استدلال پیشتر برود، مقدمات را نقادی کند و در استخراج نتایج جانب احتیاط را فرو نگذارد»، و هدفش همواره این است که «انصاف را رعایت کند و از پیشداوری بپرهیزد، و در همهٔ داوریها و نقادیهای خود پیجویی حقیقت را از نظر دور ندارد و نگذارد که ظن به بیراهه‌اش بکشاند» (نسخهٔ خطی فاتح ۳۲۱۲، برگ ۴ الف ــ ب).

ابن هیثم در کتاب خود روشی را که خطوط اصلیش را نقل کردیم با پیگیری و سخت‌کوشی به کار بسته است. استدلالات او یا استقرایی است، یا تجربی، یا ریاضی؛ و از هیچ منبعی هم نقل قول نمی‌کند. بخصوص در این کتاب، آزمایش (اِعتبار) به عنوان یک ابزار صریح و مشخص روش شناختی، که با کاربرد آلات مصنوعی توأم است، مقام ویژه‌ای می‌یابد. (در ترجمهٔ لاتینی المناظر، لفظ اعتبار، و مشتقات آن «اِعتَبَرَ» و «مُعتَبِر» بترتیب به experimentum و experimentare و experimentatur ترجمه شده‌اند.) شاید چون روش اعتبار در راه و رسم منجمان ریشه داشته است، که رصدهای پیشین را از راه مقایسه با رصدهای جدید می‌آزمودند، از این نظر بیشتر به اثبات توجه دارد تا به کشف؛ یعنی نتایج تردیدآمیزی را که از مشاهدات ناقص و نارسا به ذهن راه یافته است قطعیت و استحکام می‌بخشد.

المناظر رساله‌ای فلسفی در بارهٔ ماهیت نور نیست، بلکه پژوهشی ریاضی و تجربی در بارهٔ خواص نور، بویژه از جهت رابطهٔ آنها با دید (اِبصار)، است. در مورد مسئلهٔ «ماهیت نور»، ابن هیثم معتقد به نظری است که به «طبیعیون» یا حکمای طبیعی نسبت می‌دهد ــ نه بدین دلیل که این نظریه به خودی خود کفایت دارد، بلکه بدین سبب که حقیقتی در آن هست که باید با عناصر دیگری که از «تعلیمیون»، یعنی ریاضیدانی چون اقلیدس و بطلمیوس، می‌گیریم، ترکیب شود. در ترکیب حاصل از این دو، روش «ریاضیدان» بر ظاهر تحقیق حاکم است، اما تعالیم آنان در پرتو تعالیم «حکمای طبیعی» تغییر می‌کند و در واقع وارونه می‌شود. اگر نظریاتی را که ابن هیثم به حکمای طبیعی» نسبت می‌دهد با گفته‌ها و تعالیمی که در آثار مشائیان، از اسکندر افرودیسی تا ابن‌سینا، رایج است مقایسه کنیم، معلوم می‌شود که منظور او از «طبیعیون» همان حکمای طبیعی هستند که از لحاظ فلسفی به سنت مشایی تعلق دارند.

ابن هیثم می‌گوید که نور «صورت» (Σlδos)ی است که در اجسامی که از خود نور دارند «ذاتی» است و در اجسامی که روشنی خود را از منابع خارجی می‌گیرند «عَرَضی» است. شفافیت، صورت ذاتی است که اجسام شفاف، چون هوا و آب، به سبب دارا بودن آن، نور را منتقل می‌کنند. اجسام کدر، چون سنگ، می‌توانند نوری را که بر ایشان می‌تابد «بگیرند» و از آن خود کنند، و خود به صورت منبع نور درآیند. این نور دریافتی، عرضی خوانده می‌شود؛ زیرا فقط تا وقتی که جسم از خارج مورد تابش قرار گیرد بدان تعلق دارد. هیچ جسمی وجود ندارد که کاملاً شفاف باشد، بلکه همهٔ اجسام تا اندازه‌ای قابلیتی دارند که به سبب آن نور را «دریافت» می‌کنند و بمثابهٔ نور عرضی در خود تثبیت می‌کنند.

نوری که مستقیماً از جسم منیر تابیده می‌شود نور «اَوَّل» و نوری که از نور عارضی سرچشمه می‌گیرد، نور «ثانی» نامیده می‌شود. هم نور اول و هم نور ثانی از سرچشمهٔ خود به یک شیوه ساطع می‌شوند: از همهٔ نقاط منبع و در امتداد خطوط مستقیم. تفاوت آنها فقط در شدت است. نور عرضی از سرچشمهٔ خود ضعیفتر است و نور ثانیی که از آن نشأت می‌گیرد از آن هم کم‌سوتر. هر نور تابیده‌ای هر چه دورتر برود ضعیفتر می‌شود. ابن هیثم در اجسام شفاف میان نوری که بعَرَض در جسم ماندگار می‌شود و نورگذرا تمایزی قایل می‌شود، و فقط از این دومی نور ثانوی ساطع می‌شود؛ بدین صورت که از هر نقطهٔ هوای روشن، یا جسم کدری که نور بر آن تابیده باشد، نوری ثانوی، ضعیفتر از نوری که مستقیم از خورشید به آن نقطه می‌رسد، «به صورت کره» و در امتداد خطوط راست و در همهٔ جهات گسیل می‌شود. (این تصویر بسیار جالب است، زیرا بعدها در نظریهٔ تنوع انواع [جانداران] ظاهر می‌شود، و اصل هویگنس[1] هم بر آن مبتنی است.)

1. Huygens

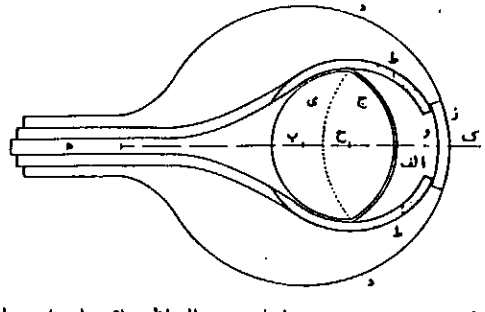
دو شیوهٔ دیگر انتشار نور عبارتند از بازتاب آن از سطوح صاف و شکست آن هنگام عبور از یک جسم شفاف به جسم شفاف دیگر. سطح صاف، برخلاف جسم کدر، هنگامی که نور بر آن بتابد مثل یک جسم مُنیر عمل نمی‌کند، بلکه به جای «جذب» نور تابیده آن را در امتداد معینی برمی‌گرداند. در فصل سوم از مقالهٔ اول *المناظر*، ابن هیثم بااستفاده از وسایل گوناگون ــ لولهٔ دیدگر، رشته، اتاقک تاریک ــ درتأیید این اظهارات و بویژه در اثبات خاصیت انتشار مستقیم نور در انواع چهارگانهٔ آن، یعنی اولی، ثانوی، بازتافته و شکسته، آزمایشهای فراوانی می‌آورد.

ابن هیثم می‌گوید که رنگ هم، مثل نور، واقعی است اما با آن فرق دارد. رنگ بمثابهٔ صورتی بر جسم رنگین عارض می‌شود. جسم منیر یا دارای صورت رنگ است یا دارای چیزی «از نوع رنگ». اجسام رنگین رنگ خود را، مانند نور، بر همهٔ اجسام دور و بر می‌تابانند و این تابش از همهٔ نقاط جسم رنگین سرچشمه می‌گیرد و در همهٔ جهات گسترش می‌یابد. شاید رنگ بتواند بدون وجود نور هم خود را به هوای دور و بر خود منتقل کند، اما آزمایش نشان داده است که رنگ همیشه همراه نور و آمیخته بدان یافت می‌شود و بدون وجود نور به چشم نمی‌آید. هرچه دربارهٔ نور می‌توان گفت دربارهٔ رنگ هم صادق است.

ابن هیثم مدتی پس از نوشتن *المناظر*، در *مقالة فی الضَوء* (III ۶۰) نوشت که حکمای طبیعی، برخلاف ریاضیدانان، نتوانسته‌اند مفهوم دقیقی از پرتو [شعاع] نور به دست دهند؛ و در واقع در کتاب چهارم *المناظر* سعی کرده است با عرضه کردن مفهوم پرتو طبیعی، این نقیصه را جبران کند. پایهٔ این مفهوم بر این اندیشه است که برای آنکه جسمی بتواند حامل صورت نور باشد، باید ابعادش از حد معینی کمتر نباشد. حال فرض کنید جسم شفافی را که نور از خلال آن عبور می‌کند، از طریق عمل تقسیم بتدریج نازکتر کنیم. (این عمل، اساساً تنگتر کردن روزنه‌ای است که نور از آن عبور می‌کند.) ابن هیثم معتقد بود که با این عمل به حدی می‌رسیم که اگر عمل تقسیم را همچنان ادامه دهیم نور از بین می‌رود. در این حد، نوری به ضخامت متناهی از داخل جسم نازک می‌گذرد که وی آن را کوچکترین یا کمترین نور (اصغَرُ الصغیرِ مِن الضَوء) می‌نامد، و آن تکْ پرتوی است که فقط در امتداد خط راستی که در طول آن گسترش دارد انتشار می‌یابد. اما حجم عریضتری از نور را نباید مجموعه‌ای از این گونه اجزای کوچک (اضواءٌ دقاقٌ مُنضَمَّة) فرض کرد، بلکه کل پیوسته و منسجمی است که در آن نور در امتداد همهٔ خطوط مستقیمی که در داخل ضخامت حجم نور فرض می‌توان کرد، چه متوازی و چه متقاطع، انتشار می‌یابد. نتیجه می‌گیریم که هر روزنه‌ای یا آنقدر گشاد است که به نور امکان انتشار مستقیم می‌دهد، و یا به اندازه‌ای تنگ است که نور به هیچ وجه از آن نمی‌گذرد؛ پس پَراش نور در این نظریه جایی ندارد. (مقایسه کنید با تصور نیوتن از «کمترین نور، یا جزء نور» که با تعبیر او از پراش به عنوان نوعی شکست سازگار است.) [۱۰]

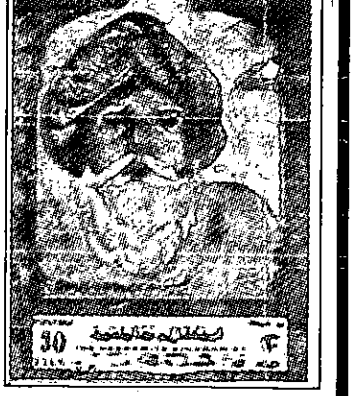
نظریهٔ دید. ابن هیثم از لفظ صورت فقط برای بیان این نظریه که نور و رنگ از خواص واقعی اجسام طبیعی‌اند، استفاده می‌کند حتی گاهی (مثلاً در قسمت اعظم فصل سوم از مقالهٔ اول) منظور خود را بدون استفاده از لفظ صورت بیان می‌کند، و اگر این لفظ را از استدلالات تجربی او برداریم چیزی از اعتبار آنها کم نمی‌شود. با این حال، لفظ صورت با نظریهٔ صدور نور از اشیاء که فیلسوفان مشایی بدان اعتقاد داشتند پیوند نزدیک داشت، و حال آنکه نورشناسان ریاضی توضیحات خود را، که به صورت نمایش هندسی بود، بر حسب «پرتوهای نور» که از چشم سرچشمه می‌گیرند، بیان می‌کردند. ابن هیثم فرض صدور نور از اشیاء را معقولتر دانست و پذیرفت و همراه آن زبان «صورتها» را هم اخذ کرد. چنانکه دیدیم، وی بر این فرض تصور جدیدی از شعاع نور را افزود که هم شرط ریاضی مستقیم بودن را برمی‌آورد و هم با طبیعیات مبتنی بر صورت سازگار بود. پس نظریهٔ او را دربارهٔ دید (که هم اکنون به شرح آن خواهیم پرداخت) باید نمونه‌ای از برنامه‌ای دانست که خطوط اصلی آن را در *المناظر* (III ۳) و *مقالة فی الهالة و قوسِ قُزَح* (III ۸) و *مقالة فی الضوء* (III ۶۰) ترسیم کرده است؛ برنامهٔ او این است که در پژوهش دربارهٔ نور باید علوم طبیعی و ریاضی را با هم «ترکیب» کرد.

ابن هیثم در فصل پنجم از مقالهٔ اول المناظر ساختمان چشم را شرح می‌دهد، و در این کار از شیوهٔ کتب طب و تشریح که به سنت جالینوسی نوشته شده بود پیروی می‌کند، اما هندسهٔ چشم را چنان تغییر



شکل ۱. برش عرضی چشم، براساس *متن المناظر*. اقتباس از م. نظیف.

الف) بَیضیه؛ ب) مرکز کره چشم؛ ج) جلیدیه؛ د) سطح خارجی، مُلتَحِمَه؛ ه) عصب بینایی، العصبُ البَصَری؛ و) سوراخ عِنَبیه یا مردمک، ثُقبُ العِنَبیه؛ ز) قرنیه؛ ح) مرکز عنبیه؛ ط) عنبیه؛ ی) زُجاجیه؛ ک) محور تقارن.



می‌دهد که با توضیحی که دربارهٔ دید می‌دهد سازگار باشد. بخصوص فرض می‌کند که هر دو سطح قَرْنیّه، که مقابل مردمک چشم قرار دارند، با سطح جلویی جَلیدیّه موازی‌اند و همهٔ این سطوح کروی‌اند و مرکز همهٔ آنها همان مرکز چشم است. همچنین مرکز چشم در جلوی سطح خَلفی جلیدیه قرار دارد. این سطح یا مسطح است یا کروی، و در هرحال خطی که از مرکز مردمک و مرکز چشم می‌گذرد بر آن عمود است.

محور تقارن، که از وسط مردمک و مرکز عنبیه و مرکز چشم می‌گذرد، به مرکز عصب بینایی می‌رسد که در آنجا تمام کرهٔ چشم در داخل محفظهٔ خود جای می‌گیرد. ابن هیثم عنبیه را در جلو و در سطح چشم قرار داده است. (ر. ک. شکل ۱ [۱۱]). نظریهٔ رؤیت را در فصلهای دوم و چهارم و ششم و هشتم از مقالهٔ اول شرح داده است.

مشاهده (مثل دردی که هنگام خیره شدن به نور شدید در چشم احساس می‌شود، یا اثری محوی که از یک جسم پرنور [پس از بستن چشم] در چشم می‌ماند) گواهی می‌دهد که در نور خاصیتی است که بر چشم تأثیر می‌کند و در چشم خاصیتی است که از نور متأثر می‌شود؛ و بنابراین تنها راه توضیح احساس بینایی این است که فرض کنیم نور از جسم به چشم می‌رسد. فیلسوفان طبیعی معتقدند که این اثر را صورت نور و رنگ که در جسم مرئی موجود است ایجاد می‌کند، اما این گونه عبارات را که رؤیت را برحسب صورتها بیان می‌کنند، نمی‌توان توضیح کافی رؤیت دانست، و بدین عنوان پذیرفتنی نیستند [۱۲].

مسئله‌ای که ابن هیثم حل آن را بر خود لازم می‌دانست این بود که تعیین کند چه شرایط دیگری لازم است تا صورت جسم، دست نخورده، به چشم منتقل شود و درآنجا تأثیر بصری خود را برجای گذارد. برای حل این مسئله فرض کرد که اولین احساس رؤیت در جلیدیه رخ می‌دهد ــ این فرض از زمان جالینوس رایج بود. همچنین از اصلی که آزمایش هم آن را تأیید می‌کند استفاده کرد و جسم درخشان را مجموعه‌ای از نقاط دانست که هر یک نور و رنگ خود (یا صورت نور و رنگ خود) را به طور مستقیم و در همهٔ جهات منتشر می‌کند [۱۲]. به دلیل وجود این اصل، هر نقطه‌ای از جسم مرئی را می‌توان مرکز مخروطی از پرتوها دانست که قاعدهٔ آن بر قسمتی از سطح چشم که مقابل مردمک است، قرار دارد. چون این نکته دربارهٔ همهٔ نقاط جسم درست است، پس صورتهای نور و رنگ یکایک نقاط جسم روی این قسمت از سطح چشم پخش می‌شوند.

چون بیشتر این صورتها هنگام عبور از قرنیه شکسته می‌شوند، تصویر جسم از این هم آشفته‌تر می‌شود. از این‌رو ابن هیثم می‌گوید که برای اینکه جسم به طور واضح و مطابق اصل درک شود، باید فرض کرد که رؤیت هر نقطه از جسم فقط به کمک نقطهٔ معینی از سطح چشم امکان دارد؛ و آن پای عمودی است که از آن نقطهٔ جسم بر قرنیه فرود آید. به دلیل ساختمان هندسی چشم، صورتهایی که در امتداد خطوط عمود بر سطح چشم از همه نقاط جسم به چشم میرسند بی‌آنکه شکسته شوند از مردمک می‌گذرند و به بیضیه می‌رسند و آنگاه به صورت عمودی به سطح خلفی جلیدیه برخورد می‌کنند. بدین طریق روی جلیدیه صورت کاملی تشکیل می‌شود که نقاط آن، یک به یک، با نقاط جسم تناظر دارند، و جلیدیه این صورت «مشخص» و «مستقیم» را حس می‌کند. اما چون این خطوط عمودی سطح خارجی مخروطی را تشکیل می‌دهند که رأسش مرکز چشم و قاعده‌اش مردمک چشم است، آنچه سرانجام به دست می‌آید بنابنظریهٔ اقلیدسی پرتوهای نور سازگار است.

اما پرتوهایی که ریاضیدانان فرض می‌کنند، کاملاً جنبه ریاضی دارند، یعنی خطوطی هستند انتزاعی که نور در امتداد آنها به چشم می‌رسد ــ و همین کافی است که نورشناسی هندسی قدما همچنان معتبر بماند. اما اگر کسی معتقد باشد که واقعاً چیزی از چشم خارج می‌شود، ابن هیثم می‌گوید که این نظر «بی‌ارزش و باطل» است [۱۴]، زیرا تصور اینکه همین که چشم خود را باز کنیم چیزی از چشم خارج شود و جهان را، تا آنجا که چشم کار می‌کند، از خود بیاکند، تصوری است باطل. و اگر این سیال ــ یا این پرتوهای نور ــ مادی نباشد، نمی‌تواند چیزی را حس کند و کاری جز این نخواهد داشت که چیز دیگری را از جسم به چشم برساند. اما چون این کار را ــ به نظر ابن هیثم ــ محیط شفافی که نور و رنگ (یا صورتهای آنها) در آن انتشار می‌یابند انجام می‌دهد، دیگر نیازی به فرض وجود پرتوهای نور نیست. (با وجود این برهان قاطع، عجیب است که ویراستار ترجمهٔ لاتینی کتاب ابن هیثم تذکرات او را دربارهٔ حفظ خصوصیت هندسی پرتوهای «ریاضیدانان» بد فهمیده است، و آن را برهانی در هواداری از نظریهٔ «افلاطونی» Συναυγεια دانسته است که ترکیبی است از نظریهٔ صدور نور از چشم و صدور نور از اشیاء.) [۱۵].

بدین ترتیب ابن هیثم توانست صورت جسم مرئی را به چشم راه دهد، و این کاری بود که ظاهراً هیچ یک از پیشینیان او از عهدهٔ آن

برنیامده بودند. اما باید توجه داشت که «صورت مشخص»ی که او به ایجاد آن در چشم توفیق یافت از لحاظ قوهٔ حسّاسه واضح و مشخص است؛ و از نوع تصاویری که مثلاً در دوربین عکاسی ایجاد می‌شود، و به چشم هم واضح و مشخص می‌نماید، نیست. ابن‌هیثم در یک مورد، امتیاز پرتوهای عمودی را ناشی از قویتر بودن آنها می‌داند؛ اما نظر دیگری هم در این‌باره دارد: جلیدیه، به عنوان یک جسم شفاف، به پرتوهایی هم که به طور غیرعمودی به همهٔ نقاط سطح آن برخورد می‌کنند اجازه می‌دهد که شکسته شوند و به داخل آن بروند؛ اما به عنوان یک جسم حساس، بیشتر به پرتوهایی می‌پردازد که بدون شکست بدان راه می‌یابند. بنابراین دید مشخص و مطابق با اصل، در درجهٔ اول ناشی از حساسیت گزینشی یا جهت‌دار جلیدیه است.

زجاجیه که شفافیتش با شفافیت جلیدیه فرق دارد، خاصیت دیگری دارد و آن این است که یکپارچگی صورتی را که از سطح مشترک جلیدیه با زجاجیه بدان می‌رسد حفظ می‌کند. زیرا در این سطح هم پرتوهای مؤثر شکسته می‌شوند و از محور تقارن دور می‌گردند. جسم حساس (روی بصری) که از مغز سرچشمه می‌گیرد و از طریق مجاری مستقل و موازی به عصب بینایی می‌رسد، سرانجام آن صورت را از زجاجیه دریافت می‌کند و از راه همان مجاری به جلوی مغز می‌فرستد، و در آنجا عمل دید به پایان می‌رسد. در مُلتَقای بصری، که مجاری مربوط به اعصاب بصری به هم می‌پیوندند، صورتی که از یک چشم رسیده بر صورت چشم دیگر منطبق می‌شود، و این دو، به شکل یک صورت واحد، به مغز می‌روند.

در مقالهٔ هفتم، ابن‌هیثم نظریهٔ دید را که در مقالهٔ اول بیان کرده تعمیم می‌دهد. نحوهٔ تحقیق او مانند پیش است: تعیین شرایطی که باید فرض کرد تا نتایج برخی آزمایشهای مُسلَّم را بتوان توضیح داد. آزمایشهایی که در این مقاله بیان می‌شود در نظر اول مخالف نظریهٔ قبلی او می‌نماید: اگر جسم کوچکی را در مخروط پرتوها، نزدیک یکی از دو چشم، قرار دهیم و چشم دیگر را ببندیم، و جسم دیگری را درست پشت این جسم روی خطی که دو جسم را به مرکز چشم وصل می‌کند قرار دهیم، وجود جسم اول مانع دیده شدن جسم دوم نمی‌شود. پس نتیجه می‌گیریم که در این آزمایش، رؤیت جسم دوم باید از راه پرتوهایی که به طور مورب به چشم می‌رسند، و بنابراین در سطح چشم شکسته می‌شوند، صورت بگیرد. همچنین اگر جسم کوچکی را در بیرون مخروط پرتوها قرار دهیم، مثلاً اگر سوزنی را نزدیک گوشهٔ یکی از دو چشم بگیریم، و چشم دیگر را ببندیم، باز هم می‌توانیم آن جسم را ببینیم. چون از جسمی که در چنین وضعی قرار داشته باشد نمی‌توان هیچ خطی بر سطح تقاطع مخروط پرتوها و سطح چشم عمود کرد، پس رؤیت جسم حتماً از راه شکست صورت می‌گیرد.

نظریه‌ای که ابن‌هیثم سرانجام برای توجیه همهٔ این مشاهدات می‌آورد، به اختصار (و برکنار از استدلالات او، که در عین جالب بودن خالی از اشکال نیست)، این است که رؤیت اشیایی که در داخل مخروط پرتوها قرار دارند هم به وساطت پرتوهای مستقیم صورت می‌پذیرد و هم از راه پرتوهای شکسته، اما اشیایی که بیرون این مخروط هستند فقط از راه شکست رؤیت می‌شوند. ابن‌هیثم می‌گوید که پرتوهای شکسته هم، مانند پرتوهای مستقیم، در جلیدیه حس می‌شوند، اما (مطابق با نظر قبلی خود) می‌گوید که «قوهٔ حساسه» همهٔ این پرتوها را در امتداد خطوط راستی که از مرکز چشم به جسم وصل می‌شود ادراک می‌کند. ابن‌هیثم می‌گوید که این نظریه را، که هرچه ما می‌بینیم از طریق شکست دیده می‌شود [۱۶] ــ چه به وساطت خطوط مستقیم هم دیده شود و چه نشود ــ هیچ‌یک از علمای نورشناسی، از قدیم و جدید، درک نکرده و توضیح نداده است.

بخش اصلی نظریهٔ کلی ابن‌هیثم دربارهٔ نور و رؤیت در مقالهٔ اول المناظر آمده است. در مقالهٔ دوم به بیان و تشریح نظریه‌ای دربارهٔ ادراک می‌پردازد که بر پایهٔ ادراک بصری استوار است. از این نظریه فیلسوفان قرن چهاردهم میلادی، چون ویلیام اکامی[1] [۱۷] استفاده کرده و بدان اشاره کرده‌اند، اما هنوز چنانکه شاید و باید مورد توجه مورخان فلسفه قرار نگرفته است.

مقالهٔ سوم به بررسی دید دو چشمی (برجسته) و خطاهای دید و ادراک اختصاص دارد، و موضوع مقالهٔ چهارم بازتاب نور است. در اینجا ابن‌هیثم شواهد تجربی بازتاب نور ذاتی و عرضی را از آینه‌ها ارائه می‌دهد، قوانین بازتاب را به‌طور کامل صورتبندی می‌کند، و به توصیف نحوهٔ ساخت و کاربرد وسیله‌ای مسین برای اندازه‌گیری بازتاب از آینه‌های تخت، کروی، استوانه‌ای، و نیز آینه‌هایی که از دوران مقاطع مخروطی پدید می‌آیند ــ چه محدب باشند و چه مقعر ــ می‌پردازد؛ و توجه خاصی به این مسئله نشان می‌دهد که اگر نور بازتابیده به چشم (از هر نوع از این آینه‌ها را) داشته باشیم، چگونه می‌توان نور تابیده را پیدا کرد. این خصوصیت در همه جای المناظر به چشم می‌آید: همه‌جا چشمی وجود دارد که باید مسئله را نسبت بدان صورتبندی کرد. بحث دربارهٔ بازتاب ــ با عنایت خاص به محل تصویر ــ در مقالهٔ پنجم هم ادامه می‌یابد و در این مقاله دربارهٔ «مسئلهٔ» معروف ابن‌هیثم بحث می‌شود. مقالهٔ ششم به خطاهای دید، که از

1. William of Ockham

بازتاب ناشی می‌شوند، می‌پردازد.

مقالهٔ هفتم، که فصل ختام المناظر است، به نظریهٔ شکست اختصاص دارد. ابن‌هیثم صفحات بسیاری را به توصیف نوع مُکمَّلی از دستگاه بطلمیوس برای اندازه‌گیری شکست نور اختصاص می‌دهد و در توضیح مطلب کاربرد آن را در اندازه‌گیری شکست از هوا به آب، از هوا به شیشه، و از شیشه به آب، در سطوح تخت و کروی، بیان می‌کند. وی به جای آنکه مانند بطلمیوس مقادیر عددی حاصل از اندازه‌گیریها را گزارش دهد، نتایج آزمایشهای خود را زیر هشت قاعده بیان می‌کند. بیشتر این قواعد روابطی است که میان زاویهٔ تابش i (زاویهٔ شعاع تابش با قائم بر سطح) و زاویهٔ انحراف d (زاویهٔ الإنعطاف)، که از شعاع شکسته و امتداد شعاع تابش در محیط دوم به دست می‌آید، برقرار است. (این‌گونه توجه به زاویهٔ انحراف d، به جای زاویهٔ شکست r، که برابر است با $i - d$ و ابن‌هیثم آن را زاویهٔ باقیمانده [الباقية] می‌خواند، در تحقیقات کپلر هم دیده می‌شود.)

قواعد او را چنین می‌توان بیان کرد. فرض کنیم d_1، d_2 و r_1، r_2 بترتیب متناظر با i_1، i_2 باشند و $i_2 > i_1$. ابن‌هیثم می‌گوید که:

(۱) $d_2 > d_1$؛

(۲) $d_2 - d_1 > i_2 - i_1$؛

(۳) $\frac{d_2}{i_2} < \frac{d_1}{i_1}$؛

(۴) $r_2 > r_1$؛

(۵) در شکست از محیط رقیق به محیط چگال، $d < \frac{1}{2} i$؛

(۶) در شکست از محیط چگال به محیط رقیق، $d < \frac{1}{2}(d + i)$ [یعنی $d < r$]؛

(۷) هر چه محیطی چگالتر باشد، بیشتر نور را به سمت خط قائم منحرف می‌کند؛ و

(۸) هرچه محیطی رقیقتر باشد، بیشتر نور را از خط قائم دور می‌کند.

باید توجه داشت که رابطهٔ (۲) فقط برای شکست از محیط رقیق به محیط چگال صادق است و برای صادق بودن روابط (۵) و (۶) باید شرایط خاصی برقرار باشد، و این شرایط، چنانکه نظیف نشان داده، در آزمایشهای ابن‌هیثم ملحوظ بوده است [۱۸]. ابن‌هیثم در پایان بحث می‌گوید «این بود همهٔ انحاء شکست نور در اجسام شفاف». با اینکه از بحث او در این باره بر نمی‌آید که دنبال قانونی می‌گشته و به یافتن آن موفق نشده است، «توضیح» او از شکست نور بی‌شک بخشی از تاریخچهٔ تنظیم و بیان قانون شکست نور محسوب می‌شود. پایهٔ توضیح او بر این اندیشه است که نور حرکتی است که سرعتش تغییرپذیر (و در محیط‌های چگالتر کمتر) است، و میان رفتار نور و رفتار مکانیکی اجسام مشابهتی وجود دارد. به این شباهت برخی از دانشمندان دوران باستان پی برده بودند، اما ابن‌هیثم روش متوازی‌الاضلاع را به صورتی پرداخته و پرورده به کار برده، و پرتو تابنده و پرتو شکسته را مرکب از دو مؤلفهٔ عمود بر هم دانسته که می‌توان جداگانه بررسی‌شان کرد، و با این کار این بحث را وارد مرحلهٔ جدیدی از پیشرفت و کمال کرده است. روش او مورد توجه ریاضیدانان متأخر، چون ویتلو[1] و کپلر و دکارت قرار گرفت، و هر سهٔ ایشان آن را به کار بستند و این آخری موفق شد به کمک آن قانون سینوسها را به دست آورد.

آثار فرعی در نورشناسی. در میان آثار موجود ابن‌هیثم، گذشته از المناظر، آثار دیگری هم در نورشناسی وجود دارد که برخی از آنها مهم‌اند و با اینکه دامنه‌شان از المناظر بسیار محدودتر است، کمال قدرت ریاضی و تجربی او را نشان می‌دهند. در زیر به توضیح مختصری دربارهٔ این آثار می‌پردازیم.

مقالة فی ضوء القمر (III ۶). در این رساله ابن‌هیثم ثابت می‌کند که اگر ماه مانند آینه‌ای رفتار کند لازم می‌آید که سطحی از ماه که نور خورشید را به زمین باز می‌تابد کوچکتر از سطحی باشد که ما مشاهده می‌کنیم، پس نتیجه می‌گیرد که ماه نور عَرَضی خود را درست مانند اجسام منیر، یعنی از همهٔ سطح خود و در همهٔ جهات، گسیل می‌دارد، این نظر با استفاده از یک ذات النُّقْبَتَین نجومی ثابت می‌شود. این آلت شکافی دارد با طول متغیر، و از سوراخی که روی پرده‌ای موازی این شکاف قرار دارد می‌توان قسمتهای مختلف ماه را از خلال شکاف مشاهده کرد. این رساله ترکیب زیبایی است از استنتاج ریاضی و قدرت تجربی، اما آزمایشهای آن به کشف خصوصیت جدیدی منجر نمی‌شود، بلکه فقط ثابت می‌کنند که نحوهٔ صدور نور از ماه با نحوهٔ صدور آن از اجسام منیر یکسان است. نقش آزمایش در این رساله نیز درست نقطهٔ مقابل نقش آن در آثار گریمالدی[2] و نیوتن است.

مقالة فی الهالة و قوس قزح (III ۸). این موضوع در المناظر بررسی نشده است. توضیح ابن‌هیثم از رنگین کمان در این رساله

1. Witelo (Vitelo)

2. Grimaldi

موفقیت‌آمیز نیست، زیرا این پدیده را فقط ناشی از بازتاب نور از یک سطح کروی مقعر می‌داند، که از ابر یا «هوای غلیظ مرطوب» ساخته می‌شود. با این حال، این رساله یکی از نقطه‌های شروع تحقیقات کمال‌الدین فارسی است که با توفیق بیشتری همراه است.

مقالة فی المرایا المُحْرِقَة بالدوائر (III ۱۸). به خلاف پژوهشهای المناظر که مرکز آنها چشم [ناظر] است، در مسائلی که در این رساله (و در III ۱۹) طرح شده فقط این عناصر وجود دارند: منبع نور، آینه و نقطه یا نقاطی که پرتوهای نور در آنها به هم می‌رسند. ابن‌هیثم ثابت می‌کند که پرتوهای موازی با محور آینه فقط از یک دایره‌درروی‌آینه‌به‌نقطه‌معینی‌درروی‌محوربازتاب‌می‌یابند. تذکرات او نشان می‌دهد که به مفهوم بیراهی کروی در امتداد محور پی‌برده بوده است.

مقالة فی المرایا المحرقة بالقطوع (III ۱۹). در این رساله به ارشمیدس و آنتمیوس[1] و «دیگران» اشاره شده که ترکیبی از آینه‌های کروی به کار می‌برده‌اند که پرتوهای باز تافته‌شان در یک نقطه به هم می‌رسیده‌اند. ابن‌هیثم به اثبات نکته‌ای می‌پردازد که به گمان او قدما بدان پی برده‌اند ولی اثباتش نکرده‌اند: از همهٔ سطح سهمیوار دوار، پرتوها به یک نقطه بازتاب می‌یابند.

مقالة فی کیفیة الاظلال (III ۳۶). از اینکه ابن‌هیثم در این رساله به «اصحاب الاضلال» (کسانی که دربارهٔ سایه‌ها چیز نوشته‌اند) اشاره کرده، معلوم می‌شود که در این باره نوشته‌های زیادی در اختیار داشته است. از معاصر او بیرونی، رسالهٔ مفصلی دربارهٔ سایه‌ها باقی‌مانده است. ابن‌هیثم در تعریف تاریکی می‌گوید که تاریکی نبودِ کامل نور است، و در تعریف سایه می‌گوید که سایه نبود برخی نورها و وجود برخی دیگر است. وی تمایز میان سایه و نیمسایه را می‌شناخته و اولی را ظُلمه یا ظِلّ مَحض و دومی را ظِلّ نامیده است.

مقالة (قول) فی الضوء (III ۶). در این رساله که پس از المناظر تألیف شده نظریهٔ کلی نور به اجمال بیان شده است. در شرحی که در بالا آوردیم از پاره‌ای عبارتهای این رساله استفاده شده است.

مقالة فی الکُرة المُحرِقَة (III ۷۷). ابن‌هیثم در این رساله، که پس از المناظر تألیف شده، پژوهش دربارهٔ شکست نور را ادامه می‌دهد، اما مانند III ۱۸ و III ۱۹ چشم ناظر را در کار نمی‌آورد. وی مسیر پرتوهای موازی را در داخل یک گوی شیشه‌ای بررسی کرده و کوشیده است تا فاصلهٔ کانونی چنین گویی را بیابد و به بیراهی کروی هم اشاره کرده است. کمال‌الدین فارسی این رساله را بررسی عمیق کرده و در شرحی که دربارهٔ مسیر پرتوهای نور خورشید در تک‌تک قطره‌های باران داده از آن استفاده نموده است.

مقالة فی صورة الکُسوف (III ۸۰). این رساله اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا معلوم می‌کند که ابن هیثم از موضوع مهم «اتاقک تاریک» (Camera Obscura) تا چه اندازه اطلاع داشته است. معادل عربی دقیق این اصطلاح لاتینی، البیت‌المُظلَم، در فصل سوم از مقالهٔ اول المناظر آمده است، و در آن کتاب در موارد بسیار، و از جمله برای بررسی انتقال مستقیم نور و تابش نور و رنگ از اجسام درخشان به اجسام مجاور آنها، از اتاقکهای تاریک استفاده شده است. اما المناظر یکسره از بحث دربارهٔ تصاویری که در دوربینهای عکاسی روزنه‌ای تولید می‌شود خالی است، و تنها در یک قسمت از کتاب تا حدودی به این مسئله نزدیک می‌شود. در این قسمت می‌گوید که اگر چند شمع را جلو سوراخ کوچکی قرار دهیم که به محفظهٔ تاریکی راه داشته باشد، تصاویر نور شمعها به صورت لکه‌هایی روی دیوارهٔ محفظه می‌افتد، و ترتیب این تصاویر برعکس ترتیب خود شمعهاست.

منظور از طرح آزمایش فقط اثبات این نکته بوده است که نور دو شمع هنگامی که در سوراخ به‌هم می‌رسند باهم مخلوط نمی‌شوند، و اصولاً نور و رنگ در اثر تقاطع برهم تأثیر نمی‌کنند؛ هر چند این قسمت در مقالهٔ اول و ضمن بحث در نظریهٔ دید آمده است [۲۰]. در نظر ابن‌هیثم کار چشم مانند دوربین روزنه‌ای نیست، و صراحتاً می‌گوید که چشم مانند دوربین عدسی‌دار نیست. اما در رسالهٔ اخیر وی به مسئله‌ای که پیش از وی در کتاب مابال منسوب به ارسطو طرح شده بوده می‌پردازد، که چرا تصویر هلال ماه که توسط یک روزنهٔ کوچک مدور روی پرده‌ای تشکیل می‌شود دایره‌ای به‌نظر می‌آید، ولی همین روزنه تصویر خورشید را که در حال کسوف جزئی باشد به صورت هلال درمی‌آورد. هرچند جواب او کاملاً رضایت‌بخش نیست، وگرچه نمی‌تواند مسئلهٔ دوربین روزنه‌ای را در حالت کلی حل کند، از کوششی که در توضیح هلالی‌شکل بودن تصویر خورشید می‌کند کاملاً پیداست که اساس کار این نوع دوربین را می‌شناخته است. ابن‌هیثم می‌گوید که روزنهٔ کوچک در صورتی از جسمی تصویر مشخصی به‌دست می‌دهد که شرط زیر برقرار باشد:

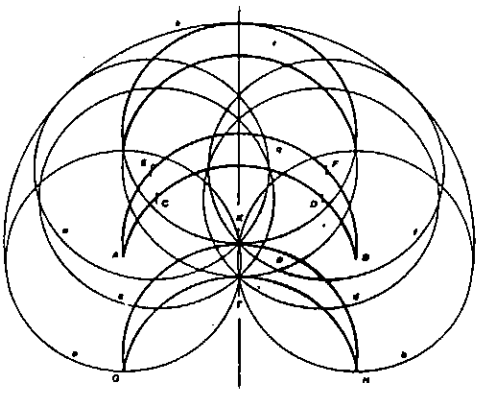
$$\frac{m_a}{m_s} \leqslant \frac{d_a}{d_s}$$

که در آن m_a و m_s بترتیب قطر روزنه و جسم و d_a و d_s بترتیب فاصلهٔ روزنه و جسم از پرده است.

با توجه به شکل ۲ می‌توان دریافت که ابن‌هیثم تصویر هلالی‌شکل خورشید را در حالت کسوف جزئی چگونه ترسیم می‌کرده است. (چون نموداری که خود ابن‌هیثم رسم کرده فقط هلالها را نشان

1. Anthemius

می‌دهد نه دایره‌ها را، در اینجا از شکلی که نظیف رسم کرده استفاده کرده‌ایم.) این شکل حالت خاصی را نشان می‌دهد که در آن دو نسبت فوق با هم مساوی‌اند. فرض شده است که خطی که مراکز دو قوس تشکیل‌دهندهٔ هلال خورشید را به‌هم وصل می‌کند موازی صفحات روزنه و پرده است، و نیز خطی که مرکز خورشید را به مرکز روزنهٔ دایره‌ای می‌پیوندد بر صفحهٔ روزنه و بر صفحهٔ پرده عمود است.



شکل ۲. تصویر معکوس خورشید در حالت کسوف جزئی. ساختهٔ ابن‌هیثم.

هلالهای p و q و r تصاویر معکوسی هستند که توسط سه مخروط دوپارچهٔ نور تشکیل می‌شوند. رئوس این مخروطها سه نقطهٔ مختلف روی روزنه‌اند و قاعدهٔ هر یک از آنها از یک‌سو هلال درخشان خورشید و از سوی دیگر، تصویر معکوس است. هر یک از این مخروطها را دو سطح مخروطی محدود می‌کنند که یکی از آنها محدب است و دیگری مقعر، و در مورد هر یک از مخروطهای دو پارچه، سطح مقعر یک سوی روزنه نظیر سطح مقعر سوی دیگر است. تصویر هلالی میانی، q، را مخروط دوپارچه‌ای تولید می‌کند که رأسش در مرکز روزنه است؛ p و r رئوسشان دو سر یکی از قطرهای روزنه است. هر یک از تصاویر دایره‌ای را یک مخروط یک‌پارچه، که رأسش نقطه‌ای از هلال درخشان خورشید است، تولید می‌کند. به تعداد نقاطی‌که‌روی‌هلال‌خورشیدوجود دارد،ازاین‌دایره‌هابه‌وجودمی‌آید.

بنابراین مرکز هر یک از این دایره‌ها نقطهٔ تقاطع محور مخروط است ــ که از مرکز روزنه می‌گذرد ــ با پرده. روشن است که مراکز تمام این دایره‌ها روی هلال q قرار دارند و شعاعهای آنها باهم برابراند و برابر شعاع هلالهای p و q و r هستند. بنابراین تصویر حاصل، از بالا، به قوس محدبی محدود است؛ بخش بالایی قوس، قوس مماسی دایره‌ای است که مرکز آن، K، وسط قوس محدب هلال p است و شعاع آن دو برابر شعاع این قوس است. هر چند زیر قوس GTHهم‌دایره‌های‌نورانی‌تشکیل‌می‌شوند،اماتعدادآنهانسبتاً کم‌است.

به‌گفتهٔ ابن‌هیثم، پدیده‌ای که از این میان به چشم می‌آید تصویری است هلالی‌شکل، که در پایین آن حفره‌ای نسبتاً تیره وجود دارد. وی با یک مثال عددی نشان می‌دهد که ابعاد این حفره، برحسب اینکه نسبت $m_s:m_s$ کمتر یا بیشتر از $d_s:d_s$ باشد، بزرگ یا کوچک می‌شود. مسلم است که مقالهٔ فی صورة الکسوف بعد از المناظر نوشته شده، زیرا در این رساله به آن کتاب ارجاع می‌دهد، هر چند شاید ابن‌هیثم هنگام نوشتن المناظر به این توضیح جالب که در اثر بعدی ظاهرشده‌دست‌یافته‌باشد،اما دراین‌مورد هیچ قرینه‌ای در دست نیست.

انتقال و تأثیر «المناظر». تا آنجا که می‌دانیم، از میان همهٔ آثار نور شناختی ابن‌هیثم فقط المناظر و مقالة فی المرایا المحرقة بالقطوع در قرون وسطی به لاتینی ترجمه شده، و مترجم رسالهٔ اخیر شاید گرارد کرمونایی بوده است [۳۱]. شایان توجه است که کتاب المناظر پس از آن در قرن پنجم / یازدهم نوشته شد، در عالم اسلام به فراموشی سپرده شد تا اینکه در آغاز قرن هشتم / چهاردهم دانشمند ایرانی، کمال‌الدین فارسی، شرح عظیم و نقادانهٔ خود، تنقیح المناظر را به توصیهٔ استادش قطب‌الدین شیرازی بر آن نوشت.

در این میان المناظر در غرب زندگی تازه‌ای آغاز کرده بود و ترجمهٔ لاتینی آن را، که Perspectiva یا De Aspectibus نام داشت و در اواخر قرن دوازدهم یا اوایل قرن سیزدهم میلادی انجام شده بود، بسیار می‌خواندند و با شور و شوق در آن تحقیق می‌کردند. از میان نسخه‌های خطی شناخته شدهٔ این ترجمه، که تعدادشان بالغ بر نوزده است [۲۲]، کهنترین آنها از سدهٔ سیزدهم میلادی باقی مانده است، اما معلوم نیست که چه کسی و در کجا این کتاب را ترجمه کرده است. متن لاتینی را فردریک ریزنر[1] به سال ۱۵۷۲، در کتابی تحت عنوان گنجینهٔ نورشناختی[2] که مناظر[3] (نور شناخت) ویتلو را هم دربر داشت، منتشر کرد. متن ریزنر و نسخه‌های لاتینی‌ای که نویسندهٔ این مقاله بررسی کرده است (نگاه کنید به کتابشناسی) همه فاقد سه فصل نخست از

1. Frederick Risner 2. Opticae thesaurus 3. Perspectiva

مقالهٔ اول‌اند (که حجم آن در نسخهٔ ۳۲۱۲ فاتح بالغ بر ۱۳۲ صفحه است و هر صفحه حدود ۱۳۰ کلمه دارد).

ترجمهٔ لاتینی المناظر در مجموع ترجمه‌ای است تحت‌اللفظی و معایب و محاسن این نوع ترجمه را باهم دارد. با این حال در بسیاری از موارد به نقل معنی متن عربی اکتفا کرده و گاه عباراتی را یکجا از قلم انداخته است. اما برای آنکه ارزیابی کامل و درستی از این ترجمه بشود، باید یک تحقیق جامع و انتقادی در همهٔ نسخه‌های خطی آن انجام بگیرد، با این حال شک نیست که از طریق این ترجمهٔ لاتینی جان کلام نظریهٔ ابن‌هیثم تا اندازهٔ زیادی به دست فیلسوفان قرون وسطی و رنسانس و قرن هفدهم اروپا رسید. مناظر روجر بیکن[1] پر است از اشاراتی به «الهازن» (Alhazen) یا «مؤلف المناظر» (Auctor Perspectivae)، و پچام[2] نورشناسی عمومی[3] خود را به صورت تلخیصی از المناظر ابن‌هیثم نوشته است [۲۳]. محققان بارها اشاره کردند که ویتلو در نورشناسی در ده کتاب[4] خود سخت مدیون هفت کتاب ابن‌هیثم[5] است، و ارجاعات متقابلی که ریزنر در چاپ خود از این دو کتاب به دست داده قرینه‌ای کافی بر این امر است، با این حال دین واقعی ویتلو به ابن‌هیثم سهم خود او هنوز کاملاً تعیین نشده است.

اما طریق تأثیر *المناظر* ابن‌هیثم به آثار این نویسندگان قرن سیزدهمی منحصر نمی‌شود. شواهدی در دست است که فیلسوفان قرن چهاردهم میلادی این کتاب را مستقیماً می‌خوانده‌اند و لورنزو جیبرتی در همان زمان آن را به ایتالیایی ترجمه کرده بوده است [۲۵]. چاپ ریزنر باعث شد که این کتاب در اختیار ریاضیدانانی چون کپلر، اسنل،[6] بیکمن،[7] فرما، هاریو،[8] و دکارت قرار گیرد. در واقع در قرون شانزدهم و هفدهم میلادی بود که ماهیت ریاضی *المناظر* بخوبی شناخته شد.

نجوم. بالغ بر بیست اثر از آثار بازماندهٔ ابن هیثم ویژهٔ مسائل نجومی است. تحقیقاتی محققان جدید در معدودی از این آثار نظر بیهقی را که ابن هیثم را «بطلمیوس ثانی» خوانده، تأیید نمی‌کند. (البته اگر بیهقی به نورشناسی ابن‌هیثم نظر می‌داشت عنوانی که به او داده بجا می‌بود.) بیشتر این آثار رساله‌های مختصری هستند که به موضوعات فرعی و محدود نظری و عملی، که البته بی‌اهمیت نیستند (مانند ساعتهای خورشیدی، تعیین قبله، اختلاف منظر، و ارتفاع ستارگان) پرداخته‌اند و هیچ یک به نتیجه‌ای که قابل مقایسه با کار ابن‌یونس یا نصیرالدین طوسی یا ابن‌شاطر باشد، دست نیافته است. با این حال، چنانکه بعضی از محققان توجه کرده‌اند، پاره‌ای از آثار ابن هیثم در این زمینه جالب و از لحاظ تاریخی پر اهمیت است.

شهرت ابن هیثم در نجوم بیشتر به سبب تألیف رساله‌ای است به نام *مقالة فی هیئة العالم* (III = I ب ۱۰). ظاهراً این رساله از آثار جوانی او است، زیرا در آن از «برتوی که از چشم خارج می‌شود» سخن گفته و ماه را جسمی صیقلی توصیف کرده که نور خورشید را «باز می‌تاباند» ــ این دو نظر را وی در *المناظر* (III ۳) و *مقالة فی ضوء القمر* (III ۶) رد کرده است. این رساله در جهان اسلام بسیار شناخته و رایج بود [۲۶] و تنها نوشتهٔ نجومی ابن هیثم است که در قرون وسطی به غرب راه یافته است. آبراهام هبرایوس[1] آن را به سفارش آلفونسوی دهم،[2] شاه کاستیل (وفات: ۱۲۸۴ میلادی) به اسپانیایی ترجمه کرد و این ترجمه را مترجم ناشناسی (تحت عنوان کتاب *جهان و آسمان*)[3] به لاتینی درآورد.

ابن تِبّون (یعقوب بن مخیر، وفات: ۱۳۰۵) متن عربی *فی هیئة العالم* را به عبری ترجمه کرد؛ شخص ناشناخته‌ای به او پیشنهاد کرده بود که این کار را برای اصلاح هیئة فرغانی انجام دهد، زیرا بحث فرغانی در این موضوع «با طبیعت امور موجود سازگار نیست» [۲۷]. سلیمان بن پاتر[4] پزشک به سال ۱۳۲۲ میلادی این کتاب را بار دیگر به عبری ترجمه کرد. بعدها آبراهام دوبالمز[5] ترجمهٔ دیگری به لاتینی برای کاردینال گریمانی[6] (وفات هر دو: ۱۵۲۳) از روی ترجمهٔ عبری ابن تبون فراهم آورد. لوی بن گرشون در قرن چهاردهم میلادی از رسالهٔ ابن هیثم نقل قول کرده است. اخیراً به تأثیر این کتاب بر آثار منجمان اوایل رنسانس و بخصوص بر نظریهٔ جدید *سیارات*[7] پویرباخ اشاره شده است [۲۸].

ابن هیثم در *فی هیئة العالم* مدعی است که می‌خواهد کاری را انجام دهد که نه آثار توصیفی و همه فهم بخوبی از عهده‌اش برآمده‌اند و نه آثار فنی و ریاضی، زیرا از یک سو گزارشهای توصیفی موجود فقط به صورت سطحی و ظاهری با جزئیاتی که از راه برهان و رصد اثبات شده است می‌خوانند، و از سوی دیگر کتبی چون مجسطی که کاملاً ریاضی هستند، قوانین حرکات آسمانی را بر حسب نقاط موهومی که روی دوایر موهومی حرکت می‌کنند بیان می‌کنند. بنابراین لازم است گزارشی فراهم آید که هم به نظریهٔ ریاضی پایبند باشد و هم نحوهٔ نشأت گرفتن این حرکات را از اجسام فیزیکی که این نقاط، طبق فرض، در آنها قرار دارند نشان دهد. چنین توصیفی «هم وضع موجود

1. Roger Bacon 2. Pecham 3. Perspectiva communis
4. Opticae libri decem 5. Alhazeni libri septem
6. Snell 7. Beeckman 8. Harriot

1. Abraham Hebraeus 2. Alfonso X 3. Liber de mundo et coelo
4. Salomo Ibn Pater 5. Abraham de Balmes
6. Grimani 7. Theoricae novae planetarum

ابن هیثم

را درست تر وصف می‌کند و هم برای فاهمه بدیهی‌تر است» [۲۹].

بنابراین ابن هیثم در این رساله قصد نداشت که در هیچ جزئی از نظریهٔ بطلمیوس شک کند، بلکه به تبع سنتی که نسبش به ارسطو می‌رسید و منجمان هم به دلیل یکی از کتابهای بطلمیوس به نام فرضهای سیاره‌ای (کتاب‌الاقتصاص) آن را قبول داشتند، می‌خواست پایه‌های فیزیکی آن نظریهٔ انتزاعی را کشف کند. توصیف او می‌بایست به چند اصل که در آن زمان مورد قبول پیروان این سنت بود پایبند باشد: اجرام سماوی جز حرکات یکنواخت و دایره‌ای نمی‌توانند داشته باشند؛ جسم طبیعی نمی‌تواند به خودی خود بیش از یک حرکت طبیعی داشته باشد؛ خلأ محال است؛ خرق افلاک ممکن نیست. پس دستور کار ابن‌هیثم این بود که در برابر هر حرکت ساده‌ای که در مجسطی فرض شده است. جسمی کروی وضع کند که این حرکت بدان تعلق داشته باشد، و نیز نشان دهد که چگونه ممکن است این اجسام متعدد به حرکت خود ادامه دهند بی‌آنکه مانع حرکت یکدیگر شوند یا پشت سر خود خلایی برجای گذارند.

از این رو وی آسمان را متشکل از مجموعه‌ای از پوسته‌های کروی (یا افلاک) هم مرکز فرض کرده است که بر هم مماس‌اند و درون یکدیگر می‌چرخند. در داخل ضخامت هر پوسته، که نمایندهٔ فلک یکی از سیارات است، پوسته‌های هم مرکز و خارج از مرکز و کرات کامل دیگری وجود دارد که بترتیب با افلاک خارج از مرکز و افلاک تدویر متناظرند. همهٔ پوسته‌ها و کره‌ها سر جای خود و به گرد مرکز خود می‌چرخند، و از ترکیب آنها حرکت ظاهری سیاره ــ که طبق فرض روی استوای فلک تدویر قرار دارد ــ پدید می‌آید. ابن هیثم با توصیف دقیق همهٔ حرکاتی که در کار می‌آیند، در واقع گزارشی کامل و روشن و غیرفنی از نظریهٔ بطلمیوس دربارهٔ سیارات به دست می‌دهد، و همین نکته راز محبوبیت رسالهٔ او را آشکار می‌کند.

اگر نگاهی کوتاه به آثار دیگر ابن هیثم بیندازیم درمی‌یابیم که وی برنامه‌ای را که به ارث برده بود تا چه اندازه جدی می‌گرفت و اهمیت کار او در ادوار بعدی نجوم اسلامی تا چه حد زیاد بوده است. ظاهراً مدتی پس از تألیف فی هیئة العالم رساله‌ای (III ۶۱)، به گفتهٔ خودش دربارهٔ حرکت التفاف تألیف کرد. التفاف عبارت است از تغییر میل فلکهای تدویر، که باعث تغییر عرض پنج سیاره می‌شود (مجسطی، مقالهٔ سوم، بخش دوم). این رساله ظاهراً از بین رفته، اما جوابیه‌ای که ابن هیثم در پاسخ منتقد ناشناخته‌ای نوشته به دست ما رسیده است. از این جوابیه، نامش حل شکوک حرکت‌الالتفاف است معلوم می‌شود که وی در رسالهٔ پیشین یک ترتیب فیزیکی پیشنهاد کرده بود که نوسانات فلکهای تدویر را، که بر طبق نظریهٔ ریاضی لازم می‌آیند، تولید می‌کرده است. همین موضوع از جملهٔ موضوعاتی است که در یکی دیگر از آثار او به نام الشکوک علی بطلمیوس (III ۶۴) مورد بحث قرار گرفته است. این کتاب (که بی‌گمان پس از جوابیهٔ فوق نوشته شده است) بیش از هر اثر دیگر ابن هیثم وسعت نتایج برنامهٔ فیزیکیی را که او عهده‌دار شده بود نشان می‌دهد.

شکوک نقدی است بر سه اثر بطلمیوس: مجسطی، کتاب‌الاقتصاص و المناظر (نور شناخت). تا آنجا که به دو کتاب اول مربوط می‌شود، نقد او بیشتر متوجه سرشت ریاضی صرف مجسطی است (که به نظر او، منحصر بودنش به این یک جنبه، نقض اصولی است که خود بطلمیوس پذیرفته است) و در مورد کتاب الاقتصاص حمله‌اش به این است که چرا در آن کتاب به بسیاری از حرکاتی که در مجسطی پیش می‌آیند رسیدگی نشده است (و این عیب را دلیل بر آن می‌داند که بطلمیوس نتوانسته است آرایش واقعی اجرام سماوی را کشف کند).

ایراد ابن هیثم به «حرکت پنجم» ماه که در فصل پنجم از مقالهٔ پنجم مجسطی بیان شده، بسیار آموزنده است: این اشکال کاملاً از نوع «برهان خلف» است، زیرا «ثابت می‌کند» که چنین حرکتی از لحاظ فیزیکی محال است. بطلمیوس فرض کرده بود که هنگام حرکت فلک تدویر ماه بر فلک حامل خارج مرکز آن، قطری که از اوج فلک تدویر می‌گذرد (هنگامی که مرکز فلک تدویر بر اوج فلک حامل است) طوری می‌چرخد که همیشه در امتداد نقطه‌ای در روی خط اوج و حضیض است (این نقطه را نقطة‌المحاذات می‌گویند)؛ به طوری که مرکز دایرة البروج در وسط خطی است که این نقطه را به مرکز فلک حامل وصل می‌کند. این فرض ایجاب می‌کند که وقتی فلک تدویر یک دور کامل روی فلک حامل خود می‌چرخد، قطر آن، بتناوب، در دو جهت مخالف بچرخد. اما ابن هیثم می‌گوید که چنین حرکتی را یا تنها یک کره ایجاد می‌کند، که بتناوب در دو جهت مختلف می‌چرخد، یا دو کره که یکی بیحرکت می‌ماند و دیگری در جهت خاص خود می‌چرخد. «چون فرض جسمی با این اوصاف ممکن نیست، بنابراین ممکن

نیست که قطر فلک تدویر در امتداد آن نقطهٔ مفروض باشد» [۳۰].

شاید از نظر تاریخی، مهمترین اشکال ابن‌هیثم اشکالی باشد که به نظریهٔ بطلمیوس دربارهٔ پنج سیاره و نیز وسیله‌ای که او در کار آورده و بعدها معدل مسیر نام گرفته، وارد کرده است. بطلمیوس فرض کرده است که نقطه‌ای که حرکت فلک تدویر سیاره از آن یکنواخت به نظر می‌آید نه مرکز فلک حامل خارج مرکز است و نه مرکز دایرةالبروج، بلکه نقطهٔ دیگری است (به نام مُعدِّل مسیر) که روی خط اوج و حضیض قرار دارد و فاصلهٔ آن از مرکز فلک حامل با فاصلهٔ مرکز فلک حامل از مرکز دایرةالبروج برابر است. چنانکه ابن‌هیثم اشاره کرده است، نظر بطلمیوس متضمن این معنی است که حرکت مرکز فلک تدویر، به صورتی که بر روی محیط فلک حامل آن اندازه‌گیری می‌شود، یکنواخت نیست و در نتیجه فلک حامل هم که فلک تدویر را با خود می‌برد حرکت یکنواخت ندارد؛ و این نکته با اصل یکنواختی حرکات، که خود او پذیرفته، مباین است.

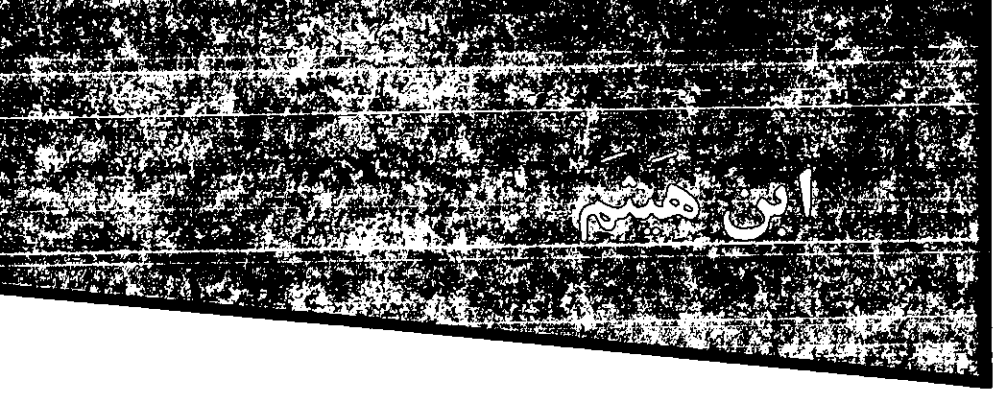
گرچه با تعبیهٔ معدل مسیر نظریهٔ بطلمیوس دربارهٔ سیارات به نتایج مشاهدات نزدیکتر می‌شد، اما در نظر شخصی که به اصل حرکت دورانی یکنواخت پایبند باشد، اشکال ابن‌هیثم وارد است. اینکه گفته می‌شد معدل مسیر یک وسیلهٔ ریاضی و محاسباتی بیش نیست و فقط «برای نجات دادن پدیده‌ها» فرض شده است، هیچ یک از منتقدان بطلمیوس را تا کوپرنیکوس، و از جمله خود کوپرنیکوس، قانع نمی‌کرد. بطلمیوس خود نیز می‌دانست که این گونه تمهیدات خالی از اشکال نیست. ابن‌هیثم در شکوک به عبارتی در فصل دوم از مقالهٔ نهم مجسطی اشاره می‌کند. بطلمیوس در این عبارت می‌خواهد که استفاده از وسایلی را که به اعتراف خودش با قواعد مباینت دارند (παρα τον λογον = خارج عن القیاس) بر او ببخشند؛ از جمله اینکه مثلاً گاهی محض سهولت فقط از دوایری که داخل افلاک رسم شده [به جای خود افلاک] استفاده کرده است، یا گاه قواعدی وضع کرده است که مبانی آنها مسلم نیست، زیرا، به گفتهٔ بطلمیوس «وقتی چیزی بدون برهان وضع شود، و بعد معلوم شود که با پدیده‌ها سازگاری دارد، [می‌توان گفت که] آن چیز حتماً به روش علمی [سبیل مِنَ العِلم] کشف شده است، هرچند توصیف نحوهٔ دستیابی به آن دشوار باشد» [۳۲].

ابن هیثم مانعی نمی‌بیند که استدلالی بر پایهٔ فرضهای اثبات ناشده بنا شود، به شرط آنکه این فرضها با اصولی که مسلم دانسته شده تناقض نداشته باشند. نتیجه‌ای که سرانجام می‌گیرد این است که یک هیئت واقعی برای افلاک وجود دارد که بطلمیوس موفق به کشف آن نشده است.

رسم بر این است که رویکرد «فیزیکی» ابن‌هیثم را نقطهٔ مقابل رویکرد «انتزاعی» منجمان ریاضی تصور کنند. این فرض اگر به معنای وجود دو گروه دانشمند با علایق مختلف باشد، گمراه‌کننده است. پژوهشهای ریاضی مکتب مراغه (از جمله، خواجه نصیر طوسی و قطب‌الدین شیرازی) از همان انگیزه‌هایی سرچشمه می‌گرفت که در شکوک ابن‌هیثم به چشم می‌آید [۳۳]. مثلاً طوسی هم مانند ابن‌هیثم از وجود «حرکت پنجم» ماه و معدل مسیر بسیار ناراحت بود، و دلایلش همان دلایل ابن‌هیثم بود [۳۴]. وی در تذکره آشکارا می‌گوید که علم نجوم گذشته از مقدمات ریاضی بر مقدمات طبیعی (فیزیکی) نیز استوار است. از اشارهٔ او به ابن‌هیثم [۳۵]، ضمن تصحیحاتی که بر پایهٔ مدل معروف به «جفت طوسی» [در مدل بطلمیوسی] وارد کرده، معلوم می‌شود که برنامهٔ فیزیکی ابن‌هیثم را ارزشمند می‌دانسته، هرچند راه‌حل خاص او را قبول نداشته است.

مفصلترین نوشتهٔ نجومی ابن‌هیثم که به دست ما رسیده شرحی است بر مجسطی بطلمیوس. متن ناقص این کتاب در یگانه نسخهٔ آن در استانبول، که اخیراً کشف شده، شامل ۲۲۴ صفحه و هر صفحه در حدود ۲۳۰ کلمه است (نگاه کنید به «کتابشناسی»، آثار اضافی، شمارهٔ ۳۵). این نسخهٔ خطی که به سال ۱۲۵۷/۶۵۵ تحریر شده عنوان ندارد، ولی نام نویسنده در آن، در دو مورد، محمد بن حسن بن هیثم ذکر شده است، و این همان نامی است که ابن ابی اصیبعه در کتابنامه‌ای که خود ابن‌هیثم نوشته، یعنی در سیاهه‌های I و II، یافته است. ظاهراً هیچ یک از عناوینی که در سیاههٔ III آمده با این کتاب نمی‌خواند، ولی در سیاهه‌های دیگر عنوانهایی هست که شاید با این کتاب تطبیق کند. عنوان اول در سیاههٔ قفطی تهذیب‌المجسطی است. عنوان شمارهٔ ۱۹ از سیاههٔ II چنین وصف شده است: «کتابی که بخش عملی مجسطی را بشرح بیان می‌کند». توصیف عنوان شمارهٔ ۳ در سیاههٔ I الف چنین آغاز می‌شود: «شرح و تلخیص کتاب مجسطی، با براهین، که در آن فقط معدودی از مطالبی را که نیاز به محاسبه دارند محاسبه کرده‌ام...». این وصف اخیر برای کتابی که به دست ما رسیده بسیار مناسب است.

ابن‌هیثم در مقدمهٔ کتاب می‌گوید که بیشتر شارحان مجسطی به جای آنکه در توضیح نکات مبهم کتاب برای مبتدیان بکوشند، سعی داشته‌اند روشهای دیگری برای محاسبه پیش بنهند، و مثلاً نیریزی را نام می‌برد که «کتاب خود را از انواع روشهای محاسبه آکنده، تا بدین وسیله بر حجم آن بیفزاید». اما ابن‌هیثم خواسته است نکات اساسی را که به نحوهٔ تشکیل جداول بطلمیوس مربوط می‌شود توضیح دهد، و در نظر داشته است که شرحش در کنار خود مجسطی خوانده شود، و از



اصطلاحات و ترتیب مطالب مجسطی پیروی کرده است. بنابراین قرار بوده است که کتاب سیزده بخش داشته باشد، اما برای رعایت اختصار و نیز بدین دلیل که مجسطی «معروف است و آسان به دست می‌آید» از سنت شارحان، که متن مجسطی را هم نقل می‌کردند، پیروی نکرده است. متأسفانه نسخهٔ خطی این کتاب پیش از پایان بخش پنجم، و اندکی پس از بحث در نظریهٔ بطلمیوس دربارهٔ خورشید و ماه، قطع می‌شود. ابن‌هیثم ضمن مطالبی که برای تکمیل یا روشن کردن یا تصحیح براهین بطلمیوس به کتاب افزوده است به نویسندگان پیشین اسلامی در نجوم اشاره می‌کند، از جمله ثابت‌بن قره (دربارهٔ «شکل قطاع»)، بنوموسی (دربارهٔ کره) و ابراهیم‌بن سنان (دربارهٔ سایهٔ شاخص). در نسخهٔ خطی همهٔ نمودارها موجود است و به روشنی ترسیم شده، اما نسخه‌بردار جدولهای کتاب را پر نکرده است.

ریاضیات. شهرت ابن‌هیثم در ریاضیات بر مسئله‌ای که از قرن هفدهم تاکنون به «مسئلهٔ ابن‌هیثم» معروف شده، استوار است. این مسئله را، به صورتی که ابن‌هیثم در نظر داشته، چنین می‌توان بیان کرد: به ازای هر دو نقطه‌ای که در خارج از سطح بازتابنده‌ای قرار داشته باشند ــ این سطح ممکن است تخت، کروی، استوانه‌ای، یا مخروطی، محدب یا مقعر، باشد ــ نقطه‌ای (یا نقاطی) روی سطح پیدا کنید که نوری که از یکی از این دو نقطه به سطح می‌تابد از آن نقطه به نقطهٔ دیگر بازتاب پیدا کند. بطلمیوس در المناظر ثابت کرده است که در آینه‌های محدب کروی فقط یک نقطهٔ بازتاب وجود دارد. وی چند حالت را هم که به آینه‌های مقعر کروی مربوط می‌شوند بررسی کرده است، از جمله حالتی که در آن دو نقطهٔ مفروض بر مرکز کره منطبق باشند؛ حالتی که دو نقطه بر قطری واقع باشند و فاصله‌شان از کره مساوی یا نامساوی باشد؛ و حالتی که دو نقطه بر وتری از کره و به یک فاصله از مرکز آن باشند. آنگاه چند حالت را که بازتاب ممکن نیست ذکر می‌کند [۳۶].

ابن‌هیثم در مقالهٔ پنجم المناظر می‌کوشد این مسئله را برای همهٔ حالات سطوح کروی، استوانه‌ای و مخروطی ــ چه محدب و چه مقعر ــ حل کند؛ و گرچه در همه حال موفق نیست، اما نحوهٔ عمل او که احاطه‌اش را بر ریاضیات عالی یونانی نشان می‌دهد، بحق تحسین ریاضیدانان و مورخان بعدی را برانگیخته است. کسانی که به بررسی این مسئله پرداخته‌اند، در کار ابن‌هیثم با مشکلاتی مواجه شده‌اند. متن مقالهٔ پنجم المناظر، در نسخهٔ خطی فاتح و نسخهٔ ایاصوفیه که از روی آن استنساخ شده است، اغلاط املایی فراوانی دارد و در هیچ یک از این دو نسخه براهین مفصل ابن‌هیثم با شکلی که مطلب را توضیح دهد همراه نیست [۳۷]. در شرح کمال‌الدین و در متنی که ریزنر از ترجمهٔ لاتینی قرون وسطایی منتشر کرده چنین شکلهایی وجود دارد، اما این متون هم خالی از اشتباه نیستند. از این رو باید مراتب امتنان خود را از مصطفی نظیف اظهار داریم که این مسئله را به صورت کامل و روشن تحلیل کرده و چهار فصل از کتاب خود را، که استادانه نوشته شده، بدان اختصاص داده است.

ابن‌هیثم حل این مسئله را در حالت کلی بر شش قضیهٔ فرعی (لم = مقدمه)، که جداگانه ثابت می‌کند، استوار می‌سازد: (۱) رسم خطی از نقطهٔ مفروض A بر دایرهٔ ABG، به طوری که محیط دایره را در H و قطر BG را در D قطع کند و فاصلهٔ DH مساوی طول معلومی باشد؛ (۲) رسم خطی از نقطهٔ مفروض A به طوری که قطر BG را در E و محیط را در D قطع کند و ED مساوی طول معلومی باشد؛ (۳) رسم خط DTK از نقطهٔ D واقع بر ضلع BG از مثلث قائم‌الزاویه‌ای که زاویهٔ Bاش قائمه است. به طوری که AG را در T (و امتداد BA را در K) قطع کند و نسبت KT: TG مساوی نسبت معلومی باشد؛ (۴) رسم دو خط EA و ED از دو نقطه در خارج دایرهٔ AB، که در آن A نقطه‌ای روی محیط دایره است، به طوری که مماس در A زاویهٔ EAD را به طور مساوی تقسیم کند؛ (۵) رسم خطی از نقطهٔ E در خارج دایره‌ای که قطرش AB و مرکزش G است، به طوری که محیط را در D و قطر را در Z قطع کند و DZ با ZG برابر باشد؛ و (۶) رسم خطی از نقطهٔ D واقع بر ضلع GB از مثلث قائم‌الزاویه‌ای که زاویهٔ Bاش قائمه است، به طوری که وتر AG را در K و امتداد AB از طرف B را در T قطع کند و نسبت KG: TK برابر با نسبت معلومی باشد [۳۸].

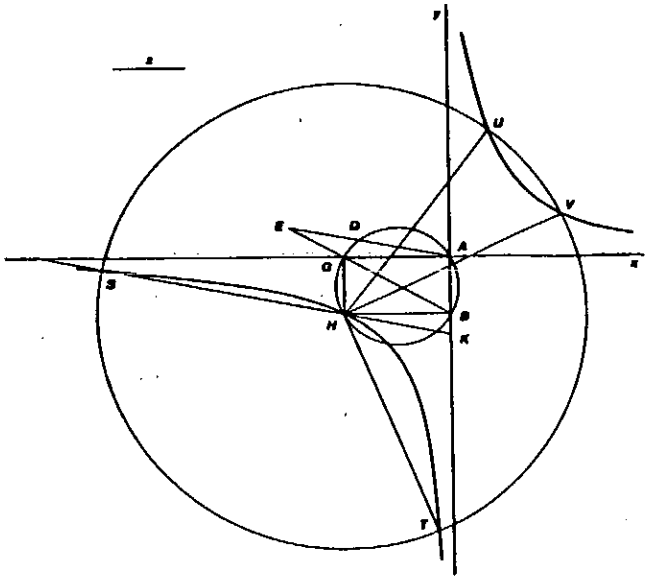
روشن است که قضایای فرعی (۱) و (۲) حالتهای خاصی از یک مسئله هستند و میان (۳) و (۶) نیز چنین رابطه‌ای وجود دارد. نظیف در بیان استدلال ابن‌هیثم هر یک از این دو جفت را در قالب یک ساختمان هندسی بیان کرده است. بد نیست که در اینجا ساختمان او را برای (۱) و (۲) نقل کنیم و در توضیح روش ابن‌هیثم بر راه او برویم و به ساختمان او ارجاع دهیم. اتفاقاً (۱) و (۲) برخی از ویژگیهای مشخصه حلی را که برای این مسئلهٔ هندسی پیشنهاد شده

دربر دارند. در شکل ۳، A نقطهٔ معلومی بر محیط دایرهٔ کوچک به قطر BG است. می‌خواهیم از A خطی رسم کنیم که دایره را در D و قطر، یا امتداد آن، را در E قطع کند و DE مساوی طول معلوم Z باشد.

از G خط GH را موازی AB رسم می‌کنیم تا دایره را در H قطع کند و BH را وصل می‌کنیم. فرض می‌کنیم که امتدادهای AG و AB، به ترتیب، نمایندهٔ محورهای x و y باشند که مبدأشان بر A منطبق است. هذلولیی را که از H می‌گذرد و x و y مجانبهای آن هستند رسم می‌کنیم. آنگاه به مرکز H دایره‌ای به شعاع

$$HS = \frac{BG^2}{z}$$

رسم می‌کنیم (HS ضلع مستطیلی است که ضلع دیگرش z و مساحتش BG^2 است). این دایره، درحالت کلی، دو شاخهٔ هذلولی را در چهار نقطه مانند S و T و U و V قطع خواهد کرد. H را به هر چهار نقطه وصل می‌کنیم و از A خطهایی به موازات HS و HT و HU و HV رسم می‌کنیم. هر یک از این خطهای موازی دایرهٔ محیطی مثلث ABG را در نقطه‌ای چون D و قطر، یا امتداد آن، را در نقطه‌ای چون E قطع خواهد کرد. ثابت می‌توان کرد که هر یک از این خطوط در شرط مورد نظر ما صدق می‌کند.



شکل ۳

به خلاف اثبات بالا ابن هیثم سه حالت را، یکی پس از دیگری، درنظر گرفته است: (الف) خط مطلوب مماس بر دایره است، یعنی A بر D منطبق است؛ (ب) D روی قوس AG است؛ و (ج) D روی قوس AB است. با وجود کلیت قضیهٔ فرعی (۱)، وی حالتی را که خط مطلوب امتداد BG را در طرف B قطع می‌کند در نظر نمی‌گیرد. همچنین وقتی به قضیهٔ فرعی (۲) می‌پردازد، برحسب رابطهٔ دایره با «شاخهٔ مقابل» هذلولی، سه حالت زیر را جداگانه بررسی می‌کند: (الف) دایره این شاخه را در دو نقطه قطع می‌کند؛ (ب) دایره در یک نقطه بر این شاخه مماس می‌شود؛ و (ج) دایره این شاخه را قطع نمی‌کند. برای یافتن کوتاهترین فاصلهٔ H از «شاخهٔ مقابل» هذلولی از قضیهٔ ۳۴ از مقالهٔ پنجم مخروطات آپولونیوس استفاده می‌کند. هرچند ابن هیثم از دستگاه مختصات متعامدی که مبدأش نقطهٔ معلوم A باشد، چیزی نمی‌گوید، با این حال مربعی مشابه ABHG را درنظر می‌گیرد و ضلعهای آن را که نظیر AB و AG اند به عنوان مجانبهای هذلولیی که از نقطه‌ای نظیر نقطهٔ H در شکل ۳ رسم کرده است، وصف می‌کند. برای ترسیم این هذلولی از قضیهٔ ۴ مقالهٔ دوم مخروطات آپولونیوس استفاده می‌کند.

ابن هیثم هنگامی هم که این شش قضیهٔ فرعی را برای یافتن نقطهٔ بازتاب در انواع مختلف سطوح به کار می‌برد، باز موارد خاص را به نوبت می‌آزماید. تظیف اثبات کرده است که حالتهای مختلفی که قضیهٔ فرعی ۴ دربرشان می‌گیرد، حل کلی مسئله را برای سطوح کروی، چه محدب و چه مقعر، تشکیل می‌دهند. در مورد آینه‌های استوانه‌ای ابن هیثم این حالات را درنظر می‌گیرد: (الف) دو نقطه در صفحه‌ای عمود بر محور استوانه واقع‌اند؛ [(ب) حالتی که دو نقطه روی صفحه‌ای قرار دارند که محور استوانه هم بر آن واقع است][1]؛ و (ج) حالت کلی، که در آن مقطع صفحهٔ در برگیرنده نه خط مستقیم است و نه دایره بلکه بیضی است. برای آنکه نشان دهد در سطوح محدب مخروطی بازتاب فقط از یک نقطه، که تعیینش کرده است، صورت می‌گیرد، شش حالت مختلف را توصیف می‌کند. در مورد آینه‌های مقعر ثابت می‌کند که بازتاب ممکن است از یک تا چهار نقطه رخ دهد، اما عدهٔ این نقاط از چهار بیشتر نمی‌شود؛ و در مورد آینه‌های استوانه‌ای مقعر هم استدلال می‌کند که نقاط بازتاب به همین تعداد است.

گذشته از بخشهای ریاضی المناظر در حدود بیست نوشته از ابن هیثم به دست ما رسیده که منحصراً به مباحث ریاضی اختصاص دارند. بیشتر این نوشته‌ها کوتاهند و ارزش و اهمیت آنها یکسان نیست. اصل عربی حدود یک چهارم این آثار چاپ شده، و حدود نصف آنها به زبانهای اروپایی ترجمه یا نقل به معنی شده است. برخی از این آثار را که اهمیت بیشتری دارند می‌توان به دو گروه تقسیم کرد و ما هم به همین صورت آنها را بررسی می‌کنیم.

---

۱. این قسمت در اصل مقاله افتاده بود که با توجه به عبارات پیش و پس آن افزوده شد. ــ م.

ابن هیثم

در سیاههٔ III سه اثر وجود دارد(III ۳۹، III۵۵، III۵۶) که گفته شده است به حل مشکلاتی که در سه بخش از اصول اقلیدس وجود دارد اختصاص دارند. هیچ یک از نسخه‌های خطی موجود با این توصیف تطبیق نمی‌کند. اما نسخه‌های متعددی از اثر مفصلی تحت عنوان کتاب فی حل شکوک کتاب اقلیدس فی اصول و شرح معاینه وجود دارد که نامش در سیاههٔ III نیامده است. بنابراین شاید III۳۹ و III۵۵ و III۵۶ بخشهایی از این اثر مفصل باشند که ما نامش را در «کتابشناسی» در بخش آثار اضافی آورده‌ایم.

ابن‌هیثم در حل شکوک خواسته است برنامه‌ای بلندپروازانه را به اجرا درآورد. به خلاف آثاری که پیش از او در این زمینه نوشته شده، وعده داده است که به بررسی برخی از مشکلات اصول اکتفا نکند و به همه یا اغلب آنها بپردازد؛ حالتهای خاص را امتحان کرده و راه‌حلهای جدیدی برای برخی از مسائل ارائه داده است؛ «علتهای دور ریاضی» (العلل التعلیمیة البعیدة) قضایای نظری (الاشکال العلمیة) را آشکار کرده ــ که به گفتهٔ او «هیچ یک از قدما و متأخران متعرض این نکته نشده»؛ و بالاخره به جای برهانهای غیرمستقیم (برهان خلف اقلیدس برهانهای مستقیم آورده است. در این کتاب ابن هیثم به رساله‌ای به نام مقالة فی شرح مصادرات کتاب اقلیدس (III۲) که پیش از آن نوشته اشاره کرده و گفته است که می‌خواسته است با این دو اثر شرح کاملی بر تمام اصول نوشته باشد. از این کتاب اخیر، که صرفاً به تعریفات و اصول متعارفی و اصول موضوعهٔ اصول پرداخته، هم اصل عربی و هم ترجمه‌ای به عبری که موسی بن تبون در ۱۲۷۰ میلادی ساخته، موجود است. بررسی ابن هیثم از نظریهٔ اقلیدس درباب‌موازیهاروش‌اورادر این دو «شرح» به بهترین وجه نشان‌می‌دهد.

ابن هیثم در III ۲ این «اصل متعارفی» را به اقلیدس نسبت می‌دهد که «دو خط مستقیم هیچ فضایی (سطحی) را محصور نمی‌کنند» (خود او عقیده دارد که باید این اصل را جزء «اصول موضوعه» به شمار آورد). در مورد تعریف اقلیدس، که خطوط موازی را همان خطوط نامتقاطع می‌داند، گفته است که باید «وجود» چنین خطوطی ثابت شود، و بدین منظور اصل موضوع زیر را که «بدیهی‌تر» است در کار می‌آورد: اگر خط مستقیمی چنان حرکت کند که یک سر آن همواره روی خط مستقیم دیگری باشد، و در تمام مدت حرکت بر این خط دوم عمود و با آن همصفحه بماند، سر دیگر خط اول خطی ترسیم خواهد کرد که با خط دوم موازی است. بدین طریق ابن هیثم توازی به مفهوم اقلیدسی آن را برداشته و به جایش همفاصله‌گی را نشانده؛ این روش اصل یونانی دارد و در بسیاری از کوششهایی که مسلمانان برای اثبات اصل موضوع پنجم کرده‌اند دیده می‌شود.

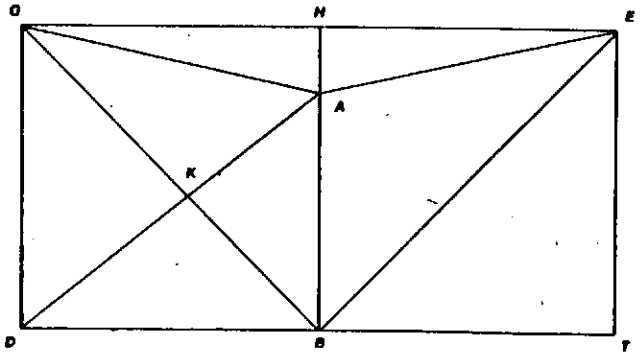
ابن‌هیثم نیز مانند سلف خود ثابت بن قره برهان خود را بر مفهوم حرک مبتنی کرده است؛ خیام و طوسی این روش را با هندسه بیگانه دانستند و نپسندیدند. مرحلهٔ حساس در استنتاج اصل موضوع اقلیدس، اثبات «فرض زاویهٔ قائمهٔ» ساکری با استناد به «چهارضلعی ساکری[1]» تسن. فرض کنید AG و BD عمود بر AB رسم شوند (شکل ۴)، می‌خواهیم ثابت کنیم که خطوطی که از نقاطی در روی AG بر BD عمود شوند با AB مساوی‌اند و بنابراین بر AG عمودند. از هر نقطهٔ دلخواه G خط GD را عمود بر BD رسم می‌کنیم، GA را تا E امتداد می‌دهیم به طوری که AE مساوی AG باشد. ET را عمود بر امتداد DB رسم می‌کنیم، و BG و BE را وصل می‌کنیم. نخست مثلثهای ABG و ABE و سپس مثلثهای BDG و BTE را در نظر می‌گیریم، می‌بینیم که GD با ET مساوی است. حال فرض کنید که GD روی DBT حرکت کند، به طوری که زاویهٔ GDT همواره قائمه باشد. در این صورت، هنگامی که D بر B منطبق می‌شود، G یا بر A منطبق می‌شود، یا روی خط AB پایینتر از آن می‌افتد و یا روی امتداد BA (در نقطهٔ H که در شکل نشان داده شده است) بالاتر از A قرار می‌گیرد؛ برحسب اینکه GD مساوی AB، کوچکتر از آن، یا بزرگتر از آن باشد. وقتی D به T می‌رسد، GD دقیقاً بر ET منطبق می‌شود. ضمن این حرکت، G خط راستی رسم می‌کند که، به فرض آنکه DG با AB مساوی نباشد، با خط راست دیگر GAE سطحی را محصور خواهد کرد ــ که این امر محال است. سرانجام، اگر بترتیب مثلثهای BDA, BDG و GKD, AKB را در نظر بگیریم، می‌بینیم که زوایای DGA و BAG با هم برابر و مساوی نود درجه‌اند. بدین ترتیب اصل موضوع اقلیدس ثابت می‌شود.

ابن‌هیثم در شرح مفصل خود، اصل موضوع پنجم اقلیدس را از نو صورت‌بندی کرده، و گفته است که دو خط مستقیم متقاطع امکان ندارد با خط سومی موازی باشند («اصل موضوع پلی‌فر[2]»)، و به اثباتی که در اثر پیشین خود ارائه داده بود استناد کرده است. باید یادآوری کرد که خواجه نصیر طوسی انتقاد خود را (در اثر خود در بارهٔ

1. Saccheri

2. Playfair

موازیها، الرسالة الشافیه) از کوشش ابن هیثم، بر تذکراتی که در شرح بزرگ ابن هیثم آمده است مبتنی کرده، زیرا به گفتهٔ خودش به اثر پیشین او دسترسی نداشته است.

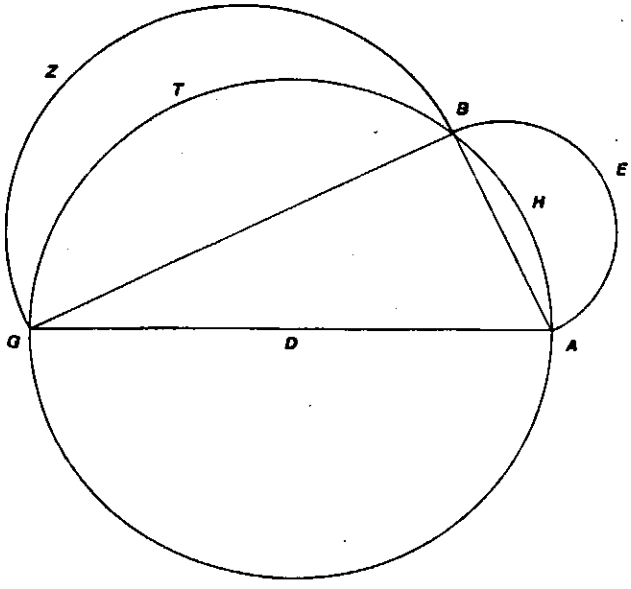


شکل ۴

ابن هیثم دو رساله در بارهٔ تربیع شکلهای هلال مانند (الاشکال الهلالیة) تألیف کرده است. (عنوان این دو رساله باعث شده که بعضی آنها را در بارهٔ ماه بدانند.) هر چند از رسالهٔ دوم که مکملتر است (III ۲۱) چندین نسخه موجود است، اما این اثر هنوز مورد تحقیق قرار نگرفته است. از مقدمهٔ کتاب چنین معلوم می‌شود که این رساله مدتها پس از رسالهٔ اول (III ۲۰، اکنون موجود نیست) تألیف شده، هر چند در سیاههٔ III نام آنها به دنبال هم آمده است. این رساله حاوی بیست و سه قضیه در بارهٔ هلال است؛ بعضی از این قضیه‌ها تعمیم قضایایی هستند که در رسالهٔ پیشین در حالت خاص ثابت شده‌اند، اما بعضی دیگر کاملاً جدیدند. موضوع این دو رساله با مسئلهٔ تربیع دایره رابطه دارد: اگر بتوان اشکال مسطحی را که بین دو قوس دایره با شعاعهای نامساوی محصورند تربیع کرد، چرا نتوان همین کار را با دایره، که ساده‌تر است، انجام داد؟ ابن هیثم این استدلال را در رسالهٔ مختصری به نام مقالة فی تربیع الدایرة (III ۳۰) آورده است. هدف رساله اثبات «امکان» تربیع دایره است، بی‌آنکه راه «یافتن» یا ساختن مربعی را که مساحتش با دایرهٔ مفروضی مساوی باشد، نشان دهد.

برای توضیح این نکته، ابن هیثم قضیه‌ای را که به بُقراط خیوسی منسوب است تعمیم می‌دهد و ثابت می‌کند. برهان قضیه را از رسالهٔ پیشین خود دربارهٔ هلالها نقل می‌کند. در شکل ۵ فرض کنید B نقطهٔ دلخواهی روی نیمدایره‌ای به قطر AG باشد. نیمدایره‌های کوچکتر را که قطرشان بترتیب AB و BG است رسم کنید. ثابت می‌شود که مساحت هلال‌های AEBH و BZGT روی هم برابر است با مساحت مثلث قائم‌الزاویهٔ ABG. بر پایهٔ قضیهٔ دوم از مقالهٔ دوازدهم اصول اقلیدس که می‌گوید نسبت مساحتهای دو دایره برابر است با نسبت مربع قطرهای آنها؛ می‌توان ثابت کرد که مساحت نیمدایره‌هایی که روی AB و BG ساخته می‌شوند، روی هم برابر است با مساحت نیمدایره‌ای که روی وتر AG ساخته می‌شود. تساوی مساحت هلالها با مساحت مثلث ABG از تفریق قطاعهای AHB و BGT از طرفین معادله نتیجه می‌شود. بقراط حالت خاصی را که مثلث ABG متساوی‌الساقین باشد درنظر گرفته بود [۴۰].

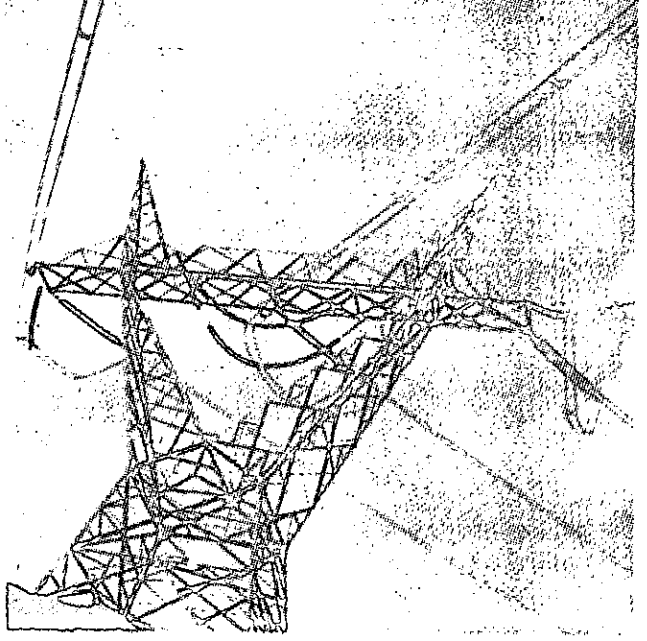
دو اثر دیگر ابن هیثم که موضوعشان بسیار به هم نزدیک است عبارتند از مقالة فی التحلیل والترکیب (III ۵۳) و مقالة فی المعلومات



شکل ۵

(III ۵۴). موضوع اثر اخیر با داده‌ها (Dedομενα)ی اقلیدس که به عربی کتاب المعطیات خوانده می‌شود اشتراکاتی دارد. اینکه ابن هیثم به جای واژهٔ المعطیات واژهٔ المعلومات را به کار برده، در ترجمهٔ عربی خود اصول اقلیدس سابقه دارد، آنجا هم واژهٔ المعلوم همه‌جا به معنی «داده» به کار رفته است. مقالة فی التحلیل والترکیب اثری اساسی است درحدود ۲۴،۰۰۰ کلمه، و موضوع آن بیان روشهای تحلیل و ترکیب است که برای کشف و اثبات قضایا و ترسیمات ضرورت دارد، و این مقصود را از راه نشان دادن کاربردهای این دو روش در چهار علم حساب، هندسه، نجوم، و موسیقی حاصل می‌کند. در این کتاب در مواردی که پیش از شروع به تحلیل قضیه‌ای باید خواصی جز آنچه را

بقیه در صفحه ۷۳

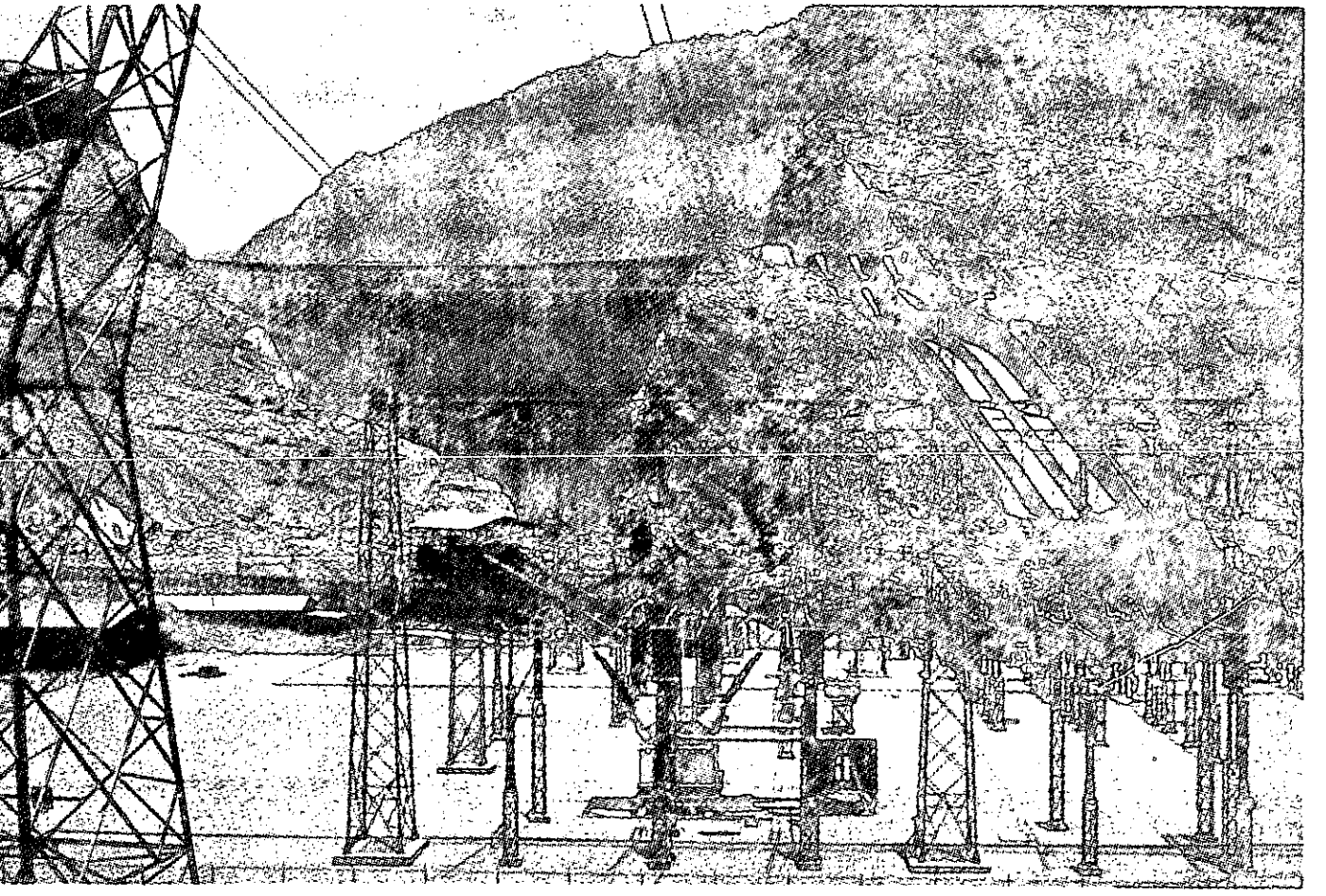


تولید برق

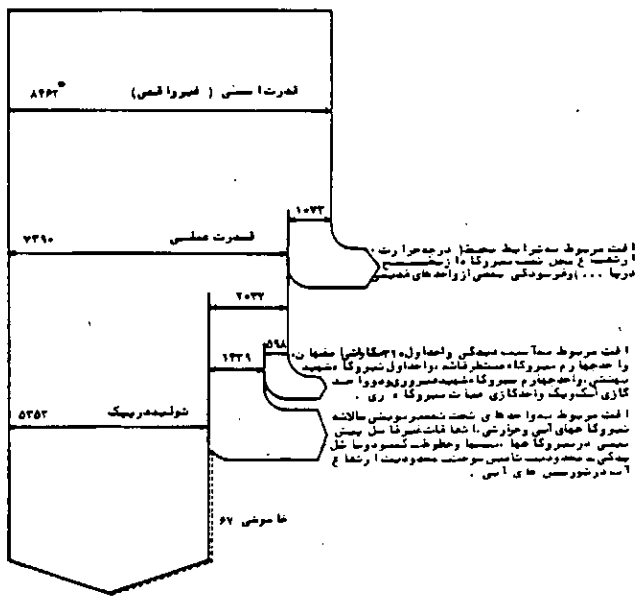
برقی که در صنعت، کشاورزی، مصارف عمومی، خانگی و روستائی خیابانها مورد استفاده قرار می‌گیرد برق متناوب نامیده می‌شود. برای تولید برق A.C از دستگاهی به نام مولد برق یا ژنراتور و گاهی بنام آلترناتور (مولد جریان متناوب) استفاده می‌شود.

برحسب اینکه انرژی لازم برای به حرکت در آوردن مولد از چه منبعی دریافت شود مولد را با آن نام می‌خوانند. مثلاً اگر برای به حرکت در آوردن مولد از انرژی آب استفاده شود آن را مولد آبی و نیروگاه مربوطه را نیروگاه برق آبی می‌گویند. اگر از گرمای حاصل از سوختهائی مانند ذغال سنگ ــ فرآورده‌های نفتی و سوخت گاز استفاده شود و این گرما موجب گرم و بخار کردن آب در دیگهای بخار با فشار زیاد شده و سپس بخار با فشار بالا را وارد توربین بخار که به عنوان مولد کار مکانیکی است کرده و توسط آن مولد برق را به حرکت در آورند آن را نیروگاه حرارتی و به طور اخص نیروگاه بخاری می‌نامند.

در بعضی از نیروگاههای حرارتی از قبیل نیروگاه دیزلی و توربین گاز مستقیماً از حرارت ایجاد شده توسط سوخت و انرژی حاصل از آن به شکل گاز داغ استفاده شده و موجب گرداندن دیزل و



قدرت نیروگاههای سیستم سراسری برق کشور در سال ۱۳۶۳
در روز جداکثر بار (ساعت ۲۰/۴۵ روز سیستم شنبه ۱۳۶۲)
واحد بمگاوات



* در پایان سال ۱۳۶۳ این رقم به ۹۰۲۹ مگاوات رسیده است.

توربین گاز به عنوان مولدهای نیروی مکانیکی می‌شود این دستگاههای مولد نیروی مکانیکی مولدهای برق را به حرکت در می‌آورند و نیروی برق تولید می‌کنند.

در صورتی که از سوخت اتمی یعنی شکستن اتمهای عناصر رادیواکتیو در راکتورهای اتمی استفاده شده تولید حرارت زیاد بشود و از این حرارت جهت تبخیر آب و ایجاد بخار با حرارت بالا و فشار زیاد استفاده گردد میتوان این بخار را در توربینهای بخاری مناسب وارد کرده و با چرخاندن آن همراه ژنراتور برق تولید نمود، این نیروگاه برق را نیروگاه اتمی می‌گویند.

در حال حاضر در جهان علاوه بر نیروگاههای فوق از انرژی‌های دیگری مانند انرژی باد ــ انرژی جزرومد ــ انرژی خورشید و غیره نیز استفاده می‌شود ... که نیروگاههای مربوطه نیز بنامهای نیروگاههای بادی ــ جزرومد و نیروگاههای خورشیدی خوانده می‌شوند.

در کشور جمهوری اسلامی ایران منابع تأمین برق یا نیروگاههای برق بر دو نوع تقسیم می‌شوند.

الف: نیروگاه‌های آبی

به وسیله ایجاد سد بر روی رودخانه‌ها آب را به صورت دریاچه کوچکی در پشت سد جمع کرده و از انرژی حاصل از انباشتن آب در پشت سد برای به حرکت در آوردن توربین استفاده می‌شود و در نتیجه محور ژنراتور به چرخش در آمده و برق تولید می‌گردد. این نوع نیروگاهها به علت عمر طولانی و سهولت بهره‌برداری و عدم مصرف سوخت دارای ارزش زیادی می‌باشند. محدودیت ایجاد این نیروگاهها در کشور ایران کمبود رودخانه‌هائی است که بتوان با سد زدن بر روی آنها نیروی برق ایجاد کرد به ویژه آنکه مخارج ساختمان سد بسیار زیاد و معمولاً با توجه به کمبود آب در کشور سدها بیشتر دو منظوره، برای تأمین آب کشاورزی در وهله اول و تولید برق در درجه دوم می‌باشد.

اخیراً وزارت نیرو برای نصب نیروگاههای کوچک آبی با استفاده از آبهای جاری در مناطق کوهستانی تحقیقات وسیعی را شروع کرده است تا بتوان در آینده با تکنیکی ساده برق لازم برای روستاهای پراکنده به وسیله این نیروگاهها که در حقیقت شبیه آسیابهای قدیمی می‌باشند ایجاد نمود.

شکل زیر یک نیروگاه آبی را که با استفاده از آب انباشته شده در پشت سد برق تولید می‌نماید نشان می‌دهد.

ب: نیروگاه‌های حرارتی

این نیروگاهها خود به سه دسته به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱ ــ نیروگاههای دیزلی:

دیزلها مانند موتور اتومبیل می‌باشند که سوخت آن عمدتاً گازوئیل می‌باشد احتراق سوخت در داخل سیلندر سبب به حرکت در آمدن پیستون و چرخش میل‌لنگ شده و محور ژنراتور که یک سرش به میل‌لنگ متصل است به گردش در آمده و برق تولید می‌کند. واحدهای دیزلی مولدهای کوچکی هستند که برای تأمین برق نقاط پراکنده یا شهرهای کوچک و یا شهرهای خارج از سیستم سراسری برق کشور و یا به صورت ذخیره و برق اضطراری در مواقع قطع برق برای بیمارستانها، پادگانها و سایر مراکز حساس مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر چند بازده نیروگاههای دیزلی خوب و زمان نصب آن کوتاه است ولی باید در جاهائی نصب شود که کارگران ماهر و کاردان داشته و بتوانند از آن خوب بهره‌برداری نموده و تعمیرات آن را نیز به موقع انجام دهند.

۲ ــ نیروگاه‌های توربین گازی

واحدهای توربین گازی عموماً از نظر قدرت بزرگتر از واحدهای دیزلی بوده و سوخت آن گازوئیل و گاز طبیعی می‌باشد و زمان نصب آنها نیز مانند مولدهای دیزلی کوتاه است.

توربینهای گازی برای نیروی محرکه خود احتیاج به هوای با فشار زیاد دارند که توسط یک کمپرسور محوری ایجاد می‌شود. پس از اینکه توسط کمپرسور فشار هوا به ۱۰ برابر فشار هوای محیط رسید این هوای فشرده وارد اطاق احتراق می‌گردد و سوخت مایع یا گاز به آن اضافه شده توسط جرقه زن با مشعل کوچکی محترق می‌شود. سپس گاز گرم با فشار بالای حاصل از احتراق وارد توربین شده آن را به به چرخش در می‌آورد. مولد هم که به محور توربین وصل می‌باشد همراه توربین چرخیده و برق تولید می‌شود.

بازده این مولدها کمتر از مولدهای دیزلی بوده و در حال حاضر با ساختن توربینهای گازی پرقدرت توانسته‌اند اختلاف بازده این مولدها با مولدهای دیزلی را کمتر نمایند (بازده مولدهای دیزلی حدود ۴۲ درصد و توربینهای گازی با قدرت بالا حدود ۳۳ درصد می‌باشد)

عمر مفید این واحدها بین ۱۵ تا ۲۰ سال و مشابه عمر مفید واحدهای دیزلی است. علت این مسئله بالا بودن دمای گاز ورودی به پره‌های توربین و خورندگی گاز می‌باشد.

بالاترین دمایی که در حال حاضر در توربینهای گازی صنعتی برای تولید برق به کار می‌روند حدود ۱۱۰۰ درجه سلسیوس است در حالیکه دمای بخار در توربینهای بخاری به طور متوسط ۵۴۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

با توجه به پائین بودن بازده و به ویژه در مواقعی که از سوخت گران قیمت مانند گازوئیل در این نوع مولدها استفاده می‌شود بایستی از آنها بیشتر برای زمانی که مصرف برق به حداکثر می‌رسد (در ایران چهار ساعت اول شب) استفاده کرد به طور کلی با توجه به مسائل فوق تا حد امکان نباید از این نیروگاهها برای بیست و چهارساعت شبانه‌روز استفاده کرد.

۳ ــ نیروگاههای توربین بخاری:

به دلیل مناسب بودن بازده (حدود ۴۰ درصد) و عمر قابل ملاحظه نسبت به مولدهای توربین گازی و دیزلی و امکان مصرف پست‌ترین نوع سوخت (مازوت و پس‌ماند پالایشگاهها) و پائین بودن هزینه احداث بخصوص در مواردی که اندازه نیروگاه بزرگ باشد، این نوع نیروگاهها از نظر اقتصادی بهترین نوع نیروگاههای حرارتی بوده و به همین دلیل در اکثر کشورها نیروگاههای توربین بخاری بیشترین واحدهای تولید نیروی برق را تشکیل می‌دهد.

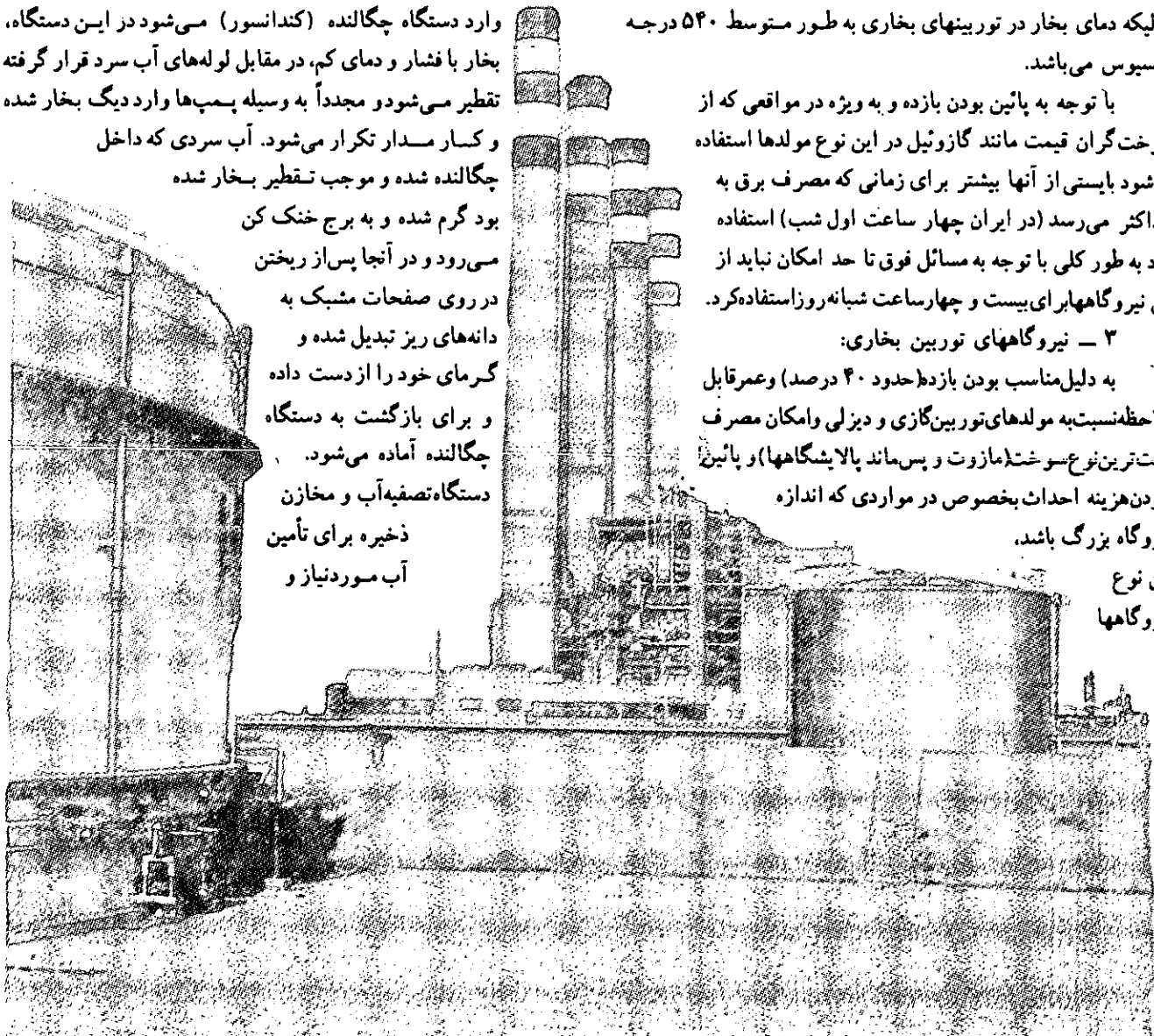
دستگاههای اساسی یک نیروگاه حرارتی بخاری شامل دیگ بخار، توربین بخار، چگالنده و برج خنک کن، مولد برق، دستگاه تصفیه آب و مخازن ذخیره سوخت می‌باشد.

ابتدا سوخت را وسیله مشعل‌های مناسب در دیگ بخار سوزانده و گرمای حاصل آب موجود در لوله‌های دیگ بخار را تبخیر و پس از داغ کردن و بالا بردن فشار بخار از آن برای چرخاندن توربین استفاده می‌شود.

چون بخاری که در توربینها استفاده می‌شود بسیار تمیز بوده و مواد خارجی آن تا سر حد امکان پائین آورده شده است لذا عمر توربینهای بخاری زیاد بوده و تا ۳۰ سال می‌رسد.

توربین بخار که از طبقات مختلف با پره‌های زیاد تشکیل شده به عنوان مولد حرکت مکانیکی، انرژی گرمایی و جنبشی بخار را گرفته و موجب گرداندن دستگاه تولید برق می‌شود.

فشار و دمای بخار پس از انجام کار در توربین پایین آمده و وارد دستگاه چگالنده (کندانسور) می‌شود در این دستگاه، بخار با فشار و دمای کم، در مقابل لوله‌های آب سرد قرار گرفته تقطیر می‌شود و مجدداً به وسیله پمپ‌ها وارد دیگ بخار شده و کار مدار تکرار می‌شود. آب سردی که داخل چگالنده شده و موجب تقطیر بخار شده بود گرم شده و به برج خنک کن می‌رود و در آنجا پس‌از ریختن در روی صفحات مشبک به دانه‌های ریز تبدیل شده و گرمای خود را از دست داده و برای بازگشت به دستگاه چگالنده آماده می‌شود.



دستگاه تصفیه آب و مخازن ذخیره برای تأمین آب موردنیاز و

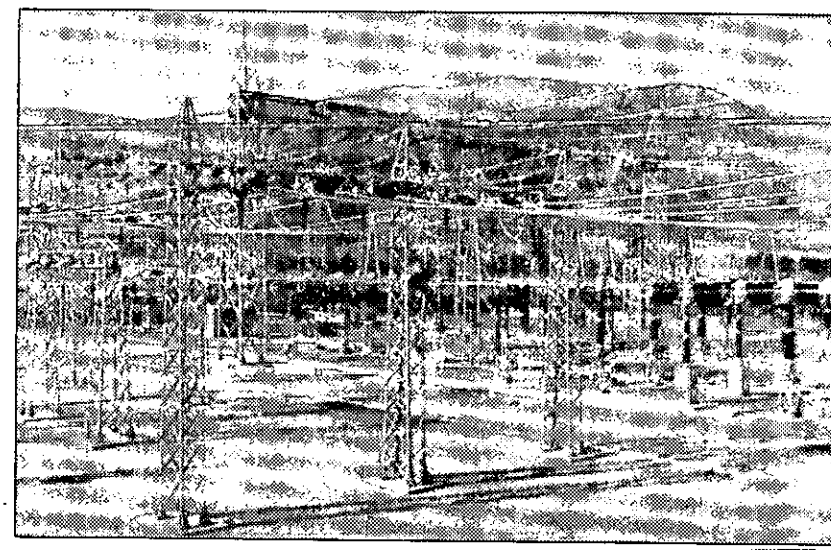
سوخت مورد مصرف دیگ بخار ضروریست و برای راه‌اندازی و ادامه کار نیروگاه بخاری از آنها استفاده می‌شود.

واحدهای بخاری عموماً در اندازه بزرگ طراحی شده و با بازده خوب سهولت نسبی بهره‌برداری، عمر و دوام طولانی بعد از نیروگاههای آبی با ارزش‌ترین نیروگاه‌ها می‌باشد. مدت زمان ساخت این نوع نیروگاهها حداقل ۵ سال طول می‌کشد سوخت این نیروگاهها نفت کوره یا گاز است.

شکل زیر نیروگاه بخاری شهید سلیمی (نکا) را که دارای چهار واحد ۴۴۰ مگاواتی جمعاً به قدرت ۱۷۶۰ مگاوات می‌باشد نشان می‌دهد.

انتقال برق

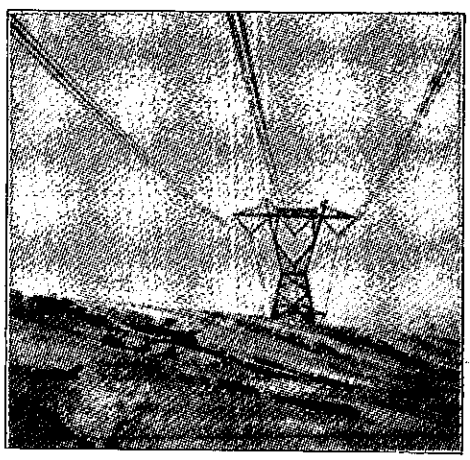
توضیح دادیم که چگونه برق تولید می‌شود. اینک باید بتوان از

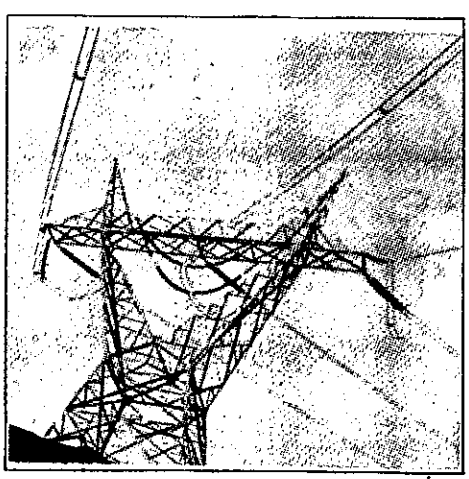


برق تولید شده استفاده کرد بدیهی است ابتدا باید برق را به محل مصرف انتقال داد. همانطور که شرح داده شد محل مصرف برق، مساجد، منازل، مغازه‌ها، ادارات دولتی، بیمارستانها، هتلها، سینماها، کارخانجات، چاههای آب کشاورزی، خیابانها و غیره می‌باشد اما به دلیل پراکندگی شهرها، کارخانجات و روستاها و دلائل دیگر همیشه بین محل تولید و محل مصرف، فاصله زیاد است. عمل رساندن برق از محل تولید به محل مصرف را انتقال برق می‌گویند که خود صنعت بزرگی است و کارخانجات متعددی در سراسر دنیا وجود دارد که وسائل لازم برای انتقال برق را می‌سازند.

چون معمولاً در اثر فاصله زیاد بین محل تولید و محل مصرف مقداری انرژی الکتریکی در سیمهای انتقال به صورت گرما تلف می‌شود برای کم کردن این تلفات ولتاژ را تا حد امکان بالا می‌برند. در اکثر نیروگاهها، مولدهای برق A.C حداکثر ولتاژ تا ۲۵۰۰۰ ولت را تولید می‌کنند. این برق از ترانسفورماتورهای افزاینده عبور داده می‌شود و به ۶۳۰۰۰۰ ولت یا بالاتر برده می‌شود. خطوط انتقال فشار قوی ممکن است ولتاژهائی مانند ۶۳۰۰۰، ۱۳۲۰۰۰، ۲۳۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰۰ ولت را به محل مصرف انتقال دهند که به این ولتاژها، ولتاژهای ۶۳، ۱۳۲، ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت گفته می‌شود. شاید شما هم در مسافرت خود پایه‌های فلزی عظیمی که سیمهای حامل برق را از نقاط دور به شهرها و مراکز صنعتی و مزارع منتقل می‌کنند دیده‌اید.

در شکل زیر تصاویری بر این اساس داده شده است. در کشور ما بر اساس آمارهای موجود تا پایان سال ۱۳۶۴ حدود ۵۰۰۰ کیلومتر خطوط ۴۰۰ کیلوولت، بیش از ۸۸۰۰ کیلومتر خطوط ۲۳۰ کیلوولت، حدود ۶۰۰۰ کیلومتر خطوط ۱۳۲ کیلوولت و بیش از ۱۳۰۰۰ کیلومتر خطوط ۶۳ کیلوولت وجود دارد و هر ساله با احداث خطوط جدید به طول آنها افزوده می‌شود.





فیزیک عملی

حسام ـ حمزه

توضیح

از این پس در هر شماره از مجله مجموعه‌ای از آزمایشهائی را که مفاهیم فیزیکی قابل توجهی دارند تقدیم خواهیم کرد. امید آنکه مورد استفاده قرار گیرد و نظر خوانندگان ارجمند را جلب کند.

چوب می‌شکند یا لیوان؟

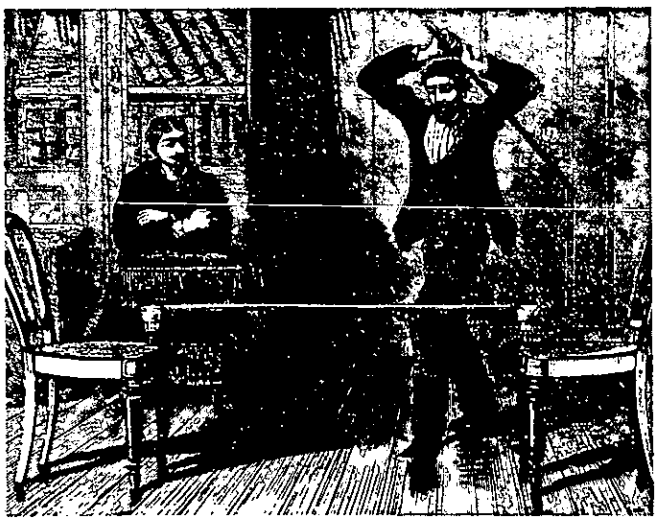
دو میلهٔ چوبی بلند، چهار عدد میخ کاملاً مشابه فراهم کنید. به مرکز هریک از دو سر میله‌های چوبی یک میخ بکوبید.

دو لیوان پر از آب، یک میلهٔ چوبی بلند با قطر بیشتر دو چوب اول و دو صندلی نیز آماده کنید.

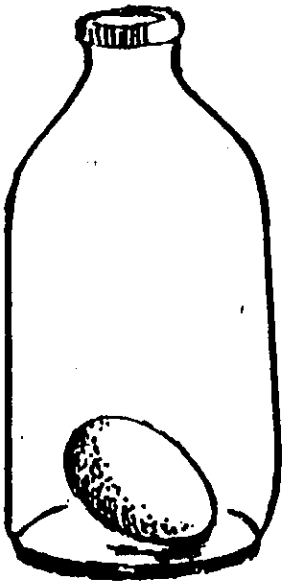
یکی از میله‌های چوبی میخ‌دار را مطابق شکل زیر بر لبهٔ لیوانها طوری قرار دهید که لیوانها فقط با میخ‌ها در تماس باشند؛ با چوب قطورتر با سرعت از بالا بپائین بر وسط چوب افقی ضربه وارد کنید. چه می‌شود؟ چوب از وسط می‌شکند و لیوانها سالم می‌مانند.

آزمایش را با چوب میخ‌دار دوم تکرار کنید؛ این‌بار با سرعت ولی از پائین به بالا ضربه وارد کنید؛ چه می‌شود؟ این‌بار لیوانها می‌شکنند. چرا؟

با استفاده از قوانین نیوتن دربارهٔ حرکت علت را خواهید یافت.



تخم‌مرغ سالم در بطری!



تخم‌مرغ آب‌پز و پوست‌کنده را چگونه می‌توان سالم به داخل بطری دهانه باریکی فرو برد؟ تخم‌مرغی را آب‌پز کرده، پوست آن را بکنید؛ بطری شیری را نیز آماده کنید.

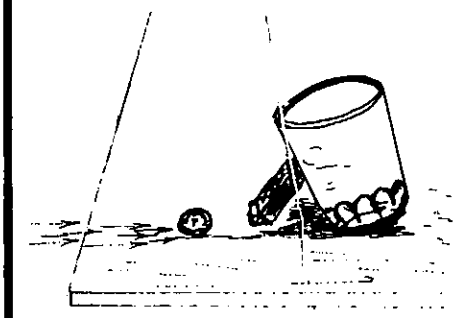
تکه کاغذی را آتش بزنید و به داخل بطری بیاندازید. سر باریکتر تخم‌مرغ را بر دهانهٔ بطری قرار دهید. چگونگی ورود تخم‌مرغ به داخل بطری را مشاهده کنید.

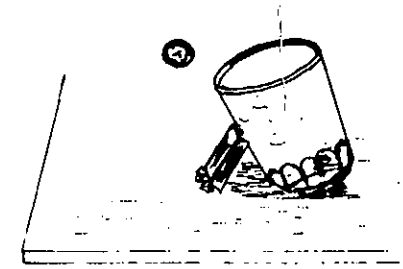
فشار هوای محیط، تخم‌مرغ را به داخل بطری فرو می‌برد.

منبع:

Explining physics — Stephen pople oxford 1984

پریدن سکه به داخل لیوان!





سکهٔ دو ریالی را حدوداً در چهار سانتیمتری از لبهٔ یک میز بر روی آن قرار دهید؛ دهانهٔ لیوانی را تقریباً در فاصلهٔ افقی ۴ و عمودی ۱۰ سانتیمتری از سکّه نگه دارید.

در امتداد افق دفعتاً بر بالای سطح سکه بدمید؛ سکه به داخل لیوان می‌پرد.

علت علمی موضوع را در قانون برنولی رابطهٔ $f = \frac{1}{2}\rho V^2 S$ جستجو کنید.

در این رابطه S مساحت سکه، V سرعت نسبی باد و ρ جرم حجمی هوا است.

منابع

1 — Physics teacher Volume 16

2 — Science and children Volume 23

3 — Explaining Physics stephen pople oxford 1984

اندازه گیری زمان عکس‌العمل

ترجمهٔ احمد ــ توحیدی

یک متر چوبی را در حالی که انتهای آن متکی بر کف دست است بآسانی می‌توان بحالت تعادل نگاهداشت. اما انجام اینکار با میله کوتاهتری مانند مداد امکان ندارد. طول میله‌ای را که باین طریق بحالت تعادل درمی‌آید بعنوان معیاری برای اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل اشخاص میتوان بکار برد.

یک میله چوبی در حالی که بطور قائم متکی بر کف دست است در نظر بگیرید. در این حالت تعادل میله ناپایدار است. زیرا اگر میله باندازهٔ زاویه کوچک θ کج شود گشتاور بدست آمده سبب افتادن میله میشود. بنابراین برای اینکه میله تعادل داشته باشد باید دست به نقطه دیگری تغییر مکان یابد تا مجدداً نقطه اتکاء در زیر مرکز جرم میله قرار گیرد. به شکل زیر توجه کنید هنگام کج شدن میله مرکز جرم آن باندازهٔ Rθ جابجا میشود. R مسافت بین نقطه اتکاء تا مرکز جرم میله است. گشتاوری که سبب چرخیدن میله میشود از رابطه زیر بدست میآید:

$$\tau = mgR\sin\theta \quad ۱$$

m جرم میله و g شتاب جاذبه زمین است.

شتاب زاویه‌ای میله از رابطه زیر بدست میآید

$$\tau = I\alpha = mgR\sin\theta \quad ۲$$

$$\alpha = \frac{I}{mgR\sin\theta} \quad ۳$$

در این رابطه I ممان اینرسی میله نسبت به نقطه اتکا آن است.

برای زوایای خیلی کوچک رابطه ۳ بصورت زیر درمیآید.

$$\alpha \Rightarrow \frac{mgR\theta}{I} \quad ۴$$

در این حالت مرکز جرم میله مسافت Rθ را پیموده است. با توجه برابطه ۴ میتوان نوشت

$$R\theta = \frac{\alpha I}{mg} \quad ۵$$

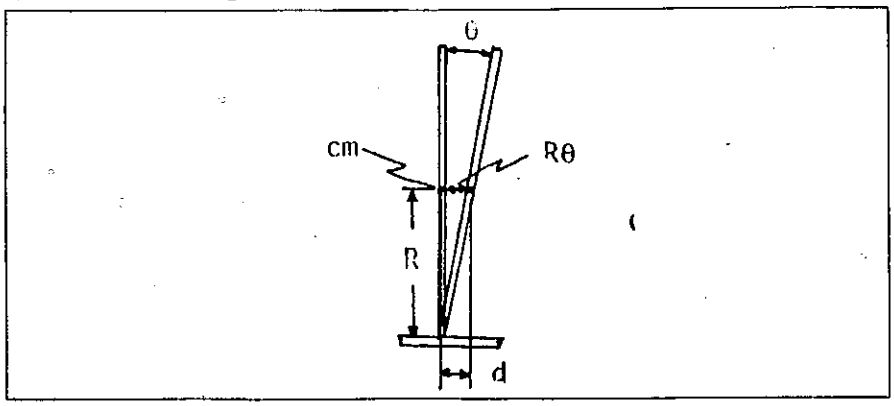
اگر بخواهیم حالت تعادل میله ادامه یابد باید دست، مسافت

$$d = R\theta = \frac{1}{2}at^2 \quad ۶$$

را طی نماید. a شتاب خطی میله است.

اگر روابط ۵ و ۶ را مساوی یکدیگر قرار داده و بجای α مقدار $\frac{a}{R}$ را بگذاریم، خواهیم داشت

$$\frac{1}{2}at^2 = \frac{\alpha I}{mg} = \frac{aI}{Rmg} \quad ۷$$



تحقیقاتی در جهت استنباط از مفهوم کلمهٔ «نور» در مورد محصلین ۱۰ تا ۱۶ سال.

از رابطه ۷ داریم

$$t^2 = \frac{2I}{Rmg} \quad ۸$$

چنانچه میله باریک و یکنواخت باشد برای آن

$$I = \frac{mL^2}{3} \text{ و } R = \frac{L}{2}$$

می‌باشد. L طول میله است. با گذاشتن مقادیر بالا در رابطه ۸ خواهیم داشت

$$t^2 = \frac{2mL^2 \times 2}{3L \times mg}$$

$$t^2 = \frac{4L}{3g} \quad ۹$$

اگر L = ۱m باشد با توجه برابطه(۹) t = ۰/۳۶ S ثانیه بدست می‌آید. برای مدادی که طولش ۲۰cm است t = ۰/۱s خواهد بود.

زمان عکس‌العمل فرد مورد آزمایش برابر با مدت زمانی است که شخص بتواند کوتاهترین طول را بحالت تعادل نگاه دارد.

اگر بجای میله یکنواخت، میله غیریکنواختی که قسمت بالای آن دارای جرم بیشتری است انتخاب شود در اینحالت گشتاور ماند نسبت به نقطه اتکا $I = mL^2$ می‌باشد. با توجه برابطه (۷) بازاء L = ۱m زمان بدست آمده ۰/۴۵s خواهد شد. در حالی که زمان بدست آمده برای میله یکنواختی بطول ۱m متر ۰/۳۶s بدست آمد.

معمولاً روش متداول دیگری را برای اندازه‌گیری زمان عکس العمل بکار می‌برند. بدینصورت، که فردی یک متر چوبی را از بین دو انگشت باز دست فرد دیگری که زمان عکس‌العمل او باید اندازه‌گیری شود رها می‌کند. فرد مورد آزمایش باید با بستن دو انگشت خود متر چوبی را محکم نگه دارد.

زمان عکس‌العمل را با اندازه‌گیری مقدار طولی از میله که از بین دو انگشت شخص عبور کرده است محاسبه می‌کنند. چنانچه در این روش شخص رهاکننده زمان رهایی میله را اطلاع دهد نتیجه‌ای کاملاً متفاوت با حالت قبل بدست خواهد آمد.

نگارنده روش‌های ذکر شده را در مورد دو گروه ۱۱ نفری دانش‌آموز بکار برد. زمان متوسط عکس‌العمل آنها با روش تعادل میله ۰/۲۱ ثانیه و با روش رهائی میله ۰/۱۸ ثانیه بدست آمد. بطور کلی افرادی که در روش اول زمان عکس‌العمل کوچکی را دارا بودند در روش دوم نیز نسبت بدیگران سریع‌تر عمل میکردند.

Reation Time as Measured by Balancinga stick H. T. Hudson Depertment of Physics, University of Houston, The Physics Teacher, April 1984 , 245

توضیح

استنباط دانش‌آموزان در سنین مختلف از مفاهیم گوناگون فیزیکی، مطلبی است که می‌تواند مورد علاقه هر معلم دلسوز و عاشق به کار باشد. چرا که دانستن اینکه شاگرد در بدو امر چه تصوری از مفهوم فیزیکی مورد نظر دارد راهنمای بسیار خوبی است برای آنکه معلم مفاهیم واقعی و صحیح را بطور دقیق در ذهن وی جا اندازد. آنچه میخوانید حاصل کار تحقیقاتی یکی از دانشجویان دانشگاه فردوسی مشهد بنام آقای خسروی است که زیر نظر دکتر محمد فرهاد رحیمی در بخش فیزیک دانشکده علوم مشهد انجام شده و در رابطه به استنباط دانش‌آموزان ۱۰ تا ۱۶ ساله از مفهوم کلمه «نور» است.

۱ ــ بازشناسی نور

۱ ــ ۱ موردی که خواص نور، مربوط به خواص منبع نور یا گیرنده است.

۱ ــ ۲ نور به عنوان یک موجود با ویژگیهای خاص خود.

۱ ــ ۳ نتیجه‌گیری.

۲ ــ انتشار نور

۲ ــ ۱ انتشار مستقیم الخط نور

۲ ــ ۲ زمان انتشار

۳ ــ نور و برهم کنش آن با ماده

۳ ــ ۱ گسیل نور از اجسام

۲ ــ ۲ بر هم کنش نور با اجسام شفاف (عدسیها)

۴ ــ نور و دیدن. تشکیل تصاویر

۴ ــ ۱ مورد دیدن

۴ ــ ۲ مورد تشکیل تصاویر

نتیجه‌گیری

مقدمه

برای فیزیکدانان، نور موجودی است که ویژگی‌های مخصوص بخود دارد، ولی برای دانش‌آموز ممکن است این موجود قبلاً شناخته شده نباشد. بنابراین قبل از اینکه تحقیق کنیم آیا محصل انتشار به خط مستقیم نور را می‌داند (یا بکار می‌برد) مثلاً لازم است که بپرسیم آیا موجودیت نور برای او شناخته شده است یا خیر.

بنابراین از این نقطه شروع می‌کنیم و سپس خواص نور را که توسط دانش‌آموز شناخته می‌شود، و بعد از آن مسئلهٔ دیدن را پیش می‌کشیم.

شناخت نور

سوالات طرح شده از یک طرف مفهوم کلمهٔ نور را برای بچه‌ها و از طرف دیگی پدیده‌هایی را که نور در آنها به عنوان یک موجود در فضا به حساب می‌آید دسته‌بندی می‌کند. نور برای بچه‌ها به دو عمل وابسته است: روشن کردن و دیدن. مثلاً: «نور برای روشن کردن است»، «اگر نور نباشد هیچ چیز نمی‌توان دید» (فرهاد ۱۰ ساله) بعلاوه وقتی مسئله نور مطرح می‌شود تمام بچه‌ها به زندگی روی زمین اشاره می‌کنند.

۱ ــ ۱ موردی که خواص نور خواص منبع یا گیرنده است. برای اغلب بچه‌های از ۱۰ تا ۱۳ سال، نور با خواصی که ویژه آن است مطرح نمی‌شود. مثلاً در هنگام یک پرس و جو در یک اطاق واقع در معرض نور خورشید این سؤال مطرح شد که: «نور در این اطاق کجا است؟» بچه‌ها جواب دادند:

«اینجا روی زمین... زیرا خورشید در آنجا می‌تابد و می‌بینیم که روشن‌تر از سایه است» (۱۱ ساله). و یا «نور یک لامپ است که روشن می‌شود و بعد روز پدید می‌آید... نور چیزی است که روشن می‌شود. می‌تواند خورشید باشد، نور باشد» (۱۰ ساله).

این اشتباه بین نور و منبع در بیان عمومی نیز یافت می‌شود، به ویژه بین نور و لامپ. مثلاً باز هم در جواب همان سؤال یعنی: «نور در این اطاق کجاست؟» شنیده می‌شود: «در سقف، نور آنجا است، اما روشن نیست» (در حالی که شکل لامپ روی سقف را می‌کشید) (۱۲ ساله).

بنظر می‌رسد برای بچه‌ها کلمهٔ نور به یک روشن شدن شدید وابسته است که بیشتر از نور محیط است، بطوری که ممکن است متناظر با یک اختلاف در احساس باشد. در موردی که توضیح نور محیط خواسته می‌شود اغلب دانش‌آموزان گیج می‌شوند مثلاً:

«نور همه جا هست (در اطاق)... این نور نیست»، «این چیزی است که با آن می‌توان دید... حقیقتاً این نور نیست... وقتی به یک شمع یا لامپ نگاه می‌کنیم می‌گوئیم که نور می‌دهند در صورتی که نور نیست نمی‌توانم بگویم، نور درست می‌کند، در اطاق هستیم، سالن با نور درست شده است» (۱۳ ساله). و یا (روز است) «... زیرا خورشید می‌درخشد... همه اوقات خورشید نیست، باران می‌آید ولی روز است... نمی‌دانم چطوری».

توضیح داده شده توسط بعضی از بچه‌ها از پدیدهٔ سایه‌ها نشان می‌دهد که نور یک وجود ویژه در فضا دارد و برای آنها یک مفهوم عمل‌گری ندارد.

بعضی از بچه‌ها تشکیل سایه‌ها را مربوط به رابطهٔ مستقیم بین جسم و سایه می‌دانند، بدون این که وجود نور را حذف کنند. مثلاً «سایه یک انعکاس است». «سایه یک نور تاریک‌تر است» (۱۵ ساله) بچه‌های دیگر منشأ سایه را بدون اشاره به نور توضیح می‌دهند؛ مثلاً با گذاشتن یک کارتن در مسیر نور یک لامپ سؤال زیر مطرح شد: «نوری که آنجا بود چه شد؟» یک بچه جواب می‌دهد: «ناپدید شد، زیرا کارتن مانع می‌شود که لامپ دورتر را روشن کند، مثل آنکه یک دیوار بین آندو قرار

دهیم؛ نور ناپدید شد زیرا کارتن ایجاد سایه کرد» (۱۱).

۱ ــ ۲ ــ موردی که نور به عنوان موجودی با خواص ویژه خود شناخته می‌شود.

اکثر دانش‌آموزان بزرگ‌تر و برخی دانش‌آموزان ۱۰ تا ۱۲ ساله قادرند بین نور و منبع آن یا خواص آن تمیز قایل شوند. مثلاً در مورد یک توضیح مربوط به تشکیل سایه تقریباً یک سال بعد همان محصل در جواب همان سؤال و در همان شرایط گفت: «با برداشتن برگه، نور روی میز می‌آید، ولی اگر برگه را بگذاریم نور نمی‌تواند از برگه عبور کند و روی میز سایه تشکیل می‌شود».

و یا یک بچهٔ دیگر گفت: «نور رفت و سپس به یک جسم خورد. آن را روشن کرد ولی از پشت آن نمی‌تواند بگذرد... بنابراین تاریک می‌شود و سایه می‌شود» (۱۴ ساله).

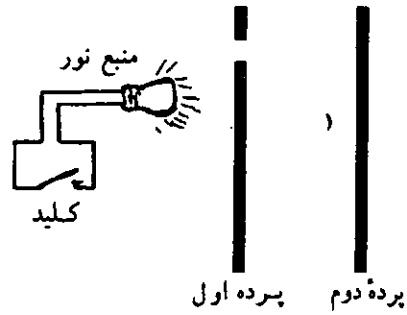
سؤال مربوط به «شناخت نور آن‌طوری که هست»؛ یعنی موجودیت در فضا و یا خواصی غیر از خواص منبع یا گیرنده، اغلب به نکات دیگری وابسته است که بدنبال مطرح می‌کنیم.

۲ ــ انتشار نور

اغلب محصلین بین ۱۳ تا ۱۴ سال از *افعال* حرکتی در طرح مسئله نور استفاده می‌کنند. مثلاً «نور می‌رود، برخورد می‌کند، عبور می‌کند از...» این کلمات به ایده‌ای از حرکت نور در فضا دلالت می‌کند. محصلین جوان‌تر بندرت از این افعال که معرف حرکت باشد استفاده می‌کنند.

۲ ــ ۱ انتشار مستقیم‌الخط نور

اغلب محصلین بین ۱۳ تا ۱۴ سال وقتی در مورد مسیر نور صحبت می‌کنند به خط راست اشاره می‌کنند. برای این منظور به کمک یک منبع نور، یک پردهٔ شکاف‌دار و یک پرده‌ساده (شکل مقابل) ابتدا از محصل در وضعیتی که نمی‌تواند نور را یا روشن شدن پرده دوم را



ببیند پرسیده می‌شود که آیا پرده دوم روشن می‌شود یا نه؟ اگر جواب او مثبت بود از او خواسته می‌شود (بعد از قطع کلید) که بطور دقیق روی پردهٔ دوم قسمتی را که وقتی لامپ روشن بشود روشن می‌شود ترسیم کند. تقریباً ٪ محصلین ۱۳ تا ۱۴ سالهٔ مورد سؤال (حدود ۲۰ نفر) بطور صحیح به مفهوم مسیر مستقیم نور اشاره کردند. (مکان دقیق لکه نوری روی پرده را رسم کردند) این نتیجه در یک امتحان کتبی از ۲۵۰ محصل تأئید شد.

بعضی از محصلین به خط راست اشاره کردند، اما در جهت افقی: آنها پیش‌بینی می‌کردند که پردهٔ دوم نمی‌تواند نور را دریافت کند زیرا سوراخ در مقابل لامپ نیست (یعنی روی یک خط راست افقی).

می‌توان تصور کرد که اغلب محصلین جوان حتی با وجودی که از مفهوم مسیر نور اطلاعی ندارند، یک عقیده عموماً صحیح از مکان‌های نسبی منبع، جسم و سایه‌اش دارند؛ مثلاً در یک برگه سؤال که از ۹۴ کودک ۱۰ تا ۱۱ سال انجام شد سه سؤال مطرح بود که می‌بایست مکان سایه را پیش‌بینی کنند در صورتی که مکان‌های جسم و منبع معلوم باشند. (در هر سه سؤال منظور خورشید، درخت، یا یک شخص بود). برای این سه سؤال ۸۰٪ جوابها صحیح بوده است

۲ ــ ۲ زمان انتشار

مفهوم زمان انتشار برای محصلین اغلب در فواصل زیاد مطرح می‌شد، مثلاً: «می‌دانم که اگر یک دفعه خورشید روشن شود تا مدت زیادی نور داریم، زیرا خورشید اشعه می‌فرستد که خاموش نمی‌شود. در مدت شاید چهار ماه، نمی‌دانم چه مدت زمان طول می‌کشد که اشعه به زمین برسد.».

خیلی به سرعت می‌آید اما مقداری زمان لازم دارد» (۱۳ ساله).

خیلی استثنائی بود که محصلین به مفهوم زمان انتشار در فواصل کم اشاره کنند.

بطور خلاصه اینطور استنباط می‌شود که ایدهٔ خط راست نزد محصلین حتی کم‌سن شناخته شده است و بطور صحیح می‌توانند مکان روشن شدن، یا یک سایه را در موارد روزمره عادی پیش‌بینی کنند.

البته این نمی‌رساند که این محصلین نور را به عنوان یک موجود می‌شناسند و از آن برای توضیح این موقعیتها استفاده می‌کنند. مثلاً آنها می‌توانند مکان یک سایه را پیش‌بینی کنند بدون آن که از مکانیزم تشکیل سایه اطلاعی داشته باشند، و بالعکس، مفهوم زمانی انتشار دلالت بر شناخت یک واسطه بین منبع و گیرنده می‌کند.

۳ ــ نور و بر هم کنش‌های آن با ماده

۳ ــ ۱ ــ فرستادن نور توسط اجسام

در مورد آینه اساساً دو نوع توضیح برحسب‌سن‌سؤال‌شوندگان‌به‌چشم‌می‌خورد:

در مورد محصلین جوان بین ۱۰ تا ۱۲ سال توضیح حقیقی وجود ندارد. فقط تصور وجود یک تصویر بیان می‌شود. مثلاً در مورد این سؤال که «آیا نور روی آینه وجود دارد؟» یک شاگرد ۱۱ ساله جواب مثبت می‌دهد، و وقتی از او سؤال می‌شود «این نور چه می‌شود» شاگرد می‌گوید «در واقع وجود ندارد، این نور لامپ است که داخل آن منعکس می‌شود... وقتی آینه را مقابل لامپ قرار می‌دهیم لامپ در داخل آینه منعکس می‌شود، مثل اینکه لامپ پشت آینه است یعنی لامپ از داخل آینه نور می‌دهد». در مورد شاگرد [illegible] درک به‌این‌صورت است:

«نور از [illegible] بیرون می‌رود و آینه آن را

برمی‌گرداند. مثلاً...»

«نور روی آینه جست‌وخیز می‌کند (شاگرد از طرف لامپ به طرف آینه می‌رود و سپس برمی‌گردد)... آینه نور را برمی‌گرداند».

در مورد اشیاء معمولی این‌طور بنظر می‌رسد که درک روشن شدن جسم وجود دارد، حتی محصلین ۱۳ تا ۱۴ ساله تصور می‌کردند که نور برگردانده نمی‌شود بلکه روی جسم می‌ماند یا ناپدید می‌شود: «موقعی که نور روی کاغذ می‌افتد. مانعی ایجاد می‌شود... نور روی آن می‌ماند» (۱۴ ساله). و یا:

«نور می‌باید توقف کند (روی کاغذ)، اگر نور بماند کافیست آنرا خاموش کنیم تا همانجا بماند؟ پس نمی‌تواند بماند... می‌باید روشن شود و سپس ناپدید شود... زیرا نمی‌تواند بماند» (۱۳ ساله).

۳ ـ ۲ ـ برهم کنش با اجسام شفاف (عدسیها)

نتایجی روی نقش ذره‌بین به دست آمده است. در مورد محصلین ۱۳ تا ۱۴ سال دو نوع جواب به چشم می‌خورد:

الف) ذره‌بین نور را «درشت» می‌کند: مثلاً: «ذره‌بین درشت می‌کند... پس می‌بایست نور را درشت کند. اما چون ذره‌بین درشت می‌کند... می‌بایست نور زیادی داشته باشیم».

ب) ذره‌بین نور را جمع می‌کند. مثلاً «ذره‌بین نور را جمع می‌کند» و در جواب این سؤال که آیا نور بیشتری در پشت آن است و یا جلو آن؟ شاگرد می‌گوید: «نه ولی بیشتر در یک نقطه جمع می‌شود».

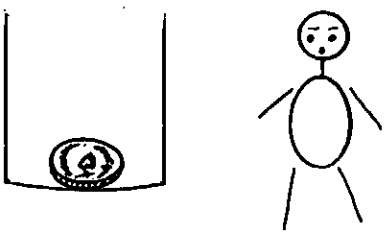
یا:

«ذره‌بین شعاع‌های نور را در محلی که می‌سوزاند جمع می‌کند».

اکثریت قابل ملاحظه‌ای بین پاسخ دهندگان هیچ یک از دو نوع جواب نمی‌توان قایل شد.

در مورد انکسار یک سؤال بصورت زیر داده شد: یک ظرف خالی کدر و یک ناظر و یک سکه در ظرف طوری قرار گرفته‌اند که ناظر نمی‌تواند سکه را در ظرف خالی ببیند ولی وقتی ظرف از آب پر می‌شود می‌تواند سکه را ببیند علت چیست؟ (شکل پائین)

نتایج نشان می‌دهد که اکثر جواب‌های داده شده توسط محصلین ۱۲ تا ۱۶ سال (۵۰٪ ۱۲ سال و ۳۰٪ ۱۵ سال) روی مکانیزم آن تکیه نمی‌کنند. مثلاً:



«سکه بنظر حرکت می‌کند» یا «سکه مثل یک آینه منعکس می‌شود و غیره».

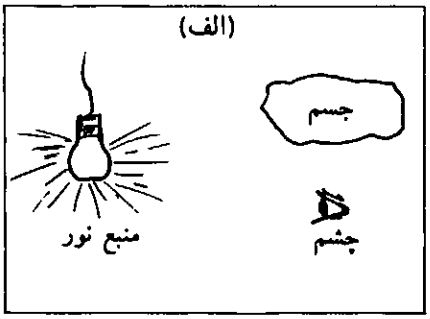
۴ ـ نور و دیدن: تشکیل تصاویر

۴ ـ ۱ دیدن

آنچه که در مورد درک محصلین ۱۳ تا ۱۴ سال از دیدن اجسام بدست آمده است چهار نوع توضیح بوده است، بصورت زیر:

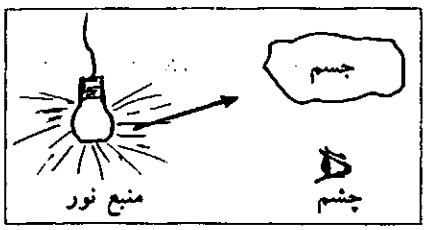
الف: در اولین مورد محصلین هیچ مکانیزمی را پیشنهاد نمی‌کنند و می‌گویند یک محیط نورانی برای دیدن لازم است، مثلاً: «این نور روزانه است که به من اجازه می‌دهد جعبه را ببینم زیرا در تاریکی آن را نمی‌بینم... زیرا در تاریکی نور نیست... روز نیست... چشم‌ها احتیاج به روز دارند تا بتوانند واضح ببینند» (۱۴ سال).

(شکل زیر)

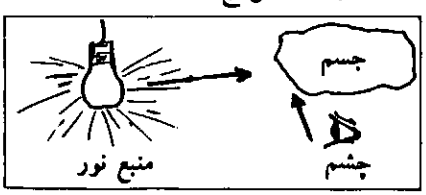


ب: در مورد دوم محصلین فکر می‌کنند لازم است جسمی که دیده می‌شود. روشن شود، لازم نیست که نور از جسم به چشم برسد، مثلاً: «توسط نور است که جسم دیده می‌شود... نقش آن در روشن کردن اجسام است تا این که بتوانیم آنها را ببینیم».

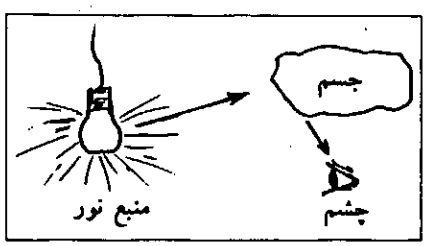
(۱۴ سال). شکل (ب)



ج: در مورد سوم که خیل کمتر از دو مورد قبلی بیان شده است توضیح توسط عمل چشم داده شده است مثلاً «چشم این طوری می‌بیند ... (محصل خطوطی می‌کشد که از چشم به طرف بالا می‌رود برحسب جایی که چشم نگاه می‌کنند)... چشم‌ها خودشان نور ندارند بطوریکه مجبورند از نوری استفاده کنند که جسمی را که می‌خواهیم ببینیم روشن کند» (۱۳ سال). (شکل ج)



د: در مورد چهارم توضیح صحیح به چشم می‌خورد که بسیار نادر بوده است.



۴ ـ ۲ ـ تشکیل تصاویر

در این مورد تحقیق روی محصلین سال آخر متوسطه و اول دانشگاه انجام شده است.

تحقیقات نشان می‌دهند که دانش آموزان یا دانشجویان در توضیح تشکیل تصاویر اشکال دارند. بخصوص این طور استنباط می‌شود که

در مورد عدسی، دانشجویان وجود یک تصویر را در غیاب یک عدسی قبول می‌کنند. مثلاً در یک سؤال از دانشجویی که تصویر حاصل از یک عدسی را می‌بیند خواسته شد عدسی را بر دارد و سپس بگوید چه چیزی تغییر کرد، دانشجو گفت:

«جسم به (صورت یک فلش) به طرف بالا متوجه است و اگر عدسی را برداریم فلش روی پرده همیشه به طرف بالا خواهد بود زیرا هیچ مانعی روی مسیرش وجود ندارد. که جهتش تغییر کند».

دانش جویان اشکال زیادی در شناخت محل یک تصویر حقیقی دارند، اگر آنها تصویر را روی یک پرده ببینند و سپس آن پرده را برداریم معتقدند که تصویر وجود نخواهد داشت، مثلاً: «گویی که تصویر روی پرده وجود ندارد زیرا اشعهٔ نوری که از عدسی می‌آید و یکدیگر را قطع می‌کنند دیگر یکدیگر را قطع نمی‌کنند که تشکیل تصویر بدهند. گرچه پرتوها یکدیگر را قطع می‌کنند ولی تشکیل تصویر نمی‌دهند مگر اینکه توسط پرده متوقف شده و منعکس شوند.

«زیرا اگر مثلاً یک شعله شمع داشته باشیم که در پشت عدسی قرار گیرد و اگر کانون عدسی آنجا باشد شما آنرا نخواهید دید، (مثل یک هولوگراف) شما شعله‌ای در آنجا نخواهید دید و بنظر یک شبه در هوا خواهد بود. شما به یک سطح یا چیزی احتیاج دارید که این پرتوهای نوری را در چشمان شما منعکس کند».

در مورد آینه، اگر دانش جویان بتوانند توضیح دهند (با کشیدن یک شکل صحیح، و تشکیل تصویر) همینکه موقعیت اندکی تغییر کند در تشریح پدیده با اشکال مواجه می‌شوند. مثلاً وقتی ناظری که تصویر یک جسم را می‌بیند جابجا شود بعضی دانشجویان فکر می‌کنند که تصویر نیز تغییر مکان می‌دهد و یا اگر از آنها بخواهیم که یک دوربین عکاسی را برای عکس‌برداری از تصویر یک جسم در آینه تنظیم کنند، اغلب دانشجویان تنظیم را روی خود آینه انجام می‌دهند.

به این طریق ملاحظه می‌شود که گرچه رسم هندسی تصاویر برای بعضی دانشجویان ساده است ولی در توضیح و درک تشکیل تصاویر به اشکال برخورد می‌کنند.

نتیجه

این کارها در زمینه نور گرچه اندک است و لی اطلاعات مهمی را در مورد ادراک محصلین (۱۰ تا ۱۶ سال از بعضی نکات بدست می‌دهد. معذالک هنوز می‌توان کارهای زیادی مثلاً روی بر همکنش نور با ماده انجام داد.

اگر توضیحات داده شده توسط محصلین را در مورد جریان الکتریکی، گرما و نور که هر سه انتقال انرژی را پیش می‌کشند، در نظر بگیریم با اختلاف زیادی مواجه می‌شویم. به عنوان مثال دانش‌آموزان کم سن را در نظر می‌گیریم. آنها در توضیح کار یک شبکه الکتریکی ساده بوجود یک واسطه بین منبع و گیرنده اعتقاد دارند همینطور برای گرما. این مورد درباره نور صادق نیست. محصلین جوان درک نزدیکی به درک فیزیک دانان در مورد انرژی دارند. بطوری که به ذخیره شدن و انتقال (مثلاً الکتریسیته به نور) معتقدند ولی در مورد پدیده‌هایی که با گرما سر و کار دارند یا پدیده‌هایی که در آن نور دخالت دارد این طور نیست (هیچگاه ملاحظه نشده است که یک محصل تصور کند نور در یک لامپ و یا یک شمع ذخیره شده است).

به هر حال اطلاعاتی که ما در حال حاضر داریم ناکافی هستند و با پیشبرد آنها می‌توانیم بطور صحیح‌تری چنین کارهایی را توضیح دهیم. لازم است که نتایج در مکان‌های مختلف و شرایط اقلیمی و اجتماعی مختلف که هنوز انجام نشده‌اند بررسی شود تا شناخت ما سریعاً یا بهتر به نتیجه‌گیری قاطعی منجر شود.

●

امروز درفیزیک توضیح وتوصیف ذراتی نظیر الکترون و فوتون برحسب معادلات موج به صورت امری معمول در آمده است. طول موج «دوبروی» و اصل عدم قطعیت «هایزنبرگ» دو مثال از جنبه‌های گوناگون این توضیح به شمار می‌روند. نظریه میدان‌های کوانتومی را می‌توان نظریه‌ای ریاضی دانست که به تشریح تأثیر و روابط متقابل این امواج می‌پردازد. در این نظریه ذراتی که دارای وجود «مجازی» هستند به مثابه محیط انتقال نیروها شمرده می‌شوند. بنابراین محیط انتقال تأثیرات متقابل الکترو مانیتیکی ذرات باردار چیزی نیست مگر ذرات میدان (فوتون) که مدام بین ذرات باردار بزرگتر مبادله می‌شوند. این فوتون‌های مجازی، «نامرئی» هستند و طبقه‌بندی آنها به عنوان موج یا ذره، دور از ذهن می‌نماید. می‌توان گفت که نیروی واسطه ذرات باردار به *وسیله میدان* منتقل می‌شود و ذراتی که مبادله می‌شوند (فوتون‌ها) جلوه‌ها و نشانه‌هایی از خود میدان هستند.

یکی از دلایل مجازی بودن فوتون‌ها اینست که عدم قطعیت (خطا) یعنی $E.\Delta t$ نمی‌تواند خیلی کمتر از h باشد. اگر دو ذره باردار الکتریکی در فاصله r از یکدیگر قرار گرفته باشند، هر فوتون به $\Delta t = \frac{r}{c}$ ثانیه زمان نیاز دارد تا از یک ذره باردار به ذره باردار دیگر برسد، بنابراین انرژی آن به اندازه $\Delta E = \frac{h}{\Delta t}$ یا $\Delta E = \frac{hc}{r}$ عدم قطعیت (خطا) خواهد داشت.

فوتون دارای انرژی، فرکانس و طول موج نامعینی است. براساس این فرمول و این واقعیت که جرم فوتون‌ها در حال سکون برابر با صفر است و انرژی در حال سکون آنها یعنی $m.c^2$ هم برابر با صفر است می‌توان به صحت این ادعا رسید که نیروهای الکترومانیتیک تا بی‌نهایت امتداد دارند و برحسب $\frac{1}{r^2}$ افت می‌کنند. بنابراین انرژی فوتون که با $h\nu$ نمایش

چرا بارهای غیرهمنام یکدیگر را می‌ربایند؟

ترجمه: علی معصومی

داده می‌شود دارای طبیعت الکترومانیتیکی محض است و می‌توان با انتخاب فرکانس‌های خیلی پائین، آن را به حد دلخواه کاهش داد. پس نیروهای الکترومانیتیکی میان بارهای الکتریکی در فواصل دور (r بزرگ) به وسیله فوتون‌های مجازی کم انرژی (با مقدار انرژی $E \frac{hc}{r}$) منتقل می‌شود.

تأثیرهایی که ماهیت متفاوتی دارند با ذرات میدان‌هائی از نوع دیگر انتقال می‌یابند. بنابراین نیروی جاذبه قوی میان دو نوترون به وسیله پیون‌ها و مزون‌هائی که از نوترون‌ها گسیل و به وسیله آنها جذب می‌شوند انتقال می‌یابند. اگر نوترون‌ها به حد کافی به هم نزدیک باشند، میدان‌های مجازی بر هم سوار می‌شوند و مبادله میان الکترون‌ها، موئون‌ها، نوترینوها و دیگر لپتون‌ها می‌پردازد به وسیله ذرات ω که هنوز کشف نشده‌اند منتقل می‌شوند. ضعیف‌ترین تأثیرات متقابل یعنی نیروی جاذبه گرانشی به وسیله‌گروایتون‌ها که آنها هم هنوز کشف نشده‌اند انتقال می‌یابند.

نیروهای هسته‌ای دامنه بسیار محدودی دارند زیرا ذرات میدان آنها بر خلاف فوتون‌ها دارای انرژی سکون معینی هستند. این امر در یک لحظه کوتاه با قانون بقای انرژی معارضه می‌کند. چون پیون قانون‌شکن، نشان دهندهٔ ΔE مربوط به انرژی سکون است، نمی‌تواند در زمانی طولانی‌تر از $\frac{h}{\Delta E}$ وجود داشته باشد و به عبارت دیگر Δt نمی‌تواند از $\frac{h}{m.c^2}$ بزرگتر باشد. بنابراین، دامنه تأثیرات به چند فمومتری که پیون می‌تواند در مدت Δt ثانیه آن را طی کند محدود می‌شود.

همان معادله موجی که نیروی الکترومانیتیکی را توضیح می‌دهد به روشن کردن حرکت فوتون آزاد که در صورت داشتن انرژی کافی می‌تواند وجود واقعی داشته باشد می‌پردازد. به عنوان مثال اگر یک ذره باردار با ذره باردار دیگری برخورد کند، فوتون‌های مجازی کنده شده و دارای وجود واقعی می‌شوند. به همین خاطر است که فوتون‌ها در لوله تولید پرتو X پس از برخورد الکترون‌های پر انرژی با الکترون‌های صفحه مخصوص از لوله خارج می‌شوند. انرژی فوتون‌ها حاصل انرژی جنبشی الکترون‌ها است. فوتون‌ها به همین شیوه به وسیله آنتن میکروویو تلویزیونی گسیل می‌شوند، چون فوتون‌های مجازی از الکترون‌های رسانای فلز به هنگام تأثیر متقابل با منابع میدان الکترومانیتیک ساختمان آنتن «تکانده» می‌شوند. «ماکسول» با تکیه بر اصول کلاسیک، این امر را «تشعشع به وسیله بارهای شتاب یافته» می‌خواند. پیون‌های آزاد ضمن برخورد پروتون‌های پرانرژی با شتاب دهنده، صورت مادی می‌پذیرد. پیون‌ها در آغاز به عنوان جزئی از پرتوهای کیهانی کشف شدند و در ضمن تأثیرات متقابل شدید پروتون‌های پرانرژی بنیادی و هسته‌های موجود در اتمسفر حیات واقعی یافتند.

تأثیرات هسته‌ای و نظایر آنها اساساً تأثیراتی غیرکلاسیک هستند. بنابراین مدل‌های مبادله ذره که برای تشریح آنها به کار می‌روند، و صوری هستند ولی به خاطر خواص مشخص ریاضی نظریه میدان‌های کوانتائی تا حدی به درک موضوعات کمک می‌کنند. این امر، ما را به یاد مفهوم بغرنج دیگری می‌اندازد: مفهوم اسپین الکترون.

بررسی الکترون به وسیله مکانیک کوانتائی نسبی «دیراک» به یافتن عدد کوانتائی گشتاور زاویه‌ای منجر شد که تنها در مقدار $+\frac{1}{2}$ و $-\frac{1}{2}$ را می‌پذیرد. اصل تطابق که به موجب آن افزایش اعداد کوانتائی در حد باعث تبدیل مقادیر فیزیک کوانتائی به مقادیر کلاسیک می‌شود، دربارهٔ این عدد صادق نیست، پس این عدد، عدد کوانتائی محض است. چون مقدار آن از $+\frac{1}{2}$ بیشتر نمی‌شود. این عدد کوانتائی طبق معمول چند سال پیش از تدوین مکانیک کوانتائی به وسیله دو دانشمند به نام‌های «گودشمیت» و «اولن بک» کشف شد. آیا هیچ مفهوم کلاسیکی سراغ دارید که تنها دو مقدار داشته باشد؟ بلی. اسپین.

انتخاب این نام تنها بدان سبب است که اسپین به معنای چرخش یا در جهت موافق گردش عقربه‌های ساعت است یا در خلاف آن. اما مفهوم کوانتائی اسپین صرفاً یک خاصیت ریاضی معادله موج الکترونی است. که وجه اشتراک آن با اسپین یا چرخش معمولی همان دلالت آن بر دو مقدار قرینه است. این مقایسه چندان کامل نیست. نمی‌توان الکترون را مانند زمین در حال چرخش به دور محور خود دانست و اسپین هم به معنای مجازی خود به کار می‌رود و بیان کنند گشتاور زاویه‌ای قابل اندازه‌گیری الکترون است. مدل «مبادله ذرات» هم درست به همین اندازه برای ساده کردن و قیاس و تشبیه انتقال تأثیرات به درد می‌خورد و درعین‌حال به همان‌اندازه هم ناقص است.

عکاسی استروبوسکپی

یکی از روشهای مطالعه حرکت اجسام استفاده از عکاسی استروبوسکپی است؛ برای اینکار از وسائل زیر استفاده میشود:

۱ ــ لامپ استروبوسکپی ــ این لامپ میتواند به دلخواه در هر ثانیه تعداد معینی آذرخش (فلاش) در فواصل زمانی مساوی ایجاد کند.

۲ ــ گلوله سفیدی که کاملاً الاستیک است.

۴ ــ پرده سیاه

۵ ــ میز با رویه فرمیکای (الاستیک) سیاه رنگ

تهیه و تنظیم: حسنعلی وحید

روش آزمایش:

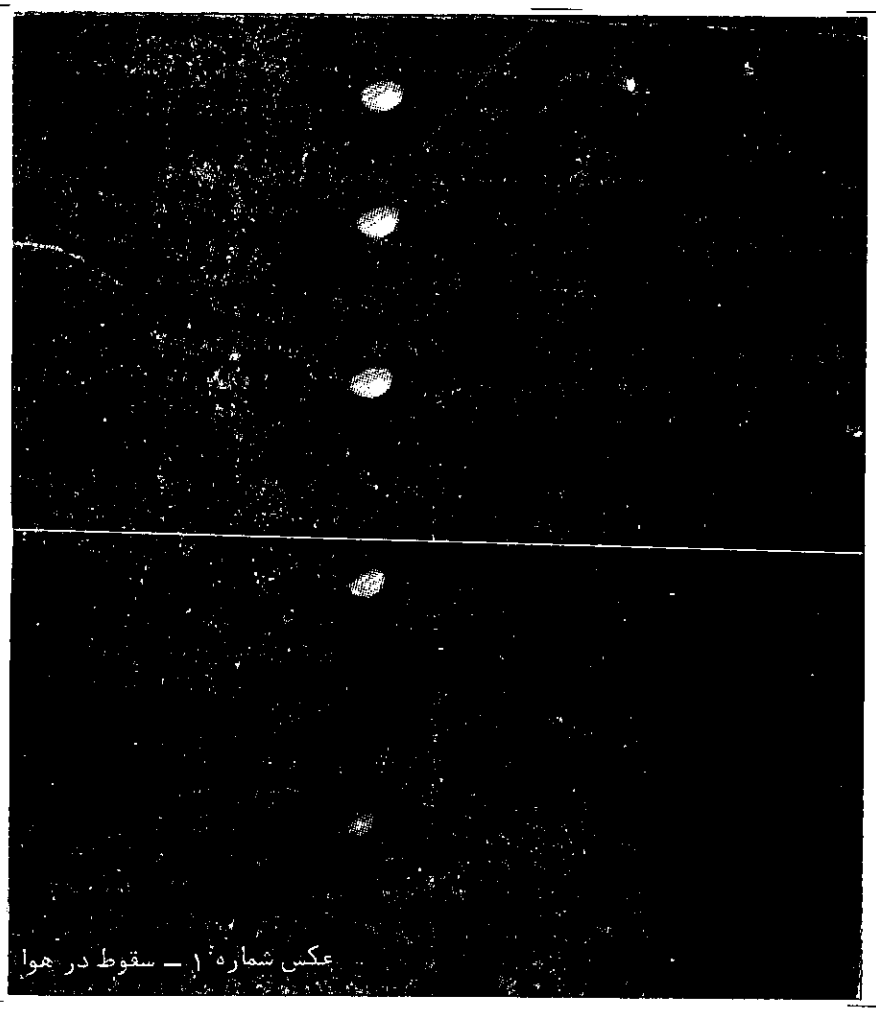
I ــ حرکت سقوطی در هوا:

۱ ــ اطاق را کاملاً تاریک کرده و دوربین عکاسی را در جلو پرده سیاه رنگی قرار میدهیم بطوریکه مسیر پیش‌بینی شده گلوله در میدان دید دوربین قرار گیرد.

۲ ــ لامپ استروبوسکپی را طوری قرار میدهیم که با هر فلاش مسیر گلوله را کاملاً روشن کند و نوری که از روی گلوله باز می‌تابد به داخل دوربین برسد و آنرا طوری میزان میکنیم که در هر ثانیه حدود ۱۰ آذرخش تولید کند.

۳ ــ دیافراگم دوربین را باز نگاهداشته و با تنظیم سرعت دوربین روی علامت B گلوله را در جلو پرده سیاه از ارتفاع معینی آزادانه رها میسازیم و با رسیدن گلوله به سطح زمین دهانه دوربین را می‌بندیم.

۴ ــ پس از ظهور و چاپ عکس آنرا مورد مطالعه قرار میدهیم. (شکل ــ ۱)



عکس شماره ۱ ــ سقوط در هوا

II ــ پرتاب در راستای افقی:

۱ ــ میزی را در کنار میدان دید دوربین طوری قرار میدهیم که گلوله از لحظه ترک سطح میز تا رسیدن به زمین در میدان دید دوربین واقع شود.

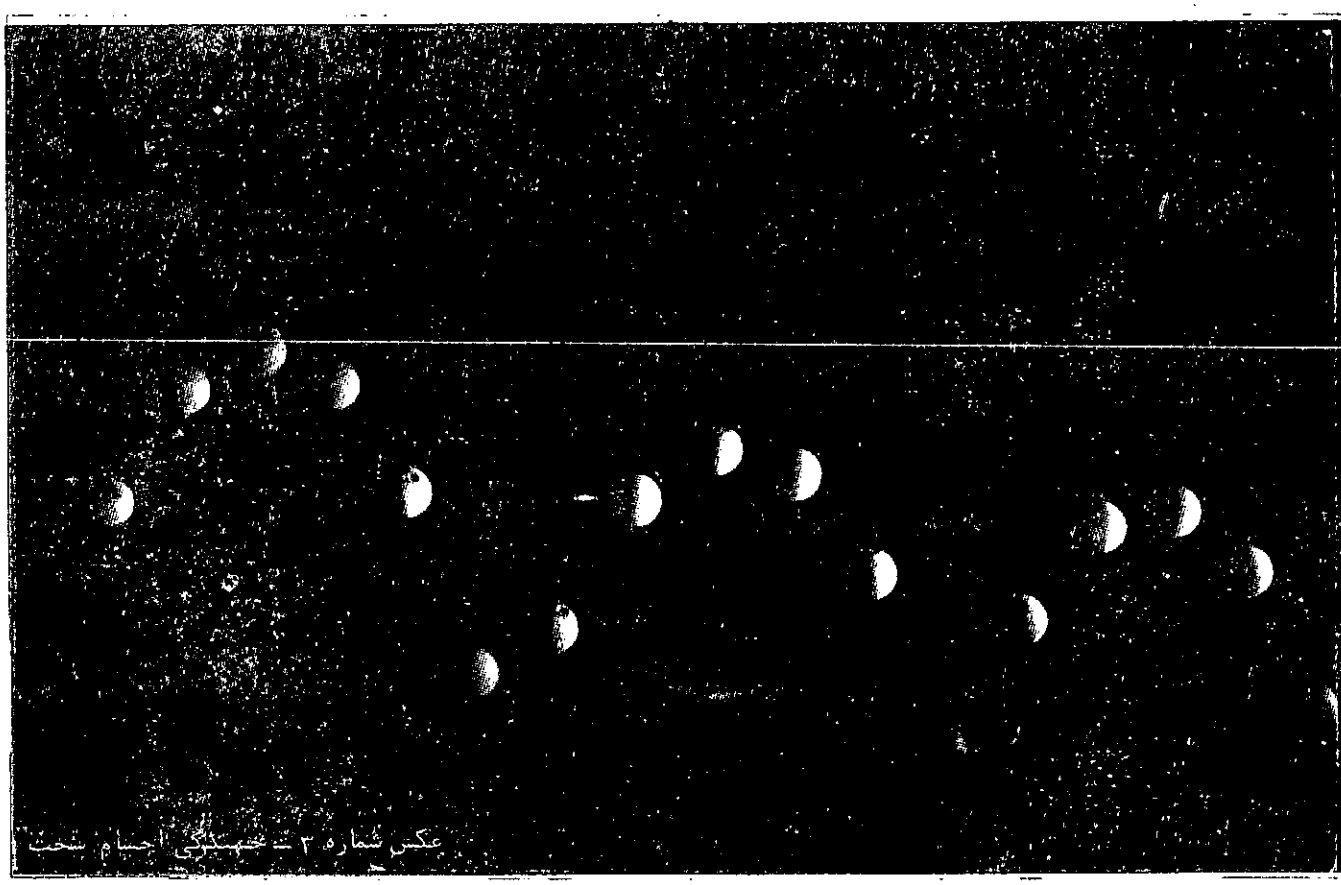
۲ ــ لامپ استروبوسکپی و دوربین را مانند حالت قبل میزان کرده و اطاق را تاریک میکنیم.

۳ ــ گلوله را روی میز با یک ضربه بطور افقی به حرکت درمیآوریم. از لحظهٔ ترک میز ببعد دوربین عکسبرداری میکند و مانند حالت پیش عکس را ظاهر و چاپ کرده مورد مطالعه قرار میدهیم (شکل ــ ۲)

عکس شماره ۲ ــ پرتاب در راستای افقی

III ــ جهندگی اجسام سخت:

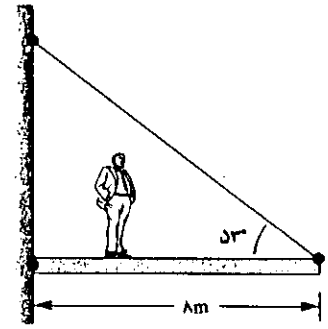
گلوله را تحت زاویه معنی مثلاً ۴۵ درجه با سرعت اولیه بر روی میزی که سطح آن سیاه رنگ و نسبتاً کثسان است فرود میآوریم و مانند حالات پیش از مسیر آن عکسبرداری میکنیم. عکسها توسط دانش‌آموزان دبیرستان البرز آقایان: کتیرائی ــ بافکر ــ پاکروان ــ بلوکباشی در آزمایشگاه فیزیک دبیرستان برداشته شده و خود آنان نیز ظاهر و چاپ کرده‌اند.



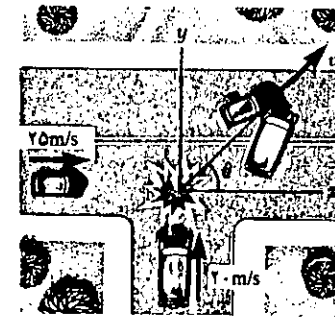
عکس شماره ۳ ــ جهندگی اجسام سخت

چند مسأله فیزیک و مکانیک

۱ ــ میله افقی یکنواختی بطول ۸m و وزن ۲۰۰N به دیواری لولا شده است. انتهای دیگر میله بوسیله ریسمانی که با افق زاویه ۵۳° میسازد نگهداری میشود. اگر شخصی بوزن ۶۰۰N روی میله و در فاصله ۲m از دیوار بایستد، کشش ریسمان و نیروی وارد بر میله از طرف دیوار را پیدا کنید.



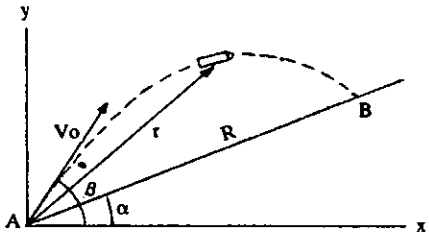
۲ ــ اتومبیلی با جرم ۱۵۰۰kg با سرعت ۲۵m/s از غرب بطرف شرق در حرکت است. مطابق شکل در محل تقاطع با اتومبیلی به جرم ۲۵۰۰kg که با سرعت ۲۰m/s به طرف شمال در حرکت میباشد برخورد میکند. نظر باینکه برخورد کاملاً غیرکشسان است سرعت و امتداد دو اتومبیل چسبنده بهم را تعیین کنید.



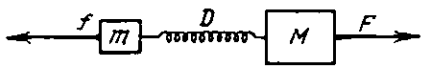
۳ ــ از لبهٔ بام ساختمانی به ارتفاع ۱۶m، قطره‌های آب بطور منظم به پایین می‌چکند. در لحظه‌ایکه اولین قطره به زمین برسد، پنجمین قطره شروع به سقوط می‌کند. فواصل قطره‌های آب را در هوا، در لحظه‌ایکه اولین قطره به زمین میرسد، حساب کنید.

۴ ــ سطح شیبداری مطابق شکل با افق زاویهٔ α می‌سازد. یک پرتابه از پایین سطح (نقطهٔ A) با سرعت V_0، در امتدادی که با افق زاویهٔ β می‌سازد، پرتاب می‌شود

الف) ثابت کنید برد، R، در روی سطح شیبدار از رابطهٔ $R = \frac{2V_0^2 \sin(\beta-\alpha)\cos\beta}{g\cos^2\alpha}$ بدست می‌آید.

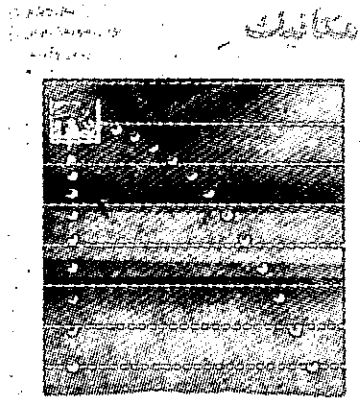


ب) ثابت کنید برد ماکزیمم در روی سطح شیبدار، هنگامیکه $\beta = \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{4}$ است، از رابطهٔ $R = \frac{V_0^2}{g(1+\sin\alpha)}$ بدست می‌آید.



۵ ــ مطابق شکل به دو طرف یک نیروسنج دو وزنهٔ M=۱۰kg و m=۱۰g متصل شده‌اند. نیروهای F=۲kgf و f=۱kgf در امتداد فنر نیروسنج به وزنه وارد می‌شوند. در هر یک از حالات زیر وزنه‌ها چه وضعی خواهند داشت و نیروسنج چه عددی را نشان میدهد.

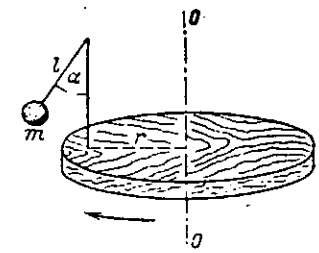
الف) نیروی F به وزنهٔ بزرگتر و نیروی f به وزنهٔ کوچکتر وارد می‌شود.



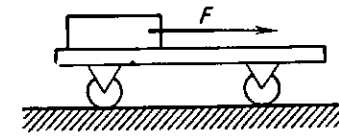
ب) نیروی F به وزنهٔ کوچکتر و نیروی f به وزنهٔ بزرگتر وارد می‌شود.

ج) اگر جرم وزنه‌ها با هم مساوی و هر یک 5kg باشد.

۶ ــ میله‌ای مطابق شکل در امتداد قایم بر سطح قرصی افقی که می‌تواند حول مرکزش بچرخد، نصب شده است. به نوک میله ریسمانی وصل شده، که در انتهای آن گلوله‌ای قرار دارد. قرص با چه سرعت زاویه‌ای (ω) بچرخد، تا امتداد ریسمان با میله زاویهٔ 45° بسازد. طول ریسمان l=6cm و فاصلهٔ میله از مرکز قرص r=10cm است.



۷ ــ ارابه‌ای به وزن 20kgf بر سطح افقی بدون اصطکاکی واقع است بر روی ارابه جسمی به وزن 2kgf قرار دارد. (مطابق شکل) ضریب اصطکاک بین جسم و کف ارابه k=0/25 است نیروی اصطکاک بین جسم و ارابه و شتاب حرکت آنها را در هر یک از حالات زیر حساب کنید.

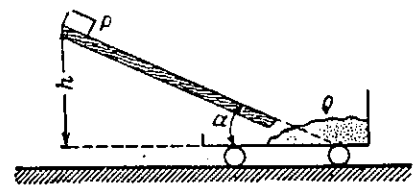


الف) بر جسم نیروی افقی 200gf وارد می‌شود.

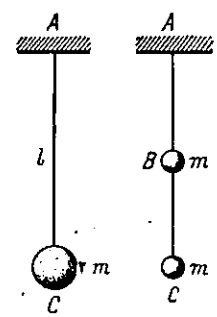
ب) بر جسم نیروی افقی 2kgf اثر می‌کند.

۸ ــ یک آونگ ساده روی پایه‌ایکه بر روی ارابه‌ای قرار دارد نصب شده است. ارابه از بالای سطح شیبدار بدون اصطکاک پایین می‌آید. اگر زمان تناوب آونگ وقتی که ارابه ساکن است T_0 و زاویهٔ سطح شیبدار با افق α باشد. زمان تناوب آونگ را به هنگام پایین آمدن ارابه، برحسب T_0 بدست آورید.

۹ ــ ارابه‌ای به وزن Q مطابق شکل برروی سطح افقی متوقف است. از بالای تختهٔ شیبدارِ بدون اصطکاکی جسمی به وزن P به پایین می‌لغزد و پس‌از رسیدن به لبهٔ پائینی تخته به ارابه برخورد نموده و با آن به حرکت ادامه می‌دهد، درصورتیکه اصطکاک ارابه با سطح ناچیز و زاویهٔ تخته شیبدار با افق α و ارتفاع جسم در لحظهٔ شروع لغزش تا کف ارابه h باشد. تعیین کنید ارابه با چه سرعتی شروع به حرکت می‌کند.



۱۰ ــ میلهٔ سبکی به طول l می‌تواند حول نقطهٔ A در سطح قائم بگردد. یکبار به انتهای آن وزنه‌ای به جرم 2m و باردیگر دووزنهٔ مشابه، هریک به جرم m را به‌ترتیب به انتها و وسط میله نصب می‌کنیم (طبق شکل). تعیین کنید در هر یک از دوحالت چه تندی اولیهٔ افقی، باید به انتهای میله بدهیم تا به وضع افقی درآید.



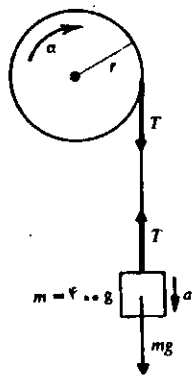
۱۱ ــ اتوموبیلی به وزن Pkgf، با سرعت ثابت V برروی پلی درحرکت است. نیروی عمودی وارد از طرف اتوموبیل برپل، به هنگام عبور از وسط پل درهر یک از حالات زیر چه اندازه است.

الف) سطح پل افقی است.

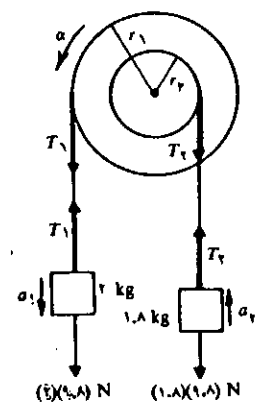
ب) سطح پل کوژ و شعاع انحناءِ وسط آن R است.

ج) سطح پل کاو و شعاع انحناءِ وسط آن R است.

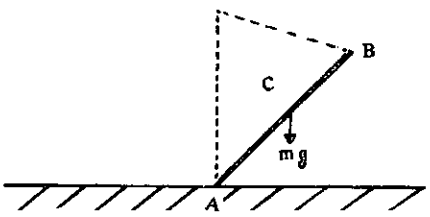
۱۲ ــ در شکل جسم m به جرم 400g به انتهای ریسمان سبکی که بدور قرقره‌ای به شعاع 15cm پیچیده شده، آویزان است. جسم از حالت سکون بحرکت درآمده و پس‌از 6/5 ثانیه، 2/0 m پایین می‌آید. گشتاور ماند چرخ را نسبت به مرکز آن حساب کنید.



۱۳ ــ باتوجه به شکل درصورتیکه شعاع قرقره‌ها $r_1 = 50$ cm و $r_2 = 20$ cm و گشتاور ماند دستگاه قرقره‌ها نسبت به محور دوران $I = 1/70$ kgm^2 باشد. شتاب زاویه‌ای قرقره‌ها و نیروهای کشش T_1 و T_2 را حساب کنید.

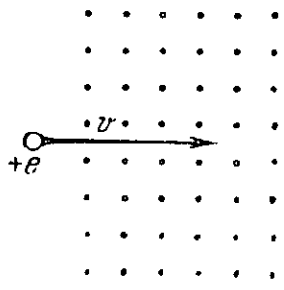


۱۴ ــ مطابق شکل، میلهٔ باریک و همگن AB به جرم M و طول L یک سرش به کف زمین لولا شده و در امتداد قائم قرار دارد. اگر آنرا رها کنیم تا به زمین بیفتد. سرعت زاویه‌ای میله هنگام برخورد به زمین چه اندازه است.

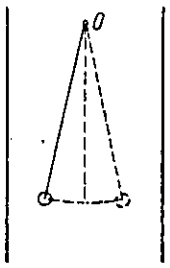


۱۵ ــ در یک لامپ اشعه کاتدیک، الکترون با سرعت ۲۰۰۰۰ km/s وارد فضای خالی بین صفحات افقی یک خازن مسطح شده و پس‌از طی مسافت ۵ cm، فضای بین صفحات را ترک می‌کند. اگر فاصلهٔ بین دو صفحهٔ خازن ۱۰mm و اختلاف پتانسیل بین آنها ۵۰ ولت باشد. مسیر حرکت الکترون در خازن چگونه است؟ و هنگام ترک خازن جابجایی آن نسبت به امتداد اولیه‌اش (قبل‌از ورود به خازن) چقدر می‌شود.

۱۶ ــ دسته‌ای از ذرات باردار مثبت با تندی V در یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کنند، بطوریکه بردار سرعت آنها بر خطوط میدان عمود است (یکی از این ذرات در شکل نشان داده شده است) مسیر حرکت و سرعت ذرات دراین میدان چگونه خواهد بود.

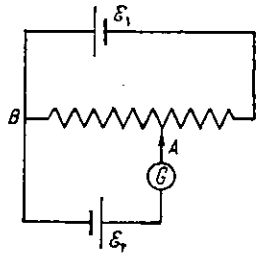


۱۷ ــ گلولهٔ فلزی به وسیلهٔ نخ نازک و بلندی بین دوصفحهٔ خازن مسطحی آویخته شده است. اگر خازن شارژ و گلوله باردار شود، چه تغییری در وضع آونگ ایجاد می‌شود و پریود آن دراینحالت چگونه محاسبه می‌گردد.

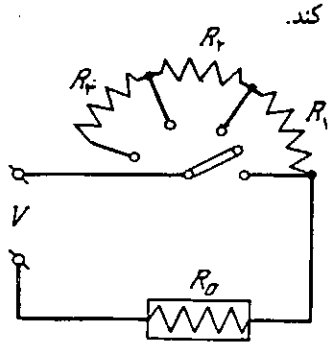


۱۸ ــ فاصلهٔ بین دو صفحهٔ خازنی ۴/۵ cm و شدت میدان بین آنها E = ۱۰ v/m است. اگر یکدسته الکترون در امتداد میدان از صفحه‌ای بطرف صفحهٔ دیگر بحرکت درآیند و کاریکه میدان روی آنها انجام می‌دهد، تماماً صرف حرکت شود، سرعت الکترون هنگام رسیدن به صفحهٔ دیگر چقدر خواهد بود.
$(me = ۹ \times ۱۰^{-۳۱} kg$ و $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} c)$

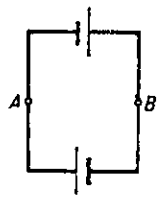
۱۹ ــ یک باطری استاندارد $E_۱$ و یک پتانسیومتر (تقسیم کنندهٔ ولتاژ) به مقاومت ۱۰ Ω و یک انباره به نیروی محرکهٔ $E_۲$ و یک گالوانومتر G مطابق شکل بهم متصلند. وقتی شاخهٔ لغزندهٔ متصل به گالوانومتر در نقطهٔ A قرار گیرد، جریانی از گالوانومتر نمی‌گذرد. درصورتیکه مقاومت بین A و B برابر ۹ Ω و اختلاف پتانسیل دوسر پتانسیومتر (یادو سر $E_۱$) ۲ ولت باشد، نیروی محرکهٔ انباره را حساب کنید.



۲۰ ــ در شکل، یک وسیلهٔ الکتریکی، که مقاومت آن R_x = ۳۰ Ω است، بوسیلهٔ یک رئوستای دسته‌دار به اختلاف پتانسیل ۱۲۰ ولت متصل است. هریک از مقاومتهای $R_۱$ و $R_۲$ و $R_۴$ چقدر باشد تا با هربار لغزاندن دسته و اتصال آن با یکی از دکمه‌ها، جریان ۱ آمپر تغییر کند.



۲۱ ــ دو انباره با مقاومت درونی یکسان، که نیروی محرکهٔ هر کدام ۱/۸ ولت است، مطابق شکل به هم وصل شده‌اند. اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B چقدر است (مقاومت سیمهای اتصال ناچیز است).



۲۲ ــ یک کتری برقی دارای دوسیم پیچ (المنت) است. اگر یکی‌از سیم‌پیچها به برق وصل شود. آب کتری پس‌از ۱۵ دقیقه شروع به جوشیدن می‌کند. اگر فقط سیم‌پیچ دوم به برق وصل شود آب پس‌از ۳۰ دقیقه بجوش می‌آید. اگر با شرایط زیر هر دوسیم پیچ به برق وصل شوند آب کتری پس‌از چه مدت بجوش می‌آید.

الف) سیم‌پیچها سری باشند.

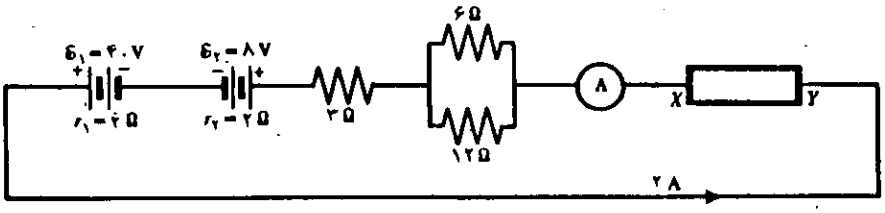
ب) سیم‌پیچها موازی بهم وصل شوند.

۲۳ ــ در مدار شکل زیر آمپرسنج ۲A را نشان می‌دهد.

الف) اگر بین X و Y فقط یک مقاومت قرار داشته باشد، مقدار آن چه‌اندازه است.

ب) اگر بین X و Y فقط یک انباره درحال

از میان نامه‌ها

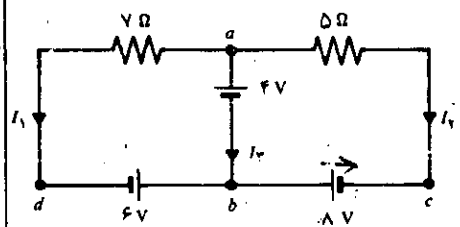


۲۸

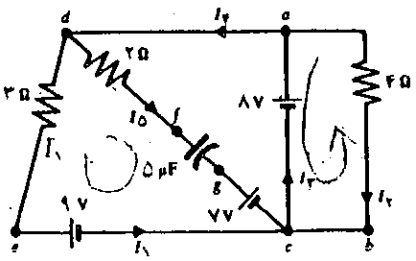
شارژشدن، که مقاومت درونی آن ۲Ω است، قرار داشته باشد، نیروی محرکه آن چقدر است.

ج) در قسمت (ب) تغییر پتانسیل از y به x چه اندازه است؟

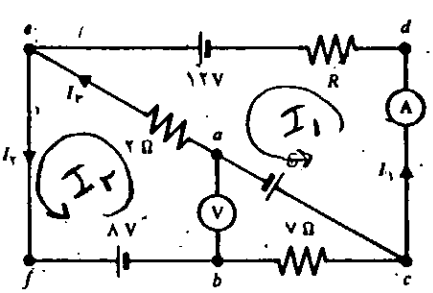
۲۴ ــ در مدار داده شده در شکل، شدت جریان را در هر یک از شاخه‌ها حساب کنید.



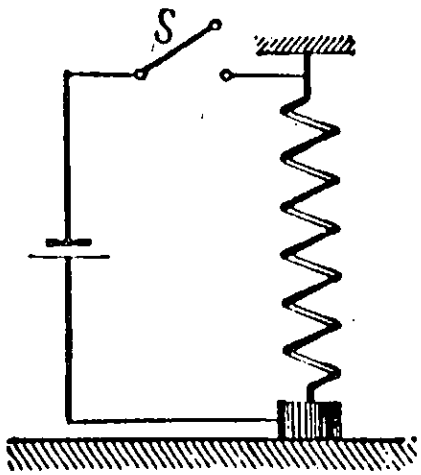
۲۵ ــ در مدار داده شده، شدت جریان و بار الکتریکی ذخیره شده در خازن را حساب کنید.



۲۶ ــ درمدارداده‌شده $R = 5\Omega$ و $E = 20V$ است آمپرسنج و ولت‌سنج هر یک چه عددی را نشان میدهند.



۲۷ ــ فنر مارپیچ ظریفی، مطابق شکل از نقطه‌ای آزادانه آویخته شده و انتهای آن در داخل یک ظرف فلزی محتوی جیوه قرار دارد. قطبین یک مولد جریان مستقیم، از یک طرف به ظرف جیوه و از طرف دیگر به وسیلهٔ کلید S، به بالای فنر متصل است. اگر کلید را ببندیم، فنر چه وضعی پیدا خواهد کرد.



توضیح

نوشته زیر از بین نامه‌های رسیده انتخاب شده است. ضمن آرزوی توفیق هرچه بیشتر برای برادر «حمیدرضا صبوری» نظر خوانندگان ارجمند را به این نکته جلب میکند که بحث دربارهٔ مسأله مورد نظر این نامه قبلاً در مجلهٔ شماره ۲ رشد آموزش فیزیک آورده شده است. بمنظور پاسخ به پرسشهای اخیر چاپ این نامه را مفید میدانیم.

بنام خداوند لوح و قلم

پس از سلام خدمت استادان گرامی و گردانندگان مجلهٔ رشد (فیزیک).

در کتاب فیزیک سال دوّم دبیرستان مسأله‌ای وجود دارد نظر باینکه بعضی از

معلّمان عزیز این مسأله را درست توجیه نمی‌کنند لازم دانستم توضیحی در این باره بدهم. در سال ۱۳۶۳ تغییرات جزیی درصورت مسأله داده شده اینجانب مسأله را توضیح میدهم انشاالله اگر مورد توجّه قرار گرفت به نظر همکاران عزیز برسد.

صورت مسأله قبل از تغییر ــ اختلاف طول دو میلهٔ برنجی و آهنی در دمای $10^\circ C$ برابر $14cm$ است. طول میلهٔ آهنی چند سانتی‌متر باید باشد تا اختلاف طول آنها در دمای $100^\circ C$ بازهم $14cm$ بشود. ضریب انبساط طولی برنج $\lambda_B = 19\times10^{-6}/^\circ C$ و ضریب انبساط طولی آهن $\lambda_A=12\times10^{-6}/^\circ C$ است.

حل:

توجّه دارید که مسأله به سادگی به روش زیر حلّ میشود:

اولاً باید: $l_A>l_B$ باشد درنتیجه:

ثانیاً باید:

$l_A = ?$

$\theta_1 = 10^\circ C$

$\theta_2 = 100^\circ C$

$\theta = \theta_2 - \theta_1 = 90^\circ C$

$\lambda_A = 12\times10^{-6}/^\circ C$

$\lambda_B = 19\times10^{-6}/^\circ C$

(۱) $l_A-l_B=14cm$

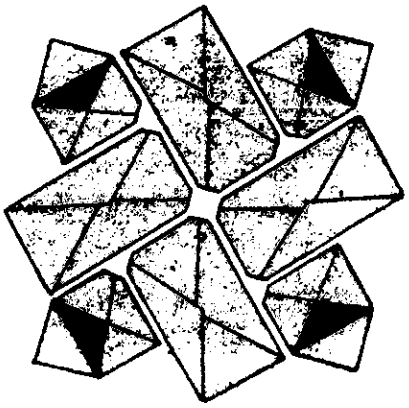
$\Delta l_A = \Delta l_B = l_A\lambda_A\theta = l_B\lambda_B\theta \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{l_A}{l_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{19}{12}$ (۲)

از حلّ (۱) و (۲) با هم داریم: $l_A=38cm$ و $l_B=24cm$.

البّته مسئله فقط l_A را خواسته است.

صورت مسأله بعد از تغییر ــ اختلاف طول دو میلهٔ برنجی و آهنی در دمای $10^\circ C$ برابر $1/4mm$ است. طول میلهٔ آهنی چقدر باشد تا اختلاف طول آنها در دمای $100^\circ C$ باز هم $1/4mm$ بشود.



ــ بعضی از همکاران عزیز این مسئله را مانند مسئلهٔ قبل حلّ می‌کنند درحالیکه با همین تغییر ظاهراً جزیی اختلاف زیادی پیدا می‌شود، مانند راه‌حلّ قبلی پیش می‌رویم و دربارهٔ آن بحث می‌کنیم:

اولاً باید: $l_A>l_B$ درنتیجه $l_A-l_B=1/4mm$ (۱)

ثانیاً باید:

$\Delta l_A = \Delta l_B = \frac{l_A}{l_B} = \frac{19}{12}$ (۲)

از حلّ (۱) و (۲). با هم داریم: $l_A=3/8mm$ و $l_B=2/4mm$

ــ گرچه راه حل صحیح است ولی جوابهای این مسأله معقول و مناسب نیستند میله‌هایی با طولهای بسیار کوچک $3/8mm$ و $2/4mm$!! اگر منظور طراحان مسأله این بود که لزومی نداشت صورت مسأله را تغییر دهنده و همان مسأله قبلی بسیار جالبتر و راحتتر بود و جوابهایی مناسب و غیرقابل بحث بدست می‌داد پس باید نتیجه گرفت روش حل این نخواهد بود و حتماً کاسه‌ای زیر نیم کاسه است که به آن توجّه نمی‌شود، همچنین دقّت شود که در راه‌حلهای گذشته دما هیچ تأثیری ندارد به عبارت دیگر طولهای بدست آمده همیشه و در هر دمایی اختلاف طول خود را حفظ می‌کنند.

برای توجیه مسألهٔ حالت دیگری را درنظر می‌گیریم که پس از انبساط، طول میلهٔ برنجی از میلهٔ آهنی بیشتر می‌شود بدیهی است که این عمل امکان پذیر است زیرا $\lambda B>\lambda_A$ و این‌بار اختلاف طول $1/4mm$ به صورت l_B-l_A ایجاد میگردد با این فرض:

اولاً باید: $l_B>l_A$ درنتیجه:

(۱) $l_B-l_A = 1/4mm$

ثانیاً: پس از انبساط $l_B-l_A=1/4mm$

(۲) $l_B(1+\lambda_B\theta)-l_A(1+\lambda_A\theta) = 1/4mm$

از حل (۱) و (۲) با هم نتیجه میشود که:

$l_A \simeq 4444/87mm=4/444m$

$l_B \simeq 4443/47mm=4/443m$

که این جوابها معقول‌تر و مناسب‌تر هستند و دما نیز در آنها دخالت دارد. به عبارتی در حلّ **مسألهٔ جدید** باید حالت دوّم را درنظر بگیریم نه حالت اوّل را. ولی برای مسألهٔ قدیم اگر حالت دوّم درنظر گرفته شود جوابهایی بسیار بزرگ بدست میآید که مناسب نیستند. البّته بجای راه‌حلّ بالا میتوان بطرز زیر عمل کرد:

(۱) (۲)

$l_A-l_B = 1/4mm$

$\Delta l_B=\Delta l_A+2(1/4)=\Delta l_A+2/8$

$l_B\lambda_B\theta=l_A\lambda_A\theta+2/8$

$l_A \simeq 4/444m$

$l_B \simeq 4/443m$

از حلّ (۱) و (۲) باهم داریم:

والسّلام.

به امیّد پیروزی رزمندگان اسلام بر کفر و استکبار جهانی و آرزوی موفقیّت هرچه بیشتر برای شما

حمیدرضا صبوری از کادر آموزشی گروه فیزیک دانشکدهٔ علوم باختران (دانشگاه رازی).

اخبار علمی و فرهنگی

دانشگاه تبریز

دانشکدهٔ علوم

مرکز تحقیقات ستاره شناسی و رصد خانهٔ خواجه نصیرالدین طوسی

پیش سمینار اخترشناسی ایران

در پیش سمینار مربوط به چهارمین کنفرانس اخترشناسی ایران که قرار است در شهریورماه سالجاری به کوشش مرکز تحقیقات ستاره‌شناسی دانشگاه تبریز برگزار شود موارد زیر موردبحث قرار گرفت و مقرر شد برای برگزاری هرچه بهتر و پربارتربودن کنفرانس موارد مذکور بصورت پیشنهاد برای اظهارنظر به سایر دانشگاهها و مؤسسات علمی و پژوهشی ارسال گردد.

۱ ــ باتوجه به تاریخ برگزاری کنفرانس فیزیک در شیراز (۱۴ ــ ۱۹ شهریورماه ۱۳۶۶) تاریخ برگزاری کنفرانس اخترشناسی یکی از دوزمان زیر پیشنهاد میگردد.

الف ــ از ۶۶/۶/۸ لغایت ۱۳۶۶/۶/۱۰

ب ــ از ۶۶/۶/۲۲ لغایت ۱۳۶۶/۶/۲۴

۲ ــ سخنرانی‌ها در دو شاخه تخصص و عمومی ارائه خواهند شد.

الف ــ سخنرانی‌های تخصصی در زمینه‌های اخترفیزیک، کیهان‌شناسی، مکانیک سماوی، فیزیک خورشید، اشعه کیهانی، ابزاروآلات و روشهای تحقیق.

ب ــ سخنرانی‌های عمومی در زمینه تاریخ نجوم (به ویژه در ایران)، آموزش نجوم در دانشگاهها و مؤسسات علمی و پژوهشی، گاه‌شماری و تقویم و نقش تحقیقات نجومی در سایر شاخه‌های علوم.

۳ ــ جهت زمان ایراد هر سخنرانی باتوجه به حجم و محتوای مقاله ارائه شده به شرح زیر پیشنهاد میگردد.

الف ــ برای تخصصی ۲۵ تا ۳۵ دقیقه

ب ــ برای عمومی ۳۰ تا ۴۰ دقیقه

۴ ــ برنامه برگزاری سمینار بصورت زیر پیشنهاد میگردد:

روز دوم

حداقل پنج سخنرانی تخصصی

گردهمایی بحث در مسائل ذیربط بازدید و وقت آزاد

صبح

بعدازظهر

روز اول

افتتاحیه + یک سخنرانی عمومی

حداقل سه سخنرانی عمومی

روز سوم

حداقل پنج سخنرانی تخصصی

برنامه نمایش افلاک نما در دو نوبت متوالی برای دو گروه.

برنامه برگزاری کنفرانس صبح‌ها از ساعت $8\frac{1}{2}$ تا ۱۲ با احتساب نیم‌ساعت وقت استراحت و بعدازظهرها از ساعت $14\frac{1}{2}$ تا $17\frac{1}{2}$ با احتساب نیم‌ساعت وقت استراحت. البته برنامه مذکور باتوجه به تعداد سخنرانی‌ها تا حدودی میتواند تغییر یابد.

۵ ــ اولویت پذیرش برای شرکت‌کنندگان در کنفرانس با اعضای هیئت علمی دانشگاهها، محققین و پژوهشگران دانشگاهی و مؤسسات علمی و پژوهشی، دانشجویان رشته‌های فیزیک، ریاضی و زمین‌شناسی و مهندسی دوره کارشناسی ارشد و دانشجویان سال آخر این رشته‌ها با معرفی گروه آموزشی مربوطه و دبیران علوم تجربی میباشد که درصورت فراهم بودن امکانات سایر علاقمندان به ترتیبی مقتضی نیز پذیرفته خواهند شد.

۶ ــ در مورد انتخاب مقالات هیئت اجرایی با نظرخواهی از صاحبنظران در سطح کشور اقدام خواهد کرد.

۷ ــ متن آرم برگزاری کنفرانس باتوجه به نظرات و پیشنهادات ارسالی دست‌اندرکاران، تهیه میگردد.

۸ ــ هزینه ایاب و ذهاب و مسکن ارائه کنندگان مقاله به عهده دانشگاه تبریز است و درصورت استفاده شرکت‌کنندگان فوق از مدت زمان مأموریت، فوق‌العاده مأموریت سفر آنها به عهده مؤسسه‌ای خواهد بود که در استخدام آن میباشند.

۹ ــ حق شرکت در کنفرانس برای مجردین یک هزار ریال و برای متأهلین که با خانواده خود شرکت میکنند دوهزار ریال تعیین میگردد که برای دانشجویان به نصف تقلیل می‌یابند.

اخبار علمی، فرهنگی

آسمان‌نما

توضیح

گزارش زیر، عین گزارشی است به پیوست نامه‌ای از روابط عمومی و بین‌المللی کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان به دفتر وزارتی و روابط عمومی وزارت آموزش و پرورش ارسال شده است. جهت اطلاع و بهره‌گیری خوانندگان منتشر میشود.

گزارش از فلک‌نمای کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان از بدو تأسیس تاکنون

۱۰ ــ خدمت رفاهی شامل مسکن، سه وعده غذا در روز با اخذ بهاء ژتون به مبلغ ۲۷۰۰ ریال برای ۳ روز تعیین میگردد. البته سلف سرویس دانشجویی هم با ارائه دو وعده غذا در ظهر و شب نیز دایر میباشد.

۱۱ ــ وسیله ایاب و ذهاب از خوابگاه به محل برگزاری کنفرانس و مکان‌های مورد بازید وایستگاه راه‌آهن و فرودگاه (در زمان مراجعت شرکت‌کنندگان) به عهده دانشگاه تبریز میباشد.

۱۲ ــ پیشنهادات و نظراتی که حداکثر تا ۲۰ اردیبهشت ماه سالجاری به دفتر مرکز تحقیقات ستاره‌شناسی دانشگاه تبریز رسیده باشند مورد رسیدگی و توجه قرار خواهند گرفت. بدیهی است فرم شرکت در کنفرانس بعداز تاریخ مذکور برای علاقمندان در یکی از جراید کثیرالانتشار کشور آگهی شده و از طریق دانشگاه برگزار کننده به اطلاع مؤسسات آموزشی و پژوهشی سراسر کشور خواهد رسید.

اعضا شرکت‌کننده در پیش‌سمینار چهارمین کنفرانس اخترشناسی ایران

*

همزمان با خجسته میلاد منجی عالم بشریت حضرت رسول اکرم (ص) و سالروز ولادت حضرت امام جعفر صادق (ع) فلک‌نمای کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان با حضور دکتر بانکی وزیر نیرو و جمعی از مقامات مملکتی و آقای زرین مدیرعامل و سایر مسئولین کانون در مرکز فرهنگی هنری شماره ۲۲ واقع در خیابان پیروزی میدان چهارصد دستگاه افتتاح گردید.

تاریخچه آسمان‌نما در ایران به تابستان سال ۱۳۶۳ برمی‌گردد که اولین نوع دستگاه از نمونه‌های مدل‌زایس در دانشگاه تبریز نصب شد و سپس آسمان‌نمای کانون که مدل کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان ۶۳ نامگذاری شده است با توجه به برنامه اختصاصی و با عنایت به بودجه محدود آن تهیه و نصب شد. این آسمان‌نما از انواع مدرن به حساب می‌آید، اما به خاطر کوچک بودن توانائی برنامه‌ریزی و نمایش آن بسیار محدود است. آسمان‌نمای دیگری نیز کانون خریداری نموده است که از اولی کوچکتر و بسیار سبک است و دارای یک گنبد به شکل چتر می‌باشد. این دستگاه به راحتی قابل حمل‌ونقل است و جهت آشنائی پژوهشگران و محققین جوان میهن اسلامی ما آماده ارسال به شهرستانهای مختلف می‌باشد.

آسمان‌نما دستگاهی است که به وسیله آن می‌توان بسیاری از حرکات و پدیده‌های نجومی را عملاً مشاهده کرده و اصطلاحات این علم شگرف را فراگرفت. این دستگاه شامل یک پرده بزرگ نمایش به شکل نیمکره می‌باشد که در زیر آن دستگاه پروژکتور مخصوص قرار گرفته است با این پروژکتور می‌توان تصویر ماه، خورشید، سیارات منظومه شمسی، ستارگان آسمانی و دیگر اجراء سماوی و کهکشان‌ها را در هر شبانه‌روز که چشم قادر به رویت آنها نیست، به نمایش گذاشت. پروژکتور آسمان‌نما به وسیله موتوری حرکت می‌کند و در نتیجه تصویری متحرک به سطح داخلی گنبد ایجاد می‌شود که کاملاً واقعی به نظر می‌رسد.

بدین‌ترتیب می‌توان حرکات ستارگان را به وضوح مشاهده کرد.

آسمان‌نما را می‌توان متناسب با عرض جغرافیائی هر شهر تنظیم کرد و تصویر ظاهری آسمان آن شهر را به کمک آن دید. و چون موقعیت اجرام آسمانی در زمانها و فصول مختلف تغییر می‌کند. می‌توان آسمان‌نما را طوری تنظیم کرد که تصویر آسمان سالهای گذشته و یا آینده یک شهر را نیز نمایش دهد. گزارش منظومهٔ شمسی، تغییرات فصلی، پدید آمدن شب و روز، خسوف و کسوف، حرکت دنباله‌دارها، شهابها، شناختن صورتهای فلکی، آموزش جهت‌یابی، قبله‌یابی و بسیاری

چیزهای دیگر از جمله پدیده‌هایی است که می‌توان به کمک آسمان‌نما مشاهده نمود. در مرکز آسمان‌نمای کانون دانش‌آموزان مدارس راهنمائی و نظری می‌توانند با علم نجوم آشنا شده و به عظمت آفرینش واقف گردند.

علاقمندان به منظور مشاهده این آسمان‌نما می‌توانند از ساعت ۱۱ الی ۶ بعدازظهر با شماره تلفن ۳۳۳۱۰۰ تماس گرفته و در جریان ساعات نمایش این برنامه قرار گیرند.

آسمان‌نمای کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان از بدو گشایش با استقبال جمع کثیری از مسئولین فرهنگی، آموزشی کشور از جمله مشاور عالی ریاست جمهوری، معاون محترم وزیر آموزش و پرورش و رئیس سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی این وزارتخانه، کارشناسان مؤسسه ژئو فیزیک دانشگاه تهران، تعداد کثیری از معلمان و جمعی از دست‌اندرکاران امور فرهنگی و آموزشی کشور مواجه شده است.

ضمناً از اولین روز گشایش آسمان‌نمای این مرکز، تاکنون نمایش ۱۰۴ بار برای پسران و ۹۵ بار برای دختران، خود حاکی از استقبال خوب علاقمندان بوده است که در همین رابطه ۱۴۵۴ نفر در سطح راهنمایی، ۱۸۰۴ نفر در سطح دبستان و ۲۴۳ نفر در سطح دبیرستان از میان دختران و پسران علاقمند توانسته‌اند از این نمایش دیدن نمایند. ص / ۱۰

*

سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی

توضیح:
نوشتهٔ زیر اهداف و وظایف سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران است که به پیوست نامه‌ای به وزیر محترم آموزش و پرورش ارسال شده است.
به منظور آگاهی خوانندگان ارجمند عیناً منتشر میشود.

اهداف و وظائف سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

الف: هدف

حمایت و هدایت مخترعین، مبتکرین و محققین رشته‌های مختلف علمی و صنعتی در جهت حل مسائل و مشکلات فنی برنامه‌های اقتصادی، اجتماعی جمهوری اسلامی ایران.

ب: وظائف

۱ ــ جمع‌آوری و تدوین نیازها و اولویت‌های تحقیقاتی در زمینه‌های مختلف علمی و صنعتی در چهارچوب هدف با همکاری دستگاههای تحقیقاتی و اجرائی ذیربط.

۲ ــ ارائه نیازها و اولویت‌های تحقیقاتی به جامعه محققین، مخترعین، مبتکرین و صنعتگران کشور بمنظور جلب‌نظر آنان در رفع نیازهای تحقیقاتی.

۳ ــ فراهم آوردن امکانات مالی و فنی لازم جهت تدوین، بررسی، تصویب و اجرای طرحهای تحقیقاتی ارائه شده در چهارچوب اولویت‌ها و نیازهای تحقیقاتی اعلام شده در حد طراحی و ساخت نمونه و تدوین روش یا تکنیک خاص.

۴ ــ فراهم آوردن امکانات مالی و فنی لازم جهت آزمایش عملی و بهسازی و توسعه نمونه‌های تدوین روشها و تکنیکهای ایجاد شده بمنظور گسترش آن در سطح نیمه صنعتی و یا صنعتی و تحویل آن به ارگانهای اجرائی ذیربط پس از انجام مراحل نیمه صنعتی.

۵ ــ تشکیل سمینارها و دوره‌های تخصصی به منظور اشاعه دانش موجود و آشناسازی محققین، مخترعین، مبتکرین و صنعتگران با نتایج تحقیقات انجام شده.

۶ ــ حمایت از محققین، مبتکرین و مخترعین، ترغیب و تشویق فعالیتهای نوآوری در کشور.

۷ ــ جمع‌آوری و سازماندهی اطلاعات و اسناد علوم و تکنولوژی در سطح داخلی و خارجی و فراهم آوردن امکانات لازم جهت تأمین و در دسترس قرار دادن اطلاعات موردنیاز محققین، مخترعین، مبتکرین و صنعتگران کشور.

۸ ــ آشناسازی محققین، مخترعین و مبتکرین با سیستم مالکیت صنعتی و جمع‌آوری و سازماندهی اطلاعات و اسناد و اختراعات ثبت شده به منظور اشاعه دانش فنی موجود در اسناد اختراعات.

۹ ــ بررسی علمی درخواستهای ثبت اختراعات.

پاسخ و راهنمای حل مسایل

۱ ــ $T = ۳۱۳N$ ، $R = ۵۸۱ N$ و $\theta = ۷۱/۱^\circ$،

۲ ــ $\theta = ۵۳^\circ$ و $V = ۱۵/۶m/s$ از تصویر اندازه حرکت بر روی محورهای x و y استفاده کنید.

۳ ــ ج: ۱m، ۳m، ۵m، ۷m.

۵ ــ ج: $f_n = F = ۲kgf$ ، $f_n = f = ۱kgf$،
$f_n = \frac{F+f}{۲} = ۱/۵kgf$.

(f_n نیروئی است که بین دو وزنه عمل می‌کند و نیروسنج آنرا نشان می‌دهد).

چون $M>>m$ است با صرفنظر کردن از m در مقابل M می‌توان فرض کرد $f_n \simeq f$.

۶ ــ ج: $\omega = ۸rad/S$.

۷ ــ ج: در حالت اول دستگاه با شتاب $۹cm/s^۲$ حرکت می‌کند و نیروی اصطکاک بین جسم و ارابه ۱۸۰gf است. در حالت دوم، شتاب جسم $۷/۵cm/s^۲$ و شتاب ارابه $۰/۲۵m/s^۲$ و نیروی اصطکاک ۰/۵kgf است.

راهنمایی: در حالت اول چون نیروی وارد بر جسم کمتر از نیروی اصطکاک است، کل دستگاه با شتاب a حرکت خواهد کرد.

در حالت دوم ماکزیمم نیروی اصطکاک از نیروی وارد بر جسم کمتر است، به این دلیل نیروی F سبب لغزاندن جسم بر روی ارابه می‌شود، و جسم و ارابه با شتابهای مختلفی بحرکت در می‌آیند.

۸ ــ $T = \frac{To}{\sqrt{\cos\alpha}}$

۹ ــ ج: $V = \frac{P\sqrt{۲gh\cos\alpha}}{P+Q}$

۱۰ ــ ج: $V_۱ = \sqrt{۲gl}$ $V_۲ = ۲\frac{\sqrt{۳gl}}{۵}$

راهنمایی ــ توجه کنید که در حالت دوم، سرعت دو گلوله یکسان است.

۱۱ ــ ج: $F_۱ = Mg$، $F_۲ = Mg - \frac{Mv^۲}{R}$، و $F_۳ = Mg + \frac{Mv^۲}{R}$

راهنمایی ــ توجه کنید که بر اتوموبیل همواره دو نیرو وارد می‌شود، یکی وزن و دیگری عکس‌العمل سطح. برآیند این دو نیرو، نیروی جانب مرکز را تأمین می‌کند.

۱۲ ــ $I = ۰/۹۲kgm^۲$

راهنمایی ــ ابتدا، شتاب خطی و زاویه‌ای را حساب کرده و پس از محاسبهٔ نیروی کشش نخ، رابطهٔ دینامیکی دوران را نوشته و I را بدست می‌آوریم.

۱۳ ــ ج: $\alpha = ۲/۷۶Rad/s$ و $T_۱ = ۱۶/۸N$ و $T_۲ = ۱۸/۶N$

۱۴ ــ ج: $\omega = \frac{\sqrt{۳g}}{l}$

۱۵ ــ ج: نیروی ثابتی در امتداد قائم بر الکترون وارد شده و الکترون مسیری بشکل سهمی طی میکند جابجایی ۲/۸mm است.

۱۶ ــ ج: مسیر حرکت دایره است.

۱۷ ــ ج: آونگ در حالت تعادل در امتداد برآیند دو نیروی mg و eE (e بار الکتریکی گلولهٔ آونگ است) قرار گرفته و با وضع قائم زاویهٔ α میسازد. $T = ۲\Pi\sqrt{\frac{l}{g^۲ + (\frac{Ee}{m})^۲}}$

۱۸ ــ ج: $\simeq ۴ \times ۱۰^۵ m/s$

۱۹ ــ ج: $E_۲ = ۱/۸V$

۲۰ ــ ج: $R_۱ = ۱۰\Omega$، $R_۲ = ۲۰\Omega$، و $R_۳ = ۶۰\Omega$

۲۱ ــ ج: صفر

راهنمایی ــ توجه کنید که دو باطری بهم سری شده‌اند، در این صورت رابطه نیروی محرکه مدار را با شدت جریان نوشته و پس از محاسبهٔ شدت جریان، اختلاف پتانسیل دو سر پیلها را پیدا کنید.

۲۲ ــ ج: ۴۵ دقیقه، ۱۰ دقیقه

۲۳ ــ ج: ۵Ω، ۶V، -۱۰V

۲۴ ــ ج: $I_۱ = \frac{۱۰}{۷}$، $I_۲ = \frac{۱۲}{۵}$، $I_۳ = -۳/۸۳$
(علامت منفی $I_۳$ نشان میدهد که جهت جریان، خلاف جهت نشانداده شده در شکل است)

راهنمایی ــ مسئله با استفاده از قوانین مدارهای انشعابی که در زیر می‌آید، حل می‌شود.

قانون اول ــ مجموع شدت جریانهائی که به یک نقطه از انشعابی وارد می‌شوند، با مجموع شدت جریانهایی که از آن نقطه خارج می‌شوند، برابر است.

قانون دوم ــ در هر مدار مسدود، جمع جبری اختلاف پتانسیل‌ها صفر است.

برای بکار بردن قانون دوم، باید به نکات زیر توجه داشت.

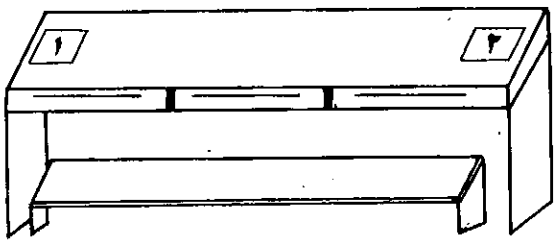
اولاً ــ مدار مسدودی انتخاب می‌کنیم. مثلاً در مورد این مسئله مدارهای مسدود adba و abca را انتخاب می‌کنیم. در هر مدار یک جهت اختیاری برای جریان انتخاب نموده و سپس قانون دوم را بکار می‌بریم. در استفاده از قانون دوم و رعایت علائم جبری توجه کنید که در مورد مقاومتها، چون افت ولتاژ وجود دارد اختلاف پتانسیل دو سر آنها را با علامت منفی در نظر می‌گیریم، و در مورد مولدها، اگر در جهت اختیاری به قطب منفی برسیم، افزایش ولتاژ داشته و علامت آن مثبت خواهد شد، در غیر این صورت علامت منفی است.

۲۵ ــ ج: $I_۱ = -۰/۳۳A$، $I_۲ = ۲A$، $I_۳ = ۰$،
$I_۴ = -۰/۳۳A$، $I_۵ = ۱/۶۷A$، و $q = ۵\ \mu C$

۲۶ ــ ج: $I_۱ = ۳/۹۳A$ ، $Vab = ۴/۳V$

۲۷ ــ ج: انتهای فنر، حرکت نوسانی پیدا خواهد کرد.

راهنمایی ــ توجه کنید که در اثر عبور جریان هر حلقه به آهنربا تبدیل میشود.



سؤالات امتحانات نهائی درس فیزیک

دانش‌آمـوزان و داوطلبان آزاد کـلاسهای چهارم متوسطه

رشتهٔ ریـاضی فـیزیک سراسر کشور در خردادماه ۱۳۶۵

وقت امتحان: $2\frac{1}{2}$ ساعت

۱ ــ یک مثال بیاورید که انتقال انـرژی بـوسیله انـتقال مـاده صورت گیرد و یک مثال بیاورید که انتقال انرژی بوسیله انـتقال مـوج صورت گیرد.

۲ ــ موج پیچشی را تعریف کنید و یک روش برای تولید آن را بنویسید.

۳ ــ دو عامـل مـؤثر در طنین یک صوت مـوسیقی مـرکب را بنویسید.

۴ ــ وقتیکه مجموعه‌ای از صوتـهای زیـر و بـم در مـجاورت دیوار یک ساختمان تـولید شود شنونـده‌ای کـه در یکی از زوایـای ساختمان به کنار ساختمان می‌پیچد کدام صوت را بوضوح می‌شنود (با دلیل کافی)

۵ ــ سه قسمت فرضیه اتمی بـور (بـدون رابـطهٔ ریـاضی) و همچنین سه مورد از نارسائی‌های این مدل اتمی را به اختصار بنویسید.

۶ ــ در اتصال (N ــ P) یا دیـود نـیمه هادی مـنظور از حـالت تعادل الکترواستاتیکی چیست و بطور دقیق توضیح دهید چگونـه ایـن حالت بوجود می‌آید؟

۷ ــ قانون بروستر را به اختصار توضیح دهید و فـقط فـرمول مربوط به آن را بنویسید.

۸ ــ دیمانسیون حاصلضرب (Lc) را بنویسید (L معرف ضریب خود القائی و c معرف ظرفیت الکتریکی است.)

۹ ــ اولاً آزمایش نشان میدهد که هنگام عبور جریان بـا تـواتر زیاد از یک هادی فلزی جریان فقط از رویهٔ هادی مـیگذرد و در وسط هادی عملاً جریان وجود نـدارد ضمن تـوضیح علت ایـن پـدیده شرح دهید برای انتقال اینگونه جریانها چه کار باید کرد ثانیاً اگر جـریان بـا تواتر زیاد از چند حلقه سیم ضخیم بگذرد و در مقابل آن یک سولنوئید طوری قرار دهیم که محور آن منطبق بر مـحور حلقـه‌های فـلزی بـاشد چنانچه آلترنانس جریان را ده برابر کنیم نـیروی مـحرکهٔ القـا شده در سولنوئید چند برابر مـیشود؟ (بـا دلیل کـافی). سطح سیم پـیچ‌ها در حلقه‌ها و سولنوئید موازی یکدیگرند.

۱۰ ــ دود یا پازن با هم ارتـعاش مـیکنند و ۵ ضربـان در ثـانیه تولید میکنند روی نوک شاخه‌های دیاپازن اول گیره فلزی مشابه نصب میکنیم ۶ ضربان در ثانیه شنیده مـیشود گـیره‌ها را مـقداری از نـوک شاخه‌ها پائین‌تر می‌بندیم مجدداً ۵ ضربان شنیده میشود تـواتر دیـاپازن اول را تعیین کنید در صورتیکه تواتر دیاپازن دوم ۳۲۰ هرتز بـاشد (بـا استدلال کافی).

۱۱ ــ دانش‌آموزی برای حل مسئله مدار RLC سری در حالت تشدید با استدلال به اینکه مقاومت ظاهری مدار بـه حـداقل مـقدارش رسیده است از روابط زیر استفـاده کـرده است بـدلخواه در مـوارد قسمتهای الف یا ب تـوضیح دهید عملکرد او قـابل قـبول مـیباشد؟ (جریان متناوب سینوسی و $\bar{P}$ تـوان مصرفـی مـتوسط است) الف (در یک پریود $\bar{P} = \overline{VI}$ و $i = \bar{I}_e$ لحظه‌ای) ب (در یک پـریود $\bar{P} = \frac{V_m I_m}{2}$ و $i = I_m$ لحظه‌ای).

۱۲ ــ الف: چـرا شرط لازم بـرای ایـجاد تـداخل، داشتن دو چشمه همسان است. ب: توضیح دهید با توجه به اینکه طیف حـاصل از اتمهای منفرد گاز خـطوط بـاریکی تشکیل مـیدهند طیف حـاصل از مولکولهای گاز مرکب از دو یا چند اتـم چگونـه است. ج: چـرا وقـتی

بخار فلز سدیم تحت تابش نور سفید کامل قرار میگیرد بخشی از نور زرد آن بشدت جذب میشود. د: کدام قسمت از امواج الکترومانتیک در هوا جذب میشود؟

مسائل

۱ ــ معادلات دو موج هم امتداد در دستگاه CGS بصورت زیر میباشد و همزمان به نقطه M رسیده‌اند معادله موج برآیند آنها را در این نقطه محاسبه کنید. دامنه و فاز اولیه موج برآیند را به روش هندسی دقیق نمایش دهید.

$$y_{1M} = 10\sin(2\pi t + \frac{\pi}{6})$$
$$y_{2M} = 10\sin(2\pi t + \frac{\pi}{2})$$

۲ ــ در صورتیکه آزمایش یانگ با نور تکرنگ در آب انجام شود و طول موج نور مورد آزمایش در خلاء ۰/۶ میکرون باشد و فاصله دو شکاف دستگاه ۲/۵ میلیمتر و فاصله پردهٔ نوارها از سطح دو شکاف ۱ متر و فاصله وسط سومین نوار تاریک از وسط نوار روشن مرکزی ۰/۴۵ میلیمتر باشد ضریب شکست مطلق آب را محاسبه کنید.

۳ ــ تواتر صوت سوم لوله بسته‌ای ۳۰۰ هرتز است اولاً تواتر هماهنگ سوم آن را تعیین کنید. ثانیاً تار مرتعشی از آهن خالص است بطول ۵۰ سانتیمتر و جرم ۲ گرم و سرعت انتشار امواج عرضی در آن ۱۰۰ متر بر ثانیه میباشد تواتر بم‌ترین صوت تار و طول موج صوت حاصل از تار را وقتیکه در طول تار ۴ گره تشکیل میشود و همچنین نیروی کشش تار را حساب کنید. توضیح دهید اگر این تار آهنی در مقابل سیم پیچ جریان متناوب قرار گیرد و بین صوت اصلی تار و جریان سیم پیچ تشدید حاصل شود تواتر جریان چقدر باید باشد.

۴ ــ بین دو نقطه از مدار جریان متناوب یک بوبین به مقاومت ۴۰۰ اهم و ضریب سلف یک هانری و یک خازن بطور متوالی قرار دارد معادلهٔ مقدار بار الکتریکی هر یک از صفحان خازن بصورت

$$q = \frac{\sqrt{2}}{1600}\sin(400t - \frac{2\pi}{3})$$

است معادله ولتاژ دو سر بوبین را محاسبه کنید.

۵ ــ جسمی به جرم ۱۰ گرم دارای شتاب $a = -\pi^2 y$ میباشد (در دستگاه SI) و در اولین لحظه بعد آن مثبت و جهت حرکت جسم در جهت مثبت محور عرض‌ها فرض میشود اگر در مبدأ زمان جسم در نصف بعد ماکزیمم باشد و حداکثر سرعت آن 10π سانتیمتر بر ثانیه باشد مقدار نیروی وارد بر جسم را در لحظهٔ (ثانیه $t = 1$) حساب کنید و نمودار (مسافت ــ زمان) این حرکت را در یک پریود به روش ترسیمی نمایش دهید. (برای ترسیم به عمل مشتق‌گیری احتیاج نیست).

پیروز باد اسلام

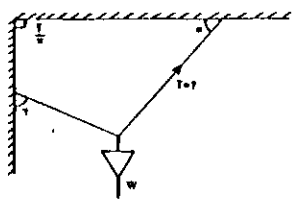
سؤالات امتحانات نهائی درس مکانیک
رشتهٔ ریاضی فیزیک
دانش‌آموزان و داوطلبان آزاد کلاسهای چهارم متوسطه سراسر کشور در خرداد ماه ۱۳۶۵
وقت امتحان: $\frac{1}{2}$ ۲ ساعت

۱ ــ نمودار (مسافت ــ زمان) متحرکی که با شتاب ثابت بر خط راست حرکت میکند، در مبدأ مختصات بر محور زمان مماس است، در صورتی که شیب خط مماس بر منحنی در لحظهٔ $t = 1\,S$ برابر واحد باشد، شتاب این متحرک چقدر است؟

۲ ــ توضیح دهید، چرا در حرکت پرتاب در راستای قائم در شرایط خلأ در هر دو مرحلهٔ صعود و سقوط باید علامت شتاب (g) را منفی بگیریم؟

۳ ــ اندازه حرکت را تعریف کرده و بر اساس مفهوم آن قانون دوم نیوتن را بیان کنید.

۴ ــ مطابق شکل مقابل جسمی به وزن W را توسط دو رشته طناب به دیوار افقی و قائم آویخته‌ایم با محاسبه از روی تجزیهٔ نیروها نشان دهید که کشش نخ متصل به سقف از رابطه $T = \frac{W\sin\gamma}{\cos(\alpha-\gamma)}$ بدست میآید.



۵ ــ اگر گلوله‌ای را در هوا و در راستای قائم به طرف بالا پرتاب کنیم پس از مدت زمان t_1 به نقطهٔ اوج میرسد و سپس سقوط کرده و بعد از مدت زمان t_2 به سطح پرتاب اولیه باز میگردد، چرا $t_2 > t_1$ است؟

۶ ــ قانون استوکس را بیان کنید.

۷ ــ به سقف یک واگن آونگی آویخته شده است، اگر این واگن با سرعت V وارد پیچی به شعاع R گردد میزان انحراف راستای نخ آونگ را از راستای قائم محاسبه کنید.

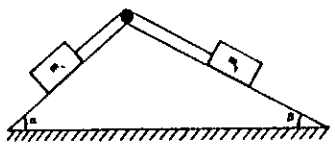
۸ ــ اگر به فرض یک جسم از سطح زمین به طرف مرکز آن حرکت کند، شدت میدان جاذبه وارد بر آن چگونه تغییر میکند؟ و چرا؟

۹ ــ قضیهٔ انرژی جنبشی را بیان کرده و اثبات آنرا بنویسید.

۱۰ ــ از یک نقطه واقع بر سطح افق، گلولهٔ کوچکی را در راستای قائم به طرف بالا پرتاب کرده‌ایم، چه مدت پس از پرتاب آن،

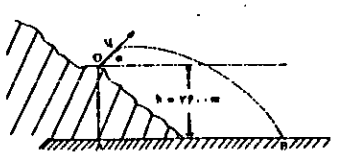
باید از همین نقطه گلولهٔ دیگری را با همان سرعت اوّلیه به طرف بالا پرتاب کنیم تا در ارتفاعی معادل $\frac{۳}{۴}$ ارتفاع اوج از نقطهٔ پرتاب با گلولهٔ اوّل برخورد کند؟ (از مقاومت هوا صرفنظر کنید).

۱۱ ــ مطابق شکل مقابل دو جسم به جرم‌های $m_۱$ و $m_۲$ ($m_۱ > m_۲$) بر روی دو سطح شیبدار به زاویه‌های α و β که ($\alpha > \beta$) است قرار دارند و توسط یک رشته نخ غیر قابل ارتجاع که از روی قرقره‌ای عبور کرده بهم متصل هستند، با صرف نظر از کلیّهٔ اصطکاک‌ها، شتاب سیستم و کشش نخ را محاسبه کنید.



۱۲ ــ وزنهٔ سنگینی به جرم m را به یک رشته ریسمان با طول ثابت بسته و با پریود ثابت وادار به حرکت بر مسیر دایره‌ای قائم کرده‌ایم. (سطح دایرهٔ مسیر حرکت بر سطح افق عمود است). اندازهٔ نیروی جانب مرکز را با توجه به کشش ریسمان T، و تجزیهٔ نیروی وزن جسم بر دو راستای مماس بر مسیر حرکت و راستای نخ، در هر نقطه از مسیر حرکت بر حسب زاویه‌ای که راستای نخ با امتداد قایم میسازد بدست آورید. و بر اساس آن توضیح دهید که چرا سرعت زاویه‌ای و خطی حرکت ثابت نیست.

۱۳ ــ مطابق شکل زیر از نقطه‌ای واقع بر دامنهٔ یک کوه به فاصله ۳۶۰۰ m از سطح افق گلولهٔ توپی با سرعت اوّلیهٔ ۷۰ تحت زاویهٔ ۳۷° شلیک شده است، و پس از مدت زمان ۶۰s با سطح افق برخورد نموده است؛ در این صورت، سرعت اولیهٔ پرتاب و بیشترین فاصله‌گلوله‌راازسطح‌افق‌حساب‌کنید.(ازمقاومت‌هواصرف‌نظر کنید).



$g = ۱۰ m/s^۲$ ،$\sin ۳۷° = ۰/۶$ ،$\cos ۳۷° = ۰/۸$

۱۴ ــ اگر یک استوانهٔ فلزی توپر به جرم ۲kg بر روی سطح شیبداری به زاویهٔ شیب ۳۷° نسبت به سطح افق، با حرکت غلتشی به طرف پائین سطح در حال حرکت باشد، شتاب مرکز جرم آن چقدر خواهد بود؟ (از اصطکاک‌ها صرف‌نظر کنید و سرعت اولیه را صفر فرض کنید).

(راهنمائی: ابتدا بر اساس اصل بقاء انرژی، سرعت استوانه را وقتیکه به اندازهٔ h پائین می‌آید حساب کنید و به کمک آن شتاب را محاسبه نمائید). $g = ۱۰ m/s^۲$ ،$\sin ۳۷° = ۰/۶$

موفق باشید

ابن هَیثَم

بقیه از صفحه ۴۷

که درصورت قضیه بیان شده حدس زد، توجه زیادی به «شهود علمی» (الحَدْسُ الصّناعی) شده است.

ابن هیثم در آنجا که رابطهٔ میان این رساله و مقالة فی المعلومات را بیان می‌کند، مطالبی می‌آورد که ما در اینجا نقل می‌کنیم. او می‌گوید که فن تحلیل بدون شناختن آنچه گفته می‌شود ناقص است.

اما معلومات بر پنج قسم است: آنچه عددش معلوم است، آنچه مقدارش معلوم است، آنچه نسبتش معلوم است، آنچه مکانش معلوم است، و آنچه نوعش معلوم است [المعلومُ الصّورة]. در کتاب المعطیات اقلیدس بسیاری از این معلومات که ابزار فن تحلیل‌اند آمده است، که عمدهٔ تحلیل بر آنها مبتنی است. اما آن کتاب معلومات دیگری را که برای فن تحلیل ضرورت دارند دربرندارد... و ما در کتب دیگر هم آنها را نیافته‌ایم. در مثالهایی که از تحلیل در این رساله ذکر می‌شود ما معلوماتی را که به کار می‌بریم اثبات می‌کنیم، چه آنها را در کتابهای دیگر یافته باشیم و چه نیافته باشیم... پس از تکمیل این رساله، موضوع را در رسالهٔ دیگری ازسر خواهیم گرفت، و در آن ماهیت معلوماتی را که در ریاضیات به کار می‌رود نشان خواهیم داد، و انواع آنها، و آنچه را که بدانها مربوط می‌شود برخواهیم شمرد [۴۱].

مقالة فی المعلومات، که موجود است، در واقع به دو بخش تقسیم می‌شود، که بخش اول آن (شامل بیست و چهار قضیه) ابداع خود ابن هیثم شمرده شده است. در ۱۸۳۴ سدیو[1] مقدمهٔ این رساله را (که بحثی است دربارهٔ مفهوم علم) نقل به معنی کرد و با ترجمهٔ توضیحات قضایای هر دو بخش به چاپ رساند. مقالة فی التحلیل والترکیب تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. ازمیان دیگر آثار ریاضی ابن هیثم، مهمترین آنها به زبانهای اروپایی ترجمه شده و موجود است.

نقل از کتاب:
زندگینامه علمی دانشمندان اسلامی
از انتشارات شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

1. L. Sédillot

اطلاعیه

در بارهٔ 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 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، جاده آبعلی، خیابان سازمان آب بیست متری خورشید مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی کد پستی ۱۶۵۹۸ ــ تلفن ۷۸۵۱۱۰

محل فروش آزاد

الف ــ تهران:

۱ ــ کتابفروشی شهید سیدکاظم موسوی ــ اول خیابان ایرانشهر شمالی
۲ ــ فروشگاه انتشارات رشد ــ خیابان انقلاب بین ولی‌عصر و کالج.
۳ ــ مرکز نشردانشگاهی 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 پارک 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.

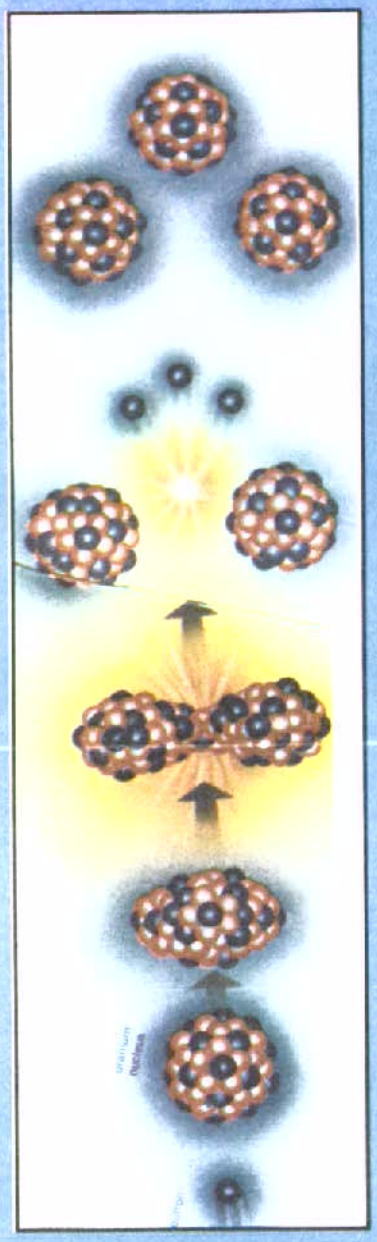
توجه، دانشجویان مراکز تربیت معلم می‌توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند.

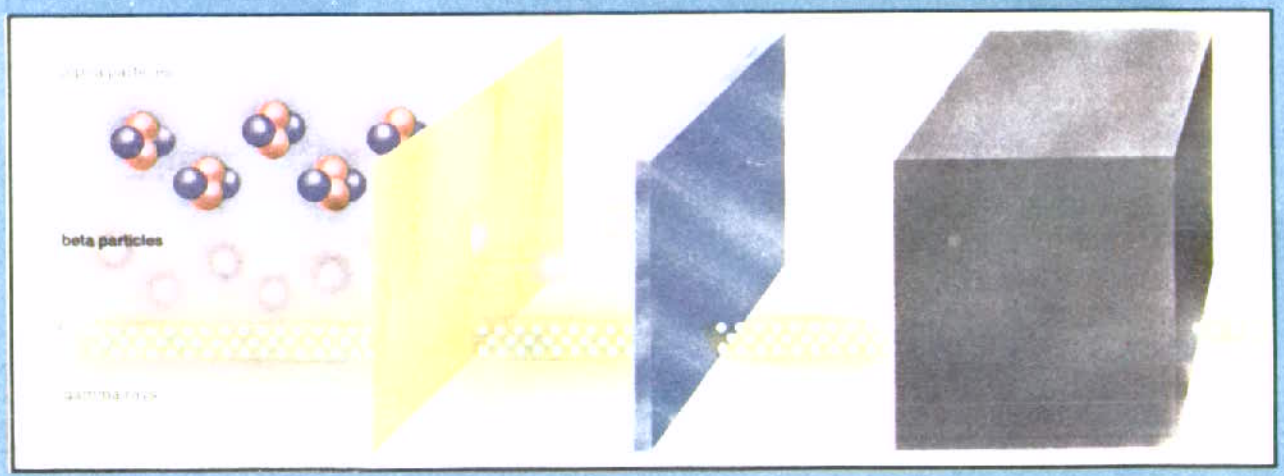
فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

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

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

کوچهٔ ..... پلاک ..... تلفن .....




beta particles

آیا شما مجلات رشد
مخصوص دبیران
را می‌خوانید؟

مجلات رشد تخصصی

هر سه ماه یکبار، برای استفاده دبیران و دانشجویان رشته‌های مختلف و دانش‌آموزان علاقمند دبیرستانها از سوی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش منتشر می‌شود.