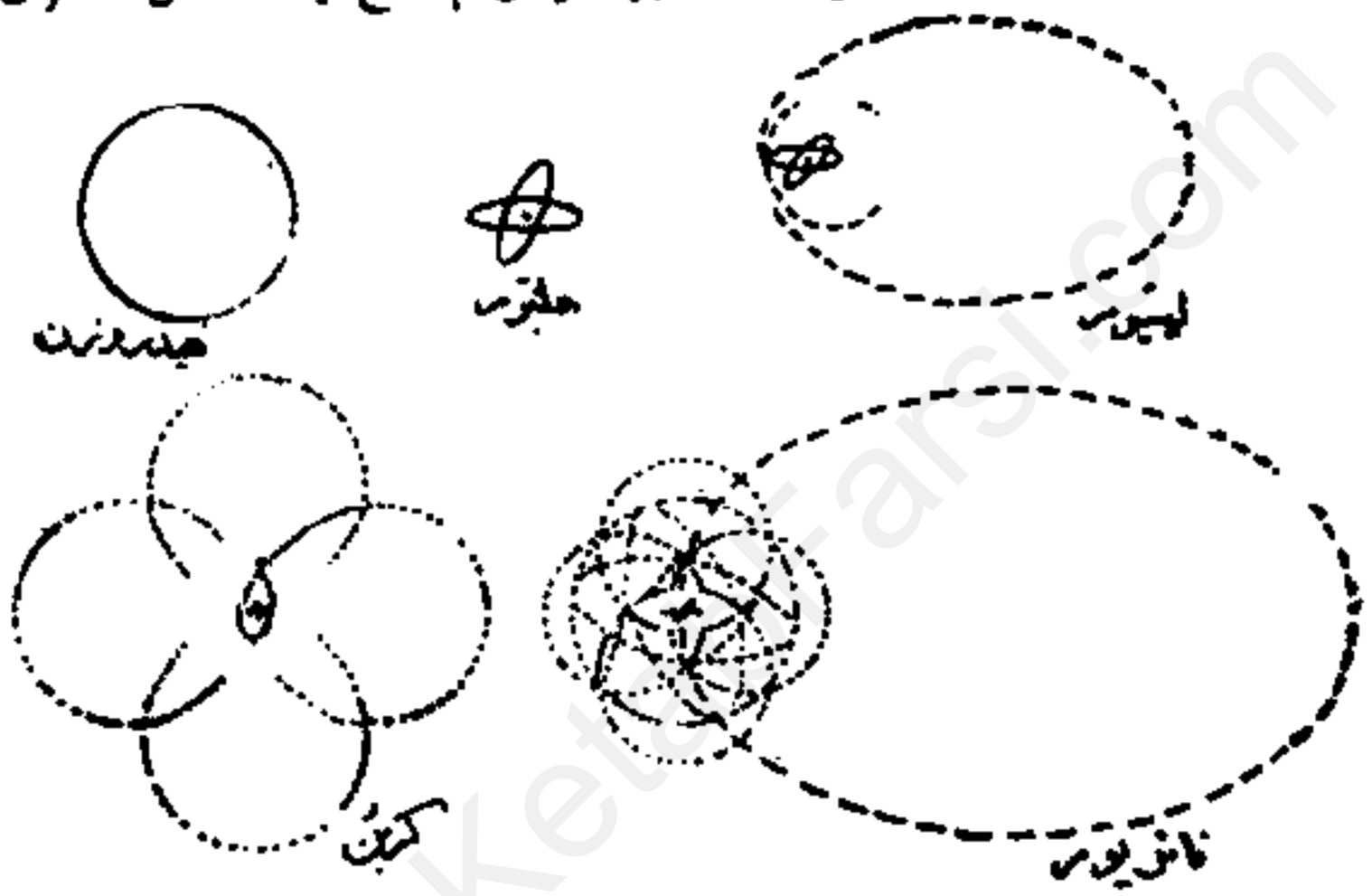
کنند. جرم هسته خیلی‌زیادتر ازجرم الکترون و تقریباً مساوی تمام جرم‌اتم است. فضائی که هسته اشغال میکند نسبت بتمام فضای اتم بسیار کوچك و حکم ذرهٔ گردرا در یك اطاق دارد اگر بیك اتم خنثی (که الکتریسیتهٔ مثبت هسته و الکتریسیتهٔ منفی الکترونهای اطراف آن با هم تعادل مینمایند) الکترون اضافه شود ، اتم‌بیك «ایون» منفی و اگر خارج شود به‌ایون مثبت تبدیل‌میشود . «بور» برای‌حرکت الکترونها دورهسته مدارات بیضی‌شکل که بایکدیگرهم‌سطح نیستند قائل‌شد. (ش۱)



(ش ۱)

مطابق معلومات امروز الکترونها از حیث‌مقدار جرم و بار الکتریسیته باهم‌مساوی میباشند . در هیدروژن که سبکترین اجسام است بار الکتریسیتهٔ مثبت داخلی با بار الکتریسیتهٔ منفی خارجی‌اتم متساوی است ولی‌جرم‌هسته بمراتب بیشتراست .

امروزه جز این اختلاف کمی (نه کیفی) ما فرق دیگری برای الکتریسیتهٔ مثبت و منفی نمیشناسیم آحاد الکتریسیتهٔ مثبت باهم و با الکترونها یك هستهٔ‌جدید میتوانند تشکیل دهند . مثلاچهار واحد مثبت و دو الکترون یك هستهٔ اتم گازهلیوم راکه تقریباچهار مرتبه از هستهٔ اتم هیدروژن سنگینتراست تشکیل میدهد. اگرعناصر را بترتیب وزن اتمی آنها بدنبال هم نوشته جدول موسوم به جدول تناوبی عناصر را تشکیل دهیم ملاحظه خواهیم نمود تمام خواص یك عنصر منوط بمحل‌آن درجدول مزبوراست .

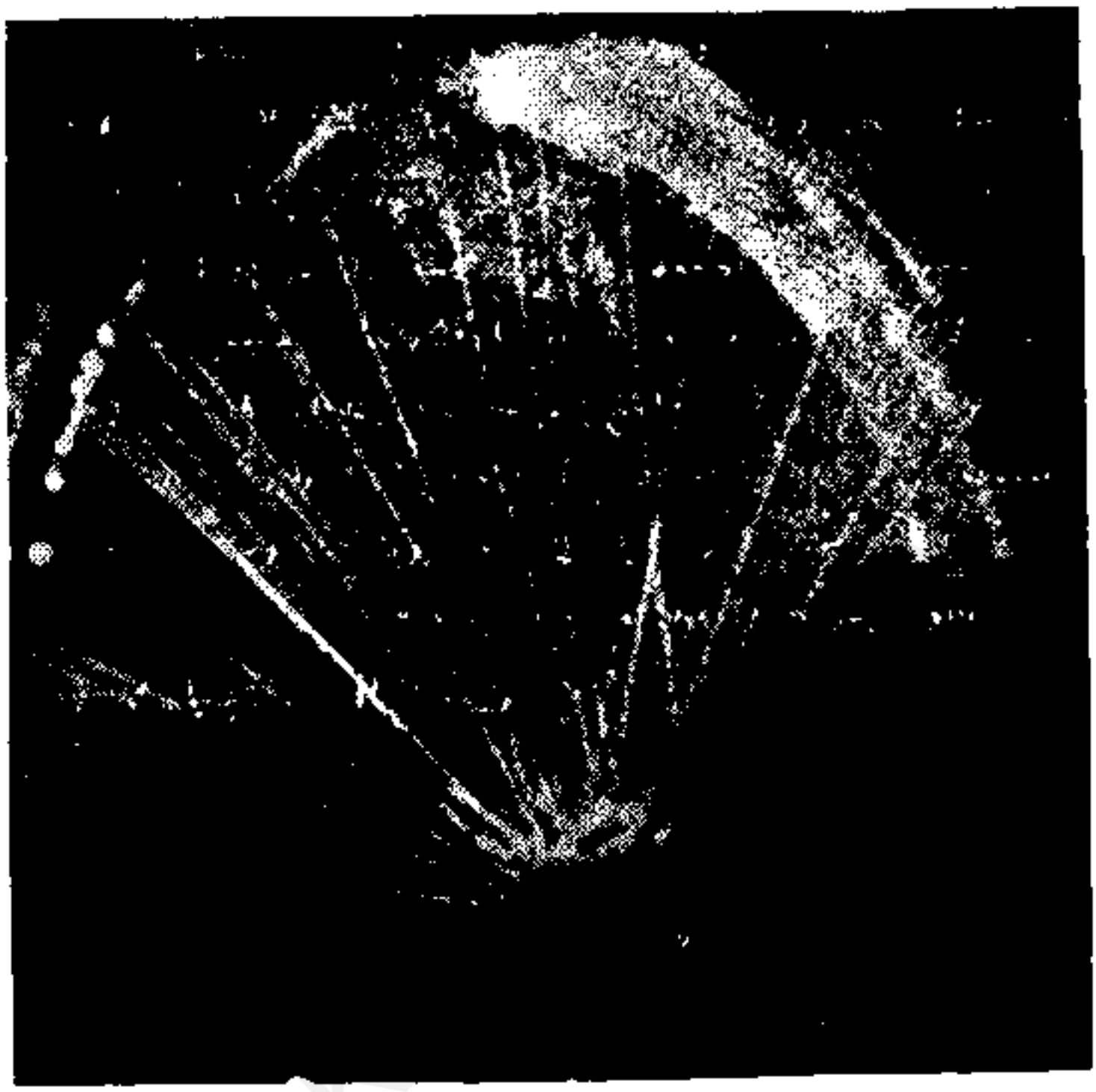
مطابق‌تئوری امروز این جدول که ابتدا بتوسط «مندلیف» و«لوتارمایر»

از روی اوزان اتمی تهیه شد در حقیقت جدول تعداد آحاد الکتریسیتهٔ مثبت اتم عناصر است. بنابراین تعدادآحاد الکتریسیتهٔ مثبت در هستهٔ که «نمره‌ترتیب» عنصر نامیده میشود مشخص تمام خواص هرعنصر است. جدول مزبور به اوردن که هستهٔ اتم آن ۹۲ عدد بار الکتریسیتهٔ مثبت دارد ختم میشود ولی ممکن است که این جسم آخرین عنصر نباشد . ظن قوی اینست که زمین و سایر اجرام سماوی که از این ۹۲ عنصر که تقریباً تمام کشف شده ساخته شده باشد زیرا در طیف دقیق نور اجرام سماوی نیز خطوطی جز خطوط طیف ۹۲ عنصر مزبور دیده نشده است. خطوط طیف و والانس عناصر منوط به نمرهٔ ترتیب یعنی ساختمان اتم عناصر است .

جایزهٔ نوبل ۱۹۳۳ به « شرودینگر » و نصف جایزهٔ نوبل فیزیك ۱۹۳۲ به « هایسنبرك » (پروفسور ۳۲ ساله در لیپزیك) که راجع باتم کار کرده بودند داده شد .

از روی این مشروحات معلوم میشود که مقدار زیادی انرژی در هستهٔ اتم متراکم شده است ـ اگر هستهٔ اتم متلاشی شود نوع عنصر تغییر مینماید بجهت این عمل لازم است مقدار زیادی انرژی با فلفلت زیاد یعنی حجم کم به هستهٔ اتم تاثیر نماید . اگر هستهٔ اتم خواه بوسیلهٔ انرژی مصنوعاً و خواه بخودی خود تجزیه شود مقدار زیادی انرژی که ما در هیچ کارخانه نظیر آنرا نمیتوانیم بدست آوریم تولید میگردد . شاید بشر روزی از این انرژی متلاشی شدن اتم که منبع بی پایانی است استفاده نماید . اجسام رادیو اکتیو که اشاره کردیم بخودی خود تجزیه شده انرژی زیاد پس میدهند . ما امروز مصنوعاً میتوانیم عناصررا تجزیه نموده عناصر دیگر بدست آوریم ابتدا این عمل را بوسیلهٔ همان اشعه که اجسام رادیو آکتیو تولید مینماید انجام میدادند ولی حالا در لوله های خلاء بوسیلهٔ جریان الکتریسیته پرفشار اتمهای سریع السیری تولید نموده آنها را به هستهٔ که میخواهند متلاشی کنند می‌تابانند یعنی هسته را با این اتمهای سریع السیر بمباردمان میکنند. (ش۲) عکسی از این تیر های بمباردمان است .

برای تهیهٔ این عکس اتمهای سریع السیر آنها را از ظرفی که دارای بخار آب اشباع شده است عبور میدهند . بخار آب در مسیر تیراتم بحالت میان در آمده چنین عکس بدست میدهد . در این اواخر یك عالم امریکائی در «ماساچوست» این نوع اتمهای سریع السیر را با ۷ میلیون ونت فشار که یکنوع برق مصنوعی



است تهیه کرده است . برقهای آلمان نیز در حدود ۱۰ ملیون ولت فشار دارند . با برق مزبور میتوان ۲۰ هزار درجه حرارت (حرارت خورشید ۶ هزار درجه) تهیه نمود .

حال با اسلحهٔ دیالك تیك وارد فضای اتم شده تأثیر بعد چهارم یعنی زمان را در اتم موردتوجه قرار میدهیم . گفتیم الکترونها دورهسته روی مدارات خود حرکت مینمایند اما نوع این حرکت ، شکل مدار ، مقدار انرژی که از انتقال الکترون از یك مدار به مدار دیگر تولید یا مفقود میشود ، تأثیر هسته در الکترونهای اطراف و بالاخره ساختمان خود هسته تمام اینها مسائلی هستند که بایستی علم آنها راحل کند . اول دفعه تئوری « کوانت» راجع بدین موضوع اطلاعاتی بدست داد . مطابق این تئوری در انتقال الکترون از یك مدار به مدار دیگر فقط یك مقدار معین ومشخصی انرژی وارد اتم شده یا از آن خارج می گردد . این مقدار کوچك انرژی که حکم اتم انرژی را دارد « کوانتوم» نامیده میشود . اگر استدلالاتی را که در هیئت

برای بیان مکانیك آسمان و تعیین مدار سیارات معمول است در مکانیک اتم نیز بکار بریم میتوانیم ثابت کنیم که مدار الکترونها نیز ممکن است علاوه بر دائره بیضی هائی باشد. البته تئوری «کوانت» ما نوع این بیضی ها و «خروج ازمرکز» آنها را نیز محدود میکند.

اما میدانم که فرضیهٔ نسبی و دخالت بعد چهارم چه تغییر بزرك راجع بنظریات ما در خصوص جرم، سرعت، حرکت، و مدار سیارات تولید نموده است، عین این تغییرات را در اتم نیز باید توجه کنیم.

اشاره کردیم که از ترکیب هسته های ساده تر و الکترونها هستهٔ اتم های بزرك تر تشکیل میشود. دخالت بعد چهارم باعث میگردد که در این ترکیب سرعت حرکت، مدار الکترونها و بنا براین جرم ماده و همچنین مقدار انرژی اتم تغییر کند. اگر در دستگاه اتم چهار بعد قائل شده تغییرات خواص اتم را نسبت بآن ابعاد در نظر گیریم چون یکی از ابعاد زمان است مقدار انرژی اتم بر حسب تغییرات ابعاد چهارگانه (تغییرات سرعت) آن تغییر خواهد نمود. اگر E تغییرات انرژی اتم در فضای چهار بعدی باشد جرم آن باندازهٔ dm تغییر خواهد نمود بقسمی که $dm=E/C^2$ (فرض از C سرعت انتشار نور یعنی ۳۰۰هزار کیلومتر در ثانیه است). بهمین جهت هم‌جرم اتمی تمام عناصر مضرب صحیح جرم اتمی‌هیدروژن نیست. زیاد شدن آحاد الکتریسیته مثبت‌درهستهٔ اتم نه فقط‌تغییرات کمی بلکه‌تغییرات کیفی‌نیزدرسرعت الکترونها، مدار ونظم‌ترتیب‌آنها تولید مینماید. تئوری «کوانت» ما میخواهد قوانین‌این‌نظم‌وترتیب رابیان کند زیرا تمام خواص‌فیزیکی وشیمیائی‌منوط‌به مختصات‌چهارگانه‌الکترونهاواین‌مختصات‌نتیجهٔ‌تأثیرهسته‌است. البته‌علم‌جدیدی‌در تحقیق قوانین تأثیر هسته در مدار حرکت ونظم و ترتیب الکترونها اصول دیالك تیك را بکار برده. تأثیر این تغییرات را در نتایج علمی خود پیدا خواهد کرد. معلوم‌است این اسلحه دیالك تیك بما آن قدرت رامیدهد که درخواص فیزیکی وشیمیائی‌اجسام نکات دقیقتری‌را که منطق مسولی‌عاجز ازدرك‌آنست مشاهده کنیم. تا حدی راجع به الکترونها اطلاع داریم وسابقاً اشاره کردیم که بکمك متلاشی کردن هسته میتوان خواص آنرا نیز تحقیق کرد ولی ما دراولین درجه این تحقیقات هستیم زیرا فرضاً هم با بمباردمان کردن هسته بعضی ازخواص آنرا پیدا کنیم این تحقیق هنوز صورت دیالك تیك نخواهد داشت تازه بایستی در فکر طریقه های دقیقتر باشیم.

زیرا ما همواره حرکات را نسبت بیك مبدء زمان ومکان اندازه میگیریم.

دردو دستگاه مختصات مختلف چهار بعد زمان . مکان‌مقادیر مختلف پیدا میکنند. همین اختلاف مقدار زمان در دو دستگاه باعث اختلاف سرعت نیزهست. تغییرمقدار سرعت در مقدار انرژی و این یکی مطابق فورمول سابق الذکر در مقدار ماده تغییر تولید مینماید. از طرف دیگر مطابق نظریات نسبی امروز حرکات دورانی نیز مطلق نمیباشند و اجرام موجود دراطراف جسم دوار در دوران آن مؤثراست پس این نوع تأثیرات را در حرکات دورانی الکترونها نیز بایستی در نظر گرفت

نتایجی راکه ما تاکنون راجع باتم بدست آورده ایم بایستی تقریبی‌بدانیم و تمام تصحیحاتی را که در اجرام بزرك و مکانیك آسمان بجا آورده ایم در منظومهٔ کوچك اتم نیز عملی کنیم . بایستی منتظر بود که اسلوب دیالك تیك با یك انقلاب شدید بعلوم بشر امروز منظرهٔ جدیدی دهد.

www.KetabFarsi.com

تاریخ سازی در هنر

« ژنی حقیقی بیزمان است »«صنعت ظریف ازتمایلات شخصی و اجتماعی بری است »

بیهارگانی که میان کتابهای معقول و منقول میغلطند یا در راهرو فاکولته های فلسفه وادبیات قدم میزنند نظائراین موهومات رادائماً بیکدیگر تحویل‌میدهند.

یکی از اینها مثلا کتابی تالیف کرده است باسم « هنر عاری از زمان » (آلمانی)۱۰اگر درکتبی که با این سبک نوشته شده است دقت کنید خواهید دید یك سلسله افکارغلط برای اینکه صورت علمی داشته باشد لای کلمات مشکل وبغرنج پیچیده شده باعزازان هیجان ویرازاحساسات «معنوی» بمردم تحمیل میشود .

بطور کلی تاریخ هائیکه با این اسلوب تألیف میشود بجای اینکه تاریخ نمو وتکامل جامعه ، ملل ، اقتصاد ، طرز تولید وتقسیم ، صنعت ، معلومات ، روحیات و غیره باشد بشرح زندگی چند شخص بی اهمیت مخصوص که وجودشان اساساً اگر مضر نبوده ارزشی هم برای جامعه نداشته‌است میپردازند وموضوعات بمراتب‌مهمتر، ازفکرشان هم خطور نمیکند.

همینطور است در صنایع ظریف مثلا چون طرفداران « ادبیات کلاسیك » باصول مادی آشنا نیستند تصور میکنند روح هنر بدون دلیل و بدلخواه، اتفاقی‌و ناگهان در قالب یك هنرمند دمیده میشود . در بیان و تفسیر شاهکار یك صنعتگرهم بجای اینکه بعلل مولد ذوق مخصوص صنعت ظریف دریکدورهٔ تاریخ متوجه باشند، بتشریح جزئیات بی اهمیت احوال شخصی هنرمند پرداخته ترهات خود را تاریخ هنر وتاریخ ادبیات میدانند این کتب در هنر نظیر همان تواریخ بیمصرف در اجتماع است.

تاریخ سازی تمام ملل مخصوص دوره ها یا طبقاتی است که استدلال و

تطبیق قوانین درآنها در حال انحطاط است . هر فکر منطقی میداند که فقط عوامل محیط مثلا شعرا و نویسندگان قرن هیجدهم فرانسه را ایجادکرد که آثار آنها نیز بنوبهٔخود تاثیر اجتماعی آخرقرن مزبور را ظاهر نمود ، همان علل که انقلاب ۱۸۴۸ آلمان را ایجادکرده مولد ادبیات ۱۷۵۰ تا ۱۸۴۸ در میان ملت مزبور بود . از زمان دقیقی به بعدوقتی در ایران سرودن اشعار ملی رونق میگیرد که محیط قیام ملیت را بر علیه تعصب مذهب خارجی ایجاب مینماید

اما تاریخ سازها تمام این قضایا را چطور تفسیر میکنند؟ بهر کتاب تاریخ که دلتان میخواهد رجوع کنید .

اول چندین‌سطراسم ، لقب ، کینه و اسامی اجداد یك زنی تا حضرت نوح، بعد شرح احوال خصوصی و مباحثات راجع باعداد و حکایت بی اهمیت ، پس ازآن یکه خروار احساسات مثل ... کرمانیان‌را سزد که بوجود خواجو مفتخرباشند .. و ... غیره» .

اما رول تاریخی ، صرافی و انتقاد شاهکار زنی ، علل پیدا شدن شاهکار وی باآن خواص ، تأثیرمحصول هنر زنی در ادوار بعد و ... غیره تمام اینها برای فلاسفه و ادبای کلاسیك مباحث بی اهمیت میباشند یا اصلا موضوع ندارند زیرا بعقیدهٔ آنها زنی که زمان ندارد واوضاع محیط هم که در نوع ادبیات وصنایع ظریف دیگر بلا تأثیر است.

معلوم است نویسندای که اینطور فکر میکند و اوضاع محیط خود وی‌منبع ازآن بوده است که به‌استدلال وقوانین کلی موجود در اجتماع‌آهنا خود چطورتاریخ خواهدساخت . در وصف‌یکه شخص یایك خاندان کتاب مینویسد و هزاران‌موضوع بی اهمیت را استنساخ‌کرده صفحات کتابی را پر میکند .

اما مکتب مادی چطور تحقیق مینماید ؟ بنظر ما تمام آثار تمدن و جزءآنها آثار هنر حالت مادی و جامد شدهٔ روحیات یك جامعه میباشند .

در دوره‌ای که تولید مادیات زندگی روز بروز زیاد تر میشود یک قسمت عمدهٔ کار جامعه صرف ساختن اسبابها و ماشینهای تولید میشود.

هر قدر این وضعیت پیشرفت میکند با مقدار کار کمتر میتوان محصولات ضروری بیشتری تولید نمود و حال آنکه در دوره های ساده تر تمدن مدت لازم بجهت تولید لوازم تولید کم است . با این وسایل ساده محصول هم کم بوده و حال آنکه در یك جامعهٔ کاملتر مانند دوره های صنعتی امروز کارخانجات عظیم ماشین

های تولید مواد ضروری را میسازند .

البته یك مقدار کار بشر در این کار خانجات صرف میشود ولی در مقابل در هزاران شعبهٔ دیگر کار لازم برای تولید ضروریات بمراتب کمتر است یعنی از دو جزء سرمایهٔ یک مؤسسه (سرمایهٔ **ثابت** که صرف تهیه و خرید لوازم کار میشود و سرمایهٔ **متغیر** که مزد عملجات است) همواره جزء ثابت زو بتزاید است. سرمایهٔ بیشری بصورت ماشین ، کارخانه وغیره صورت جامد ومادی بخود میگیرند.

عین این تراکم و تمرکز در صنایع ظریفه و آثار دیگر تمدن نیز مشهود است زیرا بالاخره تولید آثار هنر نیز کار لازم دارد و در هر یك از مراحل تمدن به نسبت درجهٔ تمدن طرز انجام دادن این شعبهٔ کار اجتماعی نیز فرق میکند . البته اجزاء لازم برای تولید یك شاهکار هنر ، از طرفی افراد بشرودیگر «ایده‌تولوژی» و عقیدهٔ کلی اجتماعی است . شبیه بآنچه در تولید سایر مواد مشهود است اجزاء و عناصر هنر نیز مادی شده بصورت جامد درآمده تراکم پیدا میکنند .

آنچه که امروز ما از تاریخ گذشتهٔ بشر و از آثار هنری ادوار گذشته‌داریم همین قطعات مادی شدهٔ روحیات جامعه های گذشته است. کتابخانه ها، کتابها ، بر جسته های روی چوب سنگ ، مجسمه ها ، پرده های نقاشی ، معابد ، مساجد ، آثار حجاری ، اسبابهای موسیقی و غیره این آثار و یادگار های مادی میباشند.

همینطور که ازروی اسبابهای تولید ما میتوانیم درجه وقدرت تولید ادوار گذشته و بنابر این اقتصاد آنها را بفهمیم در اینجا نیز از روی این آثار مادی‌شده و فقط بوسیلهٔ این ها میتوانیم بایده تولوژی اجتماعی ، روحیه افراد معاصر با این آثار را حدس بزنیم.

متمکر مادی یك موزهٔ معمولی را با موزهٔ یاله تونتو لوژی کاملا یکی می داند. اینجا از روی آثار ، تکامل موجودات زنده و آنجا از روی آثار اولا قدرت تولید و اقتصاد جامعه و ثانیاً روحیات و عقاید آن تحقیق میشود و حال آنکه ایده آلیست در مقابل آثار، مانند کاتولیك متعصب مقابل یك مجسمه ، زانوی پرستش و احترام بزمین میزند، بجای تحقیق علمی سجده و عبادت میکند .

این‌عدهٔ بیچاره مخصوصاً درایران ما بدون اینکه‌بفهمند یکه فرد باخواص معین ناگهان در جامعه از زمین نمیروید و ارزش یك شاهکار برای تحقیق درجهٔ تمدن و روحیهٔ جامعهٔ مولد آن شاهکار است نه یك فرد مخصوص ، متوجه موضوع

اصلی نشده بحواشی و خصوصیات میپردازند.

فکر کنید در اثبات یك قضیهٔ ریاضی یك شکل بغرنج هندسی رسم کرده باشیم و در آن یکه خط مستقیم منصف یك زاویه درعین حال میانه یك مثلث وقطر اطول یك بیضی و مماس بر یك منحنی وغیره باشد.

حال شما برای تحقیق خواص این خط آنرا از میان شکل بغرنج خارج کرده بتنهائی مورد دقت قراردهید.

البته شما خواص آن خط را نمیتوانید معلوم کنید زیرا یکعدهٔ زیادی از خواص مهم خط را ازآن سلب کرده اند.

همینطور استموقعیت جرم در یك قضیهٔ فزیکی ، پیچ و مهره دریك ماشین و موقعیت یك هنرمند و یك شاهکار هنر در یک اجتماع.

مثلا گوندوف یك کتاب راجع به «گوته» پر میکند ، اما باچه چیز ها ؟ با یك مشت الفاظ پوچ ، مثلا علی رغم خودگوته که یك عالم طبیعی و طرفدار تکامل موجودات زنده و تأثیر قطعی محیط و زمان بود مینویسد :

«گوته بیزمان است ، متانت ، بزرگی ، تملك و هزار خاصیت جبلی دیگر دارد ، قوهٔاجتماع و طبیت است ...»

گوندوت در ضمن برحسب اقتضای کلام وارد معقولات میشود و درعبارات بهم میخواهد خواص جبلی هر شخص و هر زنیرا یك موضوع سری و روحانی دانسته برای هریك سلسله خواص مطلق نسبت دهد ، درشخص زنی و هنرمند یکنوع عرفان مخصوص میبیند.

واضح است این قبیل کتب احساساتی در هر زمان و زبان که باشد در اغلب موارد مجبور بجعل و فانتزی و تاریخ بافی است ، مطابق این شرح آنچه که تاکنون در زبان فارسی هم بعنوان تحقیقات ادبی و تاریخی تألیف شده است (صرفنظر از استثنا های خیلی کم) از نظر تجزیه و تحلیل تاریخی بی ارزش است و از بعضی از آنها فقط میتوان بعنوان یك سلسله یادداشت های گسیخته برای کسب اطلاع درموارد کم استفاده کرد.

تحقیق تکامل و تاریخ شعب هنر و مخصوصاً ادبیات وتعیین رشتهٔ ارتباط حقیقی موجود در این تکامل ، فقط در مکتب مادی میتواند صورت گیرد و خواهد گرفت. این نوع تحقیق علمی فقط بکمك دانستن یك یا دو زبان صورت نمیگیرد زیرا غرض از این نوع تحقیق استساخ و ترجمه نیست بلکه بایستی اسلوب علمی

بکار رود و طرز تحقیق دقیق علمی امروز اینستکه مادیالکتیك را در هر چیزدقت کنیم. اگر یك کتاب را بعنوان یك یادگار تاریخی مورد مطالعه قرار داده ایم اولا جنبه های مختلف آن و تأثیر این جنبه ها را در هم ، دقت کنیم. یکدفعه فقطازنظر علم السنه ، دفعهٔ دیگر فقط از نظر آهنگ عبارات یکمرتبه‌از لحاظ انتخاب کلمات از نظر موضوعی که انتخاب شده استقطعه را مطالعه نموده به صفات ممیزهٔ موجود در فلان قطعه ، طرز تولید و اوضاع مادی محیطی که این قطعهٔ هنر در آنجا پرورش یافته ، تکاملی که تا زمان ظهور شاهکار مزبور در صنایع یك ملت موجود بوده ، خلاصه تأثیری که اختصاصات زمان ، مکان ، اجتماع و مادیات در هنر و هنر در آنها داشته است ، توجه کنیم.

حال به بینیم از آثار مادی شدهٔ هنرفقط برای تحقیق گذشته استفاده میشود یا مورد استعمال دیگر نیز دارد؟ با اندك توجه خواهیم فهمید که این آثار وسیلهٔ تولید ذوق محصولات جدید در هنر میباشند . البته‌آثار صنایع‌ظریف مثل یك‌ماشین اسباب تولید نیست ولی درعین حال‌اسباب تولید نوع مخصوصی است. یك نسل‌جدید اجتماع یا یك مکتب جدید در شعب صنایع ظریف بر روی آثار ادوار گذشته اساس خود رابنا میکند ، هیچ از هیچ تولید نمیشود . یك مکتب در هنر هم از آسمان نمی افتد. گذشتها حلقه‌های زنجیریرا که حالت کنونی آخرین حلقهٔ آن زنجیرهاست تشکیل میدهند.

صحیح است که در یك انقلاب هنری گذشته ها را ترك میکنند ولی همین طور که در یك انقلاب سیاسی حکومت جدید عناصر حکومت قدیم راگرفته با طرز جدید ارتباط میدهد ، در هنر نیز با آنکه تازه کهنه را نفی میکند در عین حال از عناصر کهنه در تشکیل خود استفاده مینماید ، هیچ چیز بر روی بنیان مطلق بنا نمی شود.

موزه های صنایع ظریف برای هنر مند مکتب و جامعهٔ جدید وسیلهٔ تولید محصول است زیرا تا عوامل مهم هنری راکه در آثار گذشته مثلا پرده های نقاشی رسوب نموده ، دقت نکرده .روحیهٔ متراکم و فشردهٔ مادی شده را پیدا نکند قطعهٔ هنری با درجهٔ بالاتر نمیتواند تشکیل دهد.

اگر این آثار را تنها و مجزا مورد دقت قرار دهیم مانند خطی که درمثال سابق از میان شکل بیرون آورده بودیم ، عدهٔ زیادی از خواص راکم می کند و در این مورد مخصوص میخواهیم تذکر دهیم که آن خاصیت وسیلهٔ تولید بودن محصول

هنری نیز ازآن سلب میگردد ، زیرا مانند ماشینی میشود که آنرا از جریان کار اجتماعی بیرون آورده باشند.

البته ماشینی که از اجتماع خارج شده باشد هنوز آهن و فولاد و چوبدارد ولی دیگر بیش از اینها هم نیست. همینطور است یك پرده‌نقاشی یا یك کتاب اگر آنرا از دستگاهی که این قطعهٔ هنر داخل آنست خارج کردیم هنوز پارچه ، رنگ، کاغذ و خطوط دارد ولی نمیتوان عوامل دقیق و جزئیات مهم ایده تولوژی جامعه و مادی شده را در آن بطور وضوح پیدا کرد این قطعه نمیتواند یك وسیلهٔ تولید محصولات جدید هنری باشد . هر قدر تمدن جلو تر میرود آثار هنری نیز که وسیلهٔ تولید محصولات هنر میباشند مانند وسایل تولید محصولات مادی زندگانی عادی ، یك جا جمع میشود. سابقاً هر یک مجسمه هر یك پردهٔ نقاشی در یك محل بود یا کتاب در دست یك کلیسا یا معبد یا مسجد بود ، حالا طالار ها ، گالری موزه ها ، با هزاران شاهکار درجهٔ اول کتابخانه های عظیم با میلیون کتاب نمایشگاه های دائمی هنر و علم ، لابراتوار ها و مطبوعات و غیره‌وسایل تولیدهنر شده اند.

این عمل تراکم ایده تولوژی ادوار همینطور ادامه دارد و در هنر نیز نسل های متوالی همکاری مینمایند .

پس چنانکه می بینید مطابق آنچه که در مقالهٔ هنر و ماتریالیسم بیان نمودیم بایستی پردهٔ ایده آلیسم یعنی پرستش رااز روی یادگارها برداشته آنها را تحت‌تجزیه و تحقیق علمی قرارداد تا بتوان دو نتیجهٔ مطلوب یعنی پی بردن بادوار گذشته وتولید محصولات جدید را بدست آورد.

اما این تحقیق علمی دیگر کار شاعرانه نیست . مهم ، معلومات ، مطالعه ، دقت و قبل از همه چیزقدرت تحقیق علمی مطابق سر مشق تحقیقات درعلوم طبیعی و مادی لازم دارد زیرا امروز برای ما جای شك و شبهه نیست که در اجتماع هم مانند تمام اجزاء دیگرطبیعت قوانین دقیق‌موجود است دراینجا نیز فقط اسلوب دقیق مکتب مادی میتواند ازعهدهٔ این نوع تحقیق علمی بر آید.

I

امواج اتر

(۱) تعریف موج — اگر سنگی را بارامی درآب رها کنی بیاندازیه آن فشاری‌راکه برآن وارد شده است پس‌از مدت‌زیاد یاکمی بساحل منتقل میکند وبعد از مدتی‌دوباره راکد میشود وبدین ترتیب انرژی مکانیك اروسط آب ساحل‌میرسد. نظیر این قضیه‌را درتمام اجسامی که خاصیت انعطاف(الاستیك)دارند‌میتوانیم ملاحظه نمائیم . اگر چندین پاندول را در مجاورت یکدیگر آویزان نموده‌ازیکسرف نوة وارد آوریم پاندول‌ها فشاررا بیکدیگر منتقل نموده بطرف‌دیگر میرسانند وپس از مدتی باز بحال‌سکون‌برمیگردند .

درتمام‌این حالات یکدسته ازنقاط مادی بدنبال‌هم قرارگرفته‌است وهر کدام خاصیت آنرا دارد که در طرفین حال‌سکون وتعادل‌اولی نوسان نماید . هریك ازاین نقاط مادی بعداز نقطهٔ ماقبل خود شروع به‌نوسان می کند . اگرچه‌هریك از نقاط در حال نوسان میباشد ولی بطور کلی ماده تغییر مکان پیدانمیکند . باد بهری در سطح مزرعه سبز خوشه‌های گندم را به‌موج در میآورد بدون‌اینکه مکان حقیقی هر یك از خوشه‌ها تغییر کند . پس‌بطور کلی میتوان گفت :

درجسم قابل‌انعطاف (لاستیك) بدون اینکه ماده تغییر مکان دهد ، انرژی مکانیك‌از محلی به محل دیگر منتقل میشود .

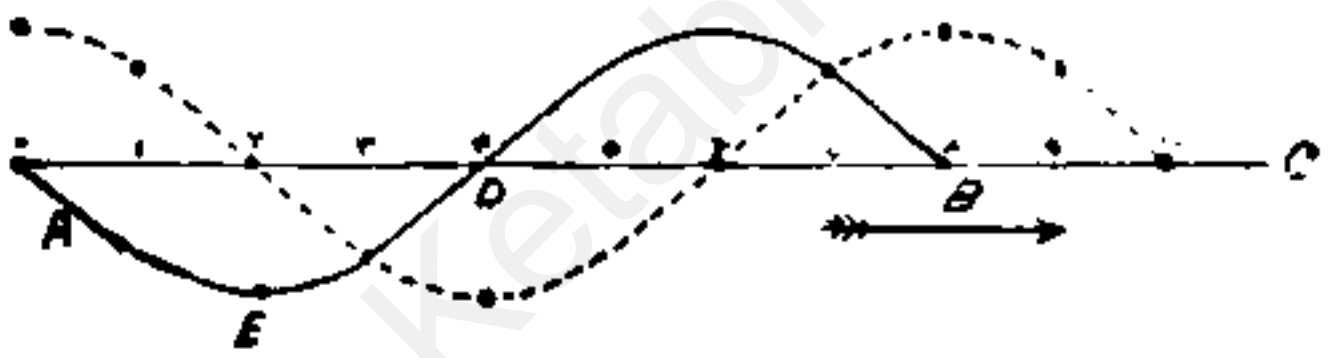
اگر در مثالهای سابق انرژی بحالت یك**ضربت** بر جسم الاستیك‌وارد آید یك **موج** باعث انتقال انرژی میگردد ولی‌اگر در **مرکزموج** (محلی‌که از آنجا انرژی بمادهٔ قابل انعطاف وارد میشود) انرژی مرتبا تاثیر نماید از مجموعهٔ موجها یك **سلسله‌موج** بوجود خواهدآمد .

فرض کنیم جسم مواج از قطعات کوچك مادی‌تشکیل یافته است که هر کدام در نتیجهٔ انرژی مؤثر در طرفین حالت تعادل خودنوسان‌میکند .

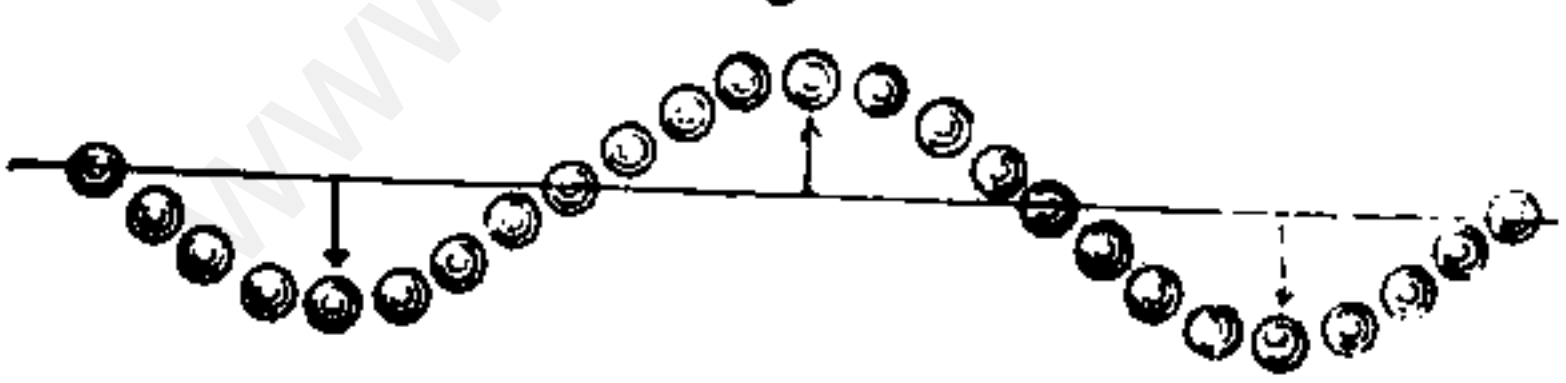
هریك قدری‌دیرتر از اولین نقطهٔ که انرژی را دریافت کرده‌است دورهٔ‌نوسان خودرا شروع مینماید . اگر برفرض شروع نوسان در قطعهٔ O و ۸ در یك‌لحظه‌ودر یك‌جهت باشد قطعهٔ ۲۴.۱۶ وغیره نیز تماما با این دونقطه (نقاط O و۸) یکمرتبه شروع به‌نوسان مینمایند (ش۱)

فاصله مابین ۰ و ۸ و یا ۸ و ۱۶ و غیره **طول‌موج** نامیده‌میشود .واضح است فاصلهٔ مابین نقطه ۱و۹ یا ۲ و ۱۰و غیره نیز یك طول‌موج‌است.وبطور کلی‌فاصله مابین دونقطه‌را که «**حالت‌موجی**» آنها یکسان است (در یك لحظه و یك جهت شروع بحرکت می کنند) طول‌موج مینامند .

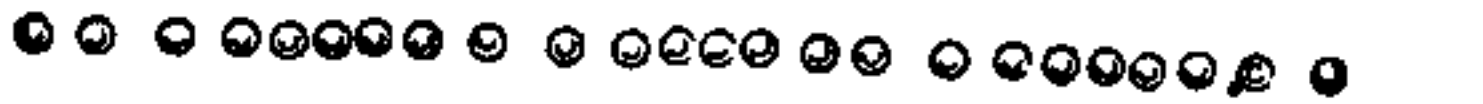
اگر دو نقطهٔ را که **حالت‌موجی** آنها یکی‌است (نقاط ۰ و ۸)درحال‌عبور از مرکزیا محور **تعادل** (خط AB) تحت مطالعه قرار دهیم خواهیم دید ما بین آنها در فاصلهٔ **نیم طول موج** نقطهٔ دیگر D (نقطه٤) یافت میشودکه آن‌نیزبا دو نقطه ۰ و ۸ دریك زمان شروع به نوسان میکند ولی جهت نوسان آن مخالف است . در طرفین نقطهٔ D در فواصل **ربع طول موج** از A'و B نقاط E و F (نقاط ۲ و٦) موقع شروع نقطه ۰ بیك نوسان به منتهای حد نوسان‌خود رسیده‌اند واز آن بیشتر از حال تعادل نمیتوانند دورتر شوند . برحسب قرارداد وتشبیه‌حالت نقطهٔ F را **قلهٔ‌موج** و E را **درهٔ موج** مینامند . نقاطی از جسم الاستیك که به قله ویا درهٔ موج میرسند بابزرگترین **فرجه** در طرفین محورموج نوسان می کنند. در یك «سلسلهٔ موج» مانند امواجی که در سطح آب تشکیل میشود قله‌ها ودره‌های موج با فواصل مساوی روی محیط دوائر متحدالمرکزی که محل تأثیر انرژی مرکز



«ش۱»



«ش ۲»

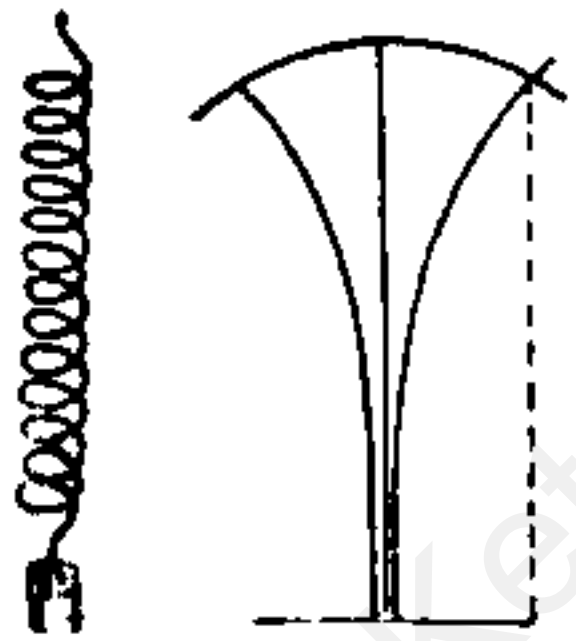


«ش۳»

تمام آنهاست از این‌نقطه دورمیشوند.

(۳) انواع موج ـ اگر یك سر لوله لاستیکی رابدیوار محکم کرده سر

دیگر آنرا در دست بگیریم و از این انتها ضربتی وارد آوریم یك موج تشکیل میشود و تا انتهای دیگر لولهٔ لاستیکی با سرعتمعین حرکت مینماید ۱۰ اگراین‌موج را بدقت ملاحظه کنیم خواهیم دید امتدادی که نقاطجسم مطابق آن در طرفین‌حالت تعادل‌نوسان میکنند عمود بر محور موج یعنی امتداد حرکت‌موج است (ش۲). چنین موجی را «**موج‌عرضی**» مینامند ولی اگر موج پاندول‌ها را در (ش۳) نگاه کنیم خواهیم دید نوسان آنها در امتداد عمود بر محور موج نبوده بلکه در امتداد خود محور است ۰ این نوع را «**موج‌طولی**» مینامند زیرا دراین حالت بر خلاف‌حالت سابق که نقاط جسم در طرفین محور (امتداد عرضی) نوسان میکنند نقاط در امتداد همان محور (امتداد طولی) نوسان های خود را انجام میدهند ۰ اگر یك سر فنر فولادی را محکم نگاهداشته سر دیگررا ازحال خود خارج کنیم ارتعاش آن‌عرضی (ش٤) و اگر بر مارپیچ فنری‌در امتداد طول‌آن قوهٔ وارد آوریم موج‌آن‌طولی خواهدبود.(ش۵)



«ش٤» «ش۵»

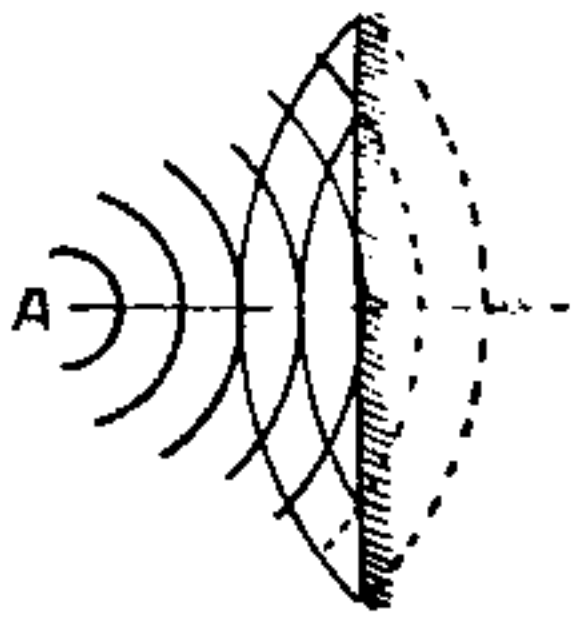
درامواج طولی در حقیقت قله‌ودره وجود ندارد بلکه نقاط سرتعش متناوباً خیلی‌نزدیك‌بهم ویادورازهم میشوند۰ این نقاطرانیزازنقطهٔ‌نظر تسمیم‌مانندامواج‌عرضی «قله» و «دره» اصطلاح میکنیم۰

امواجی که در سطح آب براثر وجوه قوه نقل تولید میشوند عرضی‌میباشند ولی‌بطور عموم امواجی که در داخل یك گاز یا یك مایع تولید میشوند طولی‌هستند. بنا بر این امواج صوت درهوا طولی میباشند و چنانکه خواهیم دید امواج‌نورانی‌اثر خاصیت امواج عرضی را دارد ۰

(۳) خواص مهم موج - موج دارای چند خاصیت مهم است ،

اولا انعکاس‌موج‌اگرضربت‌بانتهای‌جسم‌قابل‌انعطاف‌برسدانرژی‌ضربت‌ازمیان‌نمیرود بلکه درانتهای‌مسیرخود **منعکس‌میشود** (ش٦) اگر آخرین جزء جسم الاستیك بتواند از محل خود حرکت نماید انعکاس موج طوری است که هر نقطه را در همان حالت سابق از حال تعادل خارج میکند ولی اگر آخرین جزء جسم قابل انعطاف بیحرکت باشد هر یك از اجزاء جسم در نتیجه عودت ضربت در خلاف جهت حال اول به نوسان در میآیند یعنی ۰

اگر آخرین حدجسم الاستیك تسلیم‌شود موج انعکاس با تابش هم حالت بوده‌اگر بواسطهٔ استحکام تسلیم نشود باهم باندازه نیم‌طول موج اختلاف حالت خواهند داشت همواره مبدء امواج انعکاس قرینهٔ مرکز موج A نسبت بسطح منعکس کننده‌است.



«ش٦»

ثانیاً انکسار موج اگر موج ازمحیطی وارد محیط الاستیك دیگر شود میشکند. این انکسار طوری‌صورت میگیرد که نسبت جیب زاویه تابش به جیب زاویهٔ انکسار مقداری است ثابت و آنرا ضریب انکسارمحیط ثانی نسبت به‌محیط الاستیك اول مینامند قضایای انعکاس و انکسار از روی قانون هویگنس واضح میشود.

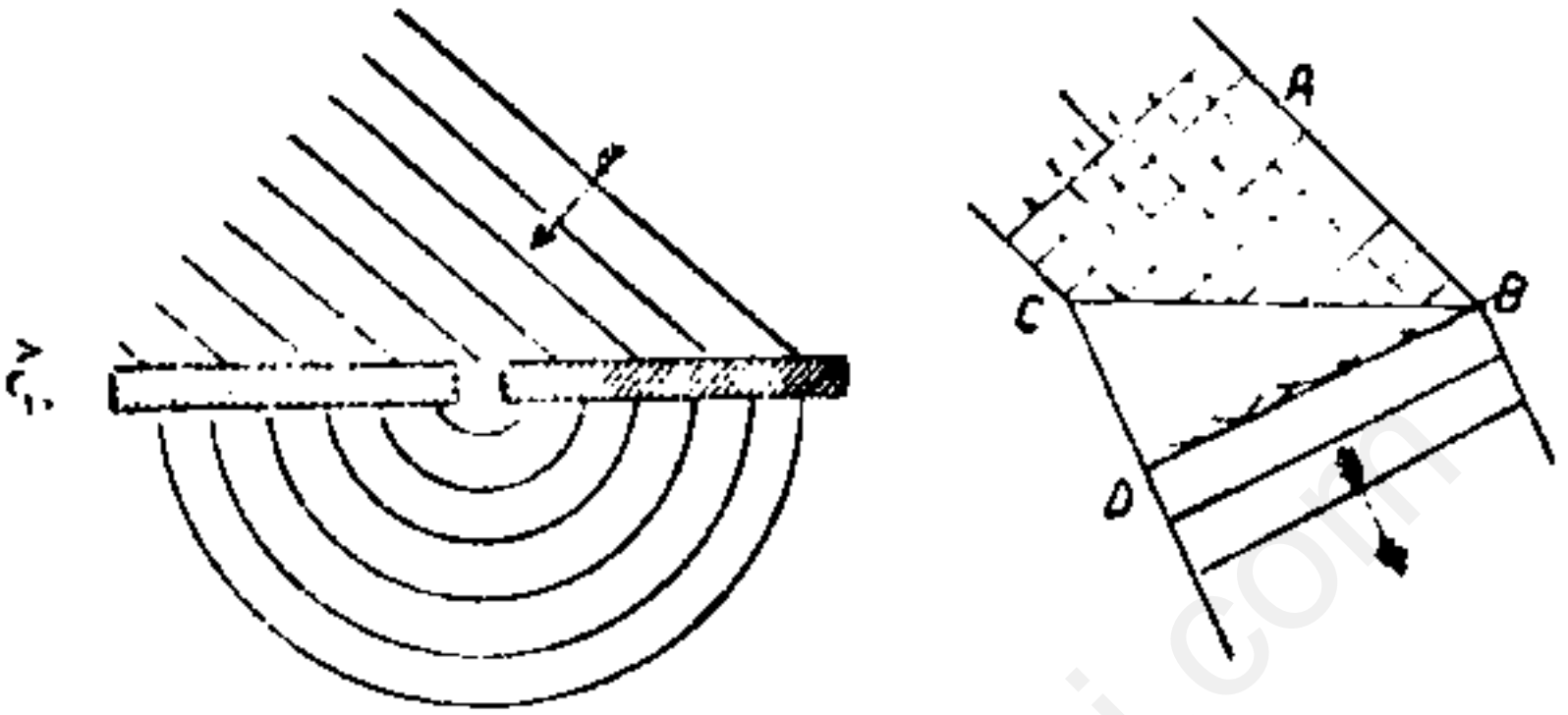
اگر سطحی شامل تمام نقاطی که حالت موجی‌آنها یکی است، باشد آن را **سطح‌موج** مینامند. اگر جسم قابل انعطافی که موج در آن انتشار مییابد همه جا متحدالجنس باشد **سطوح موج** کرات متحد المرکز می باشد که مرکز آن ها همان مبدء موج است. بزرگی شعاع این کرات بسته بزمان و سرعت انتشار موج است.

اگر مرکز موج خیلی دورباشد سطوح کروی را تقریباً میتوان مستوی‌فرض نمود. امواج سطح آب دائرهٔ میباشند زیرافقط در سطح آب مرئی هستند هویگنس ملاحظه کرده است قوهٔ هر نقطه مرتعش در تمام جهات اثر مینماید یعنی هر نقطه که درحال‌ارتعاش‌است مرکز کرات موج میباشد. در لحظهٔ معین از تمام نقاط یك‌سطح موج ارتعاشات مساوی (در صورت متحدالجنس بودن محیط قابل انعطاف) خارج میشوند. سطح موج در تمام جهات بقسمی پیش میرود که همواره تمام «امواج سادهٔ خطی» را هربردارد.

از روی قانون هویگنس انعکاس وانکسار،مواج‌را بخوبی میتوان بیان‌نمودودر انعکاس (مطابق‌ش٦) نقطه تابش حکم مبدء وقرینه آن نسبت بسطح‌تابش‌حکم‌مرکزرا برای امواج انعکاس پیدا میکند.

اگر این سطح نسبت بامتداد موج مایل باشد هر موج که زود تر میرسد زودتر منعکس میشود و زاویهٔ تابش با زاویهٔ انعکاس مساوی است. در انکسار موج نیز میتوان از روی قانون هویگنس قضایا را واضح کرد. هرگاه موج از محیط‌قابل انعطافی بمحیط دیگر برسد و سرعت انتشار موج در دو محیط متفاوت باشد خط‌سیر خود را تغییر میدهد و میشکند. علت این امر آنست که هرگاه موج AC (ش۷) به فصل مشترك دو محیط برسد (فرض کنیم سرعت حرکت موج در محیط بالا بیش از حیط پائین است) در مدت زمانی که موج A در محیط بالا بنقطهٔ B میرسد، هر

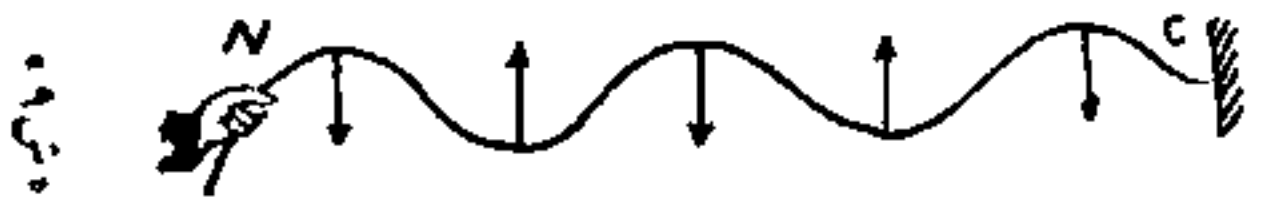
محیط بالین موج C به‌نقطهٔ D خواهدرسید وبدین ترتیب سطوح موج بموازات DB قرار خواهند گرفت. یعنی دراینصورت موج منکسر خواهدشد.



«ش ۷»

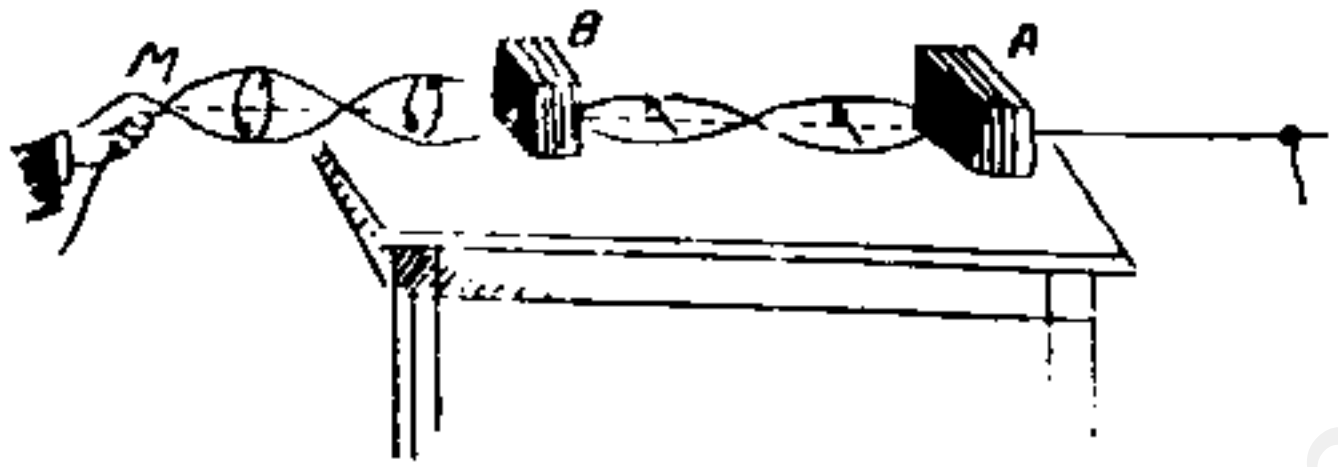
ثالثاً خم شدن امواج - علاوه بر انعکاس و انکسار قضیهٔ دیگری راجع بامواج جالب توجه است که **خم شدن امواج** نامیده میشود و آن عبارت ازاینست که هر گاه موج مجبور شود از سوراخ باریکی عبورنماید سوراخ حکم مرکزی را برای امواج پیدا میکند. خط سیر اولی امواج تاثیری در امتداد حرکت امواجی که از سوراخ عبور کرده‌اند ندارد (ش ۸). چنانکه‌ازروی شکل واضح است قانون هویگنس برای فهماندن این قضیه نیز کمک میکند.

رابعاً مسطح شدن امواج عرضی - فرض کنیم لوله کائوچوك MC (ش۹) در نقطه C بدیوار محکم شده باشد. هر گاه انتهای M را متناوبا حرکت مستقیم دهیم امواجی انتشار میابد که تمام در یك سطح واقع استو آن همان سطح ماربرامتداد حرکت نقطه مبدء وامتداد لولهٔ کائوچوك میباشد. دراینصورت موج را **موج مسطح** واین سطح را **سطح ارتعاش** مینامند، در اصطلاح علمی میگویند موج **پولاریزاسیون** مستقیم دارد مثلا در (ش۹) سطح ارتعاش، سطح قائم است. ولی هر گاه دست را در امتداد خط مستقیمی حرکت نداده مثلا آنرادرامتداد محیط دائره بحرکت



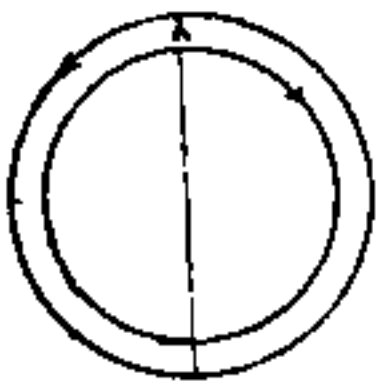
در آوریم هریك از نقاط مرتعش نیز در فضا دایره‌را سیرخواهند نمود بنابراین مقطع موج بجای اینکه خط مستقیمی باشد محیط دائره خواهد بود (ش۱۱)، دراینصورت موج را **موج دوکی یاموج حجمی** مینامند که پولاریزاسیون دائره دارد. موج

عرضی حجمی ممکن است بموج مسطح مبدل شود . مثلاهر گاه موج حجمی مجبور شود که از شکاف افقی B (ش ۱۰) عبور کند **مسطح میشود** یعنی فقط در سطح همان



«ش ۱۰»

شکاف موج میزند . اگر موج سطح از شکاف دیگر که نیز امتداد آن افقی است عبور کند تغییری در آن پیدانخواهد شد ولی هر گاه موج پس از مسطح شدن از شکاف دیگری که امتداد آن عمود بر امتداد شکاف سابق است عبور نماید یکدفعه دیگر مسطح میشود ودیگر موج نمیزند (در مثال سابق موج از شکاف قائم A عبورمینماید) در اینصورت میگویند **موج تجزیه میشود یااینکه موج خاموش میشود مسطح و خاموش شدن از خواص امواج عرضی است** و یك موج طولی از BوA بدون **هیچگونه** تغییر عبور خواهد نمود .



خاصیت تداخل امواج - اگر درمحیط قابل انعطافی چندین موج انتشار یابدهر نقطه در هرلحظه تحت تاثیر چندین قوهٔ ارتعاش قرار میگیرد .

چنانکه میدانیم مقدار قوهٔ مؤثری که میخواهد نقطهٔ مرتعش رادوباره بحالت اولیه خود در آورد متناسب باقاصله نقطه ازحال تعادل است . در تحت تاثیر چندین قوهٔ ارتعاشی ، سرعت وشتاب حرکت هر نقطهٔ **منتجه هندسی** (قطر متوازی الاضلاع) مقادیر نظیر حرکات مرکب کننده خواهد بود .

سادسا توافق امواج - و آن عبارت ازاین است که هرگاه جسمی ارتعاش یا نوسان کند حرکت او ممکن است بوسیلهٔ محیط قابل انعطافی بجسم دیگری که مجاور آن است و میتواند همزمان باجسم اول نوسان کند منتقل میشود این قضیه را **توافق** و دو نوسان را **متوافق** مینامند ، درتاب خوردن بچه‌ها حرکت تناوبی دست شخصی که تاب میدهد هم آهنگ ومتوافق بانوسان تاب است .

(۴) انتشار موج - یك موج ویا سلسله ازامواج در محیط الاستیك باسرعت معین انتشار مییابد . مقدار سرعت برحسب جنس محیط الاستیك تغییر مینماید. سرعت ارتعاشات صوت در هوا ، شیشه ، آب ، زمین و گازهای دیگر مختلف است . برای یك

محیط الاستیك جامد نیز برحسب اینکه امواج طولی یا عرضی باشند سرعت متفاوت میباشد .دربعضی حالات طول‌موج درمقدار سرعت انتشارآن مؤثر و در بعضی موارد دیگر بلاتاثیراست . اگر سرعت انتشار موج را با v طول موج را با λ و مدت‌یك نوسان کامل‌را با T نشان‌دهیم برحسب تعریف چنان خواهیم داشت $\lambda = v \cdot T$

یعنی طول موج عبارت‌از فاصله طی‌شده درمدت یکدورهٔ تناوب‌کامل (T) است وازآنجا $v = \lambda / T$

معمولا مقدار $1/T$ عکس دورهٔ تناوب را با N نمایش میدهند و N عدهٔ نوسانات را در عرض ۱ ثانیه نشان میدهد . چه در T ثانیه ۱ موج وبنابراین در ۱ ثانیه $N = 1/T$ موج‌صورت میگیرد پس $v = N\lambda$

(۵) نور ذرات‌ماده است‌یا امواج اثر؟ . بجهت تفسیر وبیان‌قضایای نور تا اواسط قرن نوزدهم دو تئوری وجود داشت . **نیوتون** فرض میکرد که نور عبارت‌از ذرات خیلی کوچك ماده میباشد . انتشار مستقیم الخط وانعکاس‌را مطابق‌این تئوری به‌آسانی میتوان تفسیر نمود . انکسار نوررا نیوتون بدین ترتیب واضح‌میکرد کهمر گاه ذرات نور وارد محیط‌کثیف تری‌شود، در نتیجهٔ‌جاذبه‌مادی ، سریعترحرکت مینماید و اگر نور بطور مایل برسطح‌فصل مشترك بتابد فقط جزء قائم‌آن‌در محیط کثیف سریعتر حرکت میکند وچون جزء افقی ثابت‌میماند شعاع‌بطرف‌قائم‌نزدیکتر میشود . بنابراین زاویهٔ انکسار کوچکتر از زاویهٔ تابش‌است .

هویگنس برحسب تشابه با صوت ، نوررا **امواج** جسم سیال لطیفی (اتر الیر) فرض نمود . مطابق نظریهٔ این عالم اثیر تمام مکان ، اعم از خلاء یاماده ، را پر نموده‌است . انتشار نور بواسطهٔ انتقال موج از جزئی به‌جزء دیگر اثیر میباشد انکسار نور مطابق فرض هویگنس بواسطهٔ اینست که‌سرعت نور درمحیط کثیفتر کمتر میباشد (نمره۴۰) فرض نیوتون تا حدی انتشار و انعکاس نوررا خوب بیان میکرد در صورتی که موافق تئوری هویگنس فهم خواص نور کهمان خواص موجی نمره گذشته است آسانتر بود . باوجود ترجیح تئوری اخیر بمناسبت شخصیت‌علمی نیوتون مدت ۱۵۰ سال این دو تئوری در میدان علم هردو همدوش بودند ولی‌از آنجائی که علوم‌طبیعی برروی پایهٔ منطق بنا شده ناری‌از هرنوع احساسات‌است و اشخاص‌رادرمقابل‌نوامیس مسلم طبیعت هیچ میپندارد ، چیزی‌نگذشت که بطلان تئوری نیوتون کاملاواضح شد.

پس از آنکه بوسیلهٔ تجربهٔ فوکولت تعیین سرعت نور در مواد مختلفه شفاف مانند شیشه ، آب و غیره ممکن گردید واضح شد که حقیقة سرعت نور در اجسام کثیف‌تر کمتر است و این تجربه بنفع تئوری موجی نور تمام شد . قضایای دیگر مانند تداخل و خم شدن امواج نور خاصیت موجی را کاملا واضح نمود .

نور دارای تمام خواص موجی ، انعکاس ، انکسار ، خم‌شدن ، مستطیع شدن،

تداخل وتوافق است.

(٦) خواص موجی درامواج الکترومقناطیس -بوسیله جریانهائی که پتانسیل و تعداد تناوب زیاد دارند میتوان در اتر امواج الکتر و مقناطیس یا امواج هرتس تولید نمود که بدون ارتباط مادهٔ از فواصل دور باسرعت نور انتقال پیدامیکند. اساس تلگراف بی‌سیم برتولید همین امواج هرتس است. بوسیلهٔ تجربه واضح گردیده‌است این نوع انتقال انرژی دارای خواص موجی‌است.

بوسیلهٔنوسانات‌الکتریکی که دورهٔ‌تناوبشان کوتاه‌است نظیر تمام خواص امواج نورانی را در اتر میتوان نشان داد. امتحانات عدیده ثابت میکند که‌امواج هرتس‌در خلاء با همان سرعت امواج نور (۳۰۰ هزار کیلو متر در ثانیه) انتشار پیدا میکنند امواج هرتس نیز در موقع تصادم با سطوح هادی منعکس میشود و این انعکاس در تحت همان قوانین مشروح در انعکاس امواج صورت میگیرد. نیز در سطح فصل مشترك دو عایق انکسار پیدا میکند. ضریب انکسار اجسام عایق را درمقابل‌امواج هرتس بوسیلهٔ منشورها (از آسفالت یا پارافین و غیره) میتوان معلوم‌نمود. انکسار مضاعف (در چوب و در زیپس) نیز در این امواج مشاهده است. چون سرعت انتشار این‌امواج با امواج نور یکی است. بنا بر این چنین بنظر میآید که همان اتر ناقل امواج نور باعث انتشار امواج هرتس باشد. تجربیات «هرتس» این تئوری راکه ابتدا بوسیلهٔ «ماکسول» بیان شده است ثابت مینماید. پس در حقیقت‌اختلاف مابین امواج‌هرتس و امواج‌مرئی نور فقط درطول‌موج وبنابراین درتعداد ارتعاشات است‌زیراسرعت‌هردونوع‌موج درخلاء‌مساوی‌میباشد.

امروزه‌ما انواع مختلفه امواج اتر را میشناسیم. بتدریج هر قدر طول‌موج بیشتر باشد طول موج هم تغییر میکند بترتیب ذیل ، اشعه γ ، اشعه X اشعهٔ ماوراء بنفش ، طیف‌مرئی ، اشعه ماوراء قرمز ، امواج‌هرتس . طول‌موج امواج مختلفهٔ‌طیف مرئی تقریباً از ٤ر۰ تا ۸ر۰ میکرون اشغال میکنند. طول امواج (اشعه γ در حدود X ۱۰-۱۱ ۱۰ سانتیمتر و طول امواج‌هرتس ازیك میلیمتر تاچندین هزار کیلو متر میرسد).

(۷) تعیین سرعت و طول موج انواع مختلفهٔ امواج اتر

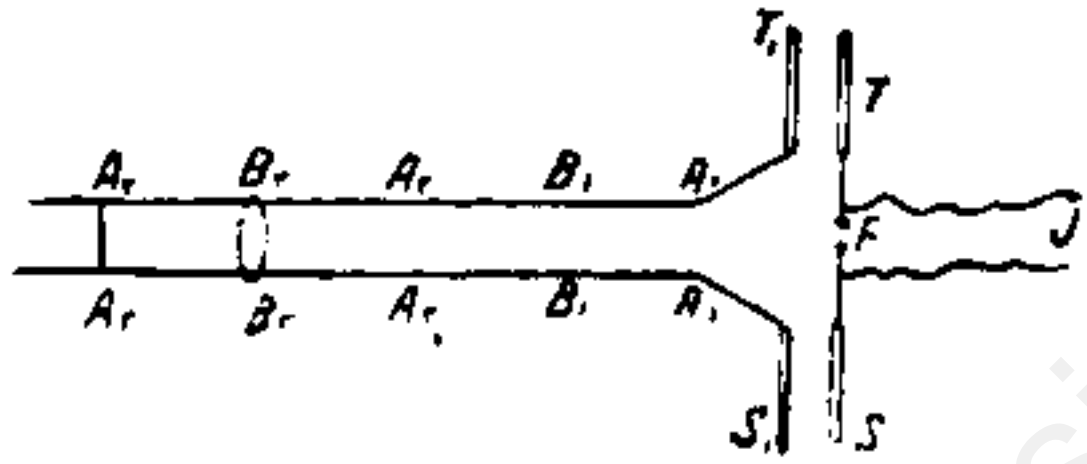
تعیین v ، λ و T برای امواج نور بوسیله تجربه (آئینه‌های فرزنل، حلقه های نیوتون ، تجربه فوکولت و غیره) صورت میگیرد ما بین امواج نور و امواج الکترو مقناطیس شباهت کامل مشهود میگردد.

مطلب مهم در اینجا رابطهٔ سرعت انتشار الکتریسته با سرعت انتقال نور است سرعت انتشار الکتریسته را نیز مانند نور از روی طول موج λ و T دوره کامل تناوب‌معلوم میسازیم‌اگر λ و T دردست باشد مقدار سرعت از روی‌رابطهٔ $v=\lambda/T$ معلوم خواهد گردید.

مقدار T را ازروی فورمول $T = 2\pi\sqrt{L.C}$ مطابق خاصیت توافق امواج بوسیله تجزیه معلوم میسازند (رجوع بجلد دوم فیزیك) .

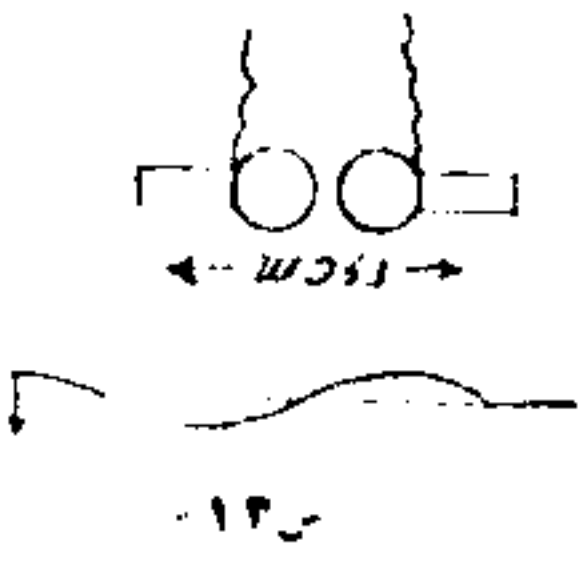
در امتحانات لابراتوار میتوانیم مقدار L و C را خیلی کوچك اختیار نمائیم تا آنکه مقدار T بمراتب کوچکتر از آن باشد که در تلگراف بی‌سیم معمول است . ابتدا بوسیله نوسانات خیلی سریع ممکن شده‌است T وسرعت جریان الکتریسته را معلوم سازند .

تعیین مقداز بوسیلهٔ تجربه ذیل صورت میگیرد : دو صفحه فلزی S_1 و S_2 (ش ۱۲) که دارای فاصله جرقهٔ F می باشند تشکیل حلقهٔ



ش ۱۲

نوسانی میدهند و از قرقرهٔ رومکوف R (یا منبع دیگر) بدانها جریان داده‌میشود . حتی‌المقدور دورهٔ تناوب جریان مزبور را کوتاه اختیار مینمایند . (در یك امتحان که اول دفعه خود هرتس انجام داده **موالد نوسان** (ش ۱۳) را بکار برد (موالد نوسان هرتس) که بوسیلهٔ آن $10^9 \times 3$ مرتبه در هر ثانیه نوسان انجام میگرفت) . در مقابل صفحات فلزی مزبور صفحات T_1 و S_1 را موازی قرار میدهند و بدین صفحات مفتولهائی مربوط میسازند که‌موازی هم بوده بر **فاصلهٔ جرقه** عمود میباشند . الکتریسته S و T در S_1 و T_1 نیز تولید نوسانات مینماید . مرکزهای جریان که در S_1 و T_1 تشکیل میشود در مفتولهای موازی انتشار پیدا میکنند و مرکزهای S_1 و T_1 در هر لحظه در خلاف جهت یك دیگر میباشند . چون سرعت انتشار الکتریسته بی‌نهایت‌بیست باامان آهنك‌نوسانات مرکزهای الکتریسیته مثبت والکتریسیته منفی جریان دارد .



ش ۱۴

شدت این جریان‌هارا بوسیله سینوزئید (ش ۱۴) میتوان نشان‌داد . درهریك از مفتولها امواج الکتریك تشکیل میشود که **قله آنها** نظیر الکتریسیته مثبت و **دره** آنها نظیر الکتریسیته منفی است مثل اینکه انتهای مفتول را به ارتعاش درآورده درآن موج تولید کرده باشیم . در انتهای آزاد مفتول امواج انعکاس پیدا میکنند واگر طول‌مفتول‌مضرب صحیحی از نیم طول موج باشد بواسطهٔ خاصیت

تداخل در مفتول **امواج ساکن** بوجود میاید .

در (ش۱۲) A نمایش محل **گره** و B محل **شکم** است . اگر طول ، مقطع و جنس مفتولها یکی باشد طول موج الکتریسیته درهردو مساوی است بنابراین گرهها وشکمها در هردومفتول در فواصل مساوی قرار گرفته‌اند وفواصل گرهها و شکم های نظیردو مفتول از صفحات S و T مساوی است . اما در دوشکم مقابل از دو مفتول پتانسیل دو نقطه دردوجهت مخالف میباشند و بنابراین اختلاف پتانسیل مابین این نقاط لولهٔ گسلر را که درطول دومفتول موازی حرکت داده میشوددروشن میسازد . ازروی فاصله دومحل که در آنها لولهٔ گسلر بعد اعلاروشن است طول موج را میتوان بدست آورد (در امتحان خود هرتس طول موج ۶۶ سانتیمتر بود) اگر شرائط امتحان تغییر داده شود طول موجهای چندمیلیمتری‌رانیز میتوان اندازه گرفت .

دورهٔ تناوب نوسانات T از روی فورمول $T = 2\pi\sqrt{L.C}$ معلوم است . بنابراین مطابق رابطهٔ $\lambda = vT$ مقدار v سرعت انتشار الکتریسیته جاری درجسم هادی بدست میاید .

اگر دورمفتولها جسم عایقی مثلا آب که برای نوسانات سریع عایق است اطراف مفتولها را احاطه کرده باشد ، مقدار سرعتی که بوسیلهٔ تجربه مزبور بدست میآید بمراتب کمتر است . برای مفتولهائی که در آب قرار گرفته اندسرعت انتشار الکتریسیته جاری ۹ مرتبه کمتر از حالتی است که خلاء اطراف مفتولها حرکت نموده بداخل آن نفوذ نمیکند . بوسیله تجربه ومطابق تئوری‌های علمی نتیجه میشود ،

الکتریسیتهٔ جاری در اجسام هادی که از خلاء احاطه شده باشند با سرعت نور انتشار پیدامیکند . اگر مفتول هادی از جسم عایقی که ضریب دی الکتریکوم آن ε است احاطه شده باشد سرعت $\sqrt{\varepsilon}$ مرتبه از سرعت انتشار نور کمتر است . با وسائل علمی سرعت انتقال موج الکتر ومقناطیس را درحالات مختلفه اندازه گرفته‌اند این تجربیات نیز حکم مزبوررا تقویت میکنند .

(۸) امواج الکترو مقناطیس در خلاء ـ اگر نوسانات ST (ش ۱۲) دراطراف خود تاثیر نماید دراثر ارتعاشات الکترو مقناطیس تولید خواهد کرد هرتس وجود این امواج را بوسیلهٔ حلقه توافق (حلقه مفتول مسی با ۱/۲ میلیمتر فاصله جرقهٔ) نشان داد و آنهارادر آئینه های مسطح و مقعر (فلزی) منعکس نموده بوسیلهٔ آنها امواج ساکن که فاصله گره و شکم آنها با فرضیه های علمی مطابقت مینمود ایجاد کرد وبطور کلی امواج الکتر ومقناطیس که درفضا تشکیل میگردد مطابق قوانین انعکاس منعکس میشود .

این امواج در خلاء با سرعت نور v و در اجسام عایق با سرعت $v/\sqrt{\varepsilon}$ انتشار می‌یابد .

امواج الکتر ومقناطیس درا جسام عایق انکسار پیدا میکند وضریب انکسار $\sqrt{\varepsilon}$ میباشد .

مطابق مطالعات هرتس معلوم میشود که سرعت انتشار الکتریسیته در جسم هادی برحسب عایقی که هادی مزبور را احاطه کرده است تغییر مینماید .

(۹) فرضیه الکترومقناطیس وامواج نور . نسبت سرعتهای امواج الکترومقناطیس درخلاء و دریك جسم عایق $\sqrt{\varepsilon}$ ونسبت سرعتهای نور در خلاء ودر جسم شفاف n (ضریب انکسار جسم شفاف) میباشد .

اگر مقدار $\sqrt{\varepsilon}$ و n را برای بعضی ازاجسام بوسیله تجربه معین نمائیم نتیجه جالب توجهی بدست خواهد آمد .

جسم	n	$\sqrt{\varepsilon}$	جسم	n	$\sqrt{\varepsilon}$
هوا	۱/۰۰۰۲۹۴	۱/۰۰۰۲۹۰	بنزول	۱ر۴۸۲	۱ر۴۸۳
گاز Co_2	۱/۰۰۰۴۴۹	۱/۰۰ ۴۷۳	آب	۱ر۳۳	۹ر۱
هیدرژن	۱/۰۰۰۱۳۸	۱/۰۰۰۱۳۲	الکل	۱ر۳۶	۵ر۷

چنانکه ازروی جدول واضح است برای اغلب اجسام این دو مقدار خیلی بهم نزدیك میباشند . درآب والکل حالت استثنائی مشاهده میشود وگویا این اختلاف بواسطهٔ خواص تجزیهٔ نور باشد .

مطابقت کامل این دومقدار که از خواص فیزیکی کاملا متفاوت نتیجه میشود باعث ایجاد شدن یك تئوری مهم علمی گردید که موافق آن ماهیت امواج نور وامواج الکترومقناطیس رایکی میدانند. این فرضیه ازنقطهٔ نظر تحقیقات علمی نتایج مهمی داده است ومطابق آن تمام ارتعاشات اترمانند امواج حرارتی ماوراء قرمز ، امواج ماوراء بنفش وامواج اشعه X نیز درحقیقت همان انرژی الکتریك منتشع میباشند که فقط از حیث طول موج باهم اختلاف دارند . تمام این امواج نوسانات اجزاء اتر میباشند که قوهٔ الکتریك وقوهٔ مقناطیس عمود برآن وسیلهٔ تولید شدن آنها میگردد . سرعت انتشار تمام این امواج مساوی سرعت انتشار نوراست .

جدول ذیل انواع مختلفهٔ امواج الکترومقناطیس را که تاکنون ما میشناسیم معلوم میسازد .

نوع اشعه	طول موج
مجهول (؟)	کمتر از ۰٫۰۰۰۰۰۰۱ میکرون
اشعهٔ γ (بیش از ۰٫۰۱ آکتاو)	از ۰٫۰۰۰۰۰۰۱ × ۵ تا ۰٫۰۰۰۱ × ۰٫۰۰۰۰۰۰۱
اشعهٔ X (۱۱ آکتاو)	۰٫۰۰۰۱ تا ۱۰٫۰ × ۲۰
اشعهٔ ماوراء بنفش (۱۵ آکتاو)	از ۱۰٫۰ × ۳٫۱ تا ۱۰٫۰ × ۴۰
اشعهٔ مرئی (۱۱ آکتاو)	از ۰٫۴ تا ۰٫۸
اشعهٔ ماوراء قرمز (۱۸٫۵ آکتاو)	از ۰٫۸ تا ۳۰۰ »
امواج الکترو مقناطیس	بالاتر از ۱۰۰۰ میکرون یا ۱ میلیمتر

مابین اشعه X وماوراء بنفش وطویلترین اشعه حرارتی و کوتاه‌ترین اشعه الکتر ومقناطیس فواصلی دیده میشود که امروزه راجع به آنها نیز تحقیقات علمی بعمل آمده است ودراین فواصل دستهٔ اشعهٔ مختلفی وجود دارد.

(۱۰) الکترون منبع نور است- تئوری امواج الکترومقناطیس الکترون رامنبع نور فرض میکند. چنانکه درموضوع ایونی شدن گازها (جلددوم فیزیك) بیان شدودرتمرات بعد واضحتر تشریح میشود، درمولکولها واتمها **الکترون** وجود دارد. الکترونها در داخل تشکیلات اتم ومولکول یا بواسطه حرکت معمولی خودروی محیط دائره حول مرکز حرکت کرده یا بعلت جرخیدن مولکولها دور محورشان، درخط سیر معینی دوران مینمایند. هر قدر درجهٔ حرارت جسم بیشتر باشد این حرکت سریعتر است. یك الکترون متحرك حکم یك جریان الکتریسه را دارد. اگر الکترون روی منحنی مسدودی حرکت نماید جهت حرکت آن درهر نیم منحنی تغییر میکند وازاین حیث به جریانی که در دوجهت مخالف نوسان مینماید شباهت پیدامیکند وبنابراین اثر آن دراطراف مانند اثر یك نوسان الکتریك است. پس چنین بنظر میاید امواج نورهمان امواج الکترومقناطیس هستند که الکترونهای سریع الحرکت (دراجسام گرم) باعث ایجاد آنها میگردند تمام تجربیاتی که تاکنون بیان کردیم بانظریهٔ مزبور موافقت مینماید اگر درفاصلهٔ معین تعداد نوسانات الکترونهای مختلف تمام مقادیر ممکنه را داشته باشد طیف نور **متوالی** خواهدبود واگر الکترونها نوساناتی باتعداد تناوب معین انجام دهند **طیف خطی** تولیدخواهد شد.

(۱۱) جذب شدن امواج — اگر امواج الکترومقناطیس بیك جسم برسد ودورهٔ (مدت) نوسان مخصوص الکترونهای آن با امواج مزبور **موافق** باشد، امواج جذب میشوند وانرژی آنها باعث ارتعاش ونوسان های الکترونهای جسم میگردد ولی اگر توافق درکارنباشد امواج بلامانع ازجسم عبورمینمایند. ازروی این نظریه میتوان بطور واضح قانون کیر شهوف را (که مطابق آن نسبت قدرت تشعشع وجذب درجسمی برای طول موج و درجه حرارت معین مقداری است ثابت) بیان نمود. اجسام شفاف که امواج مرئی را از خود عبور میدهند عاری از الکترون

هائی که دورهٔ نوسان مخصوص آن ها بادورهٔ تناوب امواج مرئی طیف مطابقت کند میباشند .

(۱۳) تاثیر الکتریسیته و مقناطیس در تشعشع نور — قوای الکتریك ومقناطیس درنوع نور متشعشع تأثیر مینماید واین تجربه نیز به اثبات تئوری موجی نور کمك میکند .فرض کنیم سطح دوران الکترونها مثلا قائم باشد ومنبع نور را مابین دو قطب مقناطیس (مثلا نعل اسب) طوری قرار دهیم که امتداد خطوط قوا برسطح دوران الکترون ها عمود (در اینحالت افقی) باشد مطابق قانون سه انگشت دست چپ میدان مقناطیس درجریان الکتریك (الکترون متحرك) اثر نموده آنرا حرکت میدهد واین امر برحسب جهت دوران الکترون یاباعث دورشدن ویاباعث نزدیك شدن آن میگردد یعنی شعاع منحنی دوران بازیادتر ویا کمتر میشود . اگر سرعت حرکت الکترون ثابت باشد درحالت اول سریعتر ودر حالت ثانی بطئی تر ازحالت سابق حرکت خواهدنمود . اگرابتدا تعداد نوسانات تمام الکترونها مساوی (نظیر باخط معین ازطیف) باشد ، درمیدان مقناطیس درحالت جدید دونوع تعداد نوسان وبنابراین دوخط طیف تولید میشود که درطرفین خط طیف اصلی قرار میگیرند .

چنانکه خواهد آمد قوه انحراف عبارت از $H.v.e$ ۱۰ ار ۱ (e بار الکتریك الکترون، v سرعت حرکت و H شدت میدان مقناطیس است) وقوهٔ گریز ازمرکز mv^2/r میباشد مقدار r را ازروی انحراف خطوط طیف میتوان بوسیله تجربه بدست آورده بدین ترتیب نسبت e/m را معین نمود .مقدار باآنچه که بوسیله انحراف اشعه کاتودی معلوم میگردد e/m (نسبت بار الکتریك الکترون برجرم آن) مطابقت مینماید .

چون تمام خطوط طیف تجزیه میشوند (دربعضی موارد ازیك خط چند خط ظاهر میگردد) ونتایج تجربیات بامحاسبات دیگر مطابقت میکند .امروزه تئوری امواج الکترومقناطیس نوراستحکام کافی دارد .

(۱۴) تولیدشدن اشعه X ـ ایندسته اشعه نیزجزء امواج الکترومقناطیس میباشد و بدین ترتیب تشکیل میشود که یك الکترون تقریباً باسرعت نور بامولکول **آنتی کاتود** تصادم نموده ناگهان ساکن میشود .

میدان الکترومقناطیس الکترون متحرك (که حکم جریان الکتریسیته را دارد) یکمرتبه معدوم میگردد . الکترون موقع تصادم چند نوسان کوتاه و کاهنده که زود ضعیف میشود انجام میدهد وبنابراین دراتر نظیربانوسان چرقهٔ ،امواجی تولیدمیگردد. مدت این نوسان نسبت به مدت نوسان خود الکترونها خیلی کوچك است وبدین جهت قدرت نفوذ اشعه X خیلی زیادمیباشد . اگراشعه X بسطح فلزی برسند صرف نظراز اینکه ازسطح فلزالکترون خارج مینمایند الکترونهای دیگررا که مدت نوسان مخصوص خان بانوسانات اشعهٔ تابش رابطه مخصوص دارند مرتعش میسازند وبدین ترتیب اشعهٔ جدید

X ازفلز مزبور تولید میشود که آنهارا **اشعهX ثانوی** مینامند . اختلاف اینده باشعه اولی دراینست که زیادکاهنده نیست وطول‌موج‌آن قدری بیش ازاشعه X اصلی است وآنهارا **اشعهX فلوئوری** نیزمینامند .

(۱۴) قوانین طیف — اجسام جامد افروخته **طیف متوالی** وگازهاو بخارات **طیف‌اواری** باخطی ایجادمیکنند . **نوارها** عبارت ازنواحی نورانی‌طیف هستند که یکطرف‌آنها(یاطرف مواجه قرمز ویاطرف مواجه بنفش) حدمعین ومشخص دارد درصورتیکه رنگ‌طیف بطرف‌دیگر بتدریج تغییر مینماید اگراین نواررا تجزیه کنیم عدهٔ زیادی خطوط نشان میدهد .

بوسیلهٔ اسبابهای جدیدودقیق علمی(ازقبیل نردهٔانکسار مقر)موفق شده اند محل‌خطوط طیف گازها رابانهایت دقت‌معلوم سازند. میتوان برای‌سلسلهٔ خطوط‌طیف فورمول وقانونی معین‌نمود که بوسیلهٔ‌آن بانهایت سهولت محل هریك ازخطوط معلوم

«ش ۱٤»

گردد مثلا(ش ۱٤) محل خطوط طیف هیدرژون رانشان میدهد . در دنبال خطوط مرئی‌طیف هیدرژون H_α ، H_β ، H_γ و H_δ یکدسته خطوط دیگردرنواحی‌بنفش وجود دارد که فاصله آنها نسبت‌بهم بتدریج کم‌میشود .طول موج‌آنهاازروی‌فورمول

$$\frac{1}{\lambda} = R. \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

معلوم میگردد . برای هر یك ازخطوط، k منظماً‌اعداد صحیح متوالی ۳ ، ٤ ، ٥ وغیره‌را دارا میباشد . اگر از یکطرف بوسیله تجربه λ طول موج یکی از خطوط طیف‌را معلوم نموده ازطرف‌دیگر بوسیله فورمول مزبور مقدار λ راحساب کنیم ملاحظه خواهیم‌نمود نتیجه تجربه ومحاسبه بانهایت دقت باهم مطابقت میکنند مثلا اعدادیکه درتعین‌طول موج‌یکی از این خطوط بدست میآید مطابق تجربه ۶۵۶۲٫۷ ومطابق محاسبه ۶۵۶۲٫٤ میباشد ، علاوه بر این در طیف هیدرژون دستجات خطوط دیگرنیز وجود دارد طول موج‌یکدسته‌ازآنها ازروی فرمول ،

$\frac{1}{\lambda} = R.(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2})$ ودسته‌دیگرازروی‌فورمول، $\frac{1}{\lambda} = R.(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{k^2})$ معلوم میگردد. خطوط دسته‌اول درناحیهٔ ماوراء قرمز ودسته‌ثانی درناحیه ماوراء بنفش قرارگرفته است .

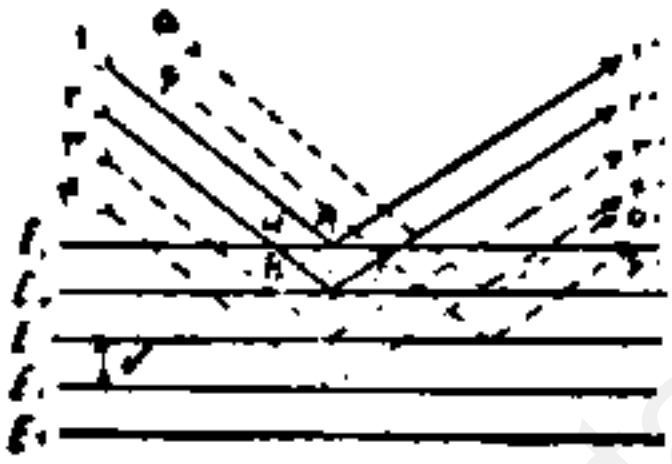
مقدار ثابت R درتمام این فورمولها یکی‌است ازهمه جالبتر اینست که همین

مقدار R در **فورمول دستجات خطوط طیف** سایر گازها نیز دخالت میکند. علاوه‌براین یک‌عامل Z_2 (مجذور یک‌عدد صحیح)واردمیشود بطوریکه **فرمول کلی دستجات خطوط طیف** عبارت است از :

$$\nu = Z_2 . R . \left(1/n^2 - 1/k^2 \right)$$

که‌درآن k اعداد صحیح متوالی بزرگتر از n راقبول میکند. R یک **ثابت کلی** است و Z منوط به گاز مفروض میباشد ومقدارآن برای عناصر شیمیائی همسان **عدد ترتیبی** عنصر شیمیائی مزبور در سلسلهٔ تناوبی اجسام‌است(شرح‌خواهدآمد).

(۱۵)**اشعه طیف** X‌دانه‌های متبلور حکم‌نردهٔ فضائی‌را درمقابل امواج دارنده وبوسیلهٔ‌آنها میتوان خاصیت‌موجی اشعهٔ X رانشان داده بدین ترتیب طول‌موج اشعه مزبوررامعین‌نمود . فرض کنیم $E_1 E_2 E_3$ وغیره (ش۱۰) سطوح داخل دانهٔ متبلور باشند که اتمها بفواصل مساوی روی‌آنها قرار گرفته‌اند . فرض کنیم دسته اشعه باطول‌موج λ درتحت‌زاویه α براین‌سطوح بتابد شعاع ۱ در A وشعاع موازی‌آن ۲ در C منعکس میگردد.اختلاف حالت موجی دو شعاع منعکس شده منوط به فواصل BC و CD میباشداگر فاصله‌سطوح‌موازی Eرا dفرض کنیم $CD = BC = d \sin\alpha$ وبنابراین اختلاف‌حالت موجی $2d \sin\alpha$



«ش۱۰»

خواهد بود . اگراین مقدار مضرب صحیح از λ یعنی مساوی $n\lambda$ (nعددصحیح‌است) باشد دوشعاع انعکاس بواسطه تداخل همدیگر را تقویت خواهد نمود ، چون λ برای اشعه تابش مقداری‌است معین بنابراین بازاء امتدادهای معین(بازاء مقادیر مخصوص از α) اشعه انعکاس همدیگررا درنتیجه تداخل تقویت میکنند . عین‌اینحالت برای اشعه ۰٫۰۰۶ وغیره‌نیز وجود دارد . چون انعکاس هرشعاع با شعاع ماقبل باندازهٔ $n\lambda$ اختلاف حالت دارد وباآن جمع‌میشود بنابراین تمام‌اشعه انعکاس بایکدیگر هم حالت بوده جمع‌میگردند وبازاء این‌تمایل مخصوص‌همدیگر راتقویت مینمایند . اگر λ تغییر کند بازاء تمایل‌مخصوص دیگری تمام اشعهٔ انعکاس همدیگر را تقویت مینمایند اگر سطوح انعکاس‌دانهٔ متبلور را درحول اشعهٔ X واصل‌دوران دهیم تا α ازصفر شروع بنمو نماید بتدریج روابط ،

$$\lambda_2 = 2 d . \sin\alpha_2 \quad , \quad \lambda_1 = 2 d . \sin\alpha_1$$

(درصورت تقویت) برای‌طول موجهای مختلف صادق خواهدبود اگرمقدار d معلوم‌باشد مقدار λرانیز میتوان حساب کرد. بواسطهٔ کوچك بودن مقدار d (که

بوسائل علمی معین‌میشود)این‌طریقه برای‌تعیین‌طول موج اشعهٔ X بسیار مناسب است چنانکه واضح‌است دراین تجربه عامل‌اساسی سطح‌دانه متبلور نبوده بلکه‌سطوح‌موازی داخل آنست . اشعهٔ X رابردانهٔ متبلور تابانده‌آنرا درحول اشعه‌تابش دوران‌میدهند بازاء مضارب صحیح از θ نیز تقویت صوت میگیرد بنابر این‌علاوه برطیف اصلی طیف های فرعی درجهٔ n ام‌نیز صوت میگیرد طیف‌حاصل شده‌را میتوان عکاسی‌نمودطیف تمام عناصررابوسیلهٔ ترکیبات جامدآنهامیتوان معین کرد و تجربه ثابت‌نموده است. دراینجا نیز دستجات منظم خطوط طیفی (که اشعهٔ $M\cdot L\cdot K$ وغیره نامیده میشود) وجود دارد . دراینجا نیزفاصله خطوط طیف‌درتحت قوانین‌خیلی دقیق است وتفاصل $\nu/\lambda_2 - \nu/\lambda_1$ ، وثابت R، وعدد Z دخالت‌مینماید.

www.KetabFarsi.com

II

نسبی بودن زمان و مکان

(۱۶) اهمیت زمان و مکان در علوم ـ زمان و مکان درعلوم بشری اهمیت مخصوص دارد مقصود هرعلم اعم‌از علوم طبیعی یا پسیکولوژی اینست که قضایای طبیعت را درسلسله های منطقی بهم مربوط سازد ، حال باید دقت کرد **قضایا و تغییرات** طبیعت بازمان و مکان چه‌رابطه دارد ؟

قضایا وتغییرات را میتوانیم بوسیلهٔ اعدادی نمایش‌دهیم بقسمیکه هرقضیه که دارای عدد بزرگتری‌است **دیرتر** و هرقضیه که دارای عدد کوچکتری است **زودتر** صورت گرفته‌باشد . اسبابی که بوسیلهٔ آن‌چنین ترتیب‌رامیتوان عملی‌نمود **ساعت** نامیده میشود . پس ساعت چیزی‌است که قضایاوتغییرات آنرا **میتوان‌شمرد**(مقداردوران، عدهٔ زنگها وغیره) دوشخص میتوانند اغلب قضایارا باهم بوسیلهٔ نطق‌مقایسه کنند ولی در بعضی موارد این مقایسه نمیتواند صورت گیرد . اگرعده زیادی از افرادبنی‌نوع بشر قضیهٔ معینی‌را بطور مساوی‌درک کنند یك **مفهوم کلی** تشکیل میگردد .ساعت و اسبابهای دیگری که‌در علوم‌طبیعی بکار میبریم از روی این اصل است . یعنی هر شخص یك‌دوران کامل‌عقربك ثانیه شماررا مدت معین ومشخص یك‌ساعت = ۶۰دقیقه میداند و دورانهای متوالی را بایکدیگر مساوی فرض میکند . علوم طبیعی مجبور است پایهٔ جسم‌زمانی ووسائل اندازه‌گیری آنرا برروی‌اساس سهل‌وساده بنا کند ولی فلسفه آنرا به قلهٔ صعب‌الوصول تفکرات و تجسمات میکشاند وماگر بخواهیم به‌نتیجه مثبتی برسیم مجبوریم دوباره آنرا پائین آورده در لابراتورهای خود بوسیله ساعت یاندول‌وغیره‌قابل‌درك نمائیم .

همین حالت برای تجسمات مکانی وجوددارد اگر بخواهیم‌درداثرهٔ علوم‌طبیعی مکان‌را مورد تحقیق قراردهیم باز مانند همه‌جا بایستی به‌قضایائی که‌دردسترس‌تجربیات عملی باشند رجوع کنیم .

مطابق عقیدهٔ **ارسطو** هرقدر حالت اولی و آخری‌یك‌سلسله تغییرات بهم شبیه‌تر باشد فهم‌آن آسانتر است . این عقیده‌را «**پوانکاره**» بدین ترتیب بیان میکند (۱) تغییرات اجسام جامد آنچه که‌بوسیله انسان دوباره بآسانی بحالت اولیهٔ‌خود

---

(۱)در کتاب la science et l'hypothèse

۲۶۵ ـــــــ

مشتق‌شده باشد . شخص ریاضی‌دان کاملا راضی است و دیگر صحت یا عدم صحت هندسه اقلیدس برای او اهمیت ندارد . ولی در علوم طبیعی مجبوریم مفهوم کلی هندسه (علم مکان) را برای اشیاء حقیقی (اجسام جامد) تطبیق کنیم والا هندسه برای علوم طبیعی حکم هیچ را خواهد داشت . پس در علوم طبیعی مخصوصا در پسیکولوژی صحت یا سقم اصول را مورد بحث قرار میدهیم وما بدین نکته اشاره خواهیم کرد .

چنانکه سابقا دیدیم فاصله بین دو نقطه در سلسله کارتزی بوسیلهٔ فرمول کلی

$$\Delta s^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2$$

تعبیر میشود (دو طول در فضا وقتی مساوی هستند که مجموع مجذور های تصاویر مختصی آنها مساوی باشد ، فیثاغورث)

حال اگر Δx_γ نمایش هر یک از مقادیر Δx ، Δy و Δz باشد (رجا بین ۱ و ۳) رابطهٔ مزبور را بطور کلی بصورت ،

$$\Delta s^2 = \sum_\gamma \Delta x_\gamma^2 \qquad (۱)$$

مینویسیم واگر سلسله محورهای کارتزی دیگری را در نظر گیریم باز برای Δs رابطه نظیر را بدست خواهیم آورد بقسمیکه ،

$$\sum_\gamma \Delta x_\gamma^2 = \sum_\gamma \Delta x'^2_\gamma \qquad (۲)$$

دراینصورت میگویند $\sum_\gamma \Delta x_\gamma^2$ نسبت بمحورهای مستقیم عمود یک **لایتغیر** میباشد و طول خط در سلسله‌های مختلفه مختصات در هندسه اقلیدس مساوی است و انتخاب محور مختصات (مستقیم وقائم) تاثیری در آن ندارد . بهمین ترتیب راجع به سطح وحجم وغیره نیز تئوری لایتغیرها صادق است . (۱)

خواص یک **لایتغیر** وارتباطی با انتخاب سلسلهٔ کارتزی نداشته در تمام سلسله‌ها

---

(۱) مثلا مقدار حجم V نیز یک لایتغیر هندسی است و آنرا نیز بترتیب ذیل نشان میدهند .

$$V = \iiint dx_1\, dx_2\, dx_3$$

(مقادیر x نمایش ابعاد میباشند) . بوسیلهٔ تحویل نظیر یا آنچه که در خط بیان کردیم نظیر رابطه (۲) را میتوانیم بدست آوریم فورمولهای تحویل ، یا کوبی ، بترتیب کلی ذیل میباشند ،

$$\iiint dx'_1\, dx'_2\, dx'_3 = \iiint \frac{\Delta\,(x'_1 x'_2 x'_3)}{\Delta\,(x_1 x_2 x_3)}\, dx_1\, dx_2\, dx_3$$

خواص آن بدون تغییراست . دربعضی مفهوم های دیگر هندسی نیزمانند لایتغیرها انتخاب مختصات کارتزی در خواص‌دخالت ندارد . مانند **وکتور** (حامل) و**تانسور**. هر حامل را میتوانیم متتبعاً طول‌عادانسته آنرا برحسب اجزاء مرکب کنندهٔ خودتعبیر کنیم . هروقت اجزاء مرکب کنندهٔ حامل دریک‌سلسله معدوم‌شود درسلسله‌های دیگر نیز از میان میرود . (خاصیت «**هم‌تغییربودن**») . همچنین‌صفح واقع درفضای مختصات را میتوانیم بوسیلهٔ اجزاء مرکب کننده تعبیر نمائیم در اینصورت آنهارا اجزاء مرکب کنندهٔ یک‌تانسوردرجه دوم‌مینامیم که‌اگردریک سلسله معدوم شوند درتمام‌سلسله های کارتزی ازمیان خواهند رفت . معمولا برای اینکه قضایای مربوطه رابطور کلی بیان کرده باشند لایتغیر را تانسور درجه صفر و حامل را تانسور درجه اول مینامند . تانسورها خواص جمع ، تفریق ، ضرب ، اختصار ، قرینه وغیره دارند که‌دقت درآنها مربوط به ریاضیات است. بطور خلاصه متذکر میشویم که هندسهٔ اقلیدس‌فضارا بشکل **نردهٔ** که از مکعب های واحد (ضلعشان‌مساوی‌واحد) تشکیل یافته است مجسم‌میکند نقاطی که درگوشه مکعب ها (فصل‌مشترک‌خطوط) قرار دارند دارای مختصات عدد صحیح میباشند ، زمان درچنین سلسله بوسیلهٔ انطباق حالت ساعت مریک ازنقاط با ساعت مبدء تعبیر میشود . در سلسلهٔ کارتزی این زمان‌حکم زمان حقیقی راداردیعنی حالت حرکت ساعت وناظر درآن دخالتی نمیکند و حال آنکه در فیزیک جدید حالت حرکت ساعت در تعیین‌زمان‌دخیل است .

آنچه که تاکنون بیان‌نمودیم راجع به فضای‌اقلیدس است، تمام‌روابط وقوانین فیزیک نیز تااین اواخر برحسب خواص مزبوربیان میشد .

ما ابتدا حالت بعضی روابط مهم فیزیک را بوضع قدیمی بیان نموده بعد تغییراتی را که مطابق اصول جدید علمی بایستی در آنها داده شود متذکر میشویم .

رابطه‌حرکت یک‌جرم چنانکه میدانیم عبارتست‌از :

$$m.\frac{d^2 x_\gamma}{dt^2} = X_\gamma$$

(X_γ نمایش مقدارقوه‌است). dx_γ (فاصله)حامل و dt لایتغیر است پس $\frac{d^2x_\gamma}{dt^2}$ نیز حامل است (بطور عموم مشتق گرفتن نسبت بزبان خاصیت تانسوررا تغییر نمیدهد) . m لایتغیر است پس X_γ نیز یک‌حامل (تانسوردرجه اول) میباشد . **قوهٔ حامل است** . خاصیت حامل‌بودن قوه‌رابدین‌ترتیب مبنوان بیان نمود که‌هریک ازنقاط فضا برحسب محل خود دارای انرژی پتانسیل (انرژی حال‌سکون)مخصوصی‌است‌یعنی انرژی پتانسیل φ تابعی از حامل dx_γ میباشد و ضریب تناسب همان X_γ مقدار

قوه است بطسبکه،

$$X_\gamma = - \frac{\Delta \varphi}{\Delta x_\gamma}$$

اگر در رابطه $m \frac{d^2 x_\gamma}{dt^2} - X_\gamma = 0$ طرفین را در سرعت (که حامل یا تانسور درجه اول است) ضرب نمائیم حاصل میشود :

$$(m \frac{d^2 x_\gamma}{dt^2} - X_\gamma) - \frac{dx_\gamma}{dt} = 0$$

حال اگر اجزاء تساوی را در dt ضرب نموده ملاحظه کنیم حد مجذور فاصله به مجذور زمان همان مجذور سرعت میباشدرابطه **قوه‌زنده‌را** بدست میاوریم بترتیب ذیل :

$$d(\frac{mv^2}{2}) = X_\gamma . dx_\gamma$$

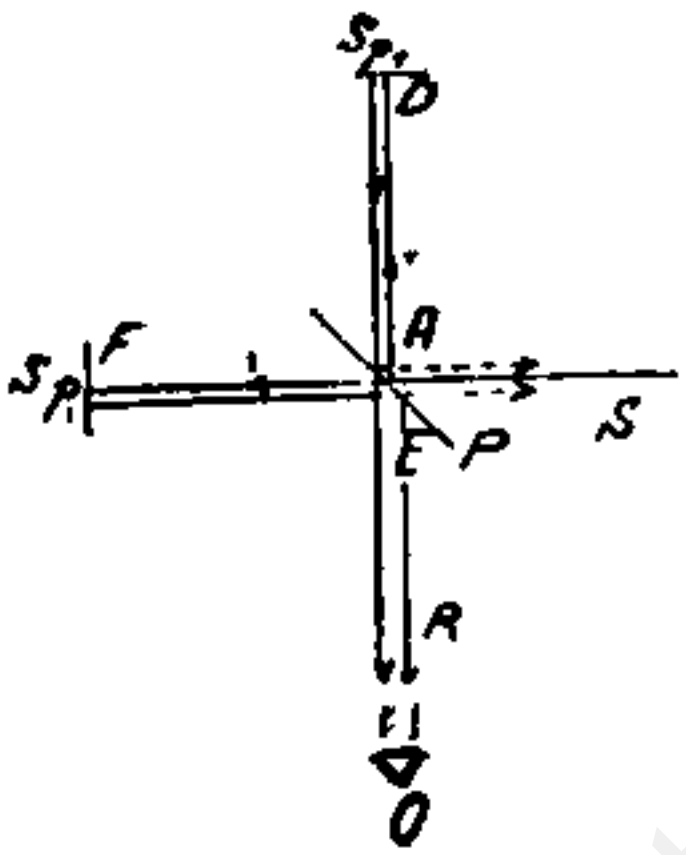
رابطه قانون جاذبه عمومی جرم‌نیوتون وروابط راجع به الکتریسیته را نیز بطریق مشابهی میتوان استنباط کرد.

نتیجه : فضای هندسی اقلیدس متعدالنوع (ابزوتروپ) است یعنی تمام امتدادهای آن دارای خواص متشابه میباشد . اختصاص سلسله مختصات کارتزی ساده بودن روابط مربوط بدان است . سرعت‌و قوه دراین فضاحامل است وجرم وانرژی لایتغیر و عزم قواتانسور میباشد . اصول‌قوانین این سلسله برتئوری لایتغیر هاست . تااین‌اواخر برای قوانین علوم طبیعی چنین فضای **سه‌مختص** را در نظر میگرفتند ولی امروز فرضیه نسبی در اصول نظریات علمی تغییراتی پیش‌آورده‌است .

(۱۷) فیزیك ماده واثر ـ موضوع مکانیك ، حرارت و صوت **ماده** است ، قضایای تشعشع حرارت ، نور و الکتریسیته مربوط به فیزیك **اثر** است . اثر را سیال لطیفی فرض میکنیم که تمام ماده‌وخلاء را پرنموده اجزاءآن بواسطهٔ ارتباط که بایکدیگر دارندناقل و ناشر قضایای مقناطیس و الکتریك‌میباشد. بدین ترتیب فرض میکنیم در فیزیك اثر نیز مانند فیزیك ماده (مثلامکانیك) **تاثیر قریب** صورت میگیرد یعنی هرجزء بلافاصله در جزء بعد مؤثر واقع میشود . راجع بحالت حرکت اثر تاکنون اشارهٔ نکرده ایم . در تعیین سرعت نور با طریقهٔ « **رومر** » بدون تذکر مخصوص فرض میکردیم اثر ساکن است و در امتحانات زمینی فرض میشد اثر نیز بازمین متحرك‌میباشد. علت‌یکسان بودن نتیجه دوامتحان شاید در عدم دقت امتحانات علمی ما باشد . مثلا اگر سرعت صورت را یکمرتبه در قطار متحرك ویکمرتبه در حالت سکون معین نمایم دو مقدار مختلف بدست‌خواهیم

آورد . تحقیق اینکه **آیا اتر ساکن است یا متحرك** ؟ برای اصول علم فیزیك اهمیت اساسی دارد .

(۱۸) امتحان «فیزو» و «میشل‌زون» ـ راجع بتحقیق مسئلهٔ‌مزبور امتحانات عدیده بعمل آمده‌است که اصول آنها بترتیب ذیل میباشد . فیزو سرعت نور را در آب ساکن وجاری‌معین نمود . درهر دوحال نتیجه یکسان بود بنابراین نتیجه گرفت ، «اترساکن‌است» اما اگر اترساکن باشد بایستی ازروی تجربه سرعت‌نوردر جهت حرکت زمین و در امتداد عمود بر آن متفاوت گردد تاحرکت زمین در اتر ساکن معلوم شود .



«ش ۱۶»

«میشل‌زون» این تجربه را عملی نمود . اگر اتر ساکن باشد ونور منبع A یکمرتبه‌درامتداد حرکت زمین به F رسید دوباره از F برگردد ، دفعه‌دیگردرامتداد عمود برامتداد اولی یاامتداد دیگر مثلا از A به D رسیده مراجعت کند و AF $=AD$ باشدراهی را که‌نور درحالت‌اول (امتداد AF) طی کرده‌است متفاوت با حالت ثانی (امتداد AD) خواهد بود (ش۱۶) . اگر متر ۱ $=AF$ باشد چون سرعت نور ۱۰ هزار برابر سرعت حرکت زمین (۳۰ کیلومتردرثانیه) است پس اختلاف مزبور ۰٫۰۰۰۱ متر خواهدبود . در تجربه که ازروی تداخل شعاع تابش وانعکاس مدت لازم برای‌طی مسافت AF و AD را حساب مینمود درهر دوحال مدت ثابتی پیدا شد . بنابراین «اتر ساکن نیست» نتیجهٔ این تجربه مخالف با نتیجه تجربه‌فیزومیباشد .

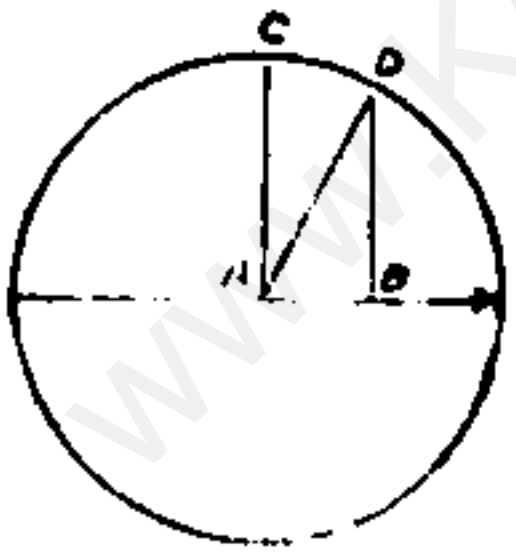
(۱۹) سرعت نور ثابت است ـ نتیجه مهم امتحانات مزبور (وتجربیات نظیر دیگر)اینست که شخص ناظر خواه ساکن وخواه متحرك‌باشد در هرحال‌ازروی تجربه برای سرعت نور عدد ثابتی پیدا میکند . امتحانات مزبورطوری دقیق انجام داده‌شده‌است که‌اگرحقیقةاختلافی در سرعت نور موجودبود بایستی بوسیله تجربه‌معلوم و واضح شود .

بنا بر این نتایج متضاد تجربیات مزبور را بطور کلی به ترتیب ذیل بیان میکنیم ،

اگر سرعت نور را در دوسلسله از اجسام که نسبت بهم در امتداد مستقیم‌باسرعت یکنواخت متحرك‌میباشند اندازه‌گیریم‌مقدار آن در هردوسلسله مساوی‌است .

ابتدا بنظر میآید که اگر سرعت نور را یکمرتبه در امتداد حرکت زمین و دفعه دیگر در خلاف جهت آن معلوم سازیم بایستی سرعت یکمرتبه و دفعه $c+v$ جلوه کند (c سرعت نور v حرکت زمین است) و حال آنکه اسباب تداخل (انتر فرومتر) مزبور که « میشل زون » تهیه نموده بود با وجود کمال دقت در هر حال سرعت نور را ثابت نشان میدهد . یعنی بوسیله این تجربه واضح میشود **اتر ساکن نیست** ولی تجربه فیزو معلوم میکند اتر ساکن است پس وجود اتر محال منطقی است **و اتر وجود ندارد** اما از طرف دیگر فواصل مابین ستارگان را نمیتوانیم خلاء صرف فرض کنیم زیرا تأثیر جاذبه در سرعت نور مؤثر است و این تأثیر بایستی بوسیله‌ای از وسائل صورت گیرد پس اثر وجوددارد .

بجهت بیان این اشکال وتضاد دو سلسلهٔ متحرك (مثلا یکی از ثوابت نسبت نسبت بزمین یا دو قطار راه‌آهن که از مجاورت هم گذشته در امتداد مستقیم از هم‌دور میشوند) را در نظر میگیریم . فرض میکنیم دو قطار هر کدام در پهلو دارای نوك تیزی باشند که موقع عبور از مجاورت هم نوکها که کاملا مقابل یکدیگر قرار گرفته بواسطه‌بار الکتریسیته مخالف که در دو نوك قبلا ایجاد نموده ایم تولید جرقه کنند و بدین ترتیب نوری ایجاد شود . شخص A در داخل قطار اول و شخص B در داخل قطار ثانی هر دو با وسائل علمی کاملا شبیه سرعت نور رامعین‌نمایند.دراینصورت حالات A و B کاملا قرینه خواهدبود .



ش ۱۷

در (ش۱۷) فقط حالت A را در نظر می گیریم. اگر c سرعت نور باشد پس از t ثانیه نور موج کرهٔ که مرکز آن A و شعاع آن $AC=c.t$ است تشکیل خواهد داد . میتوان برای سهولت مطالعه فرض نمود که اساساً A ساکن و B با سرعت v (مجموع سرعتهای A و B نسبت بهم) متحرکت است . پس از مدت زمان مزبور t ثانیه ناظر B باندازه $AB=v.t$ از A دور شده است . اما B هم باهمان اسبابها همان سرعت ثابت C را برای نور پیدا میکند یعنی ملاحظه مینماید نور پس‌از t ثانیه موج کروی با شعاع ct در اطراف K تشکیل داده‌است درصورتیکه بطور وضوح (رجوع به‌ش۷) طول BD ... و است و جمیع نقاط یك کره نمیتوانددر آن واحدهم از A وهم از B بیننده شده کره A را متحرك و B را ساکن فرض کنیم باز همین تضاد وجود دارد چنانکه خواهیم دید فقط وقتی میتوان اشکال این منافات منطقی و ریاضی را برطرف نمود که فرض کنیم اسبابهای اندازه‌گیری و ساعتها در A و B خاصیت متفاوتی دارند طول d و زمان

t که در دو سلسله متحرك مزبور اندازه گرفته میشود ، نسبت به حالت حرکت آن ها تغییر مینماید . بجهت تفسیر و مرتفع نمودن تضاد سه حکم مهم را در این مورددر نظر میگیریم ،

۱ ـ اگر **مقیاس‌مدرج** [۱] **نسبت بامتداد حرکت عمود باشد ، برای‌شخص‌ناظر طول ثابتی‌راخواهدداشت** اعم ازاینکه‌شخص‌ومدرج‌مزبور نسبت بهم ساکن یا متحرك باشند . برای اثبات این مطلب تصورمیکنیم دو مدرج‌در A و B موجود و کاملا با هم مساوی باشند یعنی اگر آنها را پهلوی هم قرار دهیم درجات آنهابر روی هم‌منطبق شود . اگر A وB نسبت بهم متحرك‌باشند فرض کنیم طول مدرج تغییر کرده مثلا کوتاه‌تر شده باشد در اینصورت A که خود را ساکن و B را بطرف خود متحرکت میداند موقع عبور B از مجاورت A (عبور دومدرج‌از مقابل هم) مدرج B راکوتاه‌تر درك خواهد نمود و بهمین ترتیب شخص B مدرج A را کوتاه‌تر از مدرج‌خود تصور خواهد کرد . یعنی یکی خواهددید که چنددرجه مدرج A زیاد تر از B است و دیگری بر عکس ، اینمحال است زیرا فرض کنیم صفحهٔ فلزی داشته باشیم که در آن سوراخی بشکل دائره ایجاد شده باشد . گلولهٔ دیگری در کار باشد که شعاع آن کاملا مساوی شعاع دایرهٔ سوراخ مزبور باشد . حال گلوله را در قطار B و صفحهٔ فلزی را در قطار A طوری مجسم میکنم که‌موقع عبور دو متحرك از مقابل هم گلوله مقابل سوراخ قرارگیرد . در موقع سکون گلوله بدون زیاد وکم از سوراخ میگذرد . ولی اگر A و B نسبت بهم متحرك باشند، اگر B خود را ساکن A را متحرك بداند لازم‌است که بنظر او سوراخ کوچکتر شده‌باشد یعنی گلوله نتواند عبور کند و تغییراتی در فلز ایجاد نماید . بهمین‌ترتیب A حق‌دارد خودرا ساکن و B را متحرك بداند چون قضایا را برای A و B کاملا قرینهٔ هم فرض نموده ایم در این حالت شخص A خواهد دید که گلوله کوچك شده از سوراخ عبور میکند و فضای خالی در اطراف آن باقی میماند . بدین‌ترتیب لازم میآید A و B در یك زمان و در یك مکان (موقع عبور دو متحرك از پهلوی هم) قضیه معین‌و مشخص را دو نوع متفاوت درك کند در صورتیکه میدانیم قضایای طبیعت (با قضایای پسیکولوژی اشتباه‌نشود) در یك‌زمان و دریك‌مکان برای اشخاص یکسان میباشندودر مثال مزبور هر یك ازدو متحرك **حالت‌حرکت** مخصوص دارند ولی برای‌تمام‌اشخاص موقع رسیدن قطار ها بهم **انطباق زمانی و مکانی** وجود دارد . از اینجا واضح میشود که مکان (طول ، عرض ، عمق) در امتداد عمود بر امتداد حرکت تغییر نمیکند . خط AD برای هر دو ناظر دارای یك طول معین است ، امابآسانی

۱ـ غرض‌ازمبدء‌مقیاس‌مدرج‌عبارت‌ازخط‌کش‌ویاقوس‌ویاهرنیه‌مدرج‌است‌که‌بوسیله‌طول‌آن، زاویه، زمان وغیره‌را اندازه‌میگیریم .

میتوان فهمید که این طرز نتیجه گیری را در مورد مدرجهائی که در امتداد حرکت واقع میباشند نمیتوانیم عملی کنیم و در این امتداد **حالت حرکت** در طول مدرج مؤثر است وما شرح آنرا ذیلا خواهیم دید .

۲ ـ فرض کنیم هر دوناظر بخواهند سرعت نور را معین نمایند . هردوشخص مدت زمانی را که نور لازم دارد تا نقطه D برسد اندازه میگیرند . A ملاحظه میکند مثلا در t ثانیه نور از A به D رسیده است . اما از نقطهٔ نظر B نور فاصله کوتاه‌تر BD را طی کرده است ومطابق آنچه که گفتیم چون BD بر AB عمود است پس طول BD برای هر دوشخص بیك اندازه است ومقدار آن

$$\sqrt{AD^2 - AB^2} = \sqrt{c^2t^2 - v^2t^2}$$

میباشد (c سرعت انتشار نور و v سرعت حرکت B نسبت به A است) B_1 بایستی زمان را بوسیلهٔ ساعتی که خواص آن کاملا مانند خواص ساعت A است اندازه گیرد . اما میدانیم که هر دو شخص سرعت نور را بوسیلهٔ تجربه مساوی اندازه میگیرند (قانون ثبات سرعت‌نور) . و این نتیجه فقط و فقط وقتی ممکن‌است صحیح باشد که برای دو شخص زمان های t و t' که در روی ساعتهای خود میخوانند متفاوت باشد.زیرا مثلا :

$BD < AD$ و $BD/t' = AD/t$ (ثبات مقدار سرعت‌نور) باشد پس $t' < t$ مقدار t' را بدین‌ترتیب پیدامیکنیم ،

$$t'/t = BD/AD \quad \frac{\sqrt{c^2t^2 - v^2t^2}}{ct}$$

و یا

$$t' = t\sqrt{1 - v^2/c^2} \qquad (1)$$

و از آنجا قانون دوم نتیجه میشود ، **اگر ساعتی با سرعت v حرکت کند به نسبت $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ کند تر از حالت سکون خود میباشد .**

این حکم فقط راجع به ساعت نیست‌بلکه تمام قضایا و تغییرات مادی در B باید بهمین نسبت بنظر A کندتر جلوه کند زیرا هر تغییر مادی میتواند اساس اندازه گیری زمان باشد .

۳ ـ از روی قانون ۲ که‌خود نتیجه قانون ۱ می‌باشد میتوان نتیجه گرفت، **هر جسمی که‌باسرعت v بطرف شخص‌ناظرحرکت کند، در امتداد حرکت به‌نسبت $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ کوتاه تر از مقدار حالت‌سکون(نسبت به‌ناظرمزبور)جلوه‌خواهدنمود.**

اگر شخص B ساکن باشد و قطار راه آهن از پهلوی او با سرعت عبور کند و B بخواهد طول‌قطار مزبور را اندازه گیرد مجبور است ابتدا زمان راانداز

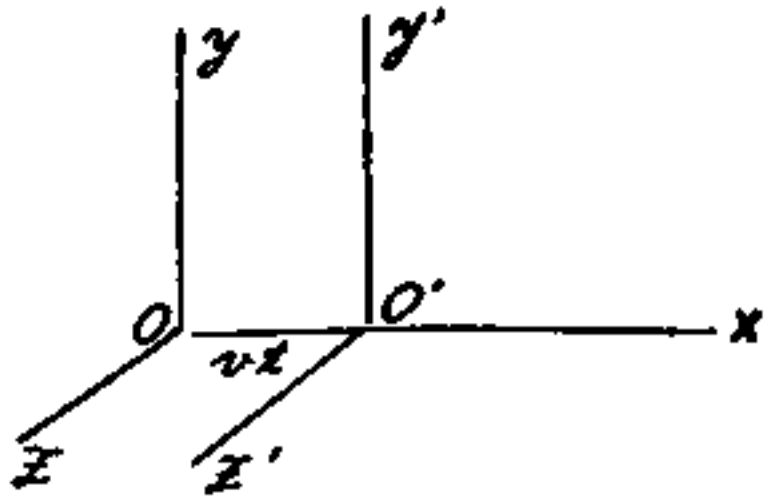
گیری کند و همین امر باعث میشود که طول قطار در تمام حالات مقدار ثابتی جلوه نکند • از روی مطالعات مزبور واضح میشود دو ناظر A و B نه فقط سرعت نور (c) بلکه هر سرعت v (سرعت حرکت دو سلسله مادی نسبت بهم) دیگر را نیز نیز ثابت میداند چه حالت حرکت A و B نسبت بهم کاملا یکسان است • برای شخص B در ضمن حرکت l' (یا **طول حرکتی قطار**) عبارتست از $l' = l\sqrt{1 - v^2/c^2}$ (v سرعت حرکت قطار نسبت به B). اگر شخص **A** در داخل قطار باشد و بخواهد طول قطار را نسبت به خود (**طول سکونی قطار** زیرا در اینحالت ناظر نسبت به قطار ساکن است) اندازه گیرد کافی است که t مدت عبور قطار را از مقابل B معین نموده $l = vt$ را حساب کند . برای شخص ناظر A زمان ساعت متحرک B (t') کوچکتر از زمان نظیر ساعت ساکن A (t) میباشد و بنا براین l طول قطار بنظر او (**طول سکونی قطار**) بزرگتر از طول قطار بنظر B (**طول حرکتی قطار**) خواهد بود پس همان نسبت زمانها در بارهٔ طولها نیز صادق خواهد بود یعنی

$$l' = l\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

بکمك قضایای سه گانه مزبور میتوان تضاد نتایج تجربه مزبور را بیان نمود **لورنس** کوتاه شدن طول را در امتداد حرکت و **اینشتاین** تغییرات راجع باندازه گیری زمان را در این مورد اساس تفکرات خود قرار میدهند •

(۳۰) علت ثبات سرعت نور در تحویل سلسله ها بیکدیگر

بکمك محاسبات ریاضی نیز نتایج مزبور را میتوان بدست آورد • فرض کنیم دو سلسله مادی که بطرف هم حرکت مینمایند یکی زمین و دیگری از سور آسمانی باشد • برای مدت کوتاه (مدت حرکت نور در انترفرو متر تجربه میشل زون) این حرکات را مستقیم الخط و یکنواخت فرض میکنیم . برای اینکه فهم مطلب ساده باشد در هر دو سلسله سه محور مختصات هندسهٔ تحلیلی را طوری مجسم میکنیم که یکی از محورهای آنها بر هم منطبق شده در امتداد حرکت (خط واصل بین دو سلسله)قرار گیرد (ش۱۸) و دو محور سلسله ها باهم موازی باشند . سرعت حرکت دو مبدء O و O' نسبت بهم v فرض میشود . شخص ناظر در O مختصات هر نقطه را در قضایا x ، y ، z و زمان را t نمایش میدهد و ناظر O' مختصات را با x' ، y' ، z' و



ش ۱۸

زمان را با t' تعبیر میکند . مطابق مشروحات گذشته فرض میکنیم در همان لحظه که O و O' برهم منطبق میشوند نوری تولید میگردد . ناظر O ملاحظه میکند پس از t ثانیه نور بشکل موج کروی که مرکز آن نقطهٔ O و شعاع آن ct است (c سرعت انتشار نور فرض میشود) انتشار یافته است . ناظر O' نیز مرکز کرهٔ موج نور رادر O' و شعاع آنرا پس از t' ثانیه مساوی ct' میداند. و چون هردو ناظر درمحل امتحان در تمام جهات مختلفه سرعت نور را بیك اندازه پیدا میکنند مجبوریم مشروحات مزبوررا قبول کنیم . اگر نور پس از مدت معینی (t ثانیه مطابق ساعت شخص O و t' ثانیه مطابق ساعت O') بشکل موج کروی انتشار یافت بجهت هریك از نقاط سطح کره درسه محور مختصات O رابطه : $x^2+y^2+z^2=c^2t^2$ (۲)

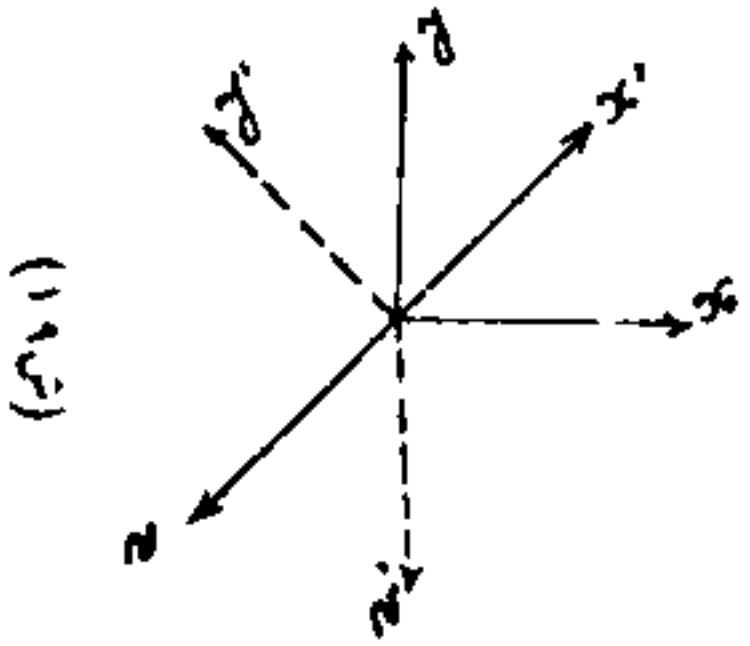
و درسه محور مختصات O' رابطه $x'^2+y'^2+z'^2=c^2t'^2$ صادق خواهد بود این فورمول ها رابطور کلی بصورت $\Sigma\Delta x^2-c^2\Delta t^2=0$ مینویسیم .

زیرا فاصلهٔ هر نقطهٔ فضا از مبدء مختصات (ct) و تر مثلث قائم الزاویه است که یك ضلع مجاور بزاویهٔ قائمه آن ارتفاع (z) وضلع دیگر آن فاصلهٔ تصویر نقطهٔ مفروض بر سطح افقی (سطح محورهای x و y) از مبدء O باشد . ضلع اخیر خود و تر مثلث قائم الزاویه است که یك ضلع مجاور بزاویه قائمه آن x و ضلع دیگر y باشد پس $c^2t^2=z^2+(x^2+y^2)$ و ازاینجا روابط مزبور بدست آید .

حال باید تحقیق نمود در تحت چه شرائطی ممکن است کره بمرکز O نیز کرهٔ بمرکز O' باشد؟ برای اینکه روابط مزبور در آن واحد صادق باشند بایستی میان آن ها **تحویل** بعمل آید . ساده ترین تحویلات **تحویل لورنس** است که ذیلا شرح داده میشود و مستلزم اینست که روابط ذیل صادق باشد .

$$x'=\frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\quad ,\quad y'=y\quad ,\quad z'=z\quad ,\quad t'=\frac{t-\frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

ابتدا طرز پیداشدن این فورمولهای ریاضی و بعد معنی فیزیکی آنها را تشریح میکنیم . در سلسله O در یکی از نقاط فضا به مختصات x ، y ، z در زمان t اتفاقی افتاده است . میخواهیم بدانیم همین اتفاق کی (در کدام زمان t') و **کجا** (در کدام نقطه با مختصات x' ، y' و z') در سلسله O' بظهور میرسد، در صورتیکه میدانیم دو سلسله O و O' با سرعت v در امتداد محور x ها نسبت بهم حرکت



(شکل ۱۹)

مینماید و هریك از آن ها طول و زمان را بوسیله مدرج‌هائی که نسبت به‌خودشان ساکن است اندازه می گیرند ؛ فرض میکنیم در زمان $t = t' = t'' = 0$ چند نفر ناظر در اطراف ساعت A (ش۱۹) واقع در سلسله (I) موجود باشد و با سرعت نزدیك به c از آن‌دورشوند . پس‌از زمان های t_1 ، t_2 ، ... وغیره هریك‌ازاشخاص مزبور محل ساعت را در محور مختصات هندسه تحلیلی خود معین میکند ، مثلا اولی مختصات A را x ، y ، z دیگری x' ، y' ، z' و غیره میداند ، درتمام حالات رابطه نظیر $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$ صادق خواهد بود محل عقربك ساعت (I) علامت تولید شدن اتفاقی است (مثلا ایجاد شدن نور) و مطابق مشروحات گذشته مقدار آن درهر یك از سلسله های‌متحرك از روی روابط ذیل معلوم میگردد ،

$$t_0 = t\sqrt{1 - \frac{r^2}{c^2}} = t'\sqrt{1 - \frac{r'^2}{c^2}} = t''\sqrt{1 - \frac{r''^2}{c^2}} = \ldots$$

ویا

$$\frac{\sqrt{c^2t^2 - (x^2 + y^2 + z^2)}}{c} = \frac{\sqrt{c^2t'^2 - (x'^2 + y'^2 + z'^2)}}{c} = \ldots$$

بنا بر این مختصات یك **قضیه نقطه شکل** در سلسله‌های مختلف که درمبدء زمان مبدء مختصات آنها بر هم منطبق بوده‌است ، طوری میباشد که ما بین آنهارابطهٔ ذیل صادق است .

$$(٤) \qquad c^2t^2 - (x^2 + y^2 + z^2) = c^2t'^2 - (x'^2 + y'^2 + z'^2)$$

مقادیر $x'y'z'$ در تمام سلسله‌ها عبارت از مختصات حرکات مستقیم‌الخطی که در زمانهای t از مبدء مختصات انجام داده شده است میباشند و چنین حرکت را در اینجا **لغزش** اصطلاح میکنیم ، یعنی اگر مقدار t تغییر کند مقادیر $x'y'z'$ و بنابر این محل نقطه متحرك نیز تغییرخواهندنمود ودراینمدت هر چهار مقدار (t, x', y', z') با هم **لغزیده‌اند** پس درحقیقت‌برای‌هریك‌ازحالات نقطه بجای **مختصات‌سه‌گانه**، **مختصات چهارگانه** را در نظر میگیریم ، **مقدار لغزش** را بوسیلهٔرابطهٔذیل

۲۷۶ ـــــــ

$\delta.\gamma.\beta.\alpha$ تشکیل میدهند. بوسیله محاسبه معلوم میگردد .

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}\cdot x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot z=z' \cdot y=y' \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}}$$

و یا اگر معادلات را بر حسب $x' \cdot y' \cdot z'$ و t حل کنیم

$$t = \frac{t' - \frac{v}{c^2}\cdot x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot z=z' \cdot y=y' \quad x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (6)$$

تحویل سلسله‌ها بیکدیگر از روی فورمولهای مزبور صورت میگیرد اگر بجای متغیرهائی که دارای علامت (') میباشند متغیرهای بدون علامت مزبور را قراردهیم و یا بالعکس ، بایستی تمام قضایای طبیعت برای ناظردوم عیناً مطابق قوانین و ضرائب ثابت ناظراول صورت گیرد . اگر مقدار v نسبت به c خیلی کوچک باشد مقادیر v/c و v^2/c^2 بسمت صفر میل میکند و **روابط تحویلی** (٦) به صورت زیر در می آیند .

$$t' = t \cdot z' = z \cdot y' = y \cdot x' = x - vt$$

چنانکه میدانیم این روابط همان روابط تحویلی معمولی **گالیله** میباشند . از روابط (٦) همان حکم ثالث سابق بآسانی نتیجه میشود یعنی **هرطول متحرک** (بر یا بر) **د امتداد حرکت به نسبت** $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ **کوتاه تر جلوه میکند** . مطابق این تئوری که **اورنس** بیان میکند میتوان مجسم نمود که اتر در مقابل اجسام متحرک مانند هوا مقاومتی اعمال میکند . چون بزرگترین سرعت اجسام (v) در مقابل سرعت نور (c) خیلی کوچک است این اختلاف بر ما محسوس نیست وانگهی اگر زیادهم میبود ما نمیتوانستیم این کوتاه شدن را درک کنیم چه بهمان نسبتی که جسم کوتاه میشود خط کش مدرج نیز کوتاه تر میگردد اگر ناظر O' بامدرج کوتاه طول کوتاه بر را اندازه گیرد از حیث عدد بر = بر خواهد بود (درصورتیکه $y = r$ و z z' باشد) پس اگر موج برای O کروی شکل باشد O' نیز کروی خواهد بود . مطابق این تئوری هیچوقت سرعت ماده v نمیتواند از سرعت نور c تجاوز