UNIVERSAL
LIBRARY

OU-234746

UNIVERSAL
LIBRARY

توانا بود هر که دانا بود

وزارت فرهنگ

فیزیک

برای سال پنجم دبیرستانها

تألیف

آقای دکتر امانت الله روشن ضائر

استاد دانشگاه تهران

حق چاپ محفوظ

۱۳۲۱

چاپ خودکار ایران

گفتار نخست

آهن ربائی

بخش نخست

آهن ربا

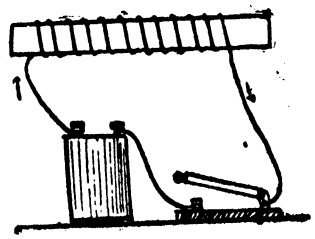
۱ - آهن ربای طبیعی و مصنوعی - بعضی از ابزارهائیرا که از فولاد آبداده ساخته شده (قیچی - قلمتراش - . . .) چون بجسمهای کوچك آهنی (سرقلم - سنجاق - براده آهن) نزدیك کنیم جسمهای آهنی را بطرف خود میرباید . میگوئید ابزار آهن ربا است .

دربعضی ازکانها نیز سنگهائی یافت میشود ($Fe^{3}O^{4}$) که دارای خاصیت آهن ربائی هستند وجسمهای کوچك آهنی را بطرف خود جذب میکنند. این سنگها را آهن ربای طبیعی نامند . چون سنك های آهن ربا نخستین بار در نزدیك شهر مغناسیا (Magnesia) پیدا شده خاصیت آنها را مغناطیس نام نهاده اند

آزمایش ۱ - نوك آهن ربای طبیعی را چند بار در یك سو روی میله فولادی که آهن ربا نباشد (ذره‌های کوچك آهن را بخود جذب‌نکند) بکشید . برای این کار میله فولادی را روی میز گذارده بایك انگشت آنرا

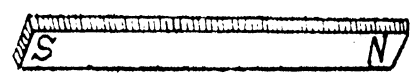
محکم نگاه دارید. بادست دیگر نوك آهن ربا را بافشار از طرفیکه انگشت خود را روی میله گذارده اید بطرف دیگر میله بکشید و چون بانتهای آن رسیدید آهن ربا را بلند کرده از بالا (چند سانتیمتر دور از میله) آنرا روبروی نقطهٔ که دفعه پیش شروع کردید آورده دوباره نوك را روی میله گذارده بکشید. پس از اینکه چندبار تکرار کردید می بینید که میله فولادی آهن ربا شده و ذره های کوچك آهن را جذب میکند.

آزمایش ۲ - دور میله فولادی که آهن ربا نباشد مارپیچی ازسیم مسی رو پوش‌دار پیچیده دوسر سیم‌را چند ثانیه بدوقطب انباره‌الکتریکی متصل کنید در نتیجه عبور جریان الکتریسیته در سیم ، میله فولادی آهن ربا شده ذره های آهن را جذب میکند.



ش ۱

آزمایش های (۱) و (۲) نشان میدهد که بوسیله جریان الکتریك و یا با مالش دادن آهن ربای طبیعی روی فولاد ممکن است آهن ربا ساخت. آهن ربا هائیکه بدین سان تهیه میشوند آهن ربای مصنوعی نام دارند. آهن ربا هارا باشکال مختلف میسازند ازهمه متداول تر آهن‌رباهای میلهٔ و نعلی و عقربه های لوزی شکل است (شکل های ۲ و ۳ و ٤)



ش ۲



ش ۳



ش ٤

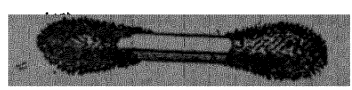
آزمایش ۳ - در دستگاه آزمایش ۲ بجای میله فولادی میله آهن خالص بکار برید . خواهید دید تا هنگامیکه از سیم جریان الکتریك عبور میکند میله آهن ربا است وموقعیکه جریان قطع شود دیگر میله آهن ربا نیست . این نوع آهن ربا را آهن ربای موقتی گویند .

آهن رباهای طبیعی ویا آهن ربای مصنوعی که بافولاد تهیه شده‌چون خاصیت آهن‌ربائی خودرا ازدست نمیدهند آهن‌ربای دائمی‌نامیده‌میشوند .

۲ - قطب های آهن ربا - آزمایش ۴ - تکه آهن ربای طبیعی را دربراده آهن فروبرید می‌بینید درپاره ازنقاط آهن‌ربا بیشتر ازنقطه‌های دیگر آن براده آهن چسبیده (شکل ٥) . همین آزمایش‌را بایك آهن ربای میله‌ای یایك آهن‌ربای نعلی انجام دهید می‌بینید که در دو انتهای میله مقدار ازیادی براده آهن چسبیده وهرچه‌ازدونوك دورشویم تاثیر آهن‌رباروی براده‌آهن کمتراست (شکل های ٦ و ۷) . مثل اینست که‌خاصیت آهن‌ربائی دراین‌دو نقطه متمرکز شده‌است‌این دو نقطه‌را دوقطب آهن‌ربا گویند.

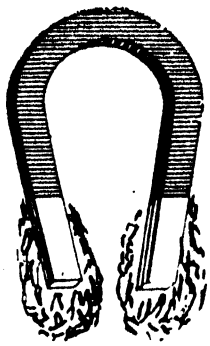


ش ٥



ش ٦

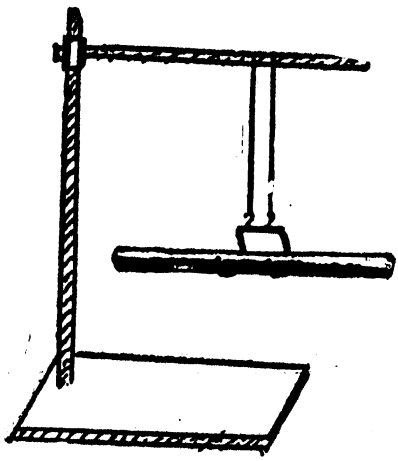
۳ ـ وضع قرار گرفتن عقربه مغناطیس



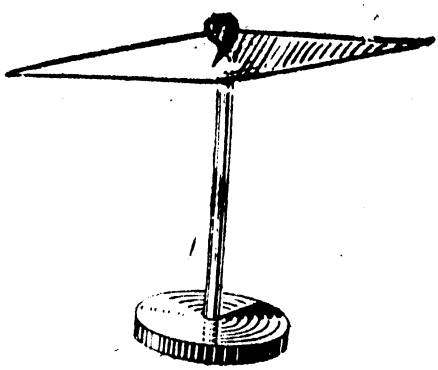
ش ۷

آزمایش ۵ ـ یك آهن ربای میله ای (یا عقربهٔ) را بانخ پنبه یاابریشم نتابیده مانند شکل ۸ آویخته یا مانند شکل ۹ روی پایه بگذارید.

منظور این است که آهن ربا بتواند بازادی در یك سطح ترازی حرکت کند.



ش ۸



ش ۹

می بینید پس از لحظهٔ آهن ربا در راستای معینی که تقریباً راستای شمال و جنوب است میایستد. چون آهن ربا را از این وضع دور کنید. میله پس از چند نوش (ارتعاش) دوباره بهمان وضع پیش در میاید یعنی همان نوکی که بطرف شمال بود بطرف شمال متوجه میشود و نوك دیگر که بطرف جنوب بود بطرف جنوب متوجه میشود و میله در راستای شمال و جنوب قرار میگیرد

آزمایش را بایك میله که آهن ربا نیست انجام دهید. به بینید میله را در هرراستائیکه قرار دهید خواهد ایستاد. اینك همین میله رابطوریکه

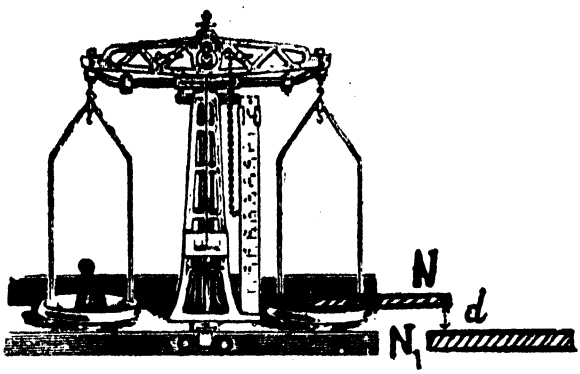
در آزمایش یك یا ۲ گفته شد آهن ربا کنید و آنرا بیاویزید خواهید دید پس از اینکه میله آهن ربا شد درراستای شمال وجنوب قرارمیگیرد آزمایش ۵ نشان میدهد که چون یك میله آهن ربا آزاد باشد همیشه در راستای معینی قرار میگیرد یکی از قطب های آهن ربـا همیشه بطرف شمال ودیگری بسوی جنوب‌متوجه میشود . قطبی که بطرف شمال متوجه میشود قطب جوینده شمال یا برای اختصار قطب شمال و قطب دیگر را قطب جوینده جنوب یا برای اختصار قطب جنوب نامند . برای شناختن دو قطب یکی را با حرف N (شمال) و دیگری را با حرف S (جنوب) مشخص میکنند . روی بعضی عقربه ها نیز برای تمیز دادن دو قطب از یکدیگر درطرف قطب شمال رنك آبی اکسید آهن را باقی گذارده وطرف قطب جنوب را میسایند تا رنك طبیعی فولاد نمایان شود .

۴ ـ تأثیر دو قطب روی یکدیگر ـ آزمایش ٦ ـ قطب شمال یك آهن ربا را بقطب شمال یك آهن ربای میله ای که مانند شکل ۸ آویزان شده نزدیك کنید به بینید میله چرخیده و دو قطب شمال ازهم دور میشوند . چنانچه قطب جنوب آهن ربا را نزدیك قطب جنوب میله برید باز می بینید که دو قطب ازیکدیگر دور میشوند ولی چون قطب‌شمال آهن ربا را نزدیك قطب جنوب میله یا قطب جنوب آهن ربا را نزدیك قطب شمال میله برید می بینید دوقطب بیکدیگر نزدیك میشوند

آزمایش را با انواع مختلف آهن‌ربا های عقربه ای ـ نعلی . . . انجام دهید به بینید درتمام حالتها دوقطب همنام یکدیگررا دفع میکنند ودوقطبی که همنام نیستند یکدیگر را می ربایند .

۵ ـ توده مغناطیس ـ آزمایش ۷ ـ یك‌میله آهن ربای NS در

کفه ترازو گذارده و در کفه دیگر پار سنك بریزید تا ترازو ترازمند شود. یك میله آهن ربای N_1S_1 را بطوریکه در شکل ۱۰ دیده میشود. موازی و زیر SN قرار دهید بطوریکه دوقطب شمال N و N_1 در فاصله d ازیکدیگر قرار گیرند. در آزمایش ٦ دیدیم این دو قطب یکدیگر را دفع میکنند. چون N_1S_1 در جای خود محکم نگاهداشته‌شود N بطرف بالا رانده میشود. برای اینکه ترازو بحالت اول خود برگردد باید در کفه‌ای



ش ۱۰

که آهن‌ربا قراردارد سنك بگذاریم. سنگینی سنك P که در کفه گذارده‌شده برابر نیروی وازنش است که دوقطب N و N_1 روی یکدیگر واردمیکنند

همین آزمایش را بایك میله N_2S_2 انجام دهید (فاصله NN_2 را باز برابر d بگیرید). برای برقرار کردن ترازمندی ترازو باید یك سنك P_2 در کفه ترازو بگذاریم. چنانچه P_1 بیشتر یا کمتر یا برابر P_2 باشد بنا به تعریف گوئیم: مقدار یا چندی مغناطیس شمال که در قطب N_1 موجود است بیشتر یا کمتر یا برابر چندی مغناطیس موجود درقطب‌شمال N_2 است. بطور کلی چنانچه P_1 دو برابر یا سه برابر یا n برابر P_2 باشد گوئیم چندی مغناطیس موجود در قطب N_1 دو برابر یاسه برابر یا n برابرچندی‌مغناطیس‌قطب N_2است. برای‌اختصار گوئیم توده‌مغناطیس

m_1 قطب N_1 دو برابر یا سه برابر یا n برابر توده مغناطیس m_2 قطب N_2 است

۶ - قانون کولمب - آزمایش ۸ - آزمایش ۷ را تکرار کرده و با تغییر دادن فاصله d دوقطب N_1 و N_2 نیروئی که این قطبها بریکدیگر وارد میکنند معلوم کنید به بینید چون فاصله را دو برابر کنیم نیروی وازنش چهار برابر کم میشود و اگر فاصله را سه برابر کنیم نیرو نه برابر کم میشود و اگر فاضله را نصف کنید نیرو چهار برابر زیاد میشود .

پس معلوم میشود چون دوقطب درمقابل هم قرار گیرند نیروئی بریکدیگر وارد میکنند و این نیرو بنسبت عکس توان دوم فاصله دو قطب تغییر میکند .

کولمب این آزمایش را با وسائل دقیقی انجام داده و فورمول زیر را نتیجه گرفته است .

$$f=K\frac{m\cdot m_1}{d^2}$$

دراین فرمول m و m_1 توده‌های مغناطیس دوقطب است d فاصله آنهاست و f نیروی وازنشی است که‌دوقطب مذکوربیکدیگروارد میکنند . چنانچه آزمایش در هوا انجام گیرد و f و m و d را با یکه های c.g.s. بسنجیم K برابر یك است و فرمول بشکل $f=\frac{m\cdot m_1}{d^2}$ نوشته میشود

۷ - یکه توده مغناطیس - آزمایش ۹ - در دستگاه آزمایش ۸ درجائیکه آهن ربای N_1 گذارده شده دو آهن ربای N_1 و N_2 پهلوی هم قرار داده و آزمایش را تکرار کنید به بینید نیروی وازنشی که روی N

وارد میشود برابر است با

$$f=\frac{mm_1}{d^2}+\frac{mm_2}{d^2}=\frac{m(m_1+m_2)}{d^2}$$

پس دوقطب شمال که توده مغناطیسی آنها برابر m_1 و m_2 باشد مانند یك قطب که توده مغناطیس آن $m_3 = m_1 + m_2$ باشد روی قطب شمالی که توده آن m است تأثیر میکنند .

اینك یکی از دو آهن ربای اخیر را برگردانده و قطب جنوب آنرا پهلوی قطب شمال دیگری قراردهید . قطب m_1 آهن ربای N را دفع میکند قطب S_2 آهن ربای N را جذب میکند ونیروئیکه روی آهن‌ربای N وارد میشود برابر برآیند دو نیروی مذکور خواهد بود

$$f=\frac{m.m_1}{d^2}-\frac{m.m_2}{d^2}=\frac{m(m_1-m_2)}{d^2}$$

در این آزمایش تأثیرمجموع دوقطب شمال و جنوب مانند تأثیر یك قطب شمال باتوده

$$m' = m_2 - m_3$$

یا یك قطب جنوب با توده $m''=m_3-m_2=-m'$ است . بنابراین میتوان قطب یا توده مغناطیسی را کمیتی قابل افزایش و نقصان پنداشته وبرای آن یکه ای برگزید .

بنا بقرار داد توده قطب شمال را با علامت + و توده قطب‌جنوب را باعلامت − مشخص میکنند

یکه توده مغناطیس ـ توده یك قطب که چون در فاصله یك سانتیمتر $(d=1)$ از قطبی برابر خود واقع شود ونیروی وازنشی باندازه

یك‌دین برآن وارد کندبرای‌یکه c. g. s. توده مغناطیسی‌اختیارشده است

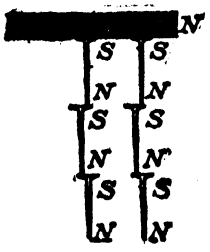
بنا بآنچه گفته شد میتوان توده مغناطیس قطبی را بایك عددجبری m نمایش داد مقدار عددی m چندی توده و علامت آن شمال یـا جنوب بودن قطب را مشخص میکند. مثلاقطب شمالی که توده آن سه برابر یکه c. g. s. توده مغناطیسی باشد ۳+ و قطب جنوبی که توده آن ۵ برابر توده یکه c. g s. توده مغناطیس باشد با ۵ — نمایش داده میشود.

۸ - جسمهای مغناطیسی – چون آهن ربائی را بشیشه – مس – روی – کاغذ – چـوب – نزدیك کنید این اجسام را جـذب نمیکند ولی جسمهائی مانند آهن یا فولاد را جذب میکند. اجسام اخیر را که بوسیله آهن ربا جذب میشوند جسمهای مغناطیسی گویند.

جسمهای‌مغناطیسی‌عمده عبارتند ازآهن – فولاد – نیکل – کوبالت. بابعضی از آلیاژها نیز میتوان جسمهای مغناطیسی تهیه نمود: آلیاژی که از هشت درصد آلومینیوم و ۲۷ درصد مانگانزو ۶۵ درصد مس تهیه شود جسم مغناطیسی خیلی قوی تشکیل میدهد. چون آهن‌ربا را ببعضی جسمها مانند بیسموت یا انتیمون... نزدیك کنیم این جسم ها را دفع میکند ولی تاثیر آن خیلی کم و برای بسیاری از جسمها غیر محسوس است. در فیزیك‌عالی علت‌این‌تفاوت وتقسیم‌بندی اجسام‌را ازلحاظ خواص‌مغناطیسی آنها مطالعه خواهید کرد

۹ - آهن ربائی القائی – آزمایش ۱۰ – آهن‌ربایN رانزدیك یك میخ آهنی برید تا میخ را جذب کند میخ دیگری بسر آزاد میخ‌اول که بآهن ربا چسبیده نزدیك کنید میخ اول مانند یك آهن ربا میخ دوم‌را

جذب میکند و بهمین ترتیب ممکن است چند میخ یکی بدیگری متصل و بآهن ربا آویخته شود چنانچه آهن ربا را از میخ اول جدا کرده ازآن‌دور کنید اتصال میخ های دیگر نیز بخودی خود قطع شده وازهم جدامیشوند. این‌آزمایش نشان‌میدهد که چون تکه آهنی بآهن ربائی متصل گردد بطور موقت آهن ربا میشود



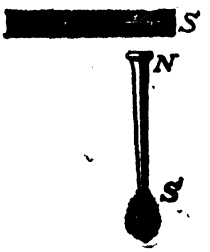
ش ۱۱

چنانچه آهن ربا خیلی قوی باشد میله‌آهنی که بآن متصل نباشد ودرنزدیکی آن قرار گیرد نیز آهن‌ربا شده وبراده آهن را بخود جذب میکند. (شکل ۱۲ و ۱۳)

خاصیت آهن‌ربائی را که دراثر وجود یك آهن ربا در اجسام‌مجاور ایجاد میشود آهن ربائی القائی نامند.

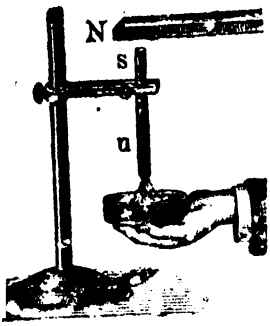
یك عقربه مغناطیسی بسر آزاد میخ یامیله آهنی کوچکی که بقطب شمال آهن ربا متصل است نزدیك کنید (آزمایش بند ۲۶ کتاب سوم) می بینید که این قسمت میخ مانند یك قطب شمال کار کرده قطب جنوب عقربه را ربوده وقطب شمال آنرا از خود دور میکند (شکل ۱۴)

این آزمایش را نسبت بسر های آزاد میخ یا میله هائی که یکی بعد از دیگری بهم متصل شده اند انجام دهید به بینید چنانچه قطب القاء کننده یك قطب شمال باشد نوك میله که باین قطب چسبیده (یانزدیك بان است) قطب جنوب میشود وطرف دیگرآن قطب شمال است. پس‌موقعی که میله آهن رابوسیله القاء اهن ربا میکنم قطبی که دور از قطب القاء کننده است با آن همنام

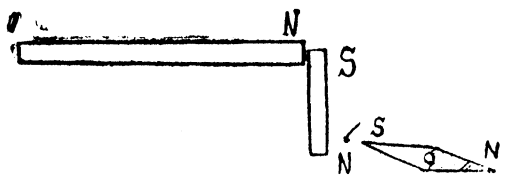


ش ۱۲

است وقطبی که نزدیك قطب آهن ربا کننده است با آن همنام نیست .



ش ۱۳



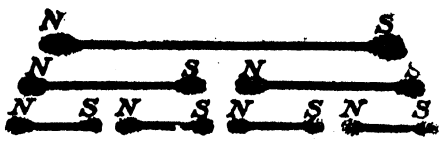
ش ۱٤

باملاحظه این خاصیت میتوان علت اینکه آهن ربا آهن را جذب میکند توضیح داد : هنگامیکه آهن ربارا به تکه آهن نزدیك میکنیم تکه آهن دراثر القاء آهن ربامیشود چون دو قطب مجاور آهن ربای القاء کننده وآهن ربای القاء شده همنام نیستند یکدیگر را جذب میکنند از اینرو است که تکه آهن بطرف آهن ربا کشیده میشود . دوقطب غیر همنام نیز یکدیگررا دفع میکنند ولی چون فاصله آنها زیاد است تأثیر نیروی مربوط بقدری نیست که از جذب شدن آهن بآهن ربا مانع شود .

جمع شدن براده آهن اطراف قطب‌های هر آهن‌ربا نیز بهمین ترتیب توضیح داده میشود . هریك از ذره های براده آهن در اثر القاء آهن ربا میشوند و بطرف آهن ربا جذب شده ذره مجاور را نیز جذب میکنند .

۱۰ ـ سازمان داخلی آهن رباها ـ آزمایش ۱۱ ـ آهن ربای میله ای بلندی را از وسط شکسته دوقسمت کنید . دو قسمت را دربراده آهن فرو برید می بینید که هریك از تکه ها خود یك آهن ربای کامل است و در نقطهٔ که آهن ربا شکسته یك قطب شمال ویك قطب جنوب پدید شده است .

یکی از تکه ها را باز بدو قسمت کنید به بینید که هریك از این قسمتها خود یك آهن ربای کامل ودارای دوقطب است . چنانچه آزمایش را تاموقعی که ممکن‌است ادامه داده هر تکه را بدو قسمت کنید می بینید که کوچکترین قطعه باز خود یك آهن ربا و دارای دو قطب شمال و جنوب است . از این آزمایش میتوان نتیجه گرفت که جزء های خیلی کوچك هر آهن ربا نیز دارای دوقطب هستند ونمیتوان قطب مثبت را از منفی جدا کرد .



ش ۱۵

آزمایش ۱۲ ـ یك لوله شیشه کوچکی را پر از براده آهن کنید قطب آهن ربائی را از یك طرف لوله تا طرف دیگر بکشید . بی آنکه لوله را حرکت دهید عقربه مغناطیسی را نزدیك آن برید . به بینید لوله آهن‌ربا شده است و عقربه را جذب میکند . لوله را حرکت دهید که ذرات براده آهن جابجا شوند خاصیت آهن ربائی لوله از میان میرود و دیگر روی عقربه مغناطیسی تأثیری ندارد .

آزمایش ۱۳ ـ الف ـ یك میله آهن‌ربا را کمی گرم کنید یاروی آن چند چکش بزنید به بینید توانائی آهن ربا دراثر کار های مذکور کم میشود . چنانچه میله را بقدری گرم کنید که گداخته شود خاصیت آهن ربائی آن بکلی از میان میرود .

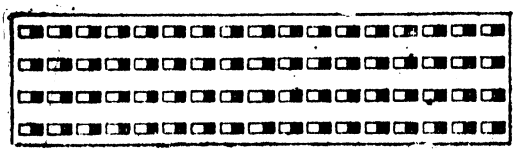
ب ـ میله فولادی که آهن ربا نیست در آتش بگذارید تا سرخ شود این میله سرخ را میان دو قطب یك آهن ربا نگاه دارید تا سرد شود پس

از سرد شدن به بینید میله آهن ربا شده است .

از آزمایش های ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ میتوان چنین نتیجه گرفت :

یك میله فولادی (خواه آهن‌ربا باشد یا نباشد) از یك عده بینهایت زیادی آهن‌رباهای کوچك کامل تشکیل‌شده که پهلوی یکدیگرقرارگرفته‌اند هریك از این آهن‌ربا های کوچك را میتوان اتمها وملکولها ویا اجتماعی از ملکول‌ها پنداشت ولی درهرحال هریك از آنها دارای دو قطب هستند

موقعیکه در یك میله تمام این آهن ربا های کوچك طوری قرار گرفته باشند که قطب های همنام آنها در یك سومتوجه باشند میله کاملا آهن ربا شده است .



ش ۱۶

میتوان‌وضع چنین‌میله را با شکل ۱۶ نمایش داد.

دروسط میله قطب های غیرهمنام که درمقابل یکدیگر قرارگرفته‌اند تأثیر یکدیگر را خنثی میکنند ولی دریك انتهای میله عده ای قطب شمال و در طرف دیگر عده ای قطب جنوب موجود است و تأثیر این قطبها است که از خارج خاصیت آهن ربائی میله را محسوس میکند.



ش ۱۷

موقعیکه آهن ربا های کوچك باوضعی شبیه بوضع شکل ۱۷ در مقابل هم قرار گیرند اثر یکدیگررا خنثی کرده و میله بطور کلی آهن ربا نیست . هنگامیکه یك میله فولادی عادی را آهن ربا میکنیم در حقیقت

در اثر نیروی مغناطیسی خارجی که روی میله وارد میکنیم وضع قرار گرفتن اجزاء کوچك میله را تغییر میدهیم .

در آزمایش ۱۲ دیدیم در اثر کشیدن قطب یك آهن ربا در جهت معینی لوله‌ای که درآن براده آهن بود آهن ربا شد وچون آنرا حرکت‌دادیم و در وضع قرار گرفتن ذرات آهن تغییری روی‌داد آهن ربائی لوله ازمیان رفت . بهمین جهت است که در اثر گرم کردن خاصیت آهن ربائی یك‌آهن ربا از میان میرود . در کتاب چهارم دیدیم که چون حرارت جسمی زیاد شود مولکولها آزادتر شده و بهتر میتوانند حرکت کنند.

چون میله آهن ربائی را گرم کنیم قطب های غیر همنام آهن ربا های کوچك داخلی که حرکتشان دراثر گرم کردن میله آزاد شده یکدیگر را جذب کرده ودر وضعی مانند شکل ۱۷ قرار میگیرند درنتیجه خاصیت آهن ربائی میله از میان میرود . برعکس چون میله فولادی را که آهن‌ربا نیست سرخ کرده و درمیان دو قطب آهن ربائی بریم چون حرکت ذرات درنتیجه گداخته شدن آزاد است این ذره ها تحت تأثیر نیروی ربایش آهن ربای خارجی در وضعی مانند شکل ۱۶ قرار میگیرند . موقعیکه میله‌سرد شد آزادی حرکت ذره ها کم شده ونمیتوانند از وضع کنونی خود خارج شوند و میله آهن ربا میشود . با فرضیه فوق میتوان علت آهن ربا شدن دائمی فولاد و آهن ربا شدن موقتی آهن خالص را نیز توضیح داد . آهن خالص چون نرم است هنگامیکه تحت تأثیر نیروی مغناطیس قرار گیرد ذرات آن بآسانی دروضع شکل ۱۶ قرار میگیرند وپس‌از آنکه تأثیرنیروی خارجی ازبین رفت بحالت اولیه برمیگردند ولی فولاد چون سخت تر است

برای اینکه ذره های آن تغییر سودهند نیروی بیشتری لازم است و پس از آنکه این تغییر سو حاصل شد ذرات نمیتوانند بخودی خود بحالت اولیه برگردند از این رو خاصیت آهن ربائی باقی می ماند . بهمین طریق نقصان نیروی آهن‌ربائی دراثر چکش زدن روی میله توضیح داده میشود زیرا در اثر فشاریکه موقع برخورد چکش روی ذرات جسم وارد میشود وضع قرار گرفتن آنهارا تغییر میدهد . دربخش نهم نیز که راجع بآهن ربا شدن دراثر میدان‌مغناطیسی‌صحبت میکنیم مطالب‌دیگر دراین‌باب‌مطالعه خواهیدکرد

۱۱ - خلاصه مطالبیکه دربخش نخست مطالعه شده

آهن ربا جسمی است که تکه های آهن وفولاد وکوبالت و نیکل را جذب میکند . دربعضی کانها سنگهائی یافت میشوند که دارای خاصیت‌آهن ربائی هستند این سنگها را آهن ربای طبیعی گویند .

چون نوك یك آهن ربای طبیعی‌را چند بار (دریك سو) روی میله فولادی بکشیم میله فولادی آهن ربا میشود . بوسیله جریان الکتریسته نیز میتوان یك میله فولادی را آهن ربا نمود . برای اینکار تکه سیم روپوش داری روی میله پیچیده و دوسر آنرا بیك انباره الکتریکی متصل میکنیم در اثر عبور جریان میله فولادی آهن ربا میشود . این نوع آهن ربا را آهن ربای مصنوعی گویند . اگر بجای میله فولادی یك میله آهن خالص بکار بریم تا موقعیکه جریان از سیم میگذرد میله آهن رباست چون جریان قطع شود خاصیت آهن ربائی میله نیز از میان میرود . این قبیل آهن ربا را آهن ربای موقتی گویند . آهن رباها را بیشتر بشکل میله

یا نعل وعقربه لوزی شکل میسازند.

خاصیت آهن ربائی هر آهن ربا در دو نقطه که عموماً دو انتهای آهن ربا است بیشتر از همه جا محسوس است و مثل این است که خاصیت آهن ربائی در این دو نقطه متمرکز شده است این دو نقطه را دو قطب آهن ربا گویند

چون وسط میله یا عقربه آهن ربا را روی پایه گذارده یا با نخی بیاویزیم بطوریکه آهن ربا بتواند بآزادی در یك سطح ترازی حرکت کند میله منحرف شده ودرراستای معینی قرار میگیرد : یکی از قطب‌هابطرف شمال ودیگری بطرف جنوب متوجه میشود. قطبی که همیشه بطرف شمال متوجه است قطب شمال وقطبی که بطرف جنوب‌متوجه است قطب‌جنوب نامیده میشود.

دو قطب همنام از دو آهن ربا یکدیگر را دفع میکنند و دو قطب غیر همنام یکدیگر را جذب مینمایند

نیروئی را که قطب یك آهن ربا روی قطب آهن ربای دیگر وارد میکند ممکن است بافرمول کولمب حساب کرد

$$f = \frac{mm'}{d^2}$$

درفرمول m و m' معرف توده های مغناطیس دوقطب و d فاصله آنها از یکدیگر است

یکهٔ c. g. s. توده مغناطیس ، توده قطبی است که چون در فاصله یك سانتیمتر از قطبی برابر خود واقع شود نیروئی باندازه یك دین برآن وارد کند.

اجسامی که مانند آهن وفولاد ... بوسیله آهن ربا جذب میشوند اجسام مغناطیسی نامیده میشوند. آهن رباروی بیشترجسمها مانند شیشه ـ مس ـ چوب ـ هوا ... تأثیرندارد این جسمها را جسمهای غیر مغناطیسی گویند. جسمهای مغناطیسی عمده عبارتنداز آهن ـ فولاد ـ نیکل ـ کوبالت وبعضی الیاژها.

چون تکه آهنی را بیکی ازقطب های آهن ربائی نزدیك کنیم آهن ربا میشود هنگامیکه آهن ربا را دور کنیم خاصیت آهن ربائی تکه آهن از میان میرود این قسم آهن ربائی را آهن ربائی القائی نامند

دو قطب یك آهن ربا را نمیتوان از هم جدا کرد. هر آهن ربا از یك عده بینهایت زیادی آهن ربا های بسیار کوچك تشکیل شده‌است.

چون آهن ربائی را گرم کنیم تا گداخته شود خاصیت آهن ربائی آن از میان میرود. برعکس چنانچه میله فولادی را در آتش سرخ کرده سپس آنرا میان دوقطب یك آهن ربا نگاه داریم تا سرد شود میله فولادی آهن ربا میشود.

بخش دوم

میدان مغناطیسی

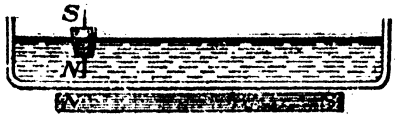
۱۲ ـ میدان مغناطیس

آزمایش ۱۴ ـ یك‌عقربه مغناطیس مانند عقربه شکل ۹ یك‌طرف میز بگذارید عقربه در راستای شمال بجنوب خواهد ایستاد ـ یك میله آهن ربای NS در طرف دیگر میز بگذارید به بینید تا موقعیکه فاصله NS از عقربه زیاد است در وضع عقربه تغییری حاصل نشده و درهمان راستای شمال وجنوب قرار دارد. آهن‌ربا را بتدریج بطرف عقربه جلو برید بفاصله معینی که رسیدید مثل اینست که نیروئی در عقربه تأثیر کرده و راستای آن را تغییر میدهد. گوئیم عقربه در میدان مغناطیسی آهن ربا داخل شده است از این ببعد هرچه آهن ربا بعقربه نزدیك تر شود تأثیر نیروی مذکور روی عقربه زیاد تر میشود.

این آزمایش را با آهن ربا های مختلف N_1S_1 و N_2S_2 ... انجام دهید به بینید در اطراف هر آهن ربا میتوان فضائی مشخص نمود که در داخل آن فضا عقربه مغناطیسی تحت تأثیر قرار میگیرد. این فضا را میدان مغناطیسی آهن ربا نامند

۱۳ ـ خط نیرو ـ آزمایش ۱۵ ـ در ظرف پهنی کمی آب ریخته ظرف را روی یك آهن ربای NS بگذارید. یك سوزن نازك آهن ربا شده را از یك چوب پنبه گذرانده مانند شکل ۱۸ در ظرف آب قرار

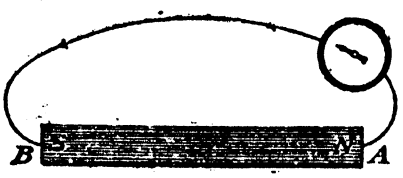
دهید. قطب شمال میله نازك تحت تأثیر نیروی وازنش قطب شمال N و نیروی ربایش قطب جنوب قرار گرفته خط منحنی پیموده از N به S میرود. (چون قطب جنوب میله نازك دور از آهن ربا است تأثیر یکه N و S روی آن دارند کم و غیر قابل ملاحظه است)



شکل ۱۸

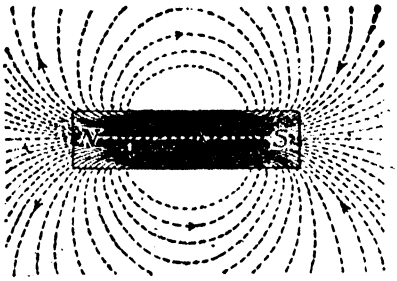
راهی را که N' پیموده تا از N به S رود یك خط نیرو نامند.

آزمایش ۱۶ ـ (الف) یك صفحه کاغذ سفید روی میز پهن کرده یك آهن ربای میله ای NS روی آن بگذارید. عقربه کوچکی روی کاغذ بگذارید پس از آنکه عقربه در حال ترازمندی قرار گرفت راستای آن را روی کاغذ نشان کنید. عقربه‌را درهمین‌راستا کمی تغییرمکان داده بگذارید تا بایستد وراستای جدید آنرا نشان کنید. اینکار را چند بار تکرارکنید اینك خمی ترسیم کنید که برتمام امتداد های مذکور مماس باشد به بینید این خم (منحنی) از یك طرف به قطب جنوب وازطرف دیگر بقطب شمال آهن‌ربا منتهی میشود وشکل آن مانند خط نیرو است که در آزمایش ۱۵ بوسیله N' پیموده شده بهمین ترتیب یکعده خطهای نیرورسم کنید به بینید در تمام حالتها خط های نیرو از قطب شمال خارج شده وبطرف قطب جنوب متوجه میشوند. میتوان تصور کرد که این خط ها در داخل آهن ربا نیز از S به N کشیده شده و رویهم خمهای بسته مانند



شکل ۱۹

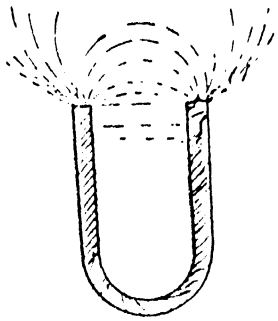
شکل ۲۰ تشکیل میدهند.



شکل ۲۰

آزمایش فوق را بایك آهن ربای نعلی انجام دهید نقشه مانند شکل ۲۱ بدست‌خواهید آورد می بینید در اینجا نیز خطهای نیرو از قطب شمال خارج وبقطب جنوب منتهی میشوند.

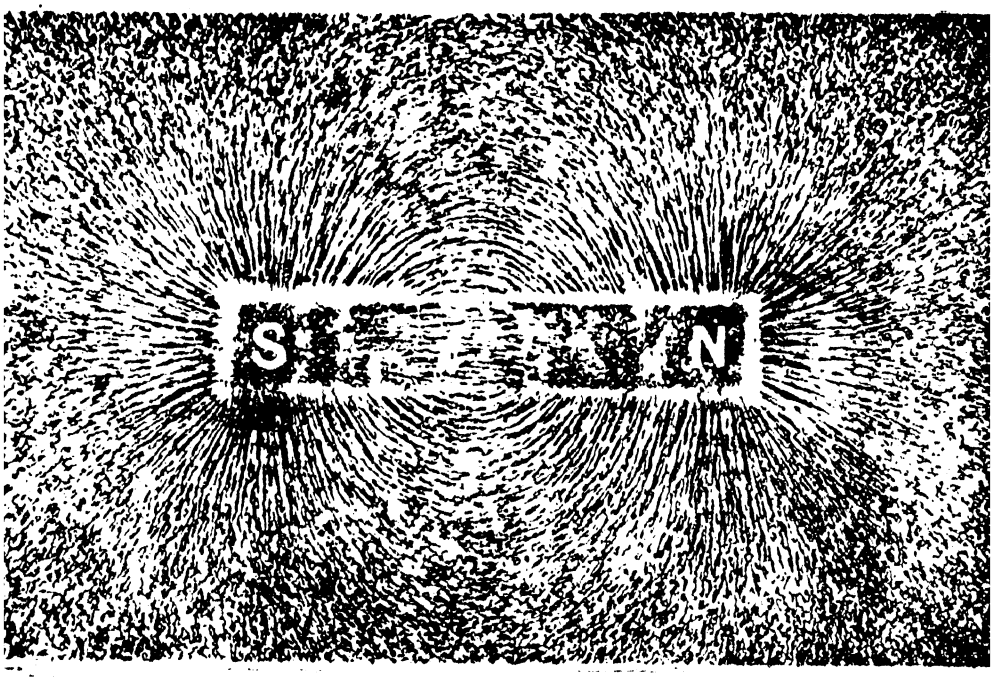
آزمایش ۱۶ - (ب) وضع خط های نیرو را میتوان با آزمایش سادهٔ نشان داد



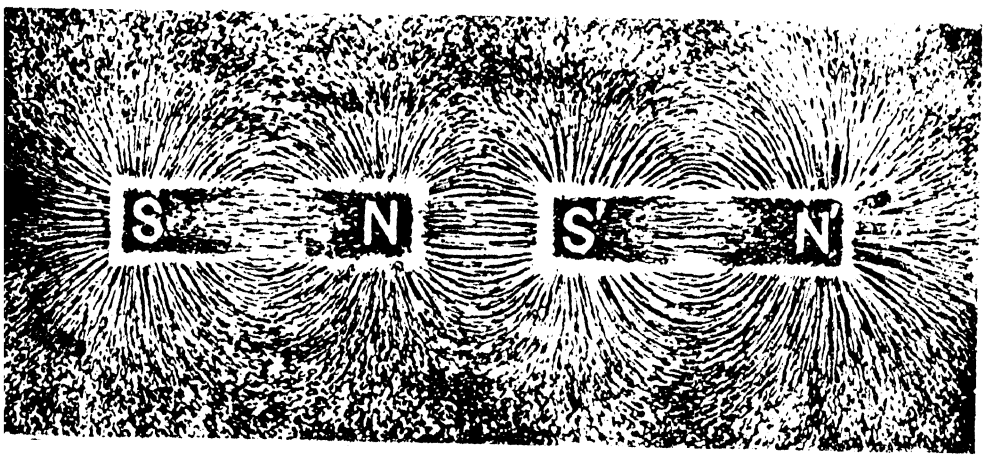
شکل ۲۱

یك آهن‌ربا روی‌میز گذارده‌تکه مقوا یا شیشه تختی روی آن بگذارید. روی مقوا کمی براده آهن‌بپاشید و بملایمت با انگشت روی مقوا بزنید بطوریکه بذره های براده آهن جزئی حرکتی داده شود. می بینید که ذره های آن اطراف آهن ربا در امتداد خطهائیکه از یك قطب شروع شده و بقطب دیگر منتهی میشوند قرار میگیرند. علت تشکیل خطها این است که ذرات آهن در اثر القا آهن ربا شده وهریك مانندیك عقربه‌مغناطیسی مماس برخطهای نیرو قرارمیگیرند

آزمایش‌را باانواع آهن رباهای میله ای ونعلی وهمچنین با گذاردن دو قطب همنام یا غیر همنام از دو آهن ربا برابر یکدیگر انجام دهید توزیع خطهای نیرو را بوضعی که در شکل های ۲۲ و ۲۳ و ۲۴ و ۲۵ دیده میشود خواهید یافت.

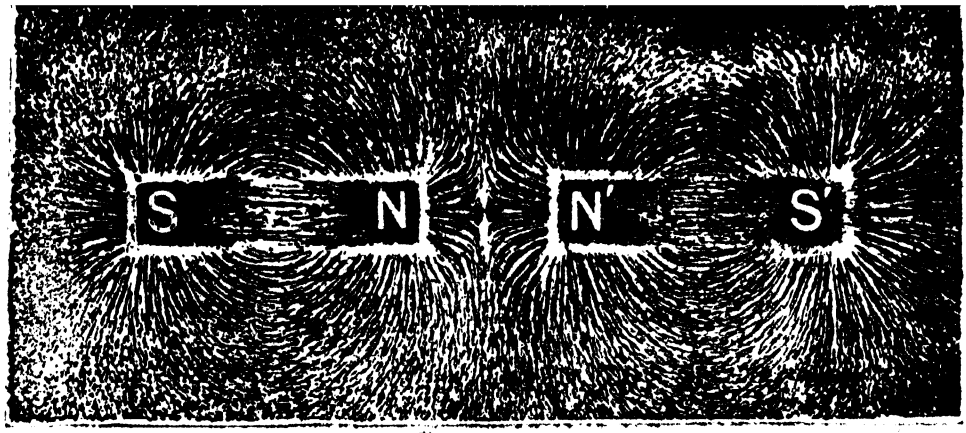


شکل ۲۲

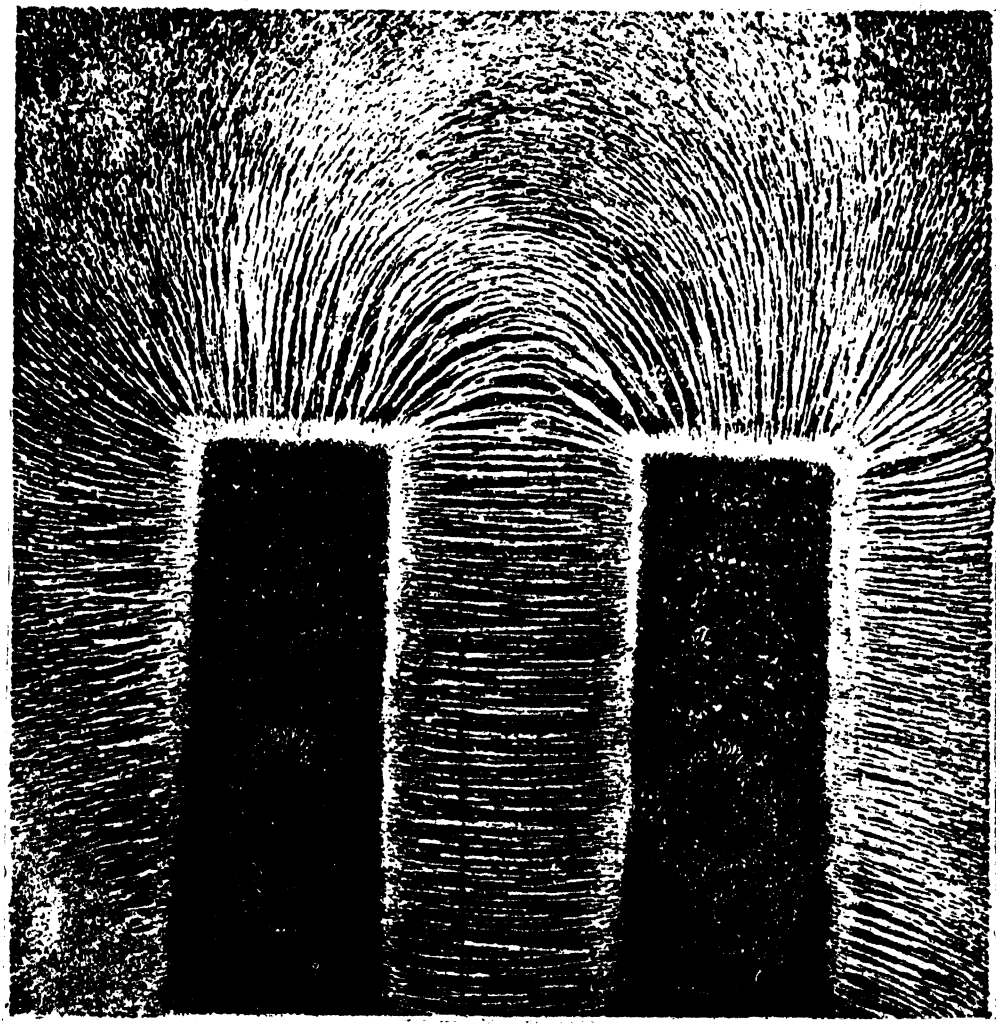


شکل ۲۳

میدان مغناطیس



شکل ۲۴



شکل ۲۵

آزمایش فوق نیز نشان میدهد خطهائیکه از یك قطب شمال خارج شود چون باخطهائیکه مبدأ آنها قطب جنوب است برخورد کنند بایکدیگر منطبق میشوند برعکس خط هائیکه از دوقطب شمال خارج میشوند بنظر میآید که یکدیگر را رانده و میخواهند از هم دور شوند

۱۴ ـ شدت میدان مغناطیسی ـ آزمایش ۱۴ را تکرار کنید به بینید نیروئی که در نقاط مختلف میدان روی عقربه تأثیر میکند متفاوت است گوئیم شدت میدان درتمام نقاط یکسان نیست . میتوان شدت میدان رادریك نقطه بوسیله نیروئی که دراین نقطه روی عقربه وارد میشود مشخص نمود . میدانید که نیرورا ممکن است بایك بردار نمایش داد (بند ۱۰ کتاب دوم) بنابراین میتوان شدت میدان مغناطیسی را در یك نقطه بایك بردار نمایش داد . راستای بردار دریك نقطه از میدان راستای عقربه ایست که دراین نقطه قرار گرفته و مماس بر خط نیروئیکه ازاین نقطه میگذرد باشد سوی آن سوی جنوب بشمال عقربه و بزرگی آن را میتوان بوسیله فرمول کولمب حساب کرد .

فرض کنیم یك قطب مغناطیس باتوده $m = ۱$ در فاصله d ازقطب شمال N که توده آن m' است گذارده شود . نیروئی که روی قطب m' وارد میشود برابر است با

$$f = \frac{m.m'}{d^۲} = \frac{m'}{d^۲} = H$$

بردار H را شدت میدان مغناطیسی در نقطه مذکور گویند گاهی نیز برای اختصار بردار H را میدان مغناطیس در این نقطه گویند البته نباید بردار را بامیدان مغناطیس که درجمله ۱۲ تعریف کردیم

اشتباه کرد. میدان مغناطیس فضائی است که در آن فضا عقربه مغناطیسی تحت تأثیر قرار میگیرد ولی میدان H دریك نقطه معرف نیروئی است که دراین نقطه روی قطبی که توده آن یك است وارد میشود.

۱۵ ـ یکه میدان مغناطیس ـ چون در نقطه از میدان قطبی که توده آن باندازه یکه توده مغناطیس باشد قرار دهیم بر این قطب نیروئی باندازه یك دین تأثیر کند گوئیم شدت میدان در این نقطه باندازه یك گوس (Gauss) است. گوس یکه c.g.s. شدت میدان مغناطیسی است

روی نقشه‌هاعموماً شدت میدان‌را بوسیله‌خط‌های نیرو مجسم‌میکنند. درهر نقطه که شدت میدان زیاد باشد عده زیادی خط نیرو کشیده میشود درنقاطیکه شدت میدان کم است خطهای نیرو کم و با فاصله زیادی ترسیم می شوند.

چون قطبی با توده 'm دریك نقطه ازمیدان قرار گیرد برآن نیروی f وارد میشود. بنا بقانون کولمب داریم

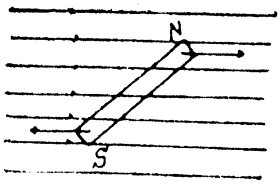
$$f = \frac{mm'}{d^2} = mH$$

یعنی نیروئیکه روی یك قطب وارد میشود برابر است با حاصل ضرب شدت میدان (درنقطه ای که قطب منظور قرار دارد) در توده مغناطیسی قطب. چنانچه بجای قطب شمال (توده m) قطب جنوب (توده m ـ) گذارده شود بزرگی نیرو تغییر نکرده ولی سوی آن تغییر میکند

۱۶ ـ میدان یکنواخت ـ شدت‌میدان بطور کلی درنقاط مختلف تغییر میکند وخط های نیرو بطوریکه دیدیم ازیکعده خم تشکیل میشود. گاه میشود (هنگامیکه یك آهن ربای قوی درفاصله بسیار دوری قرار داشته

باشد یادر قسمتی از فاصله میان دوقطب N و S که در برابر یکدیگرقرار گرفته باشند) خط های نیرو در قسمتی از فضای میدان با یکدیگر موازی هستند در چنین حالتی شدت میدان در نقاط مختلف یکسان است و میدان را میدان یکنواخت گویند

چون میله مغناطیسی را در چنین میدانی بگذاریم روی قطب های شمال وجنوب آن دو نیروی برابر و با سوی مخالف بطوریکه درشکل ۲۶ دیده میشود وارد میآید . یا بعبارت دیگر میله تحت تأثیر یك جفت نیرو است



شکل ۲۶

چنانچه‌میله آزاد باشد درراستای نیروها قرار خواهد گرفت .

۱۷ ـ خلاصه مطالبیکه در بخش دوم مطالعه شده

اطراف هر آهن ربا میتوان فضائی مشخص نمود که در داخل آن فضا عقربه مغناطیس تحت تأثیر قرارمیگیرد . این فضا را میدان مغناطیسی آهن ربا نامند

مسیریرا که یك قطب شمال ، N که در مجاورت یك آهن ربای NS قرار دارد میپیماید تا از N به S رود یك خط نیرو نامند . خطهای نیرو از قطب شمال خارج شده و بطرف قطب جنوب متوجه میشوند . خطهای نیرو که از حوزه یك قطب‌شمال خارج شوند چون باخط هائیکه مبدأ آنها قطب جنوب است برخورد کنند بایکدیگر منطبق میشوند . برعکس خط هائی که از دوقطب شمال خارج میشوند بنظر میآید که یکدیگر را رانده ومیخواهند ازهم دور شوند .

شدت میدان را دریك نقطه بوسیلهٔ نیروئی که در این نقطه روی قطب عقربه وارد میشود مشخص میکنند. یکهٔ شدت میدان مغناطیس که آنرا گوس نامند میدانی است که چون در آن یکه توده مغناطیسی گذارده شود نیروئی باندازه یك دین برتوده مذکور وارد آید.

روی نقشه ها عموماً شدت میدان را بوسیله خط های نیرو مجسم میکنند. در هر نقطه که شدت میدان زیاد باشد عده زیاد تری خط نیرو کشیده میشود در نقاطیکه شدت میدان کمتر است خطهای نیرو با فاصله زیادتری ترسیم میشوند.

برتوده مغناطیسی m که در میدانی بشدت H قرار گیرد بنا بقانون کولمب نیروئی برابر $f=mH$ تأثیر میکند

چون شدت میدان مغناطیس درتمام نقاط قسمتی از فضا برابرباشد میدان‌را دراین‌فضا یکنواخت گویند. خطهای نیروی‌یك میدان‌یکنواخت بایکدیگر موازیند.

میله مغناطیسی که در یك میدان یکنواخت گذارده شود تحت تأثیر یك جفت نیرو قرار میگیرد.

بخش سوم

میدان مغناطیسی زمین

میل و انحراف

۱۸ ـ میدان مغناطیسی زمین ـ آزمایش های بخش دوم نشان داد عقربه ایکه در میدان مغناطیسی یك آهن ربا گذارده شود چنانچه حرکت آن آزاد باشد تحت تأثیراین میدان قرار گرفته و در راستای‌معینی میایستد . در آزمایش ٥ دیدیم چون در جائیکه آهن ربائی نیست یك عقربه را بیاویزیم عقربه پس از چند نوش در راستای نزدیك براستای‌شمال وجنوب میایستد . پس معلوم میشود که اطراف کره زمین یك میدان مغناطیسی وجود دارد . وخط های نیرو ازنقطه‌ئی که بمنزله قطب شمال یك آهن ربا است خارج شده و به نقطه‌ای که بمنزله قطب جنوب آهن‌ربا است منتهی میشوند . این دونقطه یکی در نزدیکی قطب شمال جغرافیائی و دیگری درنزدیکی قطب جنوب جغرافیائی زمین واقع‌است . در اثر این میدان است که عقربه مغناطیسی در راستای شمال وجنوب قرار میگیرد . از آنچه گفته شدمیتوان میدان زمین را بمیدان‌یك آهن ربای بسیاربزرك NS تشبیه کرد که قطب N آن درنزدیکی قطب جنوب‌جغرافیائی وقطب S آن درنزدیکی قطب‌شمال جغرافیائی واقع است . مختصات جغرافیائی این دو نقطه عبارتند از ۷۰° ۵′ عرض شمالی و ۹۶° ٤٥′ طول غربی

برای قطبی که نزدیك قطب شمال است و ۲۵ ۷۲ عرض جنوبی و ۱۵٤ طول شرقی برای قطبی که نزدیك قطب جنوب است .

از لحاظ اختصار این دو قطب را قطب مغناطیسی شمال و قطب مغناطیسی جنوب نامند.

۱۹ ـ انحراف ـ درکتاب جغرافیا تعریف نصف‌النهار جغرافیائی را دیده و میدانید که نصف النهار یك نقطه سطح قائمی است که از این نقطه و از دو قطب جغرافیائی زمین میگذرد .

با در نظر گرفتن دو قطب مغناطیسی نیز نصف‌النهار مغناطیسی را تعریف می کنند :

نصف‌النهار مغناطیسی یك نقطه سطح قائمی است که از آسه عقربه مغناطیسی که در این نقطه قرار دارد میگذرد .

گوشه‌ای را که سطح نصف‌النهارجغرافیائی ونصف‌النهار مغناطیسی تشکیل میدهندگوشه انحراف نامند وبوسیله حرف D نمایش داده‌میشود. گوشه D معلوم میکند که در هر نقطه راستای شمال مغناطیسی چقدر از راستای شمال جغرافیائی منحرف شده است . اگر شمال عقربه مغناطیسی درمشرق شمال جغرافیائی باشد انحراف را شرقی گویند چنانچه درمغرب آن باشد انحراف غربی است . گوشه انحراف درنقاط مختلف زمین متفاوت است علت اصلی این تفاوت آنکه قطب های جغرافیائی و مغناطیسی‌روی یکدیگر واقع نیستند . علل فرعی و محلی دیگر نیز وجود دارد . مثلا در نقاطیکه معادن آهن ربای طبیعی وجود دارد طبعاً عقربه تحت تاثیرمیدان حادث از این سنگها قرار خواهد گرفت . برای نمایش دادن تغییرات

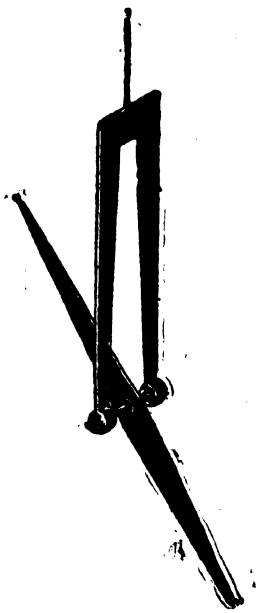
انحراف در سطح کره انحراف نقاط مختلف زمین را سنجیده و روی نقشه نقاطی را که دارای یك انحراف هستند بهم وصل میکنند بدینسان یك رشته خم بنام خمهای با انحراف مساوی یا ایزوگون (Isogones) بدست میآید. نظر بوجود بعضی عوامل دیگر در یك نقطه معینی نیز انحراف در تمام مواقع روز یا سال یکسان نبوده و تغییر میکند. بعضی از این تغییرات مانند تغییرات روزانه و سالیانه منظم و دائمی هستند. مثلا در هر سال میزان انحراف تغییر میکند. چنانچه انحراف شرقی باشد بتدریج کم شده تابصفر برسد سپس غربی شده پس از اینکه بحد معینی رسید دوباره کم شده وبصفر رسیده شرقی میشود. برای اطلاع از میزان تغییر اعداد مربوط بدو نقطه را ذکر میکنیم (این اعداد نباید ازبر شود) در سال ۱۵۸۰ انحراف در لندن ۱۱° ۱۵' شرقی بود تا سال ۱۶۳٤ به ٤° شرقی رسیده در ۱۶۵۷ عقربه مغناطیس راستای شمال و جنوب جغرافیائی را نشان داده از این پس انحراف غربی شده تاسال ۱۸۱۶ به ۲٤° ۳۰' غربی رسیده پس از آن شروع به نقصان نهاده در ۱۹۳۷ به ۱۱° ۱۵' غربی رسیده و چند سالی است که هرسالی ۱۱' کم میشود.

در پاریس در سال ۱۵۸۰ در حدود ۹° شرقی بود در ۱۶۶۲ صفر شده درسال ۱۸۱۲ به بیشینه مقدار خود ۲۲° ۱۸' غربی رسیده. در ۱۹۳۸ به ۱۱° غربی رسیده اینك (۱۹٤۰) در حدود ۹° غربی است. یك دوره کامل تغییرات سالیانه انحراف درحدود ٤۸۰ سال بطول میانجامد.

در پارهٔ نقاط در قسمتی از روز نیز میزان انحراف چند دقیقه تغییر

کرده سپس بوضع نخستین خود باز میگردد. گاه نیز اتفاق میآفتد که در حرکات عقربه مغناطیس تغییرات سریع وغیر منظمی روی میدهد. علت آن بیشتر مربوط به بروز بعضی آثار آسمانی مانند ظهور لکه های خورشید وغیره میباشد. (توضیح کامل این مطالب را در فیزیك عالی خواهیددید).

۲۰ ـ میل ـ عقربه مغناطیس را طوری بیاویزید که بتواند درتمام سوها بآزادی بچرخد (برای اینکار میتوانید وسط عقربه را سوراخ کرده و در رکابی مانند شکل ۲۷ قراردهید و رکاب را بانخ نتابیده بپایه بیاویزید) به بینید عقربه بـا سطح افقی گوشه تشکیل میدهد. معلوم میشود میدان مغناطیس زمین ترازی نیست. گوشه‌ای را که عقربه باسطح ترازی (افقی) تشکیل میدهد میل نامند (شکل ۲۷).



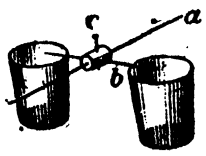
شکل ۲۷

برای اینـکه بخوبی دریابید که متمایل قرارگرفتن عقربه دراثر میدان مغناطیسی است آزمایش زیر را انجام دهید.

آزمایش ۱۷ ـ یك میله نازك فولادی a ویك سوزن b بطوریکه درشکل ۲۸ دیده میشود از چوب پنبه عبور داده روی دو پایه بگذارید. با یك سنجاق c دستگاه را میزان کنید بطوریکه دستگاه هنگام چرخش دورآسه b (درحالیکه نوك های a بطرف مشرق و مغرب متوجه است) در حال ترازمندی بی تفاوت (بند ۳٤ کتاب‌دوم) باشد. بایك آهن ربای قوی میله a را آهن‌ربا کنید برای اینکار قطب شمال آهن ربا را روی نصف میله a (شروع از چوب

پنبه) و قطب جنوب آنرا روی نصف دیگر بکشید . خواهید دید که میله بمجرد آهن ربا شدن چرخیده و بـا سطح افق گوشه مانند گوشه عقربه شکل ۲۷ تشکیل میدهد . (برای اینکه میله بچرخد باید حرکت میله در سطح قائم شمالی و جنوبی آزاد باشد).

برای نمایش‌دادن تغییرات میل درنقاط سطح زمین میل نقاط‌مختلف را سنجیده وروی نقشه نقطه هائیرا که میل آنها برابر است رسم میکنند بدینسان یك رشته خم بنام خمهـای بامیل مساوی یا ایزوکلین (Isoclines) بدست میآید .

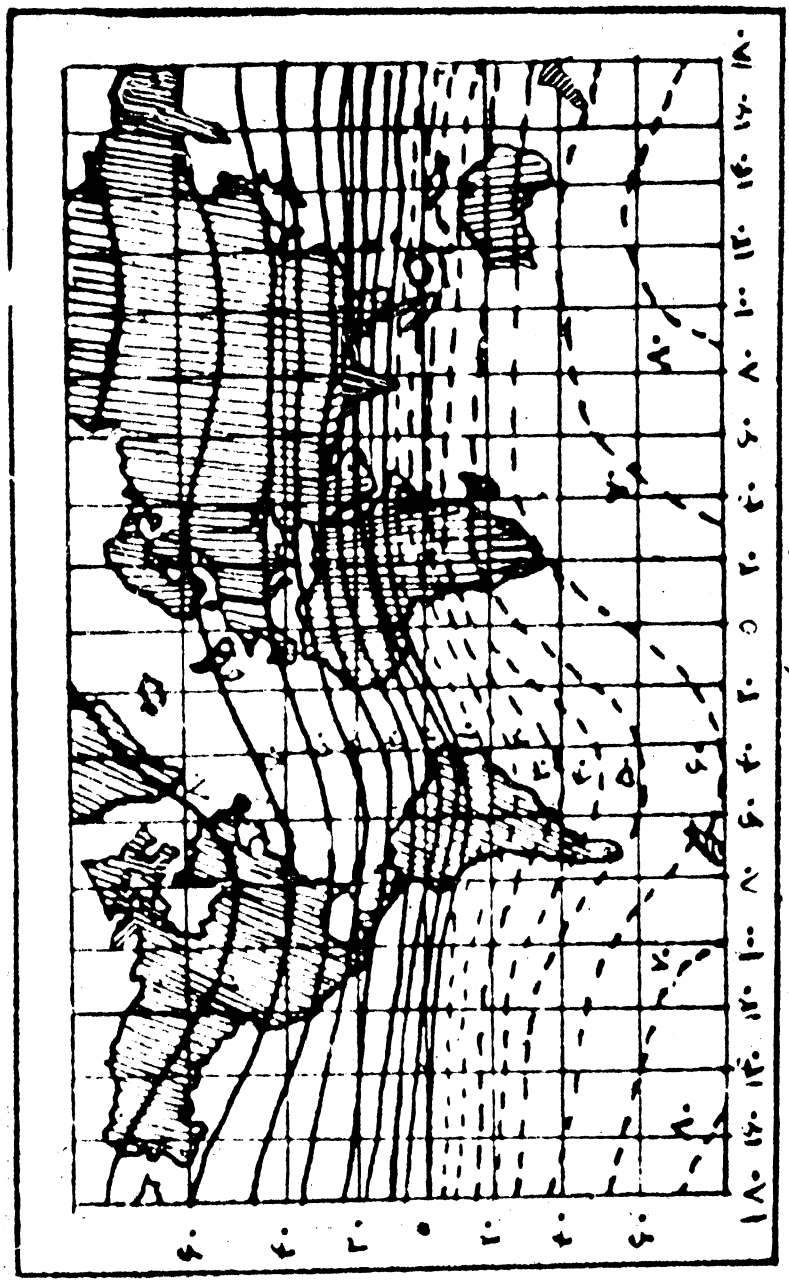


شکل ۲۸

میل نقاط مختلف متفاوت و در یك نقطه نیز نظر بعللی که درباره انحراف گفته شد میل تغییر میکند . بطور کلی نزدیك استوای زمین میل صفر است . در طول خط ایزوکلین‌که از این ناحیه میگذرد عقربه ترازی میایستد . در نقطه های زمین واقع در شمال خط مذکور شمال عقربه زیر سطح افق قرار گرفته و قطب جنوب آن بطرف بالا متوجه است . هرچه بطرف قطب شمال مغناطیسی بالا رویم میل زیاد میشود. درقطب به ۹۰° میرسد و عقربه شـاغولی قرار میگیرد . در جنوب خط ایزوکلین نامبرده قطب جنوب عقربه زیر سطح افق و شمال عقربه در بالای سطح افق قرار میگیرد هرچه بطرف قطب جنوب مغناطیس پیشرویم میل زیاد شده در قطب به ۹۰° رسیده عقربه شاغولی قرار میگیرد .

با ترسیم دو رشته خمهای ایزوگن و ایزوکلین برای هر ناحیه میتوان چگونگی میدان مغناطیس را در ناحیه منظور نمایش داد .

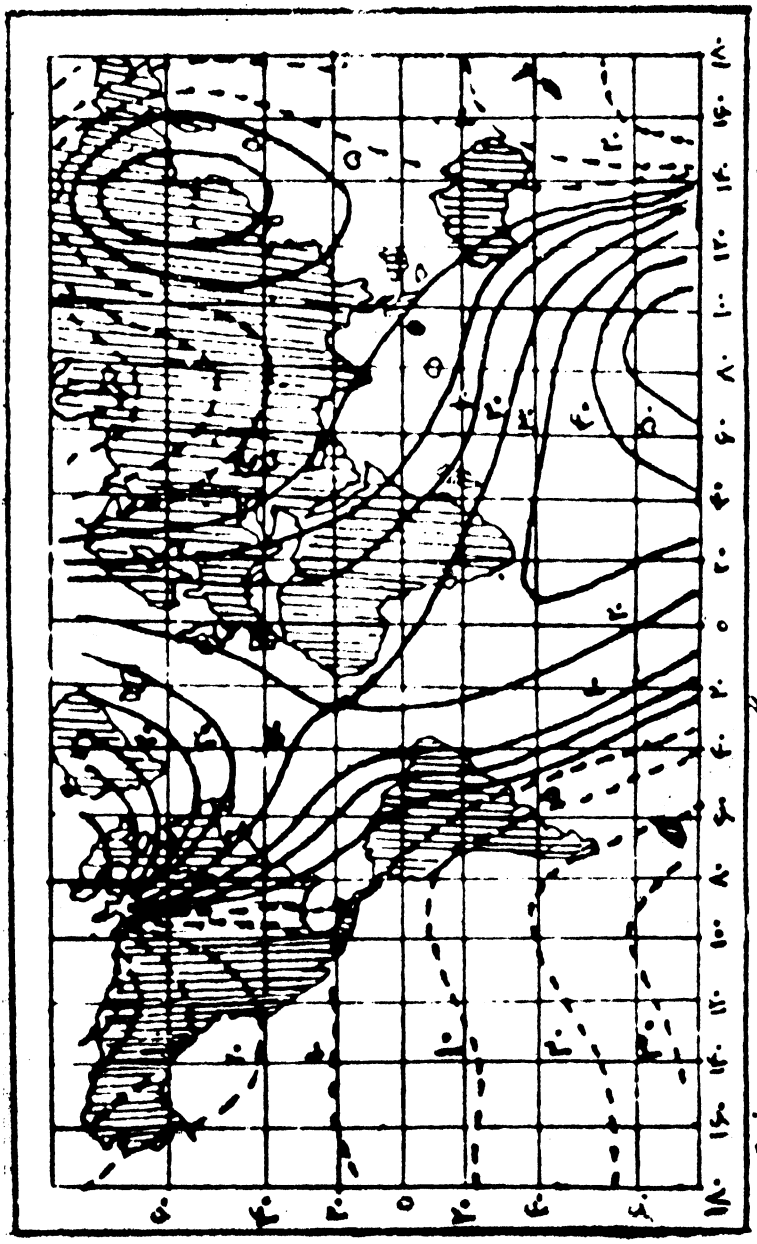
شکلهای ۲۹ و ۳۰ وضع عمومی خمهای مذکور را در نقاط مختلف کره‌زمین نشان میدهد.



شکل ۲۹

۲۱ ـ قطب نما ـ چنانچه نقشه های معرف مقدار انحراف نقاط

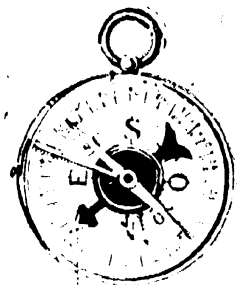
مختلف کره را همراه داشته باشیم بوسیله یك عقربه مغناطیسی میتوان جهت‌یابی نموده راه خویش را پیدا کنیم . اسبابی که برای این منظور



شکل ۳۰

بکار میرود قطب نما نام دارد .

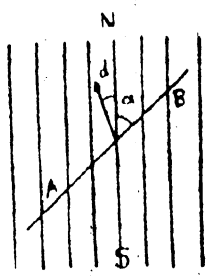
یك قطب نمای ساده (گاه آنرا قبله نما نیز گویند) محفظه کوچکی است مانند یك ساعت جیبی که در آن یك عقربه مغناطیس روی پایه که در مرکز صفحه قرار دارد نصب شده است چون قطب نما را ترازی (افقی) نگاه داریم نوك آبی عقربه تقریباً بطرف شمال متوجه میشود.



شکل ۳۱

چنانچه گوشه انحراف این نقطه را بدانیم میتوانیم امتداد صحیح شمال و جنوب را پیدا کنیم.

کشتی رانی و هوا پیمائی بدون قطب نما غیر ممکن است. در نقشه‌هائیکه برای کشتی‌رانی متداول است عموماً سطح زمین را روی استوانه‌ایکه در طول استوا بر کره مماس است تصویر میکنند (تصویر مرکاتور) درچنین نقشهٔ نصف‌النهار های جغرافیائی بوسیله خطوطی موازی و قائم روی نقشه نمایش داده میشوند. معمولا در موقع حرکت از نقطه A به نقطه B کشتی‌ران خطی مانند A B که تمام نصف‌النهار هارا با گوشه برابر قطع میکند می پیماید در یك نقطه M (شکل ۳۲) از راه چون گوشه α را سنجیده و روی نقشه یاجدول مقدار انحراف را معلوم کنیم گوشه D + α را که باید آسه کشتی



شکل ۳۲

باراستای عقربه تشکیل دهد بدست خواهیم آورد. بنابراین سوی حرکت کشتی را طوری میزان میکنند که در هر نقطه راستای آسه کشتی و عقربه گوشه D + α تشکیل دهد.

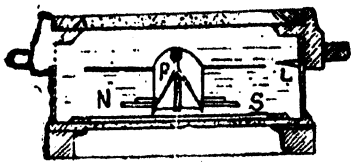
قطب نما هائیکه سابقاً در کشتی رانی متداول بود و هنوز نیز در بعضی کشتیها بکار میرود اصولا از یك عقربه مغناطیسی تشکیل شده روی

عقربه صفحه دائره از مقوا یا میکا چسبانیده اند . عقربه روی یك پایه قائم تکیه دارد و سطح صفحه ترازی است . محیط صفحه زینه بندی شده و روی سطح آن یك شکل ستاره کشیده اند که شاخه های مختلف آن بسوی جهات اصلی وفرعی متوجه است. خط شمال وجنوب آن در راستای قطب شمال و جنوب عقربه قرار دارد . عقربه وصفحه در محفظه مسی نصب شده است برای اینکه صفحه همیشه ترازی بایستد و حرکت کشتی در آن تأثیر نداشته باشد محفظه را خیلی سنگین میگیرند و انرا به ترتیبی که در شکل دیده میشود . میآویزند . درداخل جعبه میله نازکی که راستای آن موازی با راستای آسه کشتی است نصب شده . گوشه‌ای که راستای عقربه با این خط تشکیل میدهد باید همیشه باندازه $\alpha + D$ باشد .



شکل ۳۳

برای اینکه ارتشاعاتیکه از تیراندازی باتوپ های سنگین در کشتیهای جنگی تولید میشود باعث اختلال عمل عقربه نشود در کشتیهای جنگی یك نوع قطب‌نمای دیگر بکار میرود . این قطب نما از محفظه شیشهٔ تشکیل شده که داخل آنرا با مخلوطی از آب و الکل پر کرده اند. صفحهٔ زینه بندی شده و یك جفت آهن ربای استوانه کوتاه بیك شناگر F متصل است . اندازه شناگر را طوری تعیین میکنند که وزن تمام قسمت متحرك موقعیکه در آبگونه فرو رفته خیلی کم باشد . درداخل جعبه یك میله L که راستای آن در امتداد آسه کشتی است در مقابل صفحه و بطور افقی نصب شده . بامیزان کردن گوشهٔ که راستای این میله و امتداد عقربه تشکیل میدهد خط سیر کشتی را تعیین میکنند.



شکل ۳٤

باچراغی که زیر دستگاه نصب شده صفحه مدرج را روشن میکنند. (شکل ۳٤)

در زیر دریائی‌ها که ازغلافی آهنی پوشیده شده‌اند وعقربه مغناطیس درداخل آنها کارنمیکندیك نوع قطب‌نمای دیگربنام قطب‌نمای ژیروسکپی بکارمیبرند. چنانچه با قرقره بازی کرده باشید دیده اید موقعی که نخ قرقره را بشدت کشیده آنرا رها میکنید تا موقعیکه روی زمین میچرخد آسه آن همیشه در راستای مشخصی قرار میگیرد. این خاصیت را برای ساختمان قطب نما بکار برده اند. با یک موتور القائی چرخ سنگینی را با تندی زیادی (۸۶۰۰ دور در دقیقه) دوریك آسه افقی میچرخانند. دراثر چرخیدن چرخ و گردش زمین بدور خود قطب نما تحت تأثیر یك جفت نیرو قرار میگیرد تأثیر این جفت نیرو طوری است که آسه چرخش قطب نما و آسه زمین در یك سطح قرار میگیرد.

۲۲ ـ خلاصه مطالبیکه در بخش سوم مطالعه شده

میدان مغناطیسی زمین میدانی است که اطراف کره زمین بدون وجود هر گونه آهن ربا یاجریان الکتریك وجود دارد. میدان مغناطیس زمین را میتوان بمیدان یك آهن ربای NS تشبیه کرد که قطب N آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیائی و قطب S آن در نزدیکی قطب شمال جغرافیائی واقع است. مختصات جغرافیائی این دو قطب عبارتند از:

۵′ ۷۰° عرض شمالی و ۴۵′ ۹۶° طول غربی

۲۵′ ۷۲° عرض جنوبی و ۱۴۵° طول شرقی

این دو نقطه را شمال و جنوب مغناطیسی نامند.

راستای میدان مغناطیس را درهر نقطه بوسیله دو گوشه که به میل و انحراف موسومند تعیین میکنند. انحراف گوشه ایست که تصویر افقی میدان بانصف‌النهار جغرافیائی تشکیل میدهد. انحراف ممکن است شرقی یا غربی باشد.

میل گوشه ایست که میدان مغناطیسی باسطح افقی تشکیل میدهد. چنانچه میدان بسمت زیرسطح افقی متوجه باشد میل را مثبت وچنانچه بسمت بالای آن متوجه باشد میل را منفی گویند.

میل وانحراف یك نقطه از سطح زمین درتمام مواقع یکسان‌نیست و تغییر میکند بعضی از این تغییرات منظم و دائمی هستند و پاره اتفاقی.

چون میل و انحراف نقاط مختلف زمین را تعیین کرده و نقاطی را که دارای میل یا انحراف مشترکند بهم وصل کنیم دو رشته خم بنام خمهای ایزوکلین و ایزوگن بدست میآید. بوسیله چنین نقشهٔ میتوان وضعیت مغناطیسی مناطق مختلف را نمایش داد.

قطب نمای ساده عقربه کوچك مغناطیسی است که مرکز آن روی پایه شاغولی قرار گرفته. قطب‌شمال‌عقربه بطرف‌شمال‌مغناطیس‌متوجه‌است.

چون گوشه انحراف را داشته باشیم میتوان شمال جغرافیائی را بدقت معلوم کرد. مورد استعمال مهم قطب نما درکشتی رانی و هواپیمائی است. قطب نما ها اقسام مختلف دارند ولی اساس آنها مانند قطب نمای ساده است.

درزیر دریائی ها و بعضی کشتیهای جنگی یك نوع قطب نمای دیگر بنام قطب نمای ژیرسکپی بکار میبرند.

گفتار دوم

جریان الکتریسته و آثار شیمیائی آن

الکترولیز وقانونهای فاراده

بخش چهارم(۱)

جریان الکتریسته

۲۳ ـ جریان الکتریسته

روشنائی یا گرما مستقیماً روی چشم یا بدن ما تأثیر کرده وجود آنها را حس میکنیم. برای تحقیق وجود الکتریسیته از آثاریکه در نتیجه وجود آن بظهور میرسد استفاده میکنند. در کتاب سوم دیدید چون دو

(۱) مواد مذکور در برنامه سال پنجم متوسطه دنباله مطالبی است که در کلاس سوم متوسطه تعلیم شده. برای متابعت از برنامه مصوب دراین کتاب از تکرار مطالبیکه در کتاب سوم درج شده بجز قسمتهائیکه ذکر آن از لحاظ تکمیل موضوع لازم بوده‌است خودداری شده ولی چون فهم مطالبی که در این سال تدریس میشود مستلزم دانستن مقدماتی است که در سال سوم تدریس شده و از طرف دیگر بیش از یکسال ونیم از هنگام مطالعه الکتریسته در کلاس سوم وشروع آن در سال پنجم فاصله است ممکن است بسیاری از مطالب از نظر دانش آموزان محو شده‌باشد بنابراین لازم‌است پیش از شروع این قسمت ضمن دوپاسه درس موادیکه درسال سوم تدریس شده یکبار دوره شود و آزمایشهای مربوط تکرار گردد.

انتهای مداری‌را بدو قطب یکدستگاه مولد الکتریسته مانندانباره الکتریکی اتصال دهیم در مدار و اطراف آن آثاری چند پدید میشود :

۱ ــ سیمی که در مدار است گرم میشود (در سیم گرما تولید میشود)

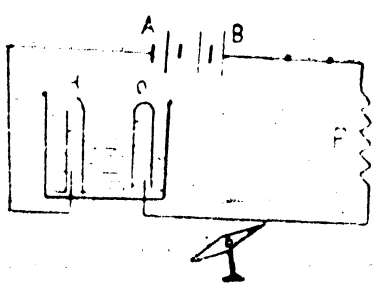
۲ ــ چون‌عقربه مغناطیس‌بسیم نزدیك کنید عقربه منحرف‌میشود (اطراف سیم یك میدان مغناطیس وجود دارد) .

۳ ــ اگر الکترولیت (بند ۵۰ کتاب سوم) در مدار باشد تجزیه میشود (جریان الکتریك تأثیر شیمیائی دارد)

بمجردیکه اتصال مدار را از انباره الکتریکی قطع کنیم تمام آثار مذکور ناپدید میشود .

برای اینکه مطلب خوب یاد آورتان شود آزمایشهای بخش دوم ازگفتار دوم کتاب سوم را تکرار کنید وپیدایش هریك ازآثار مذکور را با آزمایش جداگانه نشان دهید . میتوانید در یك مدار نیز وسیله پیدایش هرسه اثر فوق را فراهم کنید

آزمایش ۱۸ ــ مداری مانند شکل ۳۵ فراهم کنید . B A انباره الکتریکی و F سیم نازك فلزی‌است (هرچه سیم نازك تر باشد بهتراست) درظرف C آب است که در آن کمی اسید ریخته شده



شکل ۳۵

الف ــ باکلیدی مدار را به بندید می بینید :

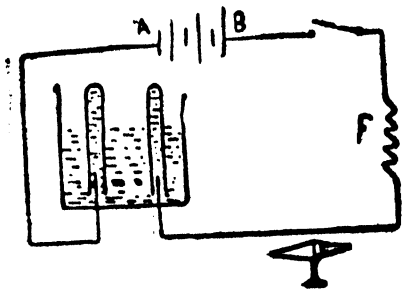
سیم F گرم میشود (چنانچه سیم خیلی نازك وانباره خیلی قوی

باشد سیم سرخ میشود)

عقربه مغناطیسی چرخیده در وضعیت جدیدی قرار میگیرد .

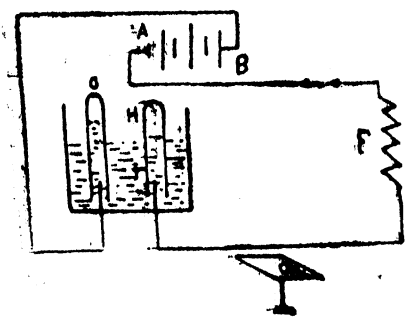
آبیکه درلوله های H_2O است کم کم پائین آمده وبجای آن دریکی اکسیژن و در دیگری ئیدرژن جمع میشود . گوئیم در مدار جریان الکتریك برقرار شده .

ب ـ کلید را بچرخانید تامدار باز شود آثار مذکور از میان میرود : سیم‌سردمیشود عقربه‌بوضعیت معمولی شمال و جنوب بر میگردد . آبیکه درلوله‌های H_2O است دیگر پائین نیامده وتجزیه شیمیائی آب به ئیدرژن و اکسیژن ادامه نمیاید . گوئیم‌درمدار جریان الکتریك‌وجود ندارد (شکل ۳۶)



شکل ۳۶

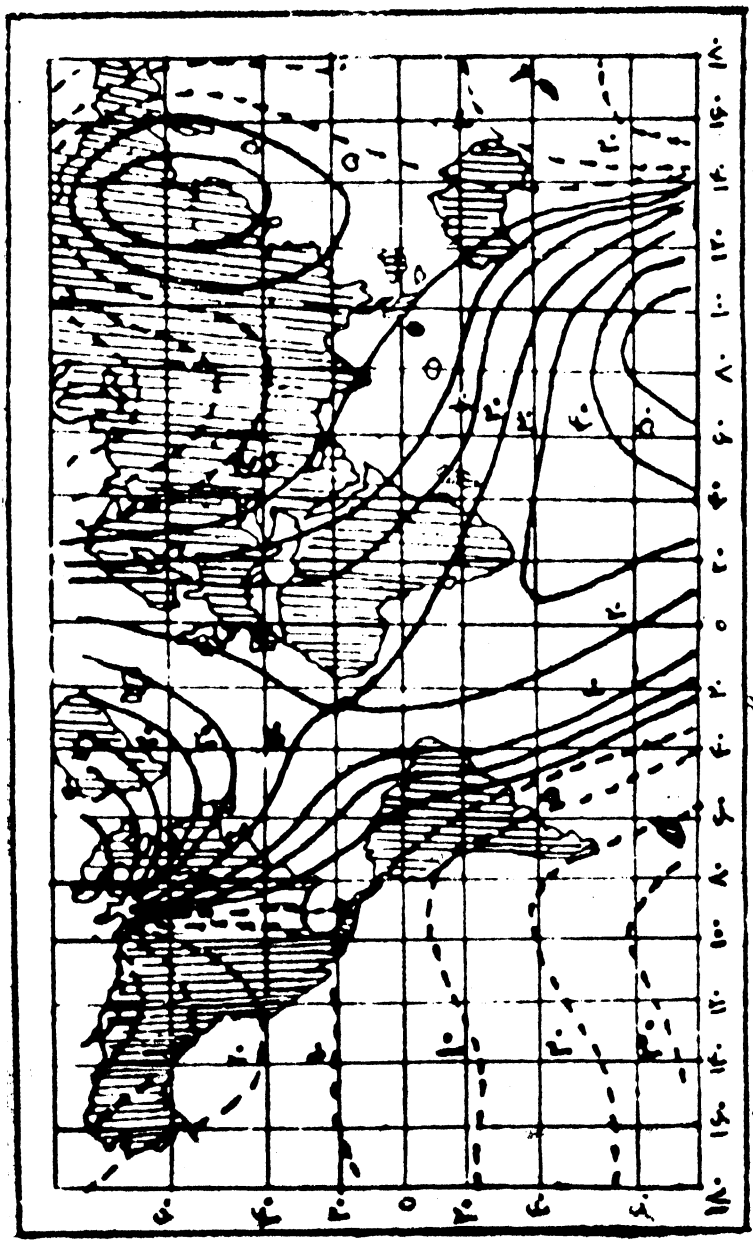
ج ـ انتهای مدار را که به A بسته بودید به B وصل کنید و انتهائیکه به B وصل‌بود به A متصل کنید . به بینید همان آثار بازظاهر میشود با این تفاوت که عقربه در سوی عکس آزمایش پیش میچرخد . درلوله‌ای که‌درآزمایش پیش‌اکسیژن ایجاد میشد اینك ئیدرژن تولید میشود و در لوله که ئیدرژن تهیه میشد اینك اکسیژن جمع میشود (شکل ۳۷)



شکل ۳۷

معلوم میشود دو قطب انباره

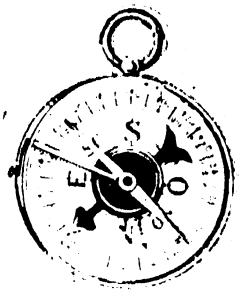
مختلف کره را همراه داشته باشیم بوسیله یك عقربه مغناطیسی میتوان جهت‌یابی نموده راه خویش را پیدا کنیم . اسبابی که برای این منظور



شکل ۴۰

بکار میرود قطب نما نام دارد .

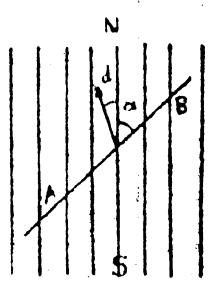
یك قطب نمای ساده (گاه آنرا قبله نما نیز گویند) محفظه کوچکی است مانند یك ساعت جیبی که درآن یك عقربه مغناطیس روی پایه که در مرکز صفحه قرار دارد نصب شده است چون قطب نما را ترازی (افقی) نگاه داریم نوك آبی عقربه تقریباً بطرف شمال متوجه میشود.



شکل ۳۱

چنانچه گوشه انحراف این نقطه را بدانیم میتوانیم امتداد صحیح شمال و جنوب را پیدا کنیم.

کشتی رانی و هوا پیمائی بدون قطب نما غیر ممکن است. در نقشه هائیکه برای کشتی رانی متداول است عموماً سطح زمین را روی استوانه ایکه در طول استوا بر کره مماس است تصویر میکنند (تصویر مرکاتور) درچنین نقشهٔ نصف النهار های جغرافیائی بوسیله خطوطی موازی و قائم روی نقشه نمایش داده میشوند. معمولا در موقع حرکت از نقطه A به نقطه B کشتی ران خطی مانند A B که تمام نصف النهار هارا باگوشه برابر قطع میکند می پیماید در یك نقطه M (شکل ۳۲) از راه چون گوشه α را سنجیده و روی نقشه یاجدول مقدار انحراف را معلوم کنیم گوشه α+D را که باید آسه کشتی باراستای عقربه تشکیل دهد بدست خواهیم آورد. بنابراین سوی حرکت کشتی را طوری میزان میکنند که در هر نقطه راستای آسه کشتی و عقربه گوشه α+D تشکیل دهد.



شکل ۳۲

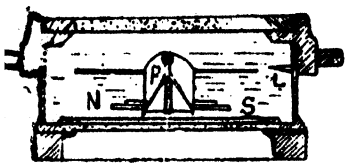
قطب نما هائیکه سابقاً در کشتی رانی متداول بود و هنوز نیز در بعضی کشتیها بکارمیرود اصولا از یك عقربه مغناطیسی تشکیل شده روی

عقربه صفحه دائره از مقوا یا میکا چسبانیده اند . عقربه روی یك پایه قائم تکیه دارد و سطح صفحه ترازی است . محیط صفحه زینه بندی شده و روی سطح آن یك شکل ستاره کشیده اند که شاخه های مختلف آن بسوی جهات اصلی وفرعی متوجه است . خط شمال وجنوب آن در راستای قطب شمال و جنوب عقربه قرار دارد . عقربه وصفحه در محفظه مسی نصب شده است برای اینکه صفحه همیشه ترازی بایستد و حرکت کشتی در آن تأثیر نداشته باشد محفظه را خیلی سنگین میگیرند و انرا به ترتیبی که در شکل دیده میشود . میآویزند . درداخل جعبه میله نازکی که راستای آن موازی با راستای آسه کشتی است نصب شده . گوشه‌ای که راستای عقربه با این خط تشکیل میدهد باید همیشه باندازه $D+\alpha$ باشد .



شکل ۳۳

برای اینکه ارتشاعاتیکه از تیراندازی باتوپ های سنگین در کشتیهای جنگی تولید میشود باعث اختلال عمل عقربه نشود در کشتیهای جنگی یك نوع قطب نمای دیگر بکار میرود . این قطب نما از محفظه شیشهٔ تشکیل شده که داخل آنرا بامخلوطی از آب و الکل پر کرده اند . صفحه زینه بندی شده و یك جفت آهن ربای استوانه کوتاه بیك شناگر F متصل است . اندازه شناگر را طوری تعیین میکنند که وزن تمام قسمت متحرك موقعیکه در آبگونه فرو رفته خیلی کم باشد . درداخل جعبه یك میله L که راستای آن در امتداد آسه کشتی است در مقابل صفحه و بطور افقی نصب شده . بامیزان کردن گوشهٔ که راستای این میله و امتداد عقربه تشکیل میدهد خط سیر کشتی را تعیین میکنند .



شکل ۳٤

باچراغی که زیر دستگاه نصب شده صفحه مدرج را روشن میکنند. (شکل ۳٤)

در زیر دریائی‌ها که ازغلافی آهنی پوشیده شده‌اند وعقربه مغناطیس درداخل آنها کارنمیکندیك نوع قطب‌نمای دیگربنام قطب‌نمای ژیروسکپی بکارمیبرند. چنانچه با قرقره بازی کرده باشید دیده اید موقعی که نخ قرقره را بشدت کشیده آنرا رها میکنید تا موقعیکه روی زمین میچرخد آسه آن همیشه در راستای مشخصی قرار میگیرد. این خاصیت را برای ساختمان قطب نما بکار برده اند. با یک موتور القائی چرخ سنگینی را با تندی زیادی (۸٦۰۰ دور در دقیقه) دوریك آسه افقی میچرخانند. دراثر چرخیدن چرخ و گردش زمین بدور خود قطب نما تحت تأثیر یك جفت نیرو قرار میگیرد تأثیر این جفت نیرو طوری است که آسه چرخش قطب نما و آسه زمین در یك سطح قرار میگیرد.

۲۲ ـ خلاصه مطالبیکه در بخش سوم مطالعه شده

میدان مغناطیسی زمین میدانی است که اطراف کره زمین بدون وجود هر گونه آهن ربا یاجریان الکتریك وجود دارد. میدان مغناطیس زمین را میتوان بمیدان یك آهن ربای NS تشبیه کرد که قطب N آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیائی و قطب S آن در نزدیکی قطب شمال جغرافیائی واقع است. مختصات جغرافیائی این دو قطب عبارتند از:

۷۰° ۵′ عرض شمالی و ۹٦° ٤۵′ طول غربی

۷۲° ۲۵ عرض جنوبی و ۱٤۵° طول شرقی

این دو نقطه را شمال و جنوب مغناطیسی نامند.

راستای میدان مغناطیس را درهر نقطه بوسیله دو گوشه که به میل و انحراف موسومند تعیین میکنند. انحراف گوشه ایست که تصویر افقی میدان بانصف‌النهار جغرافیائی تشکیل میدهد. انحراف ممکن است شرقی یا غربی باشد.

میل گوشه ایست که میدان مغناطیسی باسطح افقی تشکیل میدهد. چنانچه میدان بسمت زیرسطح افقی متوجه باشد میل را مثبت وچنانچه بسمت بالای آن متوجه باشد میل را منفی گویند.

میل وانحراف یك نقطه از سطح زمین درتمام مواقع یکسان‌نیست و تغییر میکند بعضی از این تغییرات منظم و دائمی هستند و پاره اتفاقی.

چون میل و انحراف نقاط مختلف زمین را تعیین کرده و نقاطی را که دارای میل یا انحراف مشترکند بهم وصل کنیم دو رشته خم بنام خمهای ایزوکلین و ایزوگن بدست میآید. بوسیله چنین نقشهٔ میتوان وضعیت مغناطیسی مناطق مختلف را نمایش داد.

قطب نمای ساده عقربه کوچك مغناطیسی است که مرکز آن روی پایه شاغولی قرار گرفته. قطب شمال عقربه بطرف شمال مغناطیس متوجه است.

چون گوشه انحراف را داشته باشیم میتوان شمال جغرافیائی را بدقت معلوم کرد. مورد استعمال مهم قطب نما درکشتی رانی و هواپیمائی است. قطب نما ها اقسام مختلف دارند ولی اساس آنها مانند قطب نمای ساده است.

در زیر دریائی ها و بعضی کشتیهای جنگی یك نوع قطب نمای دیگر بنام قطب نمای ژیرسکپی بکار میبرند.

گفتار دوم

جریان الکتریسته و آثار شیمیائی آن

الکترولیز و قانونهای فاراده

بخش چهارم(۱)

جریان الکتریسته

۲۳ - جریان الکتریسته

روشنائی یا گرما مستقیماً روی چشم یا بدن ما تأثیر کرده وجود آنها را حس میکنیم. برای تحقیق وجود الکتریسیته از آثاریکه در نتیجه وجود آن بظهور میرسد استفاده میکنند. در کتاب سوم دیدید چون دو

---

(۱) مواد مذکور در برنامه سال پنجم متوسطه دنباله مطالبی است که در کلاس سوم متوسطه تعلیم شده. برای متابعت از برنامه مصوب در این کتاب از تکرار مطالبیکه در کتاب سوم درج شده بجز قسمتهائیکه ذکر آن از لحاظ تکمیل موضوع لازم بوده است خودداری شده ولی چون فهم مطالبی که در این سال تدریس میشود مستلزم دانستن مقدماتی است که در سال سوم تدریس شده و از طرف دیگر بیش از یکسال ونیم از هنگام مطالعه الکتریسته در کلاس سوم وشروع آن در سال پنجم فاصله است ممکن است بسیاری از مطالب از نظر دانش آموزان محو شده باشد بنابراین لازم است پیش از شروع این قسمت ضمن دو یا سه درس مواد یکه در سال سوم تدریس شده یکبار دوره شود و آزمایشهای مربوط تکرار گردد

انتهای مداری را بدو قطب یکدستگاه مولد الکتریسته مانند انباره الکتریکی اتصال دهیم در مدار و اطراف آن آثاری چند پدید میشود:

۱ ــ سیمی که در مدار است گرم میشود (در سیم گرما تولید میشود)

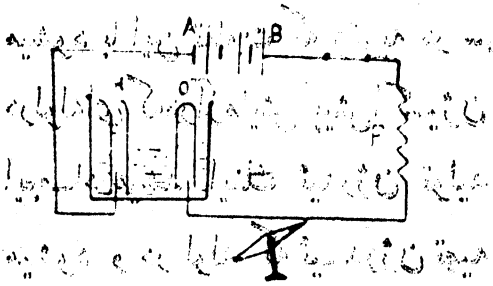
۲ ــ چون عقربه مغناطیس بسیم نزدیك کنید عقربه منحرف میشود (اطراف سیم یك میدان مغناطیس وجود دارد).

۳ ــ اگر الکترولیت (بند ۵۰ کتاب سوم) در مدار باشد تجزیه میشود (جریان الکتریك تأثیر شیمیائی دارد)

بمجرد یکه اتصال مدار را از انباره الکتریکی قطع کنیم تمام آثار مذکور ناپدید میشود.

برای اینکه مطلب خوب یاد آورتان شود آزمایشهای بخش دوم از گفتار دوم کتاب سوم را تکرار کنید و پیدایش هریك از آثار مذکور را با آزمایش جداگانه نشان دهید. میتوانید در یك مدار نیز وسیله پیدایش هرسه اثر فوق را فراهم کنید

آزمایش ۱۸ ــ مداری مانند شکل ۳۵ فراهم کنید. BA انباره الکتریکی و F سیم نازك فلزی است (هرچه سیم نازك تر باشد بهتر است) درظرف C آبی است که در آن کمی اسید ریخته شده



شکل ۳۵

الف ــ با کلیدی مدار را به بندید می بینید:

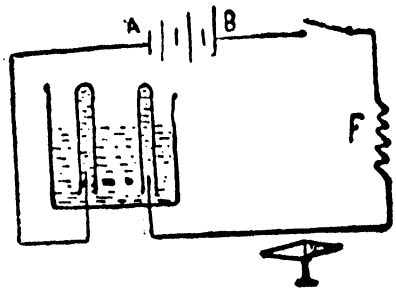
سیم F گرم میشود (چنانچه سیم خیلی نازك و انباره خیلی قوی

باشد سیم سرخ میشود)

عقربه مغناطیسی چرخیده در وضعیت جدیدی قرار میگیرد .

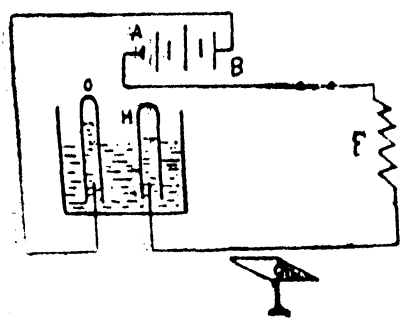
آبیکه درلوله های H_2O است کم کم پائین آمده وبجای آن دریکی اکسیژن و در دیگری ئیدرژن جمع میشود . گوئیم در مدار جریان الکتریك برقرار شده .

ب ـ کلید را بچرخانید تامدار باز شود آثار مذکور از میان میرود : سیم‌سردمیشودعقربه‌بوضعیت معمولی شمال و جنوب بر میگردد . آبیکه درلوله‌های H_2O است دیگر پائین نیامده وتجزیه شیمیائی آب به ئیدرژن و اکسیژن ادامه نمیاید . گوئیم‌درمدار جریان الکتریك‌وجود ندارد (شکل ۳۶)



شکل ۳۶

ج ـ انتهای مدار را که به A بسته بودید به B وصل کنید و انتهائیکه به B وصل‌بود به A متصل کنید . به بینید همان آثار بازظاهر میشود با این تفاوت که عقربه در سوی عکس آزمایش پیش میچرخد . درلوله‌ای که‌درآزمایش پیش‌اکسیژن ایجاد میشد اینك ئیدرژن تولید میشود و در لوله که ئیدرژن تهیه میشد اینك اکسیژن جمع میشود (شکل ۳۷)



شکل ۳۷

معلوم میشود دو قطب انباره

مشابه نیستند و باید برای جریان سوئی درنظر گرفت و یا برای قطب ها علامتی قائل شد . بنا بقرارداد گویند جریان الکتریك از طرف لوله ایکه در آزمایش بالا در آن اکسیژن تولید شده بطرف لوله ایکه درآن ئیدرژن متصاعد میشود میرود . قطبی که بنظرجریان الکتریك از آن خارج میشود قطب مثبت ودیگری قطب منفی نام دارد .

د ـ یك قسمت از مدار را بریده و دو سر سیم را بدو انتهای یك میله لاك یا شیشه بهبندید در این حالت نیز مدار بسته است ولی میبینید مانند موقعیکه مدار باز بود (آزمایش ب) آثار حرارتی یا مغناطیسی یا شیمیائی در مدار پدیدار نمیشود . معلوممیشود جریان الکتریسته درتمام مدارها برقرار نمیگردد .

اجسامی مانند چوب ـ شیشه ـ چینی ـ ابونیت . . . . که مانع از برقرار شدن جریان الکتریسته درمداری هستند اجسام عایق الکتریسته نامیده میشوند . بسیاری از جسمها مانند فلزات و آب که در آن کمی اسید ریخته باشند . . . ازبرقرار شدن جریان الکتریسته مانع نیستند اینا‌جسام هادی الکتریسته یا رسانا نام دارند . بنا بآنچه گفته شد میتوان جریان الکتریسته را بقرار زیر تعریف نمود :

چون در مداری‌که ازیکعده اجسام هادی تشکیل شده تغییرحالتی روی دهد و در نتیجه این تغییر اثار حرارتی یا مغناطیسی ویا شیمیائی پدیدار شود گویند در مدار جریان الکتریسته برقرار شده است .

موقعیکه آب از یك طرف لوله بطرف دیگر آن سیر میکند گوئیم در لوله جریان آب برقرار است . تشابه این موضوع با بیان برقرار شدن

جریان الکتریسته در مدارها الکتریسته را مانند سیالی در نظر مجسم میکند که از قطب مثبت دستگاه مولد خارج شده و بقطب منفی میرود. تادیر زمانی برای توضیح آثار الکتریکی برای الکتریسته دو نوع قائل شده بودند یکی الکتریسته مثبت یا الکتریسته شیشهٔ و دیگری الکتریسته منفی یا الکتریسته سقزی (آزمایش بند ۳۶ کتاب سوم) تجربیات اخیر ثابت کرده که بافرض وجود الکترن وبوسیله فرضیه الکترنی میتوان آثار الکتریکی و بسیاری از آثار شیمیائی را توضیح داد.

بنابراین فرضیه فقط یك نوع الکتریسته (نوع منفی) درنظر گرفته میشود که از دانه های بینهایت کوچکی بنام الکترن تشکیل شده است. درجمله بعد خواهیم دید الکتریسته مثبت معرف حالت الکتریکی جسمی است که الکتریسته منفی خود را از دست داده باشد.

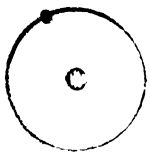
۲۴ - فرض الکترونی - ثابت کرده‌اند که اتم هرجسمی شامل یك یا چند ذره کوچك الکتریسته منفی است موسوم به الکترن. الکترن ها باتندی زیادی دور یك هسته مرکزی که دارای بار الکتریکی مثبت است دور میزنند. حرکت الکترن ها را دور هسته میتوان بحرکت سیارات دور خورشید تشبیه نمود.

الکترن ها جزء خیلی کوچکی از اتم را تشکیل میدهند. قطر یك الکترن درحدود ۲۵۰۰۰ دفعه کوچکتر از قطر اتم است. میدانید که اتم تاچه درجه کوچك است (شعاع اتم ئیدرژن تقریباً یك صد ملیونیم سانتیمتر است یعنی چنانچه ۵۰ ملیون اتم ئیدرژن را پهلوی هم بگذاریم درازی مجموع آنها یك سانتیمتر میشود) سنگینی اتم‌های جسمهای مختلف

متفاوت است . اتم ئیدرژن از تمام جسمها سبکتر است و سنگینی آنرا برای یکه سنگینی‌اتمی بر گزیده اند . نسبت سنگینی‌اتم جسمی بسنگینی اتم ئیدرژن سنگینی اتمی این جسم نامیده میشود (قسمت عمده سنگینی هر اتم مربوط به هسته آنست . سنگینی الکترن اتم ئیدرژن باندازه $\frac{1}{1845}$ سنگینی اتم است) .

میتوان در جدولی تمام اجسام ساده را با ترتیب سنگینی اتمی‌آنها شروع از ئیدرژن که سبکترین اتم است تا اورانیوم که از همه سنگینتر است مرتب نوشت . شماره ترتیبی هر اتم دراین جدول شماره اتمی این جسم نام‌دارد . شماره اتمی ئیدرژن یك‌و شماره اتمی اورانیوم ۹۲ است. ثابت کرده اند که عده الکترن های هر اتم برابر شماره اتمی آنست :

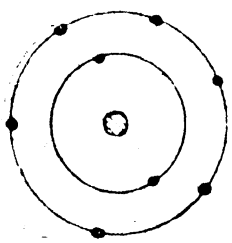
ئیدرژن که‌شماره اتمی آن ۱ است‌دارای یك الکترن است . (شکل ۳۸)



شکل ۳۸

اکسیژن که شماره‌اتمی آن ۸ است‌دارای هشت الکترن است . (شکل ۳۹)

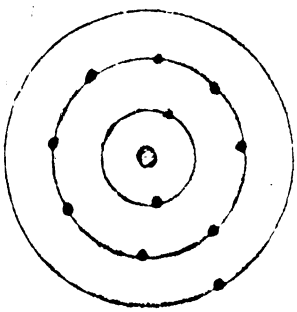
سدیم که شماره اتمی آن ۱۱ است‌دارای ۱۱ الکترن است . (شکل ۴۰)



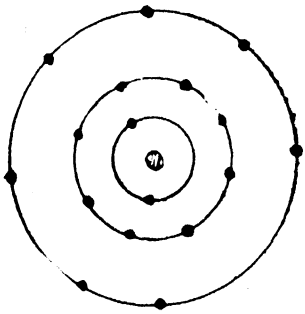
شکل ۳۹

الکترن‌ها روی یك‌عده لایه هائی تقریبا گویسان یاتخم مرغی توزیع شده اند هسته اتم درمرکز این لایه ها قرار دارد . الکترن‌هاروی سطح لایه ها درحرکتند شکل های ۳۸ تا ۴۱ چگونگی توزیع الکترنها را برای چند جسم نشان میدهد

هرچه فاصله الکترون ها تا هسته بیشتر شود وابستگی آنها بهسته کمترشده وممکن است تحت تأثیر عواملی مانند میدان الکتریکی یازیاد شدن درجه حرارت از لایه‌ای بلایه دیگر جستن کنند. الکترون هائی که‌درلایه آخری‌واقعند دربسیاری‌اجسام‌میتوانند بسهولت از اتم خارج شوند. عموما چون عده الکترون‌های لایه نهائی اتمی بهشت برسددارای ترازمندی نسبة پایداری میشود اتمهائیکه‌عده الکترنهای لایه نهائی آنها از هشت خیلی کمتر است‌بسهولت الکترن ازدست میدهند. اتم‌هائی که عده الکترن‌های لایه‌نهائی آنها نزدیك‌بهشت است بسهولت‌الکترن جذب‌میکنند تامدارنهائی با هشت الکترن تشکیل دهند. بادرنظر گرفتن این موضوع میتوان بسیاری از آثار فیزیکی وشیمیائی را توضیح داد.



شکل ٤٠



شکل ٤١ - کلر

۳۵ . اجسام هادی و عایق – در جسمهائیکه الکترن های لایه نهائی آنها آزاد است و میتوانند بآسانی از اتم خارج شوند مانند سدیم که لایه نهائی آن یك الکترن آزاد دارد یا آلومینیوم که سه الکترن‌آزاد دارد الکترن ها بسهولت خارج شده ازاتمی به اتم دیگر جستن میکنند بدینسان درداخل جسم ، الکترن های آزاد دارای حرکتی غیر منظمند ولی بطور کلی این جنبش و اغتشاش داخلی تأثیری در خارج فلزندارد چه که در مجموع بارهای الکتریکی کلیه اتمها تغییری روی نمیدهد.

یك جسمی مانند گوگرد که لایه نهائی آن دارای شش الکترون است الکترن های خود را از دست نداده بلکه سعی میکند دو الکترون برباید ولایه‌هشت الکترنی ترازمند تشکیل دهد . درچنین جسمی الکترن آزاد وجود ندارد وبرعکس چنانچه الکترنی از خارج بآن برسد بزودی جـذب میشود . اینك فرض کنیم دو سر سیم الومینیوم را بدو قطب یك پیل متصل کنیم الکترن‌های آزاد تحت تأثیر میدان الکتریکی قرار گرفته ازطرفی بطرف دیگر سیم جلو میروند . الکترن های زیادی‌قطب منفی پیل داخل سیم شده وبوسیله قطب مثبت جذب میشوند بدینسان یك حرکت دائمی الکترن ها از طرف قطب منفی بقطب مثبت برقرار میشود گوئیم جریان االکتریسته برقرار شده است .

هرچه عده الکترن هائیکه از سطح مقطع سیم دریك ثانیه عبور میکنند بیشتر باشد شدت جریان بیشتراست . یك امپر معادل است باعبور شش میلیارد میلیارد الکترن درثانیه .

هرگاه بجـای سیم آلومینیوم تکه از گوگرد بکار بریم اتم های گوگرد هرچه الکترن از قطب منفی پیل خارج شود برای تکمیل لایه نهائی خود جذب میکنند در نتیجه جریان الکتریسته برقرار نمیشود . جسمهائی مانند آلومینیوم دسته اجسام هادی وجسمهائی مانند گوگرد دسته اجسام عایق را تشکیل میدهند

۲۶ ـ مقدار الکتریسته ـ فرض کنیم در هر ثانیه n الکترن از سطح مقطع قائم یك هادی عبور کند در t ثانیه nt الکترن عبورخواهد کرد . هر الکترن که از قطب منفی خارج شده وبقطب مثبت میرسدبار

الکتریکی e خود را منتقل میکند پس کلیه الکترن ها باندازه net الکتریسته منتقل کرده اند. net = Q را مقدار الکتریسته نامندکه در t ثانیه از جسم هادی عبور کرده. چنانچه شدت جریان پایا و برابر I باشد حاصل ضرب It نیز معرف مقدار الکتریسته است. چون برای زمان یکه ثانیه وبرای شدت جریان یکه آمپر بکار بریم یکه مقدار الکتریسته آمپر- ثانیه یا کولمب نامیده میشود. چون ساعت را برای یکه زمان اختیار کنیم مقدار الکتریسته با یکه آمپر - ساعت بیان میشود.

۲۷- بار الکتریکی جسمها اتم ئیدرژن دارای یك الکترن است چون یك اتم‌عادی دارای بار الکتریکی نیست پس بارمثبت هسته‌ئیدرژن باندازه بار منفی الکترن است چنانچه بار الکتریکی الکترن را با e نمایش دهیم بار الکتریکی هسته برابر e+ است این باررا یك‌پروتون (Proton) گویند.

اتم اکسیژن دارای هشت الکترن است بنابراین هسته اکسیژن دارای بار مثبتی برابر ۸e+ و مجموع بارالکتریکی اتم اکسیژن برابر ۸e - ۸e+ میباشد. اتم سدیم دارای ۱۱ الکترون است بنابراین‌مجموع بار الکتریکی آن برابر ۱۱e - ۱۱e+ میباشد.

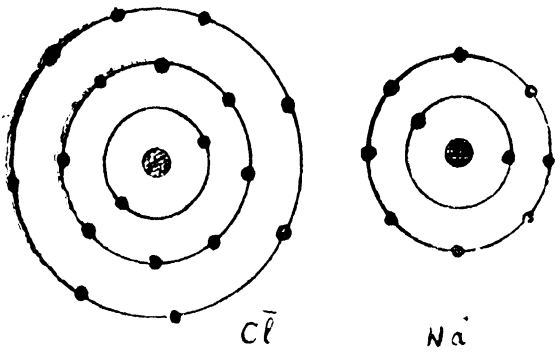
فرض‌کنیم یك الکترن‌لایه نهائی سدیم‌که آزاد است اگر اتم‌خارج شود مجموع بارالکتریکی اتم برابر e+ = ۱۰e - ۱۱e+ است مثل این است که یك بار مثبت e+ باتم داده شده. (شکل ۴۲)

اتم کلر دارای ۱۷ الکترن است بنابراین مجموع بار الکتریکی آن برابر ۱۷e - ۱۷e+ میباشد. چون لایه نهائی آن هفت الکترن

دارد بآسانی یك الکترن جذب میکند پس از جذب یك الکترن مجموع بار آن برابر است با

$+17e-18e=-e$

بنا براین: (شکل ۴۳) جسمیکه دارای بار مثبت است جسمی است که عده الکترن های آن کمتر

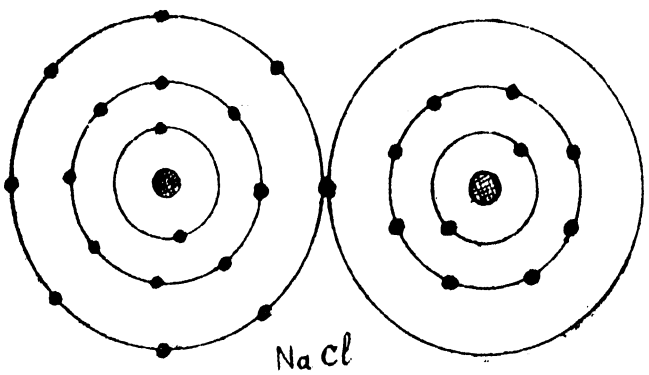


شکل ۴۲ و ۴۳

از حد معمول است. جسمی که دارای بار منفی است جسمی است که عده الکترن های آن بیش از حد معمولی است.

قطب منفی یك پیل الکترن از دست میدهد و قطب مثبت آن الکترن جذب میکند.

۲۸ - ترکیب های شیمیائی چون یك اتم سدیم و یك اتم کلر نزدیك شوند اتم کلر سعی میکند الکترن لایه نهائی سدیم را جذب کند تا لایه نهائی باهشت الکترن تشکیل دهد. چون این الکترن داخل اتم سدیم شود بطوریکه در جمله بالا دیدیم از دو اتم یکی دارای بار مثبت و دیگری دارای بار منفی خواهد شد. میدانید جسمیکه دارای بار الکتریکی مثبت است جسمیرا که دارای بار الکتریکی منفی است میرباید (بند ۳۶ کتاب



شکل ۴۴

سوم) در نتیجه دو اتم مذکور بیکدیگر متصل میشوند بدینسان میان ترکیبی این دو جسم توضیح داده میشود . (شکل ٤٤)

دراین مثال‌چون یك الکترن از اتمی به اتم دیگر میرود یك بند (Liaison) وجود دارد . گویند برای هر اتمی یك والانس موجود است . چنانچه n الکترن از اتمی به اتم دیگر منتقل شود برای هر اتم n والانس دخالت خواهدداشت . بدینسان میتوان بوسیلهٔ فرضیه الکترونی با ملاحظه عده الکترنهائی که متبادل میشود بسیاری از قوانین ترکیبات شیمیائی را توضیح داد .

۳۹ ـ خلاصه مطالبیکه در بخش چهارم مطالعه شده

چون از مداری جریان الکتریسته عبور کند در مدار یا اطراف آن آثار شیمیائی و حرارتی یا مغناطیسی بظهور میرسد .

برای اینکه جریان برقرار شود باید مدار از اجسام هادی (فلزات ـ آب که در آن کمی اسید ریخته باشند . . . .) تشکیل شده باشد .

چوب ـ شیشه ـ چینی ـ ابونیت . . . . چون در مداری باشند مانع از برقرار شدن جریان الکتریسته میشوند این اجسام را عایق گویند .

الکتریسته شامل ذره های بینهایت کوچك است بنام الکترن . اتم هر جسمی شامل یك یاچند الکترن است . الکترن ها با تندی زیادی دور یك هسته مرکزی که دارای بار الکتریکی مثبت است دور میزنند .

سنگینی اتم های جسم‌های مختلف متفاوت‌است . چون در جدولی جسمها را باترتیب سنگینی اتمی آنها بنویسم شمارهٔ ترتیبی این جدول را شماره اتمی هرجسم گویند . ثابت کرده اند که عده الکترنهای هرجسمی

برابر شماره اتمی آنست . الکترنهای هر اتم روی لایه های مختلف اطراف هسته مرکزی قراردارند . این الکترنها ممکن است از لایه ای بلایه دیگر جستن کرده ویا از اتم خارج شوند .

جسمهای هادی بسهولت الکترنهای خودرا ازدست میدهند . الکترن های آزاد در داخل جسم از اتمی به اتم دیگر جستن میکنند . چون دو سر سیم فلزی را بدو قطب یك پیل متصل کنیم الکترن های آزاد تحت تأثیر میدان الکتریکی قرار گرفته ازطرفی بطرف دیگرسیم جلومیروند .

جسمهای عایق الکترن جذب میکنند بنا بر این چنانچه الکترن آزادی نزدیك آنها شود جذب میشود در نتیجه این جسمها نمیگذارند الکترن از طرفی بطرف دیگر برود یعنی از عبور جریان الکتریسته جلوگیری میکنند .

اگر بار الکتریکی یك الکترن را با حرف e نمایش دهیم در مداریکه از مقطع قائم آن n الکترن در ثانیه عبور کند در t ثانیه باندازه net الکتریسته عبور میکند ($Q = net$) را مقدار الکتریسته نامند که در مدار جا بجا شده است . در یك اتم مجموع بار الکتریکی الکترن ها (بارمنفی) برابر مجموع بار الکتریکی پرتون ها (بارمثبت) است درنتیجه یك اتم عادی مانند آنست که بار الکتریکی ندارد .

چون اتمی یك الکترن از دست دهد مجموع بار مثبت هسته آن زیادتر از بار منفی مجموع الکترن های باقیمانده است مثل این است که جسم دارای بار مثبت $+e$ شده است . برعکس چون اتمی یك الکترن بگیرد مجموع بار الکتریکی الکترن های فعلی آن پیش از بارمثبت هسته

آن میشود و مثل آنست که دارای بار منفی e — شده باشد . بنا بر این جسمی که دارای بار منفی‌است جسمی‌است‌که عده الکترن های آن بیش‌از حد معمولی است و جسمی که دارای بار مثبت است جسمی است که عده الکترن های آن کمتر از حد معمولی است .

چون اتمی را که بسهولت یك الکترن از دست میدهد باتم جسم دیگر که الکترن جذب میکند نزدیك کنیم الکترن آزاد اتم جسم اول داخل اتم جسم دوم شده این‌دو اتم یکی دارای بار مثبت و دیگری‌دارای بار منفی میشوند . در نتیجه این دو اتم یکدیگر را جذب میکنند گوئیم این دو جسم ترکیب شده اند . مثال چون اتم سدیم و کلر نزدیك شوند Na cl تشکیل میشود .

با فرض الکترنی میتوان آثار الکتریکی و بسیاری از آثار شیمیائی را توضیح داد .

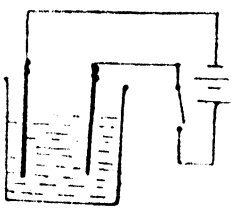
بخش پنجم

الکترولیز و قانونهای فاراده

(آثار شیمیائی جریان الکتریسته)

۳۰ ـ تجزیه شیمیائی بوسیله جریان الکتریسته

آزمایش ۱۹ ـ درظرفی کمی محلول سولفات مس بریزید دوقلم ذغال را بدو سیم بسته و ذغال ها را در محلول بگذارید و دو سر سیم را بدو قطب یك انباره الکتریکی به بندید (برای تهیه ذغال خوب میتوانید از ذغال پیلهای خشك چراغ جیبی استفاده کنید وبرای صرفه جوئی بهتر است پیل کارکرده اختیار کنید) خواهید دید پس از چند ثانیه قلم ذغال که بقطب منفی انباره متصل است از لایه مسی پوشیده میشود .

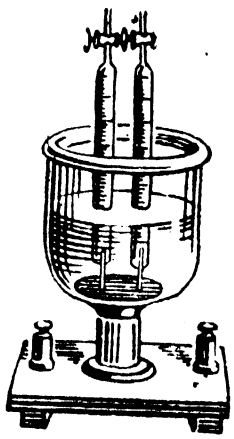


شکل ٤٥

سرسیمها را باز کرده و سیمی را که بقطب منفی انباره متصل بود بقطب مثبت و دیگری را بقطب منفی وصل کنید خواهید دید لایه مسی که میله ذغال را پوشیده بود بتدریج بلند شده و روی میله دیگر را می‌پوشاند. مس اززوی یك میله بلندشده و ازداخل محلول عبور کرده روی میله دیگر می‌نشیند این آزمایش نشان میدهد که سولفات مس تجزیه شده و مس آن در داخل محلول حرکت کرده.

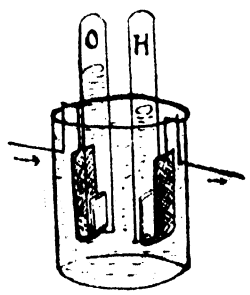
بطرف یکی از قطب ها میرود و سوی این حرکت بستگی بسوی جریان الکتریسته دارد.

آزمایش ۲۰ ـ در یك ولتامتر (بند ٤٧ کتاب سوم) آب خالص ریخته و برای اینکه آب هادی الکتریسته شود کمی اسید سولفوریك در آن بریزید (۵ سانتیمتر مکعب اسیدسولفوریك برای یك لیتر آب کافی‌است) خواهید دیدچون جریان وصل شود پهلوی هر یك از دو صفحه طلای سفید حبابهای گاز متصاعد میشود. زیر سر پوش که بقطب منفی انباره متصل است ئیدرژن و زیر سرپوش که بقطب مثبت متصل است اکسیژن جمع میشود. این آزمایش نیز نشان میدهد که آب تجزیه شده و ئیدرژن آن بطرف قطب منفی میرود و اکسیژن دور قطب مثبت‌جمع میشود. چنانچه ولتامتر ساخته و یا طلای سفید برای تهیه ولتامتر نداشته باشید میتوانید بترتیب زیر دستگاه آزمایش را مهیا کنید



شکل ٤٦

دو تیغه سرب برداشته دوسیم مسی بآنها متصل کنید سرتیغه‌های سربی را خم کنید (شکل ٤٧) برای اینکه جریان الکتریسته از تمام نقاط سرب داخل‌آب نشود کمی لاك آب کرده دور تیغه را بالایه ای از لاك بپوشانید. فقط انتهای آن را که زیر سرپوش قرار میگیرد لاك نگیرید.



شکل ٤٧

میتوان آزمایشهای بسیاردراین باب‌انجام

داد نتیجه این آزمایش ها میرساند که چون از جسمهائی مانند نمکهای فلزی و اسیدهائیکه در آب حل‌شده یا آبگونه شده باشند و میتوان فرمول شیمیائی آنها را بشکل RM نوشت (R معرف رادیکال اسید مانند So^4 و Azo^3 و Cl و M معرف فلز نمك یائیدرژن‌اسید است) جریان‌الکتریسته عبور کند این اجسام بدو قسمت MوR تجزیه میشوند. M دور هادی که بقطب منفی انباره الکتریکی‌متصل است وR دور هادی که بقطب‌مثبت اتصال دارد پدیدار میشود: Nacl آبگونه شده را چون در مسیر جریان الکتریك بگذاریم بدو قسمت‌شده Na درطرفیکه بقطب منفی متصل‌است ظاهر میشود و cl درطرفیکه بقطب مثبت اتصال دارد جمع میشود.

در آزمایش ۱۹ دیدیم مس روی میله ذغال که بقطب منفی متصل بود جمع میشد و چون در طرف دیگر اکسیژن متصاعد میشود میتوان کنش و واکنشهای شیمیائی‌را که بظهور میرسد بدینسان توضیح داد:

So^4Cu بدو جزء Cu و So^4 تجزیه‌شده مس‌بطوریکه درآزمایش دیدیم بطرف ذغالیکه بقطب منفی متصل است میرود. So^4 بطرف میله ذغال دیگررفته دراینجا با آب‌ترکیب‌شده تولیداسیدسولفوریك واکسیژن میکند اسید در آب حل میشود و اکسیژن متصاعد میگردد.

$$So^4 + H^2O \quad So^4H^2 + O$$

در آزمایش ۲۰ اسید سولفوریك که در آب است به So^4 و H^2 تجزیه میشود. H^2 بطرف قطب منفی رفته در زیر سر پوش جمع میشود. So^4 بطرف قطب مثبت آمده در اینجا واکنش های شیمیائی

$$So^3 + H^2O \quad > So^4H^2 \text{ و } So^4 \quad > So^3 + O$$

صورت میگیرد.

در نتیجه O متصاعد میشود و اسیدی که تجزیه شده بود دوباره تشکیل میشود مثل این است که آب بدو جزء H_2 و O تجزیه شده باشد. آزمایش ۲۰ را میتوان بآسانی با محلول NaoH انجام داد. در زیر یك سرپوش ئیدرژن وزیر سرپوش دوم اکسیژن جمع میشود. کنش وواکنش های شیمیائی که حاصل میشود بدینقرار است.

NaoH بدو قسمت Na و oH تقسیم میشود

Na که بطرف قطب منفی میآید روی آب تأثیر کرده و دوباره NaoH تشکیل داده و ئیدرژن متصاعد میشود.

$$Na + H_2O = NaOH + H$$

OH که بطرف قطب مثبت میآید تجزیه شده آب تشکیل واکسیژن متصاعد میشود

$$2OH - H_2O + O$$

نتیجه عمل مثل آنست که آب بدو جزء اکسیژن وئیدرژن تجزیه شده باشد.

اعمال شیمیائی را که در مثالهای بالا ذکر شده **الکترولیز** نام نهاده اند. جسمیکه در اثر جریان الکتریسته تجزیه میشود الکترولیت نامیده میشود. دومیله یاصفحه هادی که درداخل الکترولیت گذارده میشود الکترد نام دارند. الکتردیکه بقطب مثبت دستگاه مولد الکتریسته متصل است **آند** و آنکه بقطب منفی پیوند شده **کاتد** نام دارد.

دوقسمت R و M مولکول های الکترولیت به ایون موسومند.

۳۱ - توضیح آثار شیمیائی جریان الکتریسته بافرض الکترنی

دو اتم سدیم و کلر را در نظر گیرید. اتم سدیم که در لایه نهائی آن یك

الکترن است الکترن خود را بآسانی از دست داده و دارای بار مثبت $e+$ میشود . برای تمیزدادن ازسدیم عادی آنرا بشکل Na^{+} نوشته وآنرا ایون مثبت سدیم نامیم .

اتم کلر که لایه نهائی آن دارای هفت الکترن است یك الکترن جذب میکند و دارای بار منفی $e-$ میشود چنین اتمی بشکل Cl^{-} نوشته شده وایون منفی کلر نامدارد . دوایون که دارای‌بار الکتریکی غیرهمنامند یکدیگر را جذب کرده ومولکول Nacl تشکیل میشود . (شکل ٤٤)

فرض کنیم‌درظرفیکه محلول Nacl ریخته‌ایم دو الکترد گذارده واختلاف پتانسیل میان این دو برقرار کنیم (دو الکترد را بدو قطب یك انباره الکتریکی متصل کنیم) هریك ازالکتردها ایونی را که دارای علامت مخالف است جذب مینماید چنانچه این تأثیر بیش ازتأثیری باشد که دو ایون روی یکدیگر وارد میکنند ایون مثبت بسوی الکترد منفی کشیده شده وایون منفی بسوی الکترد مثبت ربوده میشود .

چون Na^{+} بکاتد رسیدالکترنی‌را که کسردارد جذب کرده باتم سدیم معمولی (Na) بدل میشود Na روی آب تأثیر کرده NaoH تشکیل داده وئیدرژن متصاعد میشود .

هنگامیکه Cl^{-} به آند رسید الکترن زائد خود را از دست میدهد وباتم کلر معمولی (Cl) تبدیل میشود

در آزمایش ۲۰ مولکول $So^{4}H^{2}$ به دو ایون H^{+} و یك ایون So^{4} تجزیه میشود

بنابقرار داد در نمایش ایونها بعده الکترن هائیکه هر اتم زیاد یا

کم دارد علامت منها یا بعلاوه میگذارند)

ایون های H^+ بطرف کاتد جذب شده الکترن های کسری خود را گرفته بشکل اتم عادی ئیدرژن در آمده متصاعد میشوند . ایون So_4 بطرف آند جذب شده در مجاورت آن الکترنهای زائد خودرا از دست داده بشکل So_4 درمیآید وبلافاصله روی آب تأثیر کرده H_2So_4 تولید واکسیژن متصاعد میشود .

بهمین طریق در الکترولیز $CuSo_4$ مولکول به دوایون $\dot{C}u^{++}$ و $\dot{S}o_4^{--}$ تجزیه شده . ایون $\dot{C}u^{++}$ چون بکاتد میرسد الکترن های کسری خود را گرفته به اتم مس معمولی بدل شده روی کاتد می‌نشیند و So_4 بقراریکه در جمله بالا ذکر شده در مجاورت آند به So_4 بدل شده H_2So_4 تشکیل و اکسیژن متصاعد میشود . بدینسان مشاهده میشود همانقدر الکترن که از کاتد گرفته میشود بآند داده میشود از لحاظ الکتریکی مثل این است که الکترن ها از کاتد گرفته شده و بآند برده شود یا بعبارت دیگر جریان الکتریسته در داخل محلول برقرار گردد .

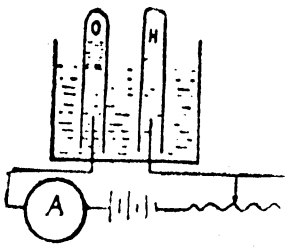
آزمایش نشان میدهد که نتیجه الکترولیز همیشه در مجاورت آند وکاتو دپدید میشود . مطالبیکه درجمله بالا گفته شد علت این امررا روشن میکند . ایونها تا هنگامیکه دارای بار الکتریکی هستند دارای خاصیت های شیمیائی اتم های معمولی نیستند ازاینرو در داخل ظرف الکترولیت تأثیری روی اجسام مجاور ندارند ولی چون به الکترد رسیده و در نتیجه از دست دادن یا گرفتن الکترب بشکل اتم عادی در آمدند روی اجسام مجاور تأثیر شیمیائی میکنند .

میتوان خلاصه مطالب فوق را بشکل قانونی بیان کرد :

درنتیجه‌الکترولیزیك الکترولیت بافرمول‌شیمیائی MR بدوقسمت R و M تجزیه میشود . ایون M (فلز یا ئیدرژن) بطرف کاتد میرود و ایون R (رادیکال اسید یا OH) بطرف آند میرود . اجسامی که در اثر این تجزیه بدست میآیند فقط روی الکترد ها ظاهر میشوند و در داخل توده محلول وجود ندارند .

۳۲ ـ قانونهای فاراده

آزمایش ۲۱ ـ دستگاهی‌شامل یك‌انباره‌الکتریکی‌ویك‌آمپرسنج و یك رەاوستا ویك ولتامتر مانند شکل ٤٨ فراهم کنید .



شکل ٤٨

الف ـ درولتامتر آبی‌که اسید سولفوریك در آن ریخته اید بریزید بوسیله رئوستا شدت جریان را میزان کنید و مقدار ئیدرژن که تا مدت معینی در لوله جمع میشود اندازه بگیرید. سپس در ولتامتر بجای آب و اسید سولفوریك محلول Na oH ویا محلول $So^{4}Na^{2}$ .... بریزید .

به بینید در تمام آزمایشها چنانچه شدت جریان برابر باشد مقدار ئیدرژن که در لوله جمع میشود برابر است . اگر چند ولتامتر در اختیار دارید بهتر است همه آنها را یکی بعد ازدیگری دریك مدار قرار داده و در آنها محلول‌های مختلف بریزید تساوی‌مقدار ئیدرژن را که حاصل‌میشود در لوله ها بطور محسوس مشاهده خواهید کرد . چنانچه شکل ولتامتر ها نیز تفاوت داشته باشد در نتیجه مذکور تغییری روی نمیدهد .

از این آزمایش نتیجه میشود :

مقدار ئیدرژن که از عبور جریان مشخصی در مدت زمان معینی حاصل میشود بدستگاه الکترولیز ویا جنس الکترولیت بستگی ندارد

ب ـ بوسیله رئوستا جریان را طوری میزان کنید که شدت آن دو برابر ـ سه برابر ـ چهار برابرشدت جریان آزمایش پیش (الف)باشد ومقدار ئیدرژنی که‌درهمان مدت بدست‌میآید اندازه بگیرید به بینیدچون شدت‌جریان دو ـ سه ـ چهاربرابرشودمقدارئیدرژنی‌که بوسیله‌الکترولیز بدست میآید نیز دوبرابر ـ سه‌برابر ... است پس‌مقدار ئیدرژنی‌که‌بوسیله الکترولیز بدست میآید متناسب باشدت جریانی است که از مدار میگذرد

ج ـ آزمایش الف را بایك الکترولیت تکرار کرده ومواظب‌باشید که شدت جریان پابامانند (درصورت‌لزوم بوسیله رئوستا آنرامیزان کنید) به بینید مقدار ئیدرژنی که بدست میاید متناسب بازمان است .

نتیجه آزمایش ۲۱ (ب و ج) میرساند : مقدارئیدرژنی که بوسیله الکترولیز آزاد میشود متناسب باحاصل ضرب It (زمان در شدت) یعنی مقدارالکتریسته ایست که ازالکترولیت عبور رده‌است . بنابراین میتوان مطالب بالا را بشکل قانونی خلاصه کرد :

مقدار ئیدرژنی که بوسیله الکترولیز آزاد میشود فقط بستگی با مقدار الکتریسته‌ای که از الکترولیت‌عبورکرده دارد و با آن متناسب‌است

یك عده الکترولیت مانند :

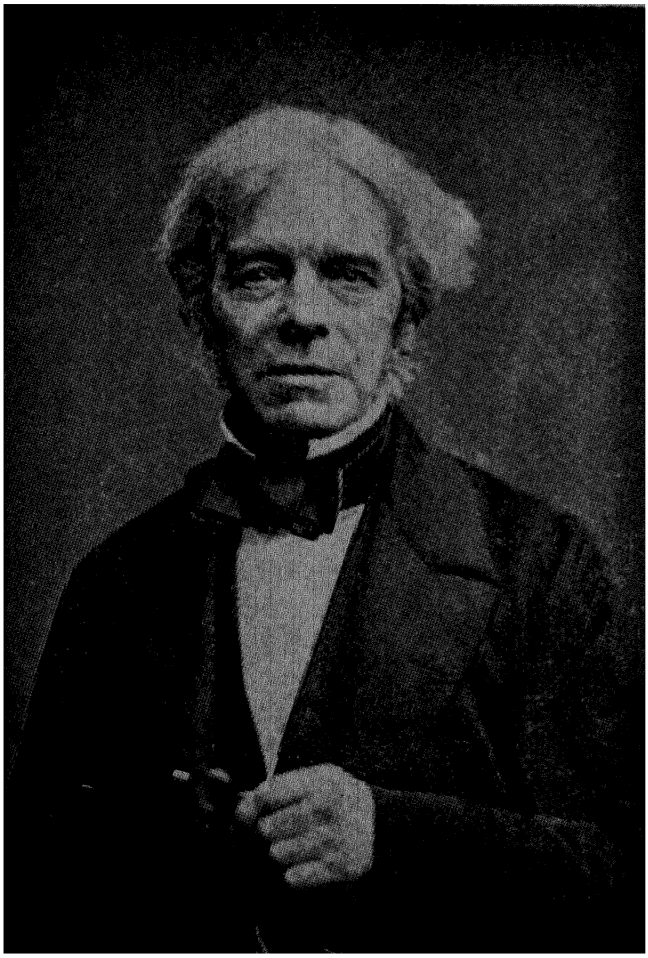
$$ClH \qquad No^{3}H \qquad So^{4}H^{2}$$

$$ClNa \qquad No^{3}Ag \qquad So^{4}Cu \qquad Cl^{3}Au$$

درنظر گیرید مقدار الکتریسته Q که درالکترولیز ClH برای آزادکردن یك اتم گرام H (تقریبا یك گرام) بکار میرود یك اتم گرام Cl را نیز آزاد میکند (۳۵٫۵ گرام) همین مقدار الکتریسته در الکترولیز $No^{3}H$ لازم است که یك اتم گرام H ودر نتیجه یك اتم گرام No^{3} را آزادکند در الکترولیز $So^{4}H^{2}$ چون بهمان اندازه Q الکتریسته عبور دهیم So^{4}_{2} آزاد میشود. بنابراین بامقدار Q (در الکترولیز Nacl) میتوان یك اتم گرام Na (۲۳ گرام) را آزاد کرد.

همین مقدار الکتریسته در الکترولیز $No^{3}Ag$ یك اتم گرام Ag (۱۰۸ گرام) را آزاد میکند و درالکترولیز $So^{4}Cu$ نیم اتم گرام Cu ($\frac{۶۴}{۲}$ گرام) و در الکترولیز $Cl^{3}Au$ یك سوم اتم گرام Au ($\frac{۱۹۷}{۳}$ گرام) را آزاد میکند. در شیمی دیده اید برای اجسام مانند Na و Ag ارزش (والانس) یك وبرای اجسام مانند Cu ارزش (والانس) ۲ و برای طلا ارزش ۳ ..... قائل‌شده‌اند. چون وزن اتمی را P و ارزش (والانس) را n نامیم مطالبی که دربالا گفته شد میرساند که چون از الکترولیتی باندازه مقدار Q الکتریسته عبور کند باندازه $\frac{P}{n}$ گرام جسم ساده آزاد میشود. گویند یك والانس گرام درهم شکسته شده است. برای اینکه دووالانس گرام از جسمی بشکنند باید ۲Q الکتریسته عبور داد و بطور کلی عده والانس گرامهائیکه در یك الکترولیز شکسته میشود فقط بستگی بمقدار الکتریسته ای که ازالکترولیز عبور کرده دارد وبا آن متناسب است (قانون فاراده).

میدانید (بند ۵۱ کتاب سوم) کولمب مقدار الکتریسته است که



فاراده (۱۸۶۷ - ۱۷۹۱)

عالم مشهور انگلیسی است که خدمات گرانبهائی برای پیشرفت علوم فیزیك وشیمی انجام داده . فرزند یك آهنگر فقیر در سن سیزده سالگی برای امرارمعاش دریك کارگاه‌صحافی کتاب بکار پرداخت در۱۸۱۳ بخدمت‌دریکی‌از آزمایشگاههای علمی انگلیس پذیرفته شد در سال ۱۸۲۵ بریاست آزمایشگاه مزبور منصوب گردید . درمدت کارخویش درآزمایشگاه بکشف قوانین مهمی نائل گردید از جمله در ۱۸۳۱ الکتریسته القائی را کشف نمود در ۱۸۳۳ بکشف قوانین الکترولیز موفق گشت

۱۱۸ر۱ میلیگرام نقره‌را آزاد کندچنانچه وزن اتمی نقره را ۱۰۷ر۸۸ گیریم

$$Q=\frac{۱۰۷ر۸۸}{۰ر۰۰۱۱۱۸}=۹۶۵۰۰$$

درمحاسبات عموماً برای Q مقدارتقریبی ۹۶۰۰۰ را اختیارمیکنند.

میتوان نتائج فوق را بافرض الکترونی بدست آورد :

درجمله های پیش گفتیم که‌انتقال‌یك الکترن از کاتد به آند مرادف باپیدایش یك اتم Cl است . برای‌محاسبه مقدار الکتریسته که برای‌پیدایش یك اتم گرام لازم است باید بار الکتریکی e یك الکترن را در عده اتمهای N که در یك اتم گرام موجود است ضرب کرد

$$\overline{Q}=\overline{Ne}=۶ر۰۶\times۱۰^{۲۳}\times۱ر۵۹\times۱۰^{-۱۹}=۹۶۵۰۰$$

در الکترولیز $So^{4}Cu$ باید ایون‌های $\overset{++}{Cu}$ و $\overline{So^{4}}$ را درنظر گیریم برای پیدایش یك اتم Cu دو الکترن باید به Cu داده شود ودو الکترن از So^{4} گرفته شود . یعنی برای آزاد شدن یك اتم گرام Cu باید

$$Q'=۲\times e\times N=۲\times۹۶۵۰۰=۲Q$$

الکتریسته از الکترولیت بگذرد .

مسئله ـ از الکترولیتی q کولمب الکتریسته عبور کرده چند گرام جسم آزاد شده ؟

چنانچه وزن اتمی جسم P ووالانس آن برای الکترولیز منظور n باشد برای اینکه $\frac{P}{n}$ گرام آزاد شود Q کولمب لازم است . پس یك کولمب باندازه $\frac{I}{Q}\cdot\frac{P}{n}$ و q کولمب باندازه

$$p=\frac{I}{Q}\cdot\frac{P}{n}\cdot q=\frac{۱}{۹۶۵۰۰}\times\frac{P}{n}q$$

گرام از جسم منظور را آزاد میکند

۳۳ - خلاصه مطالبیکه در بخش پنجم مطالعه شده

چون از جسمهائی مانند نمکهای فلزی و اسید هائیکه در آب حل شده یا آبگونه شده باشند وبتوان فرمول شیمائی آنهارا بشکل R M نوشت (R معرف رادیکال اسید مانند So^{4} و Azo^{3} و cl و M معرف فلز نمك یا ئیدرژن اسید است) جریان الکتریسته عبور کند این جسمها بدوقسمت R و M تجزیه‌میشوند M دورهادی که بقطب‌مثبت انباره الکتریکی‌متصل است (آند) و R دورهادی که‌بقطب منفی‌اتصال‌دارد (کاتد) پدیدارمیشود

الکترولیتی مانند Nacl را در نظر گیریم که از اجتماع دو ایون Na^{+} و Cl تشکیل شده چون در الکترولیت دو الکترد گذارده و اختلاف پتانسیل برقرار کنیم بطوریکه تأثیر الکترد ها روی ایون بیش از تأثیر مترادف این دوایون روی یکدیگر باشد ایون Na^{+} بطرف کاتد و Cl بطرف آند جذب میشود. چون Na^{+} و Cl همان تأثیرات شیمیائی را که اتم های Na و Cl دارند دارا نیستند در داخل محلول روی مولکولهای مجاور خود تأثیری ندارند ولی موقعیکه Na^{+} بکاتد رسید یك الکترن کسری خود را جذب کرده و به Na تبدیل میشود و Cl چون به آند برسد یك الکترن زیادی خود را از دست میدهد و به Cl تبدیل میشود از اینرو است که نتیجه الکترولیز فقط در مجاورت دو الکترد ظاهر میشود

چون بوسیله الکترولیز (با الکترولیت های مختلف و با ولتامترهائی با شکل های متفاوت) آبرا تجزیه کنیم می بینیم مقدار ئیدرژنی که در نتیجه الکترولیز آزاد میشود بشکل‌دستگاه وبجنس‌الکترولیت بستگی‌ندارد وفقط بستگی بمقدار الکتریسته که از الکترولیت عبور کرده دارد و با آن متناسب است

چون ازالکترولیتی که والانس آن n است مقدارالکتریسته Q عبور کند و باندازه $\frac{P}{n}$ گرام جسم ساده آزاد شود گویند یك‌والانس گرام‌درهم شکسته شده است

برای اینکه دو والانس گرام از جسمی بشکنند باید Q۲ الکتریسته عبور داد. بطور کلی عده والانس گرام هائیکه در یك الکترولیز شکسته میشود فقط بستگی بمقدار الکتریسته ای که از الکترولیت گذشته دارد و با آن متناسب است (قانون فاراده)

با فرمول $p = \frac{1}{9650} \times \frac{P}{n} q$ میتوان وزن p جسمی که در نتیجه الکترولیز آزاد شده حساب کرد. در این فرمول P معرف وزن اتمی جسم n والانس آن برای الکترولیز منظور و q مقدار الکتریسته است که از الکترولیت گذشته است

بخش ششم

موارد استعمال الکترولیز

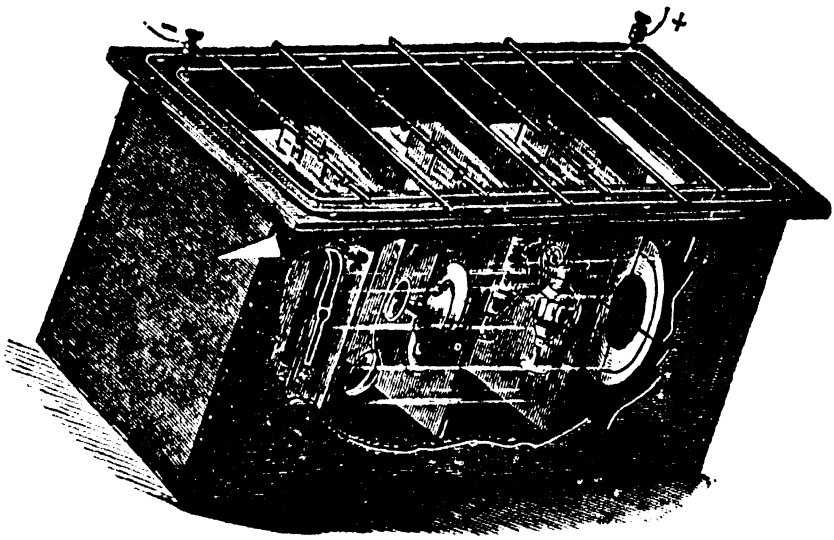
الکترولیز دارای موارد استعمال بیشمار است ازهمه‌مهمتر الکترو- شیمی است که در چند سال اخیر توسعه بی‌پایان پیدا کرده ویکی‌ازفصول مهم علمی و صنعتی را تشکیل میدهد. دیگر از موارد استعمال‌الکترولیز گالوانوپلاستی ـ تصفیه الکتریکی فلزات ـ سنجش مقدار الکتریسته و شدت جریان الکتریسته است.

۳۴ - گالوانوپلاستی

آزمایش ۱۹ را با یك الکتردمسی تکرار کنید به بینید پس از لحظه روی میله ذغال از لایه مسی پوشیده شده و از میله مسی مقداری مس کاسته شده است این آزمایش اساس گالوانوپلاستی را تشکیل میدهد بدینوسیله میتوان روی‌جسمی‌را ازلایه‌فلزی پوشاند. بوسیله‌گالوانوپلاستی میتوان مصنوعات فلزی را بالایه ای از فلزهائیکه تأثیر عوامل خارجی روی آنها کم است پوشانده واشیاء مزبور را از زنك زدن محافظت نمود. موارد استعمال متداول این کار نقره اند و دکردن یـا نیکل اند ودکردن ظروف و قاشق چنگال وغیره است.

آزمایش ۳۲ ـ در ظرف الکترولیز مقداری ازتات نقره که در سیانور پتاسیم حل شده بریزید یك صفحه نقره خالص بجای آند بکار برده. ویك قاشق مسی که قبلاً آنرا کاملا پاك شسته اید بجای کاتد بکار برید.

جریان را وصل کنید پس از چند دقیقه روی قاشق از لایه نقره



شکل ٤٩

پوشیده میشود . بهمین طریق میتوان با بکار بردن کلرور طلا که در سیانورپتاسیوم حل شده باشد جسمی را طلا اندود نمود .

گالوانوپلاستی در صنعت چاپ نیز مورد استعمال دارد . برای چاپ کردن روزنامه ها یا کتابهائیکه عده زیادی نسخه باید تهیه‌شود پس ازاینکه حروف چیده شد ازصفحه ها باموم یا گوتاپرشا قالب گرفته روی قالب کمی گرافیت یا جسم هادی دیگر میپاشند که هادی الکتریسته شود سپس این قالب را بجای کاتد در ظرف الکترولیز سولفات مس میگذارند . بوسیله الکترولیز روی قالب بالایه ازمس پوشیده میشود . هنگامیکه ضخامت لایه در حدودنیم الی یك میلیمتر شد قالب را ازظرف الکترولیت بیرون آورده موم آنرا برداشته و پشت صفحه را برای استحکام بافلز دیگری پرمیکنند ـ باچنین صفحاتی میتوان متجاوز از یك میلیون نسخه چاپ کرد .

۳۵ - تصفیه فلزات

در آزمایش ۱۹ آند را میله مسی غیر خالص اختیار کنید چون در موقع الکترولیز فقط ایون های مس بطرف کاتد میرود چنانچه الکترولیزرا ادامه دهیم درکاتد تکه مس خالص تهیه خواهد شد. بدینسان میتوان فلزهای کاملا خالص تهیه نمود.

۳۶ - الکتروشیمی – دربند ۳۰ دیدیم هنگام الکترلیز باضافه کنش و واکنش اصلی یك عده کنش و واکنش های ثانوی بظهور میرسد. در الکتروشیمی بسیاری از این کنش و واکنش ها را بمنظور تهیه مواد شیمیائی و استخراج فلزات ..... مورد استفاده قرار میدهند:

درمثالهای بند ۳۰ دیدیم درآند اکسیژن متصاعد میشود. این اکسیژن را برای احیاء کردن اجسام و بخصوص برای تهیه آب اکسیژنه پرسولفات – پرمنگنات ها ... بکار میبرند.

ازکاتد ممکن است ئیدرژن متصاعد شود این ئیدرژن در شیمی آلی موردهای استفاده بیشمار دارد.

برای توضیح الکترولیز نمك معمولی را باز مثال میزنیم.

چون محلولی ازنمك معمولی Nacl را الکترولیز کنیم واکنش اصلی عبارتست از $ClNa \rightarrow Cl + Na^{+}$

Na^{+} چون بکاتد رسید درنتیجه گرفتن یك الکترن به Na بدل‌شده روی آب تأثیر میکند.

$$Na + H^{2}o \longrightarrow NaoH + H$$

دستگاه را طوری تعبیه میکنند تا NaoH که تشکیل میشود دور آند جمع شود. درآند Cl متصاعد میشود کلر روی NaoH تأثیر کرده چنانچه

محلول سرد باشد هیپوکلریت سود یا آب ژاول تشکیل میدهد .

$$۲Cl + ۲Na\,oH \rightarrow Cl\,o\,Na + Cl\,Na + H^{۲}\,o$$

چنانچه محلول گرم باشد کلرات سدیم بدست میآید .

$$۶\,Cl + ۶Na\,oH \rightarrow Clo^{۳}\,Na + ۵\,cl\,Na + ۳\,H^{۲}\,o$$

بوسیله الکترولیز کلرورهای گداخته باریم ـ کالسیم ـ ماگنزیم ـ وغیره میتوان فلزهای نامبرده را تهیه کرد. برای تهیه الومینیویم ـ الومین ($Al^{۲}o^{۳}$) را در کری یولیت ($۶Na\,F.\,Al^{۲}F^{۶}$) گداخته حل کرده الکترولیز میکنند .

موارد استعمال الکترولیز در صنایع شیمیائی بیشمار است بیان آن موضوع کتابهای اختصاصی الکتروشیمی و الکترومتالورژی است دراین جا منظور از بیان مثالهای بالا آنکه دانش آموزان را باهمیت و فوائد مطالبی که در درسهای فیزیك و شیمی مطالعه میکنند متوجه داشته و خاطرنشان سازیم مطالبیرا که میخوانند تنها عبارات و فرمولهائی روی کاغذ نیست بلکه مطالبی است که مبنای صنایع و اکتشافات جدید و اساس ترقیات علمی و صنعتی دنیای متمدن است .

۳۷ ـ سنجش مقدار الکتریسته ـ در بند ۳۲ دیدیم مقدار جسم ساده که در نتیجه الکترولیز آزاد میشود متناسب بامقدار الکتریسته است که از الکترولیت عبور کرده . میتوان از این خاصیت برای تعریف یکه مقدار الکتریسته استفاده کرد : بنا به قرارداد مقدار الکتریسته که لازم است از محلول رقیقی از تات نقره عبور کند تا باندازه ۱٫۱۱۸ میلیگرام نقره بوسیله الکترولیز بدست آید برای یکه چندی الکتریسته تعیین شده و آنرا کولمب نامند .

در بند ۳۲ دیدیم که عبور ۹۶۵۰۰ کولمب ازیك الکترولیت یك والانس گرام فلز آزاد میکند برای سنجش مقدار الکتریسته که از الکترولیت عبور کرده کافی است کاتد را پیش و پس از آزمایش کشیده تفاوت وزن آنرا که برابر وزن فلزی است که آزاد شده تعیین نمود و مقدار الکتریسته که از الکترولیت عبور کرده حساب کرد.

۳۸ - سنجش شدت جریان الکتریسته - یکهٔ شدت جریان که آنرا آمپر نامند شدت جریانی است که چون از محلول رقیق از تات نقره عبور کند بوسیله الکترولیز درهر ثانیه ۱٫۱۱۸ میلیگرام نقره آزاد کند برای سنجش شدت جریان کافی است هنگام سنجش مقدار الکتریسته زمانیرا نیز که آزمایش طول میکشد سنجیده عددی را که معرف مقدار الکتریسته است برزمان مزبور بخش کرد.

سنجش شدت جریان و مقدار الکتریسته باروشیکه گفته شد مشکل و طولانی است دربخش هشتم وسائل معمولی سنجش شدت الکتریسته را (آمپرسنج وگالوانمتر) که با استفاده از آثار مغناطیسی جریان الکتریسته ساخته میشود و بکار بردن آنها خیلی سهل است خواهید دید. این اسبابها را باروشی که گفته شد زینه بندی میکنند.

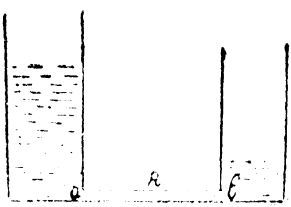
گفتار سوم

برقرار شدن و توزیع جریان در مدارها

بخش هفتم (۱)

قانونهای کیرشهف در جریانهای منشعب

۴۰ - اختلاف پتانسیل - دو انبارآب A و B بوسیله لوله R بیکدیگر متصل شده اند . برای اینکه آب در لوله جریان کند باید فشار در نقطه a بیش از فشار در b باشد یا بعبارت دیگر سطح آب در انبار A باید بلند تر از سطح آب در انبار B باشد . هنگامیکه سطح های آزاد آب دو مخزن دریك هامن ترازی قرار گیرد (فشار در a و b برابرباشد) درلوله R آب جریان نمیکند (۲).



شکل ۵۰

چون دوقطب یکدستگاه زایای الکتریسته مانند پیل و انباره الکتریکی یا متور را بوسیله

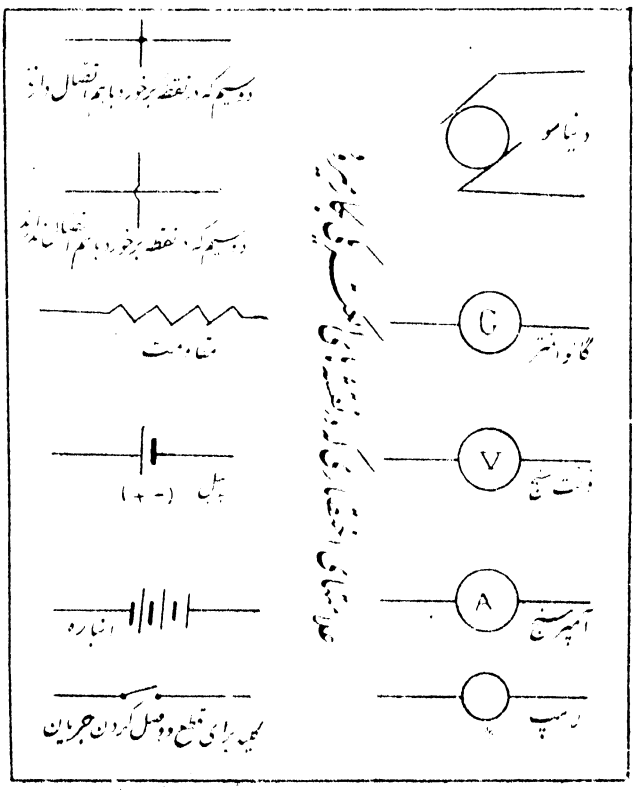
---

۱ - پیش از مطالعه این فصل باید مطالبی که در کتاب سوم راجع بمقاومت الکتریکی (بخش سوم از گفتارسوم) - قانون ژول (بخش چهارم) اختلاف پتانسیل وقانون اهم (بخش پنجم) درج گشته مراجعه شده و آزمایش های مربوط انجام گیرد .

۲ - نظر باینکه در مشاهدات و کار های روزانه باجریان آب زیاد سروکار داریم تشبیه جریان الکتریسته بجریان آب دربسیاری ازمواقع موضوع را بهتردرنظر مجسم کرده بدرك آن کمك میکند از اینروست که دراین بخش درمواقع لزوم باین تشبیه مبادرت شده . باید متذکر بود که چگونگی برقرار شدن جریان الکتریسته درمدارها بقراریست که در بند ۲۵ گفته شد

سیمی متصل کنیم در سیم جریان برقرار میشود. در اینجا نیز میتوان گفت برقرار شدن جریان در سیم برای آنست که فشار الکتریکی در دو قطب پیل متفاوت است یامیان دوقطب اختلاف سطح الکتریکی وجود دارد و در نتیجه وجود این اختلاف فشار است که جریان برقرار میشود یا بعبارت دیگر پتانسیل دو قطب متفاوت است و برقرار شدن جریان در مدار برای این است که میان دو قطب دستگاه زایای الکتریسته اختلاف پتانسیل وجود دارد.

همانطور که در مثال بالا چون اختلاف سطح از میان رود در لوله R آب جریان نمیکند، هنگامیکه دو قطب یك پیل را مدت زیادی بهم متصل کنیم بتدریج شدت جریان کم شده تا اینکه بکلی از میان میرود. برای اینکه در لوله R همیشه جریان برقرار باشد کافیست که با تلمبه آب مخزن B را به A برگردانیم تا اختلاف سطح برقرار ماند. درپیل نیز (تا موقعیکه خراب نشده) کنش و واکنش های شیمیائی بظهور میرسدکه در نتیجه آنها میان دو قطب اختلاف پتانسیل موجود شده در نتیجه جریان برقرار میماند.

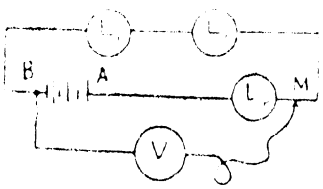


شکل ۱

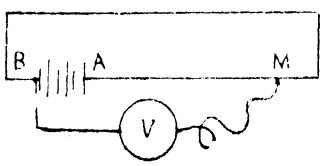
دستگاهیکه برای سنجش اختلاف پتانسیل بکار میرود ولتسنج (بند ۸۶ کتاب سوم) و یکه اختلاف پتانسیل ولت نام دارد (بند ۶۵ کتاب سوم).

آزمون - بایك ولتسنج اختلاف پتانسیل میان دوقطب چند پیل (دانیل ـ لکلانشه ـ بیکرمات ـ انباره سربی) را اندازه گرفته نتیجه‌ها را بامقادیریکه در کتاب سوم خوانده اید مطابقه کنید.

۴۱ - تغییر پتانسیل درطول یك مدار ـ باسیم نازك درازی دو قطب A وB یك انباره الکتریکی را بهم وصل کنید. چنانچه سیم خیلی نازك ندارید چند لامپ کوچك (L_1 و L_2 و L_3) چراغ جیبی را یکی بعد از دیگری در مدار بگذارید. یك سرسیم ولتسنجی را بقطب B وصل کرده بسر دیگر (M) گیره ای ببندید که بتوانید آنرا بآسانی درنقاط مختلف مدار وصل کنید چون M را در A بگذارید عقربه ولتسنج اختلاف پتانسیل میان دو قطب انباره را نشان میدهد M را درنقاط مختلف سیم (یادرنقطه های L_1 و L_2 ... بعد از هر چراغ) قرار داده اختلاف پتانسیل را باولتسنج اندازه بگیرید میبینیدهرچه بطرف B نزدیکتر میشوید اختلاف پتانسیل کم میشود. چون M را در B بگذاریم عقربه روی صفر خواهد ایستاد. این آزمایش نشان میدهد:



شکل ۵۲ الف

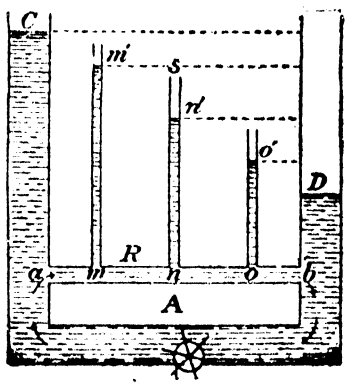


شکل ۵۲ ب

هنگامیکه جریان الکتریسته در جسمی هادی برقرار شود پتانسیل درنقاط مختلف آن تغییر میکند ولی چنانچه یك آمپر سنج در نقاط مختلف

مدار قرار دهید میبینید که شدت جریان در تمام نقاط مدار یکسان‌است . برای سنجش اختلاف پتانسیل میان دو نقطه از مدار کافیست که دو سر ولتسنج را دردونقطه منظور قرار دهیم . میتوان نقصان پتانسیل را درطول مدار بانقصان فشار آب در طول لوله مجرای آب تشبیه کرده موضوع را کاملا در نظر مجسم کرد .

بوسیله تلمبه آبیرا که از لوله R به D میاید دوباره بمخزن C میفرستند بطوریکه اختلاف سطح C و D در دومخزن همواره برقرار باشد . چنانچه درطول لوله درنقطه های o , n , m چند لوله باریك شیشه ای نصب کنیم فشار آب در هریك از نقاط مذکور را میتوان بوسیله ارتفاع ستون آب در این لوله ها سنجید . میبینید که هرچه



شکل ۵۳

از ۱ دور شویم فشار کم میشود درحالیکه شدت جریان (مقدار آبیکه از هریك از مقاطع قائم لوله میگذرد) درتمام نقطه های لوله یکسان است .

۴۲ - نیروی الکتروموتور - پیل - انباره - و متور (یاهردستگاه زایای‌دیگر) چون درمدار بسته‌ای قرارگیرد دراین مدارجریان الکتریسته برقرار میکند . گویند زایای الکتریسته دارای نیروی الکتروموتور است و در نتیجه وجود نیروی الکتروموتور است که حرکت دائمی الکتریسته در مدار برقرار میشود . جریانیکه در مدار برقرار میشود حامل مقداری انرژی است که در مدار خارجی بشکل گرما یا انرژی مکانیك یا انرژی

شیمیائی ... مصرف میشود. نیروی الکتروموتور یك‌زایا مقدار انرژیست که دستگاه بهر کولمب الکتریسته که از آن عبور میکند میدهد.

هنگامیکه قطبهای پیل یا انباره بیکدیگر متصل نیستند (مدار باز است) باوجودیکه میان دوقطب اختلاف پتانسیل موجود است و باید در داخل دستگاه از قطب مثبت بقطب منفی الکتریسته عبور کند هیچگونه جریانی وجود ندارد. علت را میتوان درنتیجه تأثیر نیروی الکتروموتور دستگاه دانست. دراثرنیروی الکتروموتور درداخل زایا باید جریان ازقطب منفی بقطب مثبت رود، اختلاف پتانسیل تأثیر عکس دارد. چون در پیل ترازمندی برقراراست پس نیروی‌الکتروموتور یکدستگاه زایا برابراختلاف پتانسیلی است که در مدار باز، میان دو قطب آن موجود است. در نتیجه میتوان نیروی الکتروموتور را نیز بایکهٔ ولت سنجید. درفرمولها وعبارات پتانسیل‌را بیشترباحرف V ونیروی‌الکتروموتوررا باحرف E نمایش میدهند

آزمایش ۲۳ ـ بایك تکه مس و یك تکه روی و کمی محلول رقیق اسیدسولفوریك یك‌پیل ساده درست کنید. بایك ولتسنج اختلاف پتانسیل میان روی و مس را اندازه بگیرید. میزان اختلاف پتانسیل (یا نیروی الکتروموتور) را درحدود یك ولت خواهید یافت. فاصله دو میله یاوسعت سطح ویامیزان فرورفتگی آنها را در محلول تغییر دهید ببینید در تمام حالتها اختلاف پتانسیل تغییرنمیکند ودارای‌همان‌مقداری است که درآزمایش نخست بدست آوردید. بجای مس یك میله ذغال‌بگذارید ببینید نیروی الکتروموتور درحدود ۱٫۵ ولت است. یك‌میله ذغال ویك میله مس بکاربرید اختلاف پتانسیل را کمتر از یك ولت خواهید یافت. بجای محلول اسید سولفوریك محلول دیگری (نوشادر ـ محلول اسید سولفوریك وبیکرمات ...) بریزید

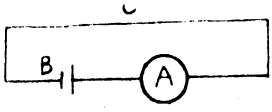
ببینید اختلاف پتانسیل تغییر میکند . بنا براین :

هرپیل دارای نیروی الکترومتور مشخصی‌است . این نیرو فقط بستگی بجنس جسمهائیکه آنرا تشکیل میدهد داشته و بشکل یا اندازه ویا فاصله صفحه هائیکه پیل را تشکیل میدهند بستگی ندارد .

از بعد خواهید دید که سایر دستگاه های زایای الکتریسته مانند موتور ها ـ الترناتور ها ـ ... نیز هریك بنابچگونگی ساختما نشان دارای نیروی الکتروموتور مشخصی میباشند .

۴۳ - بستگی‌میان شدت جریان واختلاف پتانسیل (قانون‌اهم)

آزمایش ۲۴ـ الف ـ بایك انباره الکتریکی دوولتی یك‌تکه سیم AB و یك آمپرسنج ، مداری تشکیل داده شدت جریان را که از سیم میگذرد معلوم کنید .



شکل ٥٤

بدون اینکه سیم را تغییر دهید بجای انباره دو ولتی یك انباره چهار ولتی یا شش ولتی بگذارید به بینید شدت جریان نیز دو برابر یا سه برابر میشود . پس معلوم میشود که : اختلاف پتانسیل‌میان دونقطه ازمدارمتناسب باشدت جریانیست که ازمدار میگذرد

ب ـ اینك‌سیم AB را برداشته وسیمی‌که ازهمان جنس‌ودارای‌همان کلفتی است ولی طول آن دو برابر است (مقاومتش دو برابر است) درمدار بگذارید . چنانچه در آزمایش الف با انباره دو ولتی جریان I از سیم‌عبور میکرد اینك که مقاومت سیم دو برابر شده اگر بخواهیم باز همان شدت از سیم عبور کند باید اختلاف پتانسیل را دوبرابر کنیم یعنی یك انباره چهار ولتی بکار بریم و اگر چنانچه طول سیم را سه برابر AB کنیم

(مقاومت سه برابر شود) باید یك انباره شش ولتی بکار بریم تاهمان جریان I ازمدار بگذرد . پس معلوم میشود هنگامیکه از مداری جریان ثابت I عبورکند اختلاف پتانسیل متناسب با مقاومت الکتریکی مدار است از این آزمایش نتیجه‌میشود:

اختلاف‌پتانسیل $(V_A - V_B)$ میان دو نقطه A و B جسم هادی که ازآن جریان الکتریسته میگذرد متناسب باشدت جریان و مقاومت الکتریکی قسمتی از مدار که میان دو نقطه منظور واقع است میباشد (قانون اهم) .



اهم (۱۷۸۷ — ۱۸۵٤)
دانشمند مشهور آلمانی کارهای او در الکتریسته معروف است

چنانچه شدت جریان‌را با I و مقاومت را با R واختلاف پتانسیل را با V نمایش دهیم داریم .

$$V_A - V_B = V = KRI$$

چون یکه مقاومت‌را اهم ویکه‌اختلاف پتانسیل را ولت‌اختیار کنیم

$$V = IR$$

(ولت را طوری تعیین کرده اند که K برابر یك باشد)

فرض کنیم دو قطب یك زا یا که نیروی الکتروموتوران E است بوسیله سیمی بامقاومت R بهم متصل شده . در سیم جریانی بشدت I عبور میکند . میدانیم که این جریان از داخل زایا نیز عبور میکند چنانچه

مقاومت داخلی زایا را با r نمایش دهیم مقاومت تمام مدار برابر R+r خواهد شد. میان مقادیر E , I , R , r بستگی E=I (R+r) برقرار است چون از سیم با مقاومت R جریان I عبور میکند و میان دو قطب اختلاف پتانسیل V موجود است بنا بقانون اهم داریم. V=IR

از طرف دیگر داریم.

$$E=I(R+r)=IR+Ir=V+Ir$$

نیروی الکترومتور یك زایا بیش از اختلاف پتانسیل است که میان دو قطب زایا هنگام برقرار بودن جریان موجود است. برقرار شدن جریان نیز این موضوع را ثابت میکند چه که نیروی الکترمتور نه تنها باعث عبور جریان در مدار خارجی با مقاومت R است بلکه از داخل خود زایا که دارای مقاومت r میباشد نیز جریان را عبور میدهد. عموماً مقاومت



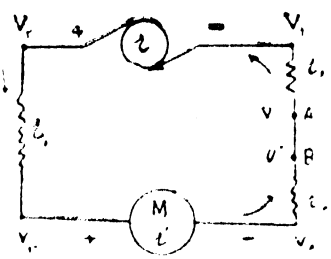
امپر (۱۸۳٦ — ۱۷۷۵)
دانشمند معروف فرانسوی کارهای او در الکتریسته مشهور است

داخلی زایا (r) دربرابرمقاومت خارجی بینهایت کوچك وغیر قابل‌ملاحظه است . بنابراین میتوان عملا نوشت .

$$E = V$$

و نیز درموقعیکه مدار باز است $I = 0$ و باز خواهیم داشت $E = v$

۴۴ - فرمول اهم درحالت کلی - آنچه تا کنون گفته شد مربوط بمواقعی بود که جریان از هادی هائی که دارای مقاومت هستند عبور میکرد میدانید که در اینحالت انرژی الکتریك مطابق قانون ژول (بند ۶۰ کتاب سوم) بگرما تبدیل میشود . اینك فرض کنیدکه جریان الکتریك از مداریکه در آن دستگاه های زایا یا گیرنده انرژی الکتریك وجود دارد عبور کند مثلا در مدار یك ظرف الکترولیت وجود داشته باشد دراینحالت میدانید یك مقدار انرژی‌الکتریك صرف تجزیه وترکیب های شیمیائی میشود، میخواهیم فرمول اهم را در باره چنین مداری نیز پیدا کنیم : فرض کنیم در مداریکه دو نقطه A و B را بیکدیگر اتصال میدهد یك زایای G و گیرنده M واقع باشد .



شکل ۵۵

مقاومت داخلی G و M را به ترتیب با r و r' ونیروی الکتروموتور آنها را با E و E' نمایش میدهیم مقاومت سیمهای رابطه میان A و G را r_1 میان G و M را r_2 ومیان M و B را r_3 نامیم . اختلاف پتانسیل میان دو قطب G را $V_1 - V_2$ و میان دو قطب M را $V_4 - V_3$ و میان A و B را $V - V'$ نامیم .

میتوان فرمول اهم را برای قسمت های مختلف مدار نوشت .

برای مقاومت r_1 $\quad V - V_1 = Ir$

برای G $\quad E = V_2 - V_1 + Ir$

برای r_2 $\quad V_2 - V_3 = Ir_2$

برای M $\quad V_3 - V_4 = E' + Ir'$

برای r_3 $\quad V_4 - V' = Ir_3$

چون بستگی ها را جمع کنیم نتیجه میشود .

$$V - V' + E = E' + I(r_1 + r_2 + r_3 + r' + r) = E' + IR$$

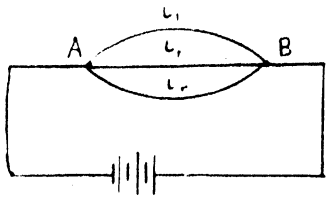
یا $\quad (V - V') + (E - E') = Ir$

که در آن $R = r_1 + r_2 + r_3 + r' + r$ فرض شده

چنانچه درمدارچند زایا یا گیرنده وجود داشته باشد کافی است جمع نیروهای الکتروموتور آنهارادخالت‌داد باملاحظه اینکه‌نیروی الکتروموتور زایا ها باعلامت + ونیروی الکتروموتورگیرنده‌ها (نیروی‌ضدالکتروموتور) باعلامت منها نوشته شود. اگر جمع جبری‌کلیه این نیروهای‌ا لکتروموتور را با ΣE نمایش دهیم فرمول اهم در حالت کلی بشکل زیر نوشته میشود .

$$IR = \Sigma E$$

۴۵ - تقسیم جریان در مدار های انشعابی - مداری میان دو نقطه A و B (شکل ٥٦) بچند شعبه تقسیم شده میخواهیم چگونگی توزیع جریان را درانشعاب ها معلوم کنیم .



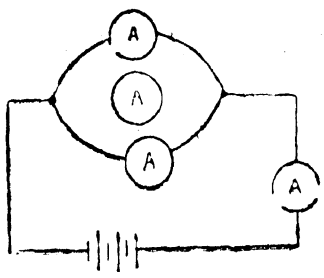
شکل ٥٦

الف ـ انشعاب‌ها شامل سیمهای هادی است

آزمایش ۲۵ - الف روی هریك از مدار هـای انشعابی و روی مدار اصلی یك آمپر سنج گذارده به بینید جمع شدت جریانهای انشعابهـا برابر شدت جریان در شاخه اصلی است .

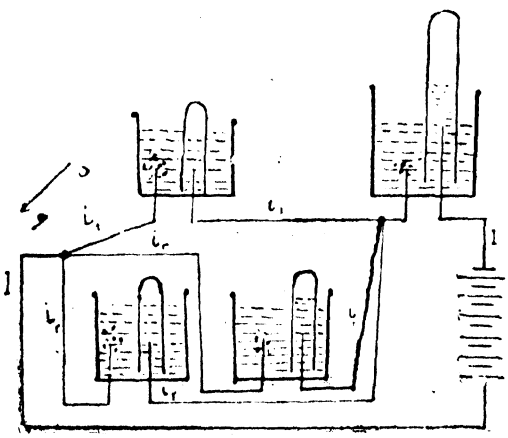
$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

ب- روی هریك ازمدارهار بجای آمپر سنج یك ولتامتر بگذارید (شکل ۵۸) و تا مدت معینی بگذارید جریان عبور کند به‌بینیدمیزان ئیدرژن که درولتامتریکه روی مدار اصلی قراردارد جمع شده برابر مجموع ئیدرژنی است که در سه ولتامتر دیگر جمع شده است . پس معلوم میشود مقدار الکتریسته که



شکل ۵۷

از مدار اصلی میگذرد برابر مجموع مقدار الکتریسته ایست که از مدار های انشعابی عبور میکند (اصل بقاء الکتریسته)

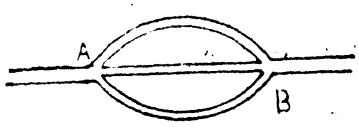

شکل ۵۸

چون مقدار الکتریسته برابر حاصل ضرب شدت I در زمان t است داریم .

$$I\,t = i_1\,t + i_2\,t + i_3\,t$$

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

این نتیجه‌را بدون آزمایش نیز ممکن بود پیش بینی کرد : الکترنهائیکه درنقطه A (شکل ۵۶) جمع میشوندبرای انتقال به‌نقطه B باید میان‌سه انشعاب تقسیم‌شوند وچون الکترنها در یك نقطه توده نمیشوند آشکار است که همه آنها از نقطه B خواهند گذشت . اینجا نیز مجرای آب را درنظر میگیریم (شکل ۵۹) تاموضوع بخوبی مجسم‌شود



شکل ۵۹

تمام آبی که از لوله اصلی به نقطه A میرسد در لوله های فرعی

تقسیم شده پس از عبور از آنها در B جمع میشود .

چنانچه تمام لوله های فرعی مشابه باشند آشکار است که میزان آبی که از هریك عبور میکند برابر است و اگر مقطع لولهٔ دو برابر مقطع لوله دیگر باشد از لوله که گشادتر است دوبرابر آب عبور خواهد کرد بهمین طریق میتوان در باره جریان الکتریسته نیز حدس زد : چنانچه سیمهای انشعابی مشابه باشند یعنی مقاومت الکتریکی آنها یکسان باشد شدت جریان در تمام مدارها برابر است وچنانچه مقاومت سیم مداری نصف مداردیگرباشد شدت جریان در این مدار دو برابر خواهد بود. صحت این نتیجه را با آزمایش ۲۶ ثابت کنید .

آزمایش ۲۶ ـ الف . برای تشکیل سه مدار انشعابی ازیك قرقره سیم که ضخامت آن در تمام نقاطش یکسان باشد سه تکه با درازی مساوی جدا کنید (برای اینکه مقاومت آنها برابر باشد) شدت جریان را در سه مدار مانند آزمایش ۲۵ اندازه گرفته و تساوی آنها را نشان دهید .

ب . برای یکی از مدار های انشعابی ده سانتیمتر برای دومی ۲۰ سانتیمتر و برای سومی ۳۰ سانتیمتر جدا کنید . چون کلفتی و جنس سیمها یکی است مقاومت سیم دوم دو برابر و مقاومت سیم سوم سه برابر اولی است . شدت جریان را دراین سه مدار اندازه بگیرید به بینید شدت جریان درمدار دوم نصف اول ودرمدار سوم ثلث اول است.

آزمایش را باسیمهای مختلف که مقاومت آنها r_1 و r_2 و r_3 . . است تکرار کنید به بینید در تمام حالتها داریم

$$i_1 r_1 = i_2 r_2 = i_3 r_3 = \ldots .$$

این نتیجه را میتوان بوسیله فرمول اهم نیز بدست آورد .

چنانچه اختلاف پتانسیل میان A و B را $V = V_A - V_B$ نامیم

بنا بقانون اهم داریم

برای قطعه Ar_1B $\quad V = i_1 r_1$

برای قطعه Ar_2B $\quad V = i_2 r_2$

برای قطعه Ar_3B $\quad V = i_3 r_3$

پس $\quad i_1 r_1 = i_2 r_2 = i_3 r_3 \qquad (1)$

فرمول (۱) را میتوان بشکل زیر نوشت

$$\frac{i_1}{\frac{1}{r_1}} = \frac{i_2}{\frac{1}{r_2}} = \frac{i_3}{\frac{1}{r_3}} \qquad (2)$$

میدانید که دربستگی مانند (۲) نسبتی که ازحاصل جمع برخه نامها و برخه شمارها بدست میاید بانسبت های پیشین برابر است. یعنی داریم

$$\frac{i_1}{\frac{1}{r_1}} = \frac{i_2}{\frac{1}{r_2}} = \frac{i_3}{\frac{1}{r_3}} = \frac{i_1 + i_2 + i_3}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} \qquad (3)$$

بنا به نتیجه آزمایش ۲۵ داریم

$$I = i_1 + i_2 + i_3 \qquad (4)$$

و چون برای سهولت بنویسیم

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \qquad (5)$$

بستگی (۳) بشکل

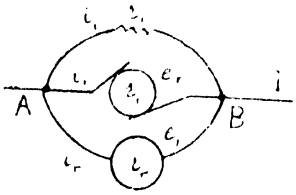
$$\frac{i_1}{\frac{1}{r_1}} = \frac{i_2}{\frac{1}{r_2}} = \frac{i_3}{\frac{1}{r_3}} = \frac{I}{\frac{1}{R}}$$

نوشته میشود و

$$(٦)\quad V = i_١ r_١ = i_٢ r_٢ = i_٣ r_٣ = IR$$

بستگی٦ نشان میدهدکه میتوان سیم های $r_١$ و $r_٢$ و $r_٣$ رابرداشته و : A و B را بایك سیم که مقاومت آن R باشد اتصال داد . درمدار اصلی همان شدت I برقرار خواهد ماند . مقاومت R را مقاومت معادل مقاومت های $r_١$ و $r_٢$ و $r_٣$ نامند .

ب ـ درانشعاب ها گیرنده یازایا وجود دارد ـ فرض کنیم درمدارهای انشعابی‌دستگاه زایا یا گیرنده وجود داشته باشد (شکل ٦٠) دراینحالت نیز میتوان برای تعیین چگونگی توزیع جریان فرمول کلی اهم را بکار برد .



شکل ٦٠

$$(٧)\quad \begin{cases} V = r_١ i_١ & \text{برای قسمت } Ar_١B \\ V = e_٢ + r_٢ i_٢ & \text{برای قسمت } Ar_٢B \\ V = e_١ + r_٣ i_٣ & \text{برای قسمت } Ar_٣B \end{cases}$$

$$(٨)\quad I = i_١ + i_٢ + i_٣$$

با داشتن مشخصات دستگاه هائیکه در مدار ها بکار رفته مقادیر $r_١$ و $r_٢$ و $r_٣$ و $e_٢$ و $e_١$ دردست است . بوسیله بستگیهای فوق میتوان مقادیر i را در مدار های مختلف تعیین کرد . و بر عکس هنگامیکه شدت جریانیکه باید از مدار های مختلف بگذرد معلوم باشد میتوان بوسیله بستگیهای مذکور میزان مقاومت سیمها را مشخص نمود .

محاسبه و تعیین چگونگی توزیع جریان در مدار های مختلف در

کارهای الکتریکی دارای اهمیت زیاد است :

هرموقع که بخواهیم دستگاه الکتریکی نصب کنیم باید هادی های رابط را طوری انتخاب کنیم که در دو قطب دستگاه اختلاف پتانسیل مشخصی موجود باشد و شدت جریان مشخصی از آن عبور کند تا بتوان دستگاه را بکار انداخت

میتوان نتائج محاسبات و بستگیهائیرا که در جمله های الف و ب پیدا کردیم‌عمومیت داده وبرای تعیین چگونگی توزیع جریان دریك‌شبکه الکتریکی بکاربرد. منظور ازشبکه عده زیادی هادی‌است که درنقاط مختلف یکدیگررا قطع کرده‌اند . مدارها دارای مقاومت بوده وممکن است شامل دستگاه گیرنده یا زایا نیز باشند .



شکل ۶۱

یك نقطه o جای برخورد چند سیم ازشبکه را درنظر گیریم (شکل ۶۱) . فرض کنیم سوی جریان بقراری است که باپیکان نشان داده‌شده . الکترن هائیکه جریان راتشکیل میدهند نمیتوانند دریك نقطه جایگزین شوند بنابراین تمام الکترن هائیکه جریان i_1 و i_2 را تشکیل میدهند و بنقطه o میرسند از این نقطه خارج میشوند . یعنی

$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4$$

$$i_1 + i_2 - i_3 - i_4 = 0 \qquad (9)$$

نقطه o اینجا مانند نقطه B شکل ۵۶ است و بستگی (۹) بستگی است که از آزمایش ۲۵ نتیجه شد .

برای تعمیم موضوع ، سوی‌مثبتی برای جریان قائل میشویم (تعیین این‌سو اختیاری‌است) . دریك‌هادی جریانهائیرا که سوی حقیقی آنها سوی

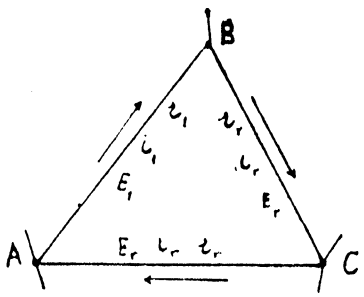
مثبت مفروض است باعلامت + و آنهائیرا که درسوی مخالف سیر میکنند باعلامت منها مینویسیم . اگر در مدار نیروی الکتروموتور باشد چنانچه این‌نیرو جریان مثبت ایجاد کند باعلامت + ودرغیر آن با علامت ـ ذکر میشود .

در مثال بالا چون سوی جریانیکه بنقطه o نزدیك میشود برای سوی مثبت اختیار کنیم بستگی (۹) را میتوان بشکل عمومی (۱۰) نوشت :

$$\Sigma i = o \qquad (۱۰)$$

مجموع جریانهائیکه بیك نقطه از جاهای برخورد سیمهای مختلف شبکه وارد میشود (باعلامت‌جبری) برابراست باصفر (قانون‌اول کیرشهف)

درشبکه‌ای یك مدار ABC درنظر گیریم . فرض کنیم هر شاخه دارای مقاومت r ونیروی الکتروموتور E باشد و از آن جریان باشدت I عبور کند. با پیکان سوی مثبت مفروض نشان داده شده . پتانسیل را در نقاط A و B و C با V_A وV_Bو V_C نمایش میدهیم



شکل ٦٢

اختلاف پتانسیل میان دونقطه A وB از هادی AB که ازآن جریان I میگذرد برابر است باتفاضل نیروی الکتروموتور $E_۱$ وکاهش‌پتانسیل $i_۱r_۱$

$$V_A - V_B = E_۱ - r_۱ i_۱$$

در BC

$$V_B - V_C = E_۲ - r_۲ i_۲$$

در AC

$$V_C - V_A = E_۳ - r_۳ i_۳$$

چون بستگی ها را جمع کنیم نتیجه میشود :

$$o = E_1 + E_2 + E_3 - (r_1 i + r_2 i_2 + r_3 i_3)$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = r_1 i_1 + r_2 i_2 + r_3 i_3$$

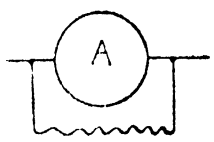
$$\Sigma E = \Sigma ri$$

نتیجه فوق بنام قانون دوم کیرشهف بدین سان بیان میشود:
درمدار بسته که از یك شبکهٔ منظور گردد (بامنظور داشتن علامت جبری بطوریکه گفته شد) جمع نیروهای الکتروموتور برابر است با جمع ri (کاهش پتانسیل درطول هر هادی) .

چون بخواهیم توزیع جریان را درشاخه‌های مختلف شبکه‌ای تعیین کنیم کافیست که در شبکه بقدر کافی مدارهای بسته درنظر گرفته و برای هرمدار بسته ای فرمول $\Sigma E = \Sigma ri$

و برای هر نقطه برخورد رابطه $\Sigma i = o$ را نوشت بدینسان بقدر کافی بستگی برای حل مسئله بدست میاوریم .

۴۶ ـ شنت (مثال یك) ـ برای اینکه باامپرسنجی که تاب جریانهای شدیدرا ندارد جریان‌های شدیدرا بسنجیم به آمپرسنج یك مقاومت خارجی (شنت) اضافه نموده و آمپر سنج را بطور انشعاب روی مدار میگذاریم (شکل ۶۳) . جریان I بدو قسمت شده قسمت عمده (i_1) از شنت که مقاومت آن کمتر است گذشته وجریان کمی (i_2) از آمپرسنج میگذرد



(شکل ۶۳)

بنا بقانون اول کیرشهف داریم $I = i_1 + i_2$

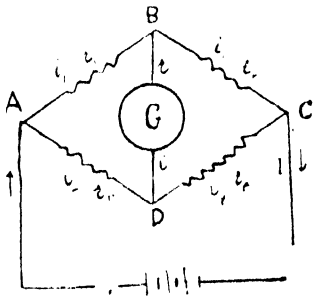
بنابقانون دوم کیرشهف درمدار بسته که ازشنت وگالوانمتر تشکیل میشود داریم :

$$\Sigma ir = i_1 r_1 - i_2 r_2 = 0$$

$$i_2 = i_1 \times \frac{r_1}{r_2}$$

$$I = i_1 + i_1 \times \frac{r_1}{r_2} = i_1 \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) = \frac{i_1 (r_1 + r_2)}{r_2}$$

۴۷ - پل وستون (مثال ۲) - برای سنجش مقاومت الکتریکی دستگاهی بکار میبرند موسوم به پل وستون (شکل ٦٤) : سه مقاومت معلوم r_1 و r_2 و r_3 ومقاومت مجهول $x = r_4$ را بطوریکه درشکل دیده میشود سوار میکنند. برای مقاومتهای r_1 و r_2 و r_3 جعبه های مقاومت (بند ٥٦ کتاب سوم) بکار میبرند برای اینکه بتوان میزان مقاومت را باختیار تغییر داد .



شکل ٦٤

هنگام سنجش برای r_1 و r_3 مقدار مشخصی قائل شده r_2 را تغییر میدهد تاموقعیکه عقربه آمپر سنج G که روی BD واقع است در مقابل زینه صفر قرار گیرد ($i = 0$) در این هنگام گویند پل در حال ترازمندی است وبوسیله بستگی هائی که پیدامیکنیم میتوان مقاومت مجهول x راحساب کرد.

بنا بقانون اول کیرشهف :

در راس B $\qquad i_1 - i_2 - i = 0$

و چون $i = 0$ پس $\qquad i_1 = i_2 \qquad (1)$

بهمین طریق در راس D $\qquad i_4 = i_3 \qquad (2)$

بنا بقانون دوم کیرشهف داریم :

در مدار بسته ABD $r_1 i_1 + r \times o - r_3 i_3 = o$

$$(3) \quad r_1 i_1 = r_3 i_3 \qquad \frac{r_1}{r_3} = \frac{i_3}{i_1}$$

در مدار بسته BCD $r_2 i_2 - x i_4 + r \times o = o$

$$(4) \quad r_2 i_2 = x i_4 \qquad \frac{r_2}{x} = \frac{i_4}{i_2}$$

با ملاحظه بستگیهای ۱ و ۲ و ۳ بستگی ٤ بشکل زیر نوشته میشود

$$(5) \quad \frac{r_2}{x} = \frac{r_1}{r_3} \qquad x = r_2 \times \frac{r_3}{r_1}$$

چون مقاومتهای r_1 و r_2 و r_3 معلوم است با بستگی (۵) میتوان x را حساب کرد. چنانچه مقاومت x بزرگ باشد r_1 را کوچکتر از r_3 میگیرند تانسبت r_1 / r_3 بزرگ باشد تا بتوان باختصر تغییر r_1 ترازمندی را برقرار کرد. برعکس برای سنجش مقاومتهای کوچك r_3 را کوچك و r_1 را بزرگ اختیار میکنند.

۴۸ ــ خلاصه مطالبی که در کتاب سوم مطالعه شده و یادآوری آن ضمن مطالعه مطالب این بخش لازم است :

۱) مقاومت الکتریکی - چون از سیمهائیکه جنس یا مقطع یا درازی آنها متفاوت است جریانی باشدت برابر عبور دهیم مقدار گرمائیکه تولید میشود متفاوت است. گویند مقاومت سیمها تفاوت دارد.

مقاومت الکتریکی یك هادی کمیتی است متناسب بامقدار گرمائیکه دراین هادی تولید میشود هنگامیکه از آن درمدت معینی جریانی باشدت مشخصی عبور کند.

یکه مقاومت را اهم نامند. اهم مقاومت یك هادی‌است که چون

ازآن جریانی باشدت یك آمپرعبور کند درهرثانیه باندازه یك ژول انرژی بگرما بدل شود . یك ستون جیوه که در حرارت صفر زینه درازی آن ۱۰۶٫۳ سانتیمتر و مقطع آن یك میلیمتر باشد مقاومتش برابر یك اهم است . مقاومت یك جسم‌هادی را که درازیش l و مقطعش s باشد میتوان با فرمول

$$R = k\frac{l}{s}$$

حساب کرد . k ضریبی است که بستگی به‌جنس جسم دارد ومقدار عددی آن برای جسمهائیکه جنسشان متفاوت است مختلف است .

۲) قانون ژول - چون ازجسم هادی جریان الکتریك بگذرد این جسم گرم میشود . مقدار گرمائیکه درنتیجه عبور جریانی بشدت I ازجسم هادی که مقاومت آن R است عبور میکند متناسب است با :

مجذور شدت : I^2

مقاومت سیم : R

زمانیکه جریان از سیم عبور کرده : t

چون مقاومت‌را بایکه اهم وشدت‌را با آمپروزمان را باثانیه بسنجیم قانون ژول را میتوان بافرمول

$$Q = \frac{1}{J}RI^2t = 0{,}24RI^2t$$

نمایش داد .

۴۹ ـ خلاصه مطالب بخش هفتم ـ چون دو نقطه را باسیمی متصل کنیم و از سیم جریان الکتریسته عبور کند گوئیم پتانسیل این دو نقطه متفاوت است . اختلاف پتانسیل میان دو نقطه از یک مدار الکتریکی‌را میتوان باختلاف فشاری که میان دو نقطه ازمجرای آب وجود

دارد تشبیه نمود. همانطور که این اختلاف فشار باعث جریان آب در لوله است اختلاف پتانسیل نیز باعث جریان یافتن الکتریسته در مدار است، یکه اختلاف پتانسیل را ولت نامند.



وات
(۱۸۱۹ — ۱۷۳۶)
دانشمند انگلیسی است که ماشین بخار را بشکل قابل استفاده درآورد و از اینرو ترقیات شگرفی نصیب صنایع جدید و وسائل نقلیه گردید

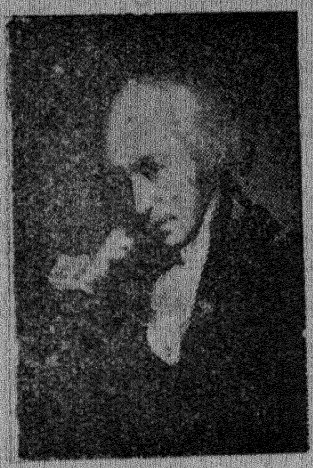


ژول (۱۸۸۹ — ۱۸۱۸)
دانشمند انگلیسی واضع قانون معروف بقانون ژول است. تحقیقات علمی او در مغناطیس و الکتریسته معروف است.

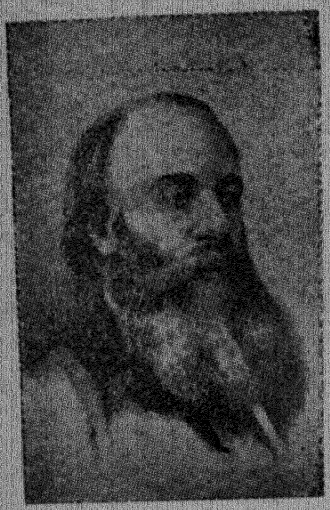
هنگامیکه جریان الکتریسته درجسم هادی برقرارشود پتانسیل در نقاط مختلف آن تغییر میکند ولی شدت جریان در تمام نقاط مداریکسان است.

هردستگاه زایای الکتریسته دارای نیروی الکترومتور است. درنتیجه وجود نیروی الکترومتور است که حرکت دائمی الکتریسته در مداربرقرار میشود. جریانیکه برقرار میشود حامل مقداری انرژی است. نیروی الکترومتور یك زایا مقدار انرژی است که بهر کولمب الکتریسته که از آن عبور میکند داده میشود.

دارد تشبیه نمود. همانطور که این اختلاف فشار باعث جریان آب در لوله است اختلاف پتانسیل نیز باعث جریان یافتن الکتریسته در مدار است، یکه اختلاف پتانسیل را ولت نامند.



وات
(۱۸۱۹ — ۱۷۳۶)
دانشمند انگلیسی است که ماشین بخار را بشکل قابل استفاده درآورد و از اینرو ترقیات شگرفی نصیب صنایع جدید و وسائل نقلیه گردید



ژول (۱۸۸۹ — ۱۸۱۸)
دانشمند انگلیسی واضع قانون معروف بقانون ژول است. تحقیقات علمی او در مغناطیس و الکتریسته معروف است.

هنگامیکه جریان الکتریسته درجسم هادی برقرارشود پتانسیل در نقاط مختلف آن تغییر میکند ولی شدت جریان در تمام نقاط مداریکسان است.

هردستگاه زایای الکتریسته دارای نیروی الکترومتور است. درنتیجه وجود نیروی الکترومتور است که حرکت دائمی الکتریسته در مداربرقرار میشود. جریانیکه برقرار میشود حامل مقداری انرژی است. نیروی الکترومتور یك زایا مقدار انرژی است که بهر کولمب الکتریسته که از آن عبور میکند داده میشود.

نیروی الکترومتور یك زایا برابر اختلاف پتانسیلی است که درمدار باز، میان دوقطب آن موجوداست. نیروی الکترومتوررا نیزباولت میسنجند.

هر دستگاه زایا دارای یك نیروی الکترومتور مشخصی است. نیروی الکترومتور پیلها بستگی بجنس جسمهائیکه آنرا تشکیل میدهد داشته و بشکل یا اندازه یا فاصله صفحه هائیکه پیل را تشکیل میدهند بستگی ندارد.

اختلاف پتانسیل $V_A - V_B$ میان دو نقطه A و B از یك جسم هادی که از آن جریان الکتریك میگذرد متناسب است باشدت جریان و مقاومت الکتریکی قسمتی از مدار که میان دو نقطه منظور واقع است (قانون اهم). چنانچه یکه‌های اهم و آمپر و ولت اختیارشود قانون مذکور با فرمول $V = V_A - V_B = IR$ نمایش داده میشود.

اگر مقاومت مدار خارجی را با R و مقاومت داخلی زایا را با r نمایش دهیم $E = I(R + r) = V + Ir$

نیروی الکترومتور یك زایا بیش از اختلاف پتانسیل است که میان دو قطب زایا هنگام برقرار بودن جریان موجود است. عموما مقاومت داخلی r نسبت بمقاومت خارجی R خیلی کم است ومیتوان نوشت $E = V$ درمدار باز $I = 0$ و داریم $E = v$ در مداریکه دستگاه های زایا یا گیرنده وجود دارد نیز میتوان فرمول اهم را بکار برد در اینحالت باید جمع ΣE نیروهای الکترومتور را (زایا باعلامت + و گیرنده باعلامت −) دخالت داد. فرمول بشکل $\Sigma E = IR$ نوشته میشود.

چون مداری میان دو نقطه بچند شعبه تقسیم شود مجموع شدت

جریانهائیکه از مدار های منشعب میگذرد برابر شدت جریان در مدار اصلی است .

برای تعیین چگونگی توزیع جریان در یك شبکه دوقانون کیرشهف را بکار میبریم .

قانون اول ($\Sigma i = 0$) ـ مجموع جریانهائیکه بیك نقطه‌ازمحل برخورد سیمهای مختلف شبکه وارد میشود (باعلامت جبری) برابر است باصفر .

قانون دوم ($\Sigma E = \Sigma ir$) ـ درهرمدار بسته ایکه ازشبکه منظور گردد جمع نیروی های الکترومتور (باعلامت جبری) برابر است با جمع ir (کاهش پتانسیل در طول هر هادی) .

گفتار چهارم

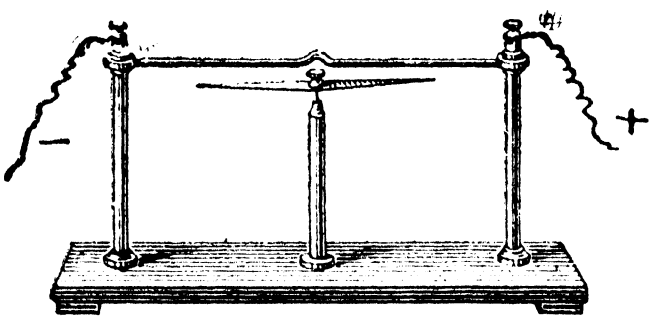
آثار مغناطیسی جریان الکتریسته

بخش هشتم

گالوانومتر با آهن ربای متحرك وقاب متحرك

۵۰ - میدان مغناطیسی جریان الکتریسته

آزمایش ۲۷ - با یك تکه سیم و یك پیل و یك کلید مداری درست کرده سیم را طوری قرار دهید که دریك قسمت AB امتداد آن شمالی و جنوبی باشد. یك عقربه مغناطیسی پایه دار زیر سیم و نزدیك آن بگذارید عقربه و سیم موازی قرار میگیرند. با کلید مدار را ببندید تاجریان ازسیم بگذرد میبینید بمجرد بستن مدار عقربه منحرف میشود.



شکل ٦٥

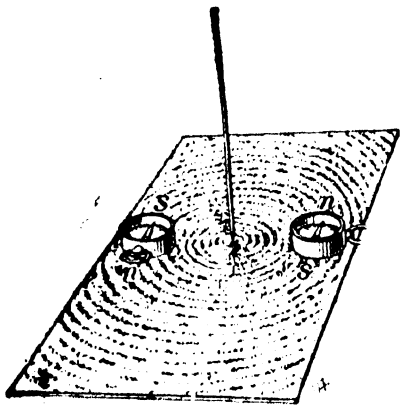
در بند ۱۲ دیدیم که چون عقربه آهن ربا در میدان مغناطیسی قرار گیرد منحرف میشود پس معلوم میشود هنگامیکه ازسیم جریان میگذرد در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد میشود.

سرسیمی که بقطب مثبت پیل متصل بود بقطب منفی و سر دیگر

را بقطب مثبت به بندید. و جریان را وصل کنید به بینید عقربه در سوی مخالف آزمایش پیش میچرخد. معلوم میشود سوی میدان باسوی جریان بستگی دارد.

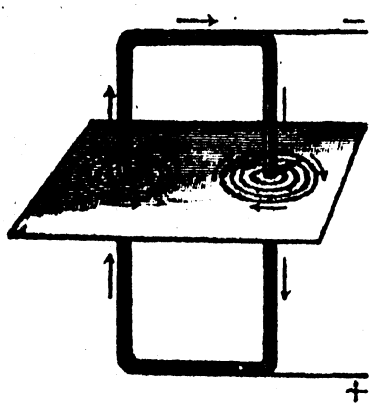
۵۱ - میدان حاصل از یك مدار راست خط

آزمایش ۲۸ - سیم مدار آزمایش پیش را از میان یك مقوا گذرانده سیم را شاغولی و مقوا را ترازی قرار دهید بایك عقربه کوچك مغناطیس بطوریکه درآزمایش ۱۶ عمل کردید خط های نیروی میدان مغناطیس را رسم کنید. خواهید دید که خطهای نیرو دائره هائی تشکیل میدهند که مرکز مشترك آنها روی سیم وسطح این دوائر برسیم عمود است.



شکل ٦٦

با براده آهن نیز میتوان طیف (بیناب) میدان را تشکیل داد (شکل ٦٦) برای اینکار باید شدت جریان زیاد (درحدود چهل آمپر) باشد. چنانچه جریان شدید نباشد میتوانید حلقه مستطیل شکل (شکل ٦٧) که چند دور سیم داشته باشد بکار برید.



شکل ٦٧

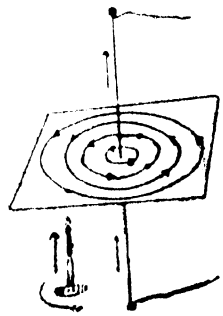
برای تعیین سوی خطهای نیروی میدان دستورهای چند موجود است. دو دستور که بکار بردن آنها خیلی سهل است بیان میکنیم.

۱ ـ چنانچه با انگشتان دست‌راست‌سیم را بگیرید بطوریکه شست سوی جریان‌را نشان دهد انگشتان دیگر که بطور نیم‌باز گرفته شوند سوی خطهای نیروی مغناطیسی را نشان میدهند .



شکل ٦٨

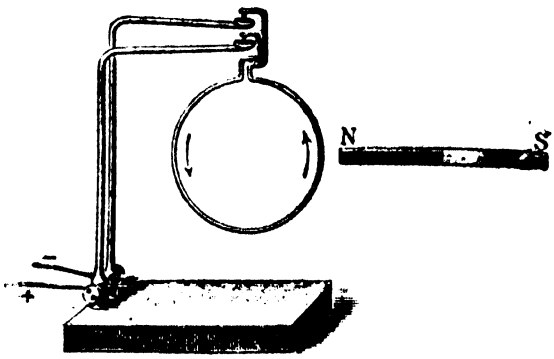
۲ ـ هرگاه پیچ را طوری بگردانید که در سوی جریان پیش رود سوی گردش پیچ سوی خطهای نیروی مغناطیسی را نشان میدهد . چنانچه سوی خطهای نیرو مشخص باشد با دستور های مذکور میتوان سوی جریان را تعیین کرد .



شکل ٦٩

۵۲ - میدان یك مدار دائره شکل

آزمایش ۲۹ ـ مداری دائره ای تهیه کرده و آنرا مانند شکل ۷۰ بیاویزید برای‌اینکه سیم بتواند آزادانه حرکت کند دوسر آنرا در دو ظرف کوچك پرازجیوه بگذارید و هریك از دو ظرف جیوه را بیکی از قطبهای پیل اتصال دهید . جریان را وصل کنید ببینید حلقه کمی میگردد تا اینکه رخ آن بسمت شمال متوجه شود اگر قانون دست راست را بکار برید می بینید



شکل ۷۰

خطهای نیرو از آن رخی که بطرف شمال متوجه است خارج می شود .

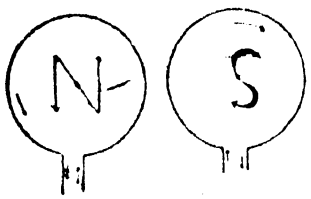
آهن ربائی بمدار مذکور نزدیك کنید ببینید تأثیر آهنربا روی حلقه

مانند تاثیری است که آهن ربا روی یك صفحه مغناطیس (که محیط آن سیم حلقه مدار باشد) وارد میکند در نتیجه یك حلقه که از آن جریان الکتریسته میگذرد از لحاظ مغناطیسی مشابه یك صفحه آهن ربا است بنابراین میتوان برای آن یك قطب یارخ شمال و یك قطب یارخ جنوب قائل شد . برای تعیین رخ شمال و جنوب میتوان بطوریکه گفتیم قانون دست راست را بکار برد . رخ شمال رخی است که خطهای نیرو از آن خارج میشود . میتوان نیز بطریق ذیل دورخ را ازهم تمیز داد :



اورستد (۱۸۵۵ — ۱۷۷)
دانشمند معروف دانمارکی. کاشف آثار مغناطیسی الکتریسته است خدمات او یکی از عوامل ترقیات شگرفی است که درصنایع الکتریکی عصرحاضر حاصل شده است .

دوحرف S و N درنظر بگیریم که دو انتهای هریك از آنها را با پیکانی خاتمه داده باشیم . بطوریکه دیده میشود این دو حرف دور یك نقطه‌ای که میان هریك منظور گردد درسوی مخالف میچرخند . هریك از دورخ را در نظر میگیریم اگر سوی جریان درمدار مطابق سوی حرکت حرف S بود رخ منظور رخ جنوب و اگر سوی چرخش مانند چرخش حرف N بود رخ منظوررخ شمال است (شکل ۷۱).



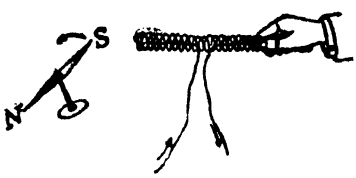
شکل ۷۱

چون حلقه‌ای که از آن جریان میگذرد درمیدان مغناطیس قر

نظر باینکه حلقه معادل یك صفحه مغناطیسی است اگر حرکت آن آزاد باشد طوری قرار میگیرد که خطهای نیرو که دوقطب آنرا متصل میکنند موازی خطهای نیروی میدان قرار گیرند بنابراین حلقه طوری قرار میگیرد که سطح آن برخطهای نیروی میدان عمود باشد یا بعبارت دیگر صفحه طوری قرارمیگیرد که بیشترین عده ای که ممکن است از خطهای نیروی میدان را دربر گیرد. درجمله های بعد خواهید دید از خاصیت مدار های حامل جریان برای ساختن اسبابهای سنجش الکتریکی استفاده میکنند.

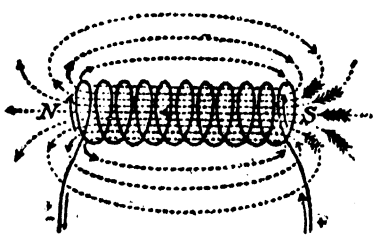
۵۳ ـ مارپیچ الکتریکی

آزمایش ۳۰ ـ سیمی را بطور مارپیچ پیچیده و از آن جریان عبور دهید آزمایشهائی را که دربخش نخست درباره یك میله آهن‌ربا انجام دادید نسبت بمارپیچ انجام دهید ببینید مارپیچ موقعیکه از آن جریان میگذرد دارای تمام خصائص میله آهن ربا است: دارای دو قطب است هرقطب، قطب‌همنام یك عقربه را دفع وقطب غیر همنام آنرا جذب میکند (شکل ۷۲) چون مارپیچ را آزادانه بیاویزید در راستای شمال و جنوب میایستد ـ اطراف خود یك میدان مغناطیسی ایجاد میکند و میتوان‌بابراده آهن بیناب(طیف) آنرا تشکیل داد



شکل ۷۲

در اینجا چون درون مارپیچ تهی است وضع قرار گرفتن خطهای نیرو را در داخل مارپیچ نیزمیتوان بخوبی مشاهده نمود (شکل ۷۳).

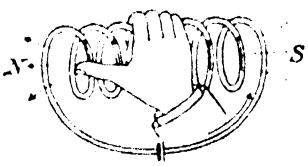


شکل ۷۳

مارپیچ الکتریکی درحقیقت مجموع یك عده حلقه هائیست که پهلوی یکدیگر

قرار گرفته اند. همانطور که چند تکه آهن ربا را پهلوی هم بگذاریم بطوریکه قطب شمال هر قطعه پهلوی قطب جنوب قطعه دیگر قرار گیرد (آزمایش ۱۱) این مجموع یك میله آهن‌ربا تشکیل میدهد اجتماع یك عده حلقه که رخ شمال یکی مقابل رخ جنوب دیگری است نیز یك مارپیچ الکتریکی که دارای تمام خصائص یك میله آهن ربا است تشکیل میدهد.

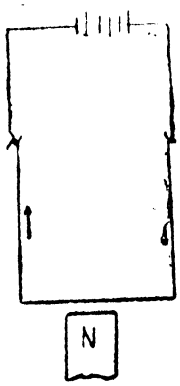
برای تعیین قطب شمال و جنوب مارپیچ الکتریکی میتوان قانون دست راست را بقرارذیل بیان کرد: چنانچه بادست راست مارپیچ‌راطوری بگیریم که انگشتان راستای جریان الکتریسته‌را درحلقه ها نشان دهند انگشت شست قطب شمال رانشان‌میدهد (شکل ۷٤). برعکس اگر قطبهای مارپیچ مشخص‌باشد میتوان بوسیله‌قانون‌مذکور سوی جریان را معلوم کرد.



شکل ۷٤

۵۴ ـ تأثیر میدان مغناطیسی روی جریان الکتریسته

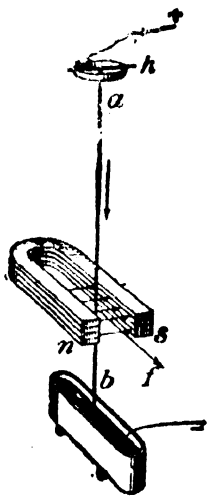
آزمایش ۳۱ ـ دو سر یك تکه سیم نازك مسی را کج کرده و بطوریکه در شکل ۷۵ دیده میشود بیاویزید یك آهن ربای قوی زیر سیم گذارده جریان را وصل کنید، بمجرد عبورجریان سیم بطرف جلویاعقب (بسته بسوی جریان) حرکت میکند. سوی جریان را تغییر دهید سوی حرکت سیم هم تغییر میکند. برای اینکه تأثیر نیرو و سوی آنرا بهتر



شکل ۷۵

به بینید میتوانید آزمایش را با یك سیم شاغولی انجام داده و دستگاه را مانند شکل ۷٦ تهیه کنید. برای اینکه سیم بتواند بآزادی حرکت کند

درضمن اتصال الکتریکی نیزبرقرار باشد یك‌سرسیم را درظرف پرازجیوه بگذارید سردیگران را بمیله اتصال‌داده میله را روی‌حلقه ای قراردهید بدین طریق سیم‌میتواند بآسانی دور میله نوسان کند. جریان را وصل کنید، چنانچه سوی جریان بطوریکه درشکل نشان داده شده باشد سیم بطرف خارج پرتاب میشود. سوی جریان را تغییر دهید سوی تأثیر نیرو نیز تغییر میکند.

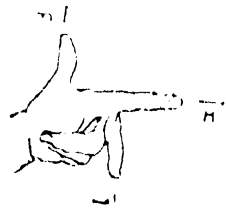


شکل ۷۶

آزمایش فوق نشان میدهد: چون سیمی که حامل جریان است در میدان مغناطیسی قرار گیرد برآن نیروئی وارد میشود (نیروی الکترومانیتیك) سوی تأثیر این نیرو در راستای عمود بر راستای جریان و راستای خطهای نیروی میدان مغناطیس است.

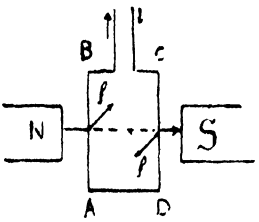
برای یافتن سوی نیرو میتوان دستور موسوم بدستور دست چپ فلمینك (Fleming) را بکار برد:

انگشت شست و انگشت اشاره و انگشت میانه دست چپ را طوری نگاه دارید که بایکدیگد گوشه ۹۰° تشکیل دهند. دست را طوری‌حرکت دهید که انگشت نشانه سوی خط نیرو را نشان دهد وانگشت‌میانه سوی جریان‌را، دراین حالت شست‌سوی نیری الکترومانیتیك را نشان‌میدهد.


شکل ۷۷

با در نظر گرفتن نیروی الکترومانیتیك میتوان نتیجه ای را که دربند ۵۲ راجع بوضع قرار گرفتن حلقه حامل جریان در میدان مغناطیس بدست آوردیم توضیح داد. برای سهولت حلقه ای که

بشکل یك قاب مستطیل شکل است درنظر میگیریم چون ازقاب ABCD جریان بگذرد، بر دو پهلوی AB و CD دو نیروی f برابر وباسوی مخالف و عمود برسطح قاب تأثیر میکند (بر دو پهلوی BC و AD که موازی خطهای نیرو هستند نیروئی تأثیر نمیکند) این جفت نیرو قاب را میچرخاند . چنانچه قاب بتواند آزادنه حرکت کند میچرخد تادرراستای عمود برخطهای نیروی میدان قرار گیرد(شکل ۷۸)



شکل ۷۸

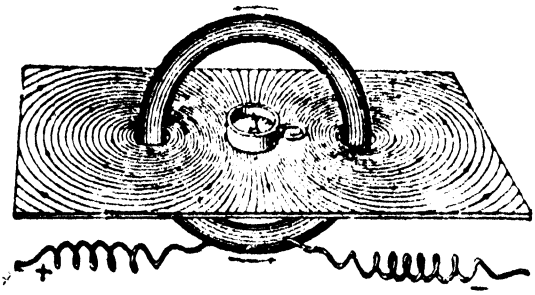
۵۵ ـ وسائل سنجش شدت جریان و اختلاف پتانسیل

با استفاده از خاصیت تأثیر میدان مغناطیس روی جریان ویاتأثیر جریان روی عقربه مغناطیس دستگاههائی میسازند بنام گالوانمتر که بوسیله آنها میتوان وجود جریان در مدار و یاشدت آنرا تعیین نمود . چنانچه دستگاه طوری زینه بندی شده باشد که مستقیماً شدت را با آمپر نشان دهد آنرا آمپرسنج نامند . گالوانمتر ها را برای سنجش جریانهای باشدت کم و آزمایشهای خیلی دقیق و آمپر سنج را برای سنجشهای عادی آزمایشگاه و کارهای صنعتی بکارمیبرند . چون شدت جریان ومقاومت میان دونقطه ازمدار دردست باشد ازروی رابطه $V = IR$ (قانون اهم) میتوان اختلاف پتانسیل میان دو نقطه مذکور را تعیین نمود . بنا براین بادستگاههای نامبرده میتوان اختلاف پتانسیل را نیز تعیین کرد . موقعیکه دستگاه طوری زینه بندی شده باشد که اختلاف پتانسیل را مستقیماً باولت نشان دهد آنرا ولتسنج نامند .

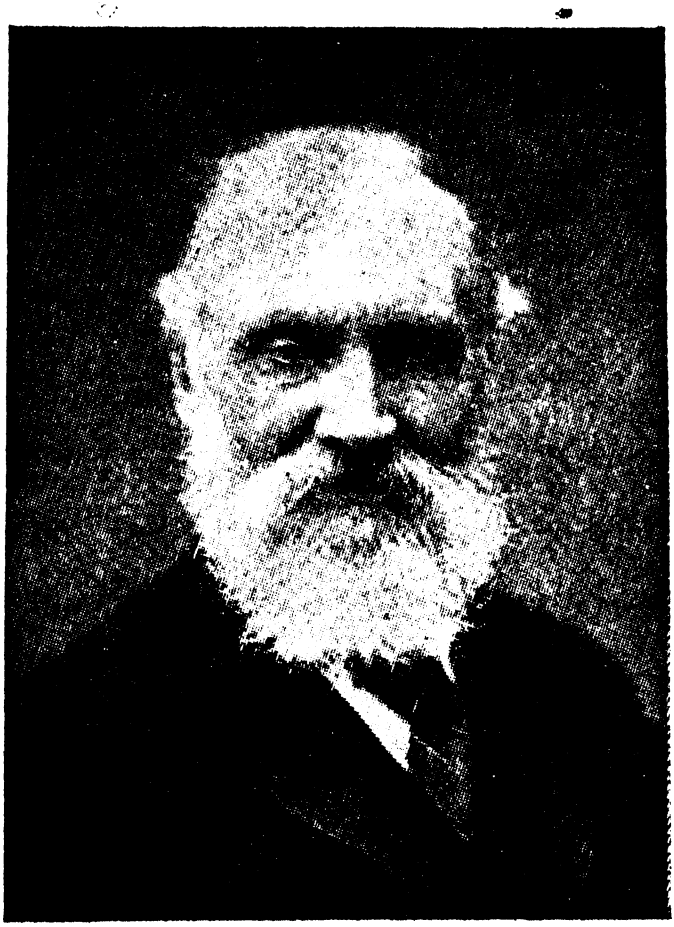
۵۶ ـ گالوانمتر با آهن ربای متحرك

آزمایش ۳۲ ـ ازیك قرقره که شامل چند حلقه است جریانی

عبور دهید. سمیهای حلقه ها را از مقوائی عبور داده و بابراده آهن وضع خطهای نیروی میدان‌را معلوم کنید. بینابی که حاصل میشود بقراری است که در شکل ۷۹ نمایش داده شده. قرقره



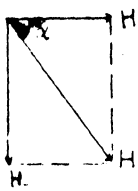
شکل ۷۹



لوردکلوین (۱۹۰۷ — ۱۸۲٤)
دانشمند معروف انگلیسی است که خدمات شایانی برای پیشرفت علوم فیزیك انجام داده. تحقیقات وابتکارات او درترمودینامیك والکتریسته معروف است. گالوانمترکلوین از جمله اختراعات اوست.

را در سطح شمالی و جنوبی قرار دهید و یك عقربه کوچك مغناطیسی در مرکز آن بگذارید، هنگامیکه ازقرقره جریان عبور نمیکند دراثرمیدان مغناطیسی H_1 زمین عقربه در راستای شمالی و جنوبی قرار میگیرد. هنگامیکه جریان را وصل کنید میدان H_2 که در نتیجه عبورجریان در حلقه ایجاد شده روی‌عقربه تأثیرکرده و آنرا منحرف میکند. سوی‌میدان H_2 عمود برسطح حلقه ها و درحالت کنونی شرقی و غربیست وعقربه در راستای برآیند (H) این دومیدان قرار خواهدگرفت. بطوریکه از روی شکل ۸۰ دیده میشود

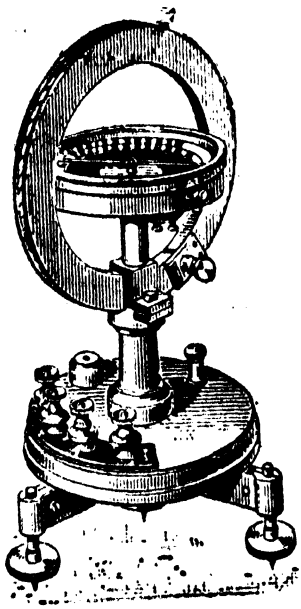
$$tg\alpha = \frac{H_2}{H_1}$$



شکل ۸۰

هرچه میدان H_2 بزرگتر باشدگوشه انحراف بزرگتر است. درمدار یك رئوستا بگذارید تا بتوانید باختیار مقاومت را کم و شدت جریان را زیاد کنید ببینید هرچه شدت جریان زیادتر شود گوشه α نیز زیادتر میشود پس با اندازه گرفتن گوشه α میتوان‌شدت‌جریان‌رااندازه‌گرفت.

آزمایش‌فوق‌اساس‌ساختمان‌گالوانمتر با آهن ربای متحرك است. شکل ۸۱ گالوانمتر با آهن ربای متحرک ساده ای را نشان میدهد.

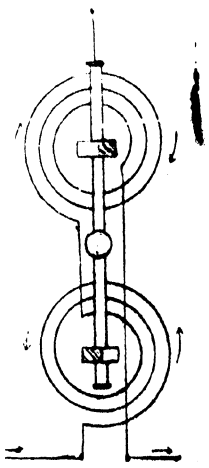

شکل ۸۱

برای اینکه مجبور نباشند قرقره را در وضعیت شمالی و جنوبی قرار دهند در بعضی دستگاهها آهن ربای دائمی دیگری در دستگاه میگذارند بطوریکه این

آهن ربا تأثیر میدان زمین را نیز از بین برده و عقربه را تحت تأثیر خود قرار میدهد ولی اینطور دستگاهها را نمیتوان برای سنجش جریانهای خیلی ضعیف بکاربرد دردستگاههائیکه برای سنجش جریانهای خیلی ضعیف بکار میرود چون H_2 کوچك است باید H_1 نیز خیلی کوچك باشد تا گوشه α بزرگ و قابل سنجش شود.

در بعضی از انواع گالوانمترها یك آهن ربای اضافی که شدت میدان آن در حدود شدت میدان زمین است در دستگاه طوری قرار میدهند که سوی میدان آن برعکس سوی میدان زمین باشد بدین سان بجای H_1 میدانیکه بر آیند H_1 و H_2 و درنتیجه خیلی کوچك است روی عقربه تأثیر میکند.

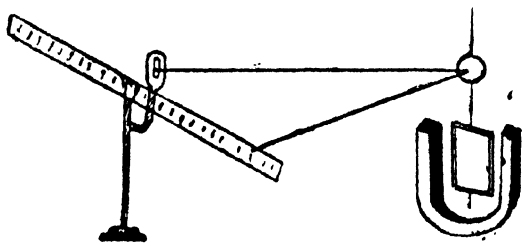
درپاره دستگاهها دو عقربه مغناطیسی تقریباً مشابه را بامیله ای در سوی عکس بیکدیگر متصل کرده و بطوریکه در شکل ۸۲ دیده میشود مجموع را بانخی میاویزند دور هریك ازعقربه‌ها قرقره ای گذارده شده. چون دوعقربه درجهت عکس هم قرار دارند تأثیر میدان زمین روی دستگاه متحرك خیلی کم است. برای اینکه هریك از دومیدان H_2 مربوط بدو قرقره تأثیر دیگری را از میان نبرد سیم پیچ را طوری تهیه میکنند که جریان درد و قرقره در سوی مخالف سیر کند برای سنجش گوشه انحراف روی دستگاه متحرك



شکل ۸۲

آئینه کاو کوچکی نصب میکنند چراغیکه جلو دستگاه است یك دسته پرتو روی آئینه میفرستد. تصویر چشمه نوّرانی را روی خط کش (شکل ۸۳)

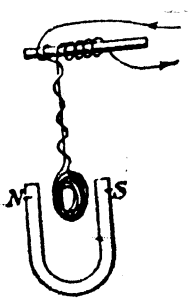
میاندازند. خط کش را طوری قرار میدهند تا موقعیکه جریان ازدستگاه نمیگذرد نقطه نورانی در وسط خط کش روی زینه صفر قرار گیرد. چون جریان از گالوانمتر عبور کند دستگاه متحرک منحرف شده نقطه نورانی روی خط کش براست یا بچپ میرود. باتعیین میزان تغییر مکان نقطه نورانی روی خط کش میتوان نسبت شدت دو جریان را بیکدیگر تعیین کرد. در شهرها عموماً دراثر وجود سیمهای برق و ماشینهای الکتریکی وغیره... میدانهای مغناطیسی وجود دارد که روی دستگاه متحرك گالوانمتر تأثیر میکند از این رو بکار بردن این دستگاه بسیار مشکل و مستلزم دقت مخصوص است درجمله بعد یك نوع گالوانمتر که بکار بردن آن خیلی آسان است مطالعه خواهد شد.



شکل ۸۳

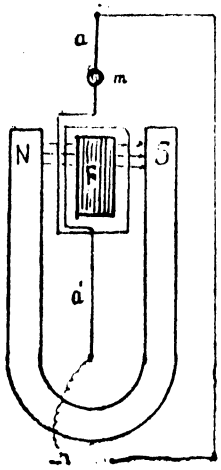
۵۷ ـ گالوانمتر باقاب متحرك

آزمایش ۳۳ ـ یك رشته سیم نازك روپوش دار را مانند حلقه چند دور پیچیده و بطوریکه در شکل ۸٤ دیده میشود میان دو قطب یك آهن ربا بیاویزید دو سرسیم را به پیلی وصل کنید ببینید بمحض اینکه جریان ازسیم‌عبور کرد حلقه چرخیده و در راستائیکه باسوی نخستینش گوشه α تشکیل میدهد قرار میگیرد. دربند های ۵۲ و ۵٤ علت‌چرخیدن‌حلقه‌رامطالعه‌کردید. اگر حرکت قاب آزاد بود طوری میچرخید که سطح



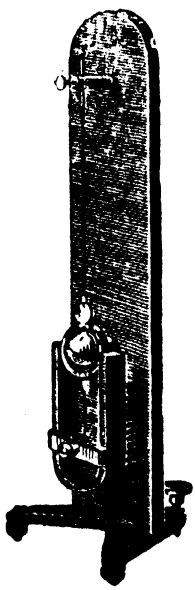
شکل ۸٤

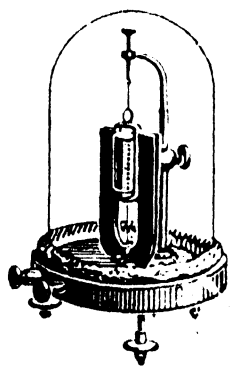
حلقه ها برخطوط نیروی میدان مغناطیسی عمود باشد. چون سیمی که حلقه بآن آویخته شده درمقابل چرخش حلقه مقاومت میکند. حلقه تحت تأثیر جفت نیروی الکترومانیتیك وجفت نیروی مقاومت سیم آویزش قرار گرفته و میچرخد تادر راستای برآیند دونیروی مذکور قرار گیرد. آزمایش ۳۳ اساس ساختمان گالوانمتر با قاب متحرك را نشان میدهد. متداول ترین نمونه ها نمونه معروف بگالوانمتر دار سنوال است. در شکلهای ۸۵ و ۸۶ و ۸۷ وضعیت عمومی دستگاه دیده میشود که قسمتهای اصلی آن عبارتند:



شکل ۸۵

قاب مربع مستطیل شکل که دوران چند حلقه سیم پیچیده شده. قاب باسیم نازکی (a) به پیچی که دربالای دستگاه نصب است آویخته شده. سیم دیگری (a') قسمت پائین قاب را به پایه دستگاه متصل میکند. بدین سان قاب که میان دو قطب آهن ربای NS قرار گرفته میتواند دور آسه a a' بچرخد جریان بوسیله دو سیم مذکور داخل حلقه های قاب شده و از آن خارج میشود.


شکل ۸۶

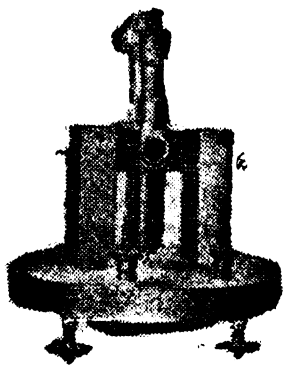

شکل ۸۷

برای اینکه شدت میدان مغناطیسی جائیکه قاب قرار دارد زیاد شود (بخش نهم) یك استوانه آهنی F بطوریکه درشکل دیده میشود

میان دو قطب روی پایه ای نصب شده (این پایه در شکل دیده نمیشود) ، در بالای قاب آئینه کوچك M قرار گرفته که بوسیله آن بطوریکه در بند ٥٦ گفتیم میزان انحراف قاب را معلوم میکند .

دستگاه طوری میزان شده که چون ازقاب جریانی عبورنکند سطح آن در راستای خطهای نیرو که از N به S میرود قرار گیرد . تمام دستگاه را زیرسرپوشی میگذارند . جلوی پایه آن‌دو پیچ گذارده شده که بسیمهای a و a' اتصال دارند در موقع سنجش دو سر مدار را باین دو پیچ متصل میکنند .

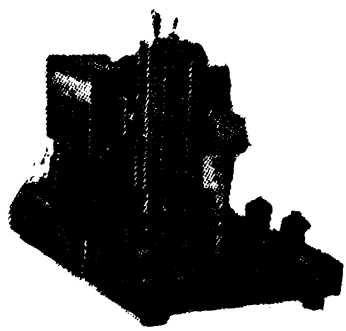
برای اینکه‌میدان مغناطیسی درتمام نقاطیکه قاب‌حرکت میکند یکنواخت باشد در دستگاههای دقیق آهن ربای NS طوری ساخته شده که میان دو قطب آن یك قسمت خالی استوانه ای شکل موجود است . قاب در این قسمت قرار گرفته است . درشکلهای ٨٨ و ٨٩ و ٩٠ چند نمونه گالوانمتر دیده میشود .



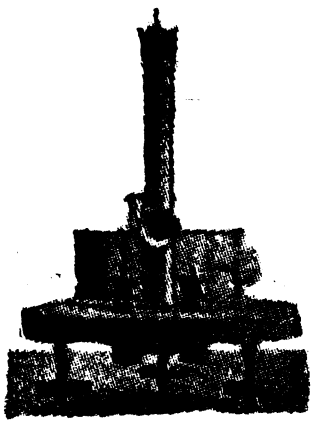
شکل ٨٨

٥٨ - آمپرسنج

ساختمان آمپرسنج نیز مانند گالوانمتر است با این تفاوت که درگالوانمتر چون حساسیت زیاد مطلوب است سعی میشود که



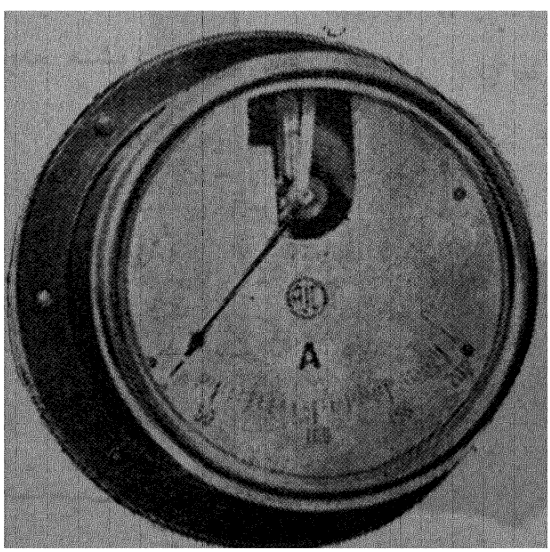
شکل ٨٩



شکل ٩٠

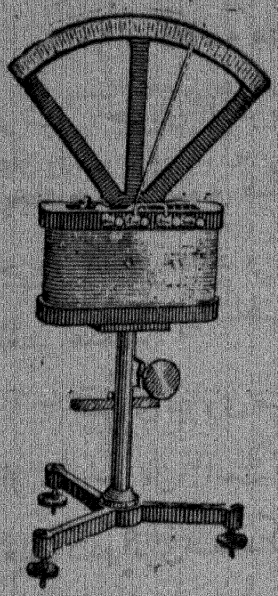
قاب خیلی سبك باشد و آنرا باسیمهای خیلی لطیف میاویزند که درمقابل چرخش قاب مقاومت زیادی بخرج ندهند و برای سنجش انحراف نیز وسائل اپتیك بکار میبرند برای اینکه مالش قسمتهای متحرك از حساس بودن دستگاه کم نکند. از اینرو گالوانمتر را برای سنجش های خیلی دقیق و پژوهشهای علمی بکار میبرند و استعمال آن باید بانهایت دقت ومواظبت انجام گیرد. باگالوانمتر های خیلی دقیق باقاب متحرك جریانهائیکه شدت آنها خیلی کم و باندازه 10^{-10} آمپراست میتوان اندازه گرفت. باگالوانمترهای با آهن ربای متحرك سنجش تا 10^{-12} نیز ممکن است.

برای انجام کارهای صنعتی و آزمایشهای عادی حساسیت زیاد لازم نیست سرعت عمل و سهولت بکار بردن دستگاه بیشتر اهمیت دارد. قاب (یا آهن‌ربای) متحرك روی پایه‌ای قرار دارد یك عقربه بقاب متصل است که روی صفحه زینه بندی شده در جلوی دستگاه قرار گرفته موقعیکه قاب میچرخد عقربه در مقابل زینه ها تغییر مکان میدهد. یك فنر روی قاب فشار میاورد تا موقعیکه از آن جریان عبور نمیکند عقربه در مقابل زینه صفر قرار گیرد. آمپرسنجها با نمونه های مختلف ساخته میشوند. شکلهای ۹۱ و ۹۲ و ۹۳ چند نمونه آنرا نشان میدهند. برای زینه بندی دستگاه جریانهائیکه شدت آن



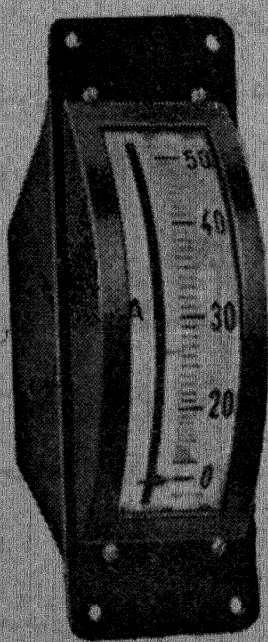
شکل ۹۱

معلوم است از آمپر سنج عبور داده و نقاطیکه عقربه در روی آن میایستد نشان میکنند .

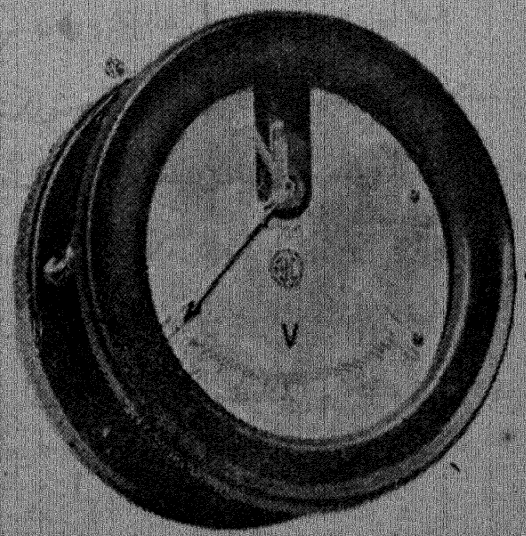


شکل ۹۲

۵۹ - ولتسنج – ولتسنج برای سنجش اختلاف پتانسیل میان دو نقطه از مدار بکار میرود و هنگام سنجش بطور انشعاب بدو نقطه منظور متصل میشود. برای اینکه وضع جریان در مدار تغییر نکند باید از ولتسنج جریان خیلی کمی عبور کند بنابراین باید مقاومت داخلی آن زیاد باشد. ساختمان ولتسنج مانند آمپر سنج است با این تفاوت که سیمی با مقاومت زیاد بدنباله سیم قاب متحرك متصل میکنند. برای زینه‌بندی نیز بجای اینکه آمپر روی صفحه نوشته شود با استفاده از بستگی $V = IR$ مقدار V را تعیین کرده و صفحه را با ولت زینه بندی میکنند. در شکلهای ۹۴ و ۹۵ دو نمونه



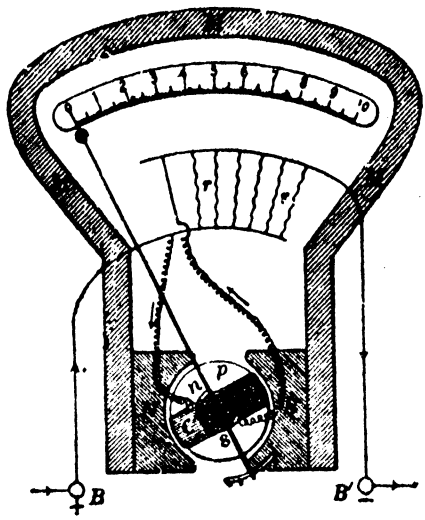
شکل ۹۳



شکل ۹۴

ولتسنج دیده میشود .

۶۰ ـ خلاصه مطالبی که در بخش هشتم مطالعه شده ـ هنگامیکه از سیمی جریان الکتریسته عبور میکند در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد میشود . سوی میدان باسوی جریان بستگی دارد و با تغییر آن تغییر میکند .



شکل ۹۵

خطهای نیروی میدان که از یك جریان راست خط حاصل میشود دوائری هستند که مرکزشان روی جریان وسطحهای آنها عمود بر امتداد جریان است .

برای تعیین سوی خطهای نیروی میدان میتوان دستور موسوم به انگشتان دست راست و یا دستور موسوم بدستور پیچ را بکار برد .

چون از مدار دائره‌ای شکل جریان الکتریسته بگذرد مدار مانند یك صفحه مغناطیسی میشود که سطح آن محدود بسیم مدار باشد . رخ شمال و جنوب مدار را میتوان بادستورهائیکه دربالا گفته شد ویابوسیله حرفهای N و S تعیین کرد . چنین حلقه ای چون دریك میدان مغناطیسی قرار گیرد اگر حرکت آن آزاد باشد میچرخد تاسطحش برخطهای نیروی میدان عمود شود .

چون از مدار مارپیچ شکلی جریان عبور کند مارپیچ مانند یك

میله آهن ربا میشود که دارای دوقطب شمال و جنوب است و تمام خصائص میله آهن ربا را داراست .

چون سیمی که از آن جریان میگذرد در میدان مغناطیسی قرار گیرد برسیم نیروئی وارد میشود این نیرو بر راستای جریان و راستای خطهای نیروی میدان مغناطیس عمود است .

با استفاده از خاصیت منحرف شدن عقربه مغناطیسی در نتیجه تأثیر میدان مغناطیسی جریان و یا تأثیر نیروی الکترومانیتیك روی مدار حامل جریان وسائل سنجش الکتریکی میسازند . دسته اول را گالوانمتر با آهن ربای متحرك ودسته دوم را گالوانمتر باقاب متحرك نامند . برای سنجش های عادی آمپر سنج و ولت سنج بکار میبرند . اساس ساختمان آنها مانند گالوانمتر است ولی جزئیات ساختمان آن طوری است که دستگاههای اخیر را برای سنجش های سریع وگالوانمترها را برای سنجش های دقیق میتوان بکار برد .

برای کمك در حل مسائل چند فرمول که زیاد متداول است ذکر میکنم . در این فرمول ها H و I به ترتیب معرف شدت میدان مغناطیسی و شدت جریان مولد میدان است :

الف - میدان مغناطیسی یك جریان راست خط در نقطه ای که فاصله آن تا جریان d است .

$$H = \frac{۲}{۱۰}\,\frac{I}{d}$$

ب - میدان مغناطیسی یك جریان دائره شکل بشعاع r در مرکز دائره .

$$H = \frac{۲\pi}{۱۰}\,\frac{I}{r}$$

ج ـ میدان در داخل یك مارپیچ الکتریکی .

$$H = \frac{4\pi}{10} \frac{n}{l} I$$

n عده حلقه های مارپیچ و l درازی مارپیچ است . درتمام فرمولها چنانچه شدت جریان را با آمپر و درازی را با سانتیمتر بسنجیم میدان با گوس بدست میآید .

بخش نهم

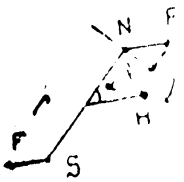
آهن ربا شدن دراثر میدان آهن ربائی

۶۱ - آهن ربای الکتریکی

در آزمایشهای بخش نخست دیدیم که چون تکه آهن یا فولاد درمیدان مغناطیسی یك آهن‌ربای طبیعی قرار گیرد آهن‌ربا میشود. یك میله فولادی درون یك مارپیچ الکتریکی قرارداده جریان را وصل کنید میله فولادی دراثر میدان مغناطیسی مارپیچ الکتریکی، آهن ربا شده وخورده های آهن را میرباید. پس بطور کلی چون فولاد یا آهن درمیدان مغناطیسی قرار گیرد آهن ربا میشود. این خاصیت را آهن‌ربا شدن دراثر میدان آهن‌ربائی گویند. چون شدت میدان آهن ربائی مارپیچ الکتریکی، متناسب باشدت جریانی است که ازحلقه‌ها میگذرد، میتوان باتغییردادن شدت جریان شدت میدان H داخل مارپیچ را تغییر داده و بطوریکه در آزمایش ۳۴ خواهید دید آهن ربا شدن اجسام را در اثر میدان آهن ربائی مطالعه نمود.

۶۲ - گشت آور مغناطیسی - چون یك میله آهن ربای نازك SN را درمیدان یکنواخت H بگذارید بردوقطب S و N یك نیروی f برابر وباسوی مخالف وارد آمده ومیله را میچرخاند تادرراستای خطهای نیروی میدان قرار گیرد. فرض کنیم میله بامیدان گوشه α تشکیل بدهد، میخواهیم گشت‌آور جفت نیروی f را که باحرف C نمایش میدهیم حساب کنیم. درازی میله (فاصله دوقطب) را l وتوده مغناطیسی هرقطب را m نامیم. میدانید

برتوده m که در میدان H قرار گیرد نیروی F=mH وارد میشود. همنه این نیرو که در چرخاندن میله موثر است برابر است با f=F Sin α بنابراین بر دو قطب S و N دو نیروی برابر و باسوی مخالف وارد میشود و گشت آور C برابر است با



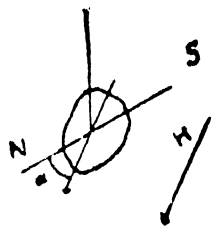
شکل ۹۶

$$C = f\,l = F\,l \sin\alpha = m\,H\,l \sin\alpha$$

حاصل ضرب (m l) توده مغناطیسی قطب یك میله آهن ربا را در فاصله میان دو قطب آن گشت، آور مغناطیسی میله نامند. چون ml را باحرف M نمایش دهیم خواهیم داشت

$$C = M\,H \sin\alpha$$

برای تعریف گشت آور مغناطیسی در حالت کلی بجای یك میله آهن ربای نازك یك تکه آهن ربا را بانخی آویخته در میدان مغناطیسی قرار دهید پس از لختی تکه آهن ربا درراستای مشخصی قرار خواهدگرفت. این راستا را نشان کرده سپس آهن را کمی بچرخانید (باندازه گوشه α) و آنرا رها کنید ببینید پس از چند

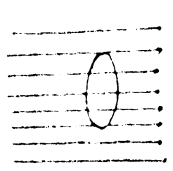


شکل ۹۷

نوش دوباره بحالت ترازمندی برمیگردد معلوم میشود موقعیکه آهن ربا را میچرخانیم آهن ربا تحت تأثیر یك جفت نیرو قرارمیگیرد واین جفت نیروست که آنرا بحالت اولیه برمیگرداند. میتوان این جفت‌نیرورا اندازه گرفته مقدار آنرا تعیین کرد (ترتیب اندازه گرفتن را در درس مکانیك خواهیددید). آزمایش نشان‌میدهدگشت‌آور C متناسب بامیدان H و گوشه

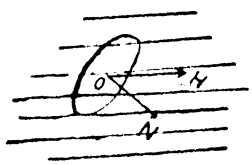
چرخش α است و مقدار آنرا میتوان بابستگی $C = M H \sin \alpha$ بدست آورد. M را گشت آور مغناطیسی آهن ربا نامیم. چنانچه گنج آهن ربا V باشد نسبت $y = \frac{M}{V}$ معرف گشت آور مغناطیسی برای یکه گنج است y را شدت آهن ربا شدن نامند.

۶۳ - فلوی آهنربائی - یك میدان مغناطیسی یکنواخت H درنظر گیریم که در آن یك هامن S عمود بر راستای خطهای نیرو گذارده شده ازاین هامن عده‌ای ازخطهای نیروی میدان مغناطیسی میگذرد بنابتعریف، حاصل ضرب $\Phi = SH$ را فلوی آهن ربائی یا فلوی نیروی مغناطیسی نسبت بسطح S نامند. عده خطهای نیرو که از S میگذردبوضع قرار گرفتن این سطح نسبت براستای خطهای نیرو بستگی دارد چنانچه سطح S موازی خطهای نیروباشد خطی از این سطح عبورنمیکند برعکس هنگامیکه S بر راستای خطهای نیرو عمود است تمام خطها از آن عبور میکنند بنابراین در حالت کلی برای تعیین فلو میتوان فرمول $\Phi = H S. \cos \alpha$ را بکار برد. α گوشه ایست که عمود oN برسطح S باراستای H میدان تشکیل میدهد.



شکل ۹۸

چون H را بایکه گوس و S را با سانتیمتر بسنجیم Φ بایکه موسوم به **ماکسوئل** بدست میاید

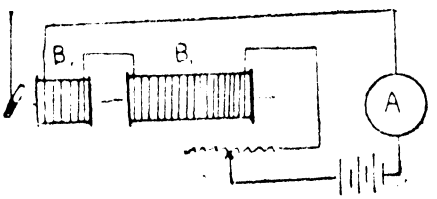


شکل ۹۹

۶۴ - مطالعه تغییرات y

آزمایش ۳۴ - دریك نقطه O یك عقربه مغناطیسی بیاویزید یك مارپیچ الکتریکی در مقابل عقربه بگذارید بطوریکه آسه آن بر راستای عقربه مغناطیسی عمود باشد. جریان را وصل کنید درنتیجه عبور جریان

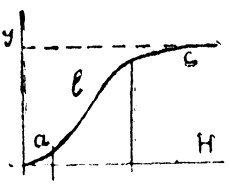
مارپیچ آهن ربا شده و در نقطه O باضافه میدان مغناطیسی زمین میدان مغناطیسی مارپیچ نیز تأثیرمیکند: عقربه درنتیجه تأثیر این میدان منحرف خواهد شد. یك میله فولادی داخل مارپیچ کنید ببینید انحراف عقربه زیاد میشود. میله که درمیدان یکنواخت داخل مارپیچ قرار گرفته آهن‌ربا شده و میدان حاصل از آهن ربای اخیر باعث ازدیاد انحراف عقربه گشته است. شدت جریان را درمارپیچ زیاد کنید انحراف عقربه بیشترمیشود. در نتیجه ازدیاد شدت جریان شدت میدان حاصل از مارپیچ زیاد شده و شدت میدان حاصل از میله آهن ربا شده نیز زیاد میشود. برای اینکه بتوانیم تغییرات میدان اخیر را به تنهائی مطالعه کنیم دستگاه را با یک مارپیچ الکتریکی دیگرتکمیل میکنیم. مارپیچ دومی را دنباله مارپیچ اولی قرار میدهیم، عده حلقه ها وفاصله آنرا تا نقطه O طوری میزان میکنیم که میدان قرقره دوم‌باندازه قرقره اول ولی‌درسوی مخالف آن‌باشد. بدین سان برآیند دو میدان در نقطه O صفر خواهد شد. اینك میله آهنی را در قرقره B_1 میگذاریم در این حال انحراف عقربه مغناطیسی فقط دراثر میدانیست که میله مذکور در این نقطه ایجاد کرده است. بوسیله



شکل ۱۰۰

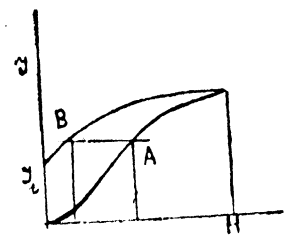
رئوستا که درمداراست شدت جریان I را تغییرداده (کافیست که جریان‌را از صفر تا یك آمپر تغییردهیم) و مقادیر گوشه انحراف α را بازاء مقادیر I یاد داشت کنیم. چون در اولین تقریب α متناسب است با y و میدان H داخل مارپیچ متناسب است باشدت جریان I بنابراین بانتیجه های آزمایش فوق میتوان خم نمایش تغییرات y را نسبت به H رسم کرد.

این خم شبیه شکل ۱۰۱ است . در آغاز y بتدریج زیاد شده (منطقه a) سپس بسرعت تغییر میکند (منطقه b) و دوباره تغییرات آن کند میشود (منطقه c) . y از یك بیشینه y_m خواهد گشت مقدار این بیشینه بانوع فولادی که بکار رفته تغییر میکند .



شکل ۱۰۱

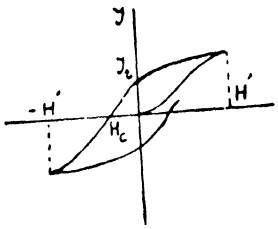
۶۵ - پس ماند (هیسترزیس) - در آزمایش ۳٤ پس ازانکه شدت جریان را از صفر بیك آمپر رساندیم شدت را کم کرده واز یك آمپر بصفر میرسانیم مقادیر مربوط y را سنجیده و خم $y = f(I)$ را رسم میکنیم . دیده میشود که این خم شبیه بخم پیشین است ولی برآن منطبق نشده و بالای خم اول قرار دارد . y هنگام مراجعت مقادیری را که هنگام رفتن داشت دارامیشود ولی این مقادیر بازای همان مقادیر مربوط H بدست نمیاید . در نقطه B هنگام مراجعت y دارای مقداریست که درنقطه A هنگام رفتن دارا بود مثل اینست که در مراجعت y دارای یکنوع تأخیر است . این خاصیت تکرار خصائص مغناطیسی باتأخیر را هیسترزیس یاپس‌ماند مینامند . درنتیجه این تأخیر هنگامیکه میدان آهن ربا کننده H صفر میشود y صفر نشده و دارای مقدار y_r (شدت باقیمانده) است از اینروست که میله فولادی پس ازقطع شدن جریان و از میان رفتن H نیز خاصیت آهن ربائی دارد . بوسیله این خاصیت است که میتوان بافولاد آهن ربای دائمی ساختگی تهیه کرد.



شکل ۱۰۲

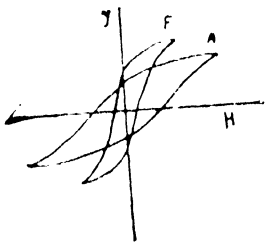
آزمایش ۳٤ را تکرار کرده پس از آنکه شدت جریان را ازصفر تا یك آمپر رسانده وازیك آمپر تاصفر رساندید سوی جریان راتغییردهید

و دوباره آزمایش را تکرار کنید یعنی شدت را از صفر بیك آمپر وازیك آمپر بصفر برسانید خم نمایش تغییرات y و H را رسم کنید شکل ۱۰۳ بدست میاید . هنگامیکه شدت جریان زیاد میشود (چون سوی آن تغییر کرده از لحاظ جبری میدان ، کم میشود) y کم شده و مقدار آن که ابتدا y_r بود بازاء مقدار Hc میدان صفر میشود دراین موقع دیگر میله آهن‌ربا نیست . چنانچه میدان مغناطیس کننده را کم کنیم دوباره میله آهن ربا میشود ولی سوی y مخالف سوی نخستین است . در مراجعت دوباره خاصیت پس‌ماند پدیدار شده وخم نمایش تغییرات y نسبت به H مانند قسمت اول آزمایش بدست میاید .



شکل ۱۰۳

چنانچه آزمایش را چند بار تکرار کرده ومیدان آهن‌ربا کننده را چندین بار از '+H تا '-H تغییر دهیم نتیجه آزمایش خم بسته مانند یکی از خمهای شکل ۱۰۴ بدست میدهد این خم را خم معرف چرخه پس ماند (هیسترزیس) نامند .



شکل ۱۰۴

چنانچه بجای فولاد آزمایش را بایك میله آهنی انجام دهیم چرخه پس ماند مشابه بچرخه مربوط بفولاد بدست میاوریم بااین تفاوت که برای آهن y_r زیادتر و Hc کوچکتر است درنتیجه شدت مغناطیس شدن آهن بیش از فولاداست وچون Hc برای آهن کم است بسهولت این فلز آهن ربائی خود را از دست میدهد (میدان حاصل از میله آهنی که مغناطیس شده کافیست که تأثیر میدان مغناطیس کننده مارپیچ را ازبین ببرد) بطوریکه چون جریان مارپیچ را قطع کنیم خاصیت مغناطیسی میله آهن نیز از

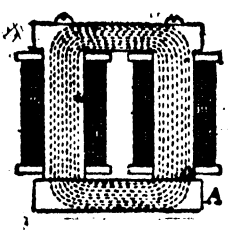
میان‌میرود ازاین‌خاصیت برای‌ساختن آهن‌ربای الکتریکی استفاده‌میکنند.

٦٦ - آهن ربای الکتریکی

آزمایش ۳۵ - یك میله آهنی درمارپیچ الکتریکی گذارده جریان را وصل کنید. تاهنگامیکه جریان درمارپیچ برقرارباشد میله آهنی‌مانند یك آهن ربای طبیعی تکه های آهن را جذب میکند.

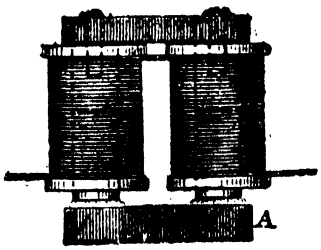
در مدار یك رئوستا گذارده و با کم و زیاد کردن مقاومت، شدت جریان را زیاد یا کم کنید به بینید هرچه شدت جریان بیشترشود نیروی ربایش آهن ربا بیشتر میشود.

آزمایش را بایك مارپیچ که عده حلقه های آن زیادتر باشد انجام دهید به بینید هرچه عده حلقه های مارپیچ زیادتر باشد نیروی ربایش آهن ربا بیشتر است از اینرو است که برای ساختن آهن ربا های نیرومند مارپیچ هائی که دارای عده زیادی حلقه است بکار برده و از آن جریان باشدت زیادی عبور میدهند. شکل آهن ربا و جنس آهنی که بکار میرود نیز در توانائی آهن ربا دخالت دارد. برای اینکه توانائی آهن‌ربا زیاد شود شکل آنرا طوری میسازند که خطهای نیرو بجای اینکه در هوا داخل شود تمام در آهن جایگزین باشد. برای این منظور کافیست که مدار بسته تشکیل شود (شکل ۱۰۵) بیشتر آهن ربا هارا نعلی شکل یا مانند شکل ۱۰٦ ساخته و بوسیله میله A دو قطب را متصل میکنند. توانائی یك آهن ربای مشخصی‌رامیتوان‌با **آمپردور** یعنی‌حاصل ضرب‌عده دفعاتی که جریان دور میله آهنی دور میزند (عده حلقه ها) درشدت جریانی که از آن میگذرد



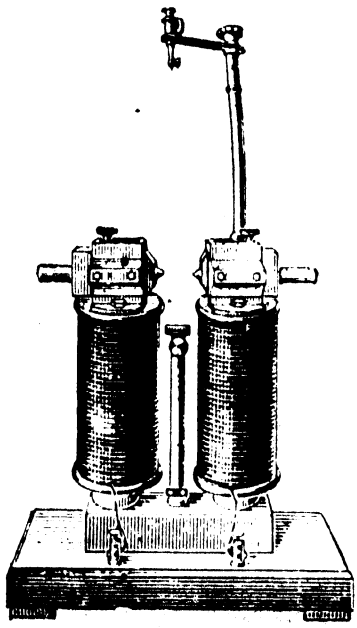
شکل ۱۰۵

تعیین کرد. توانائی یك آهن ربائی که صدحلقه داشته باشد و از آن جریانی بشدن $\frac{1}{10}$ آمپر عبورکند برابر توانائی آهن ربائیست که ده حلقه داشته باشد و از آن جریان یك آمپر بگذرد. آهن ربای الکتریکی دارای موارد استعمال زیاد است.



شکل ۱۰۶

دربخش هشتم کتاب سوم موارد استعمال آهن ربای الکتریکی را دردستگاههای تلگراف و زنگ اخبار مطالعه کردید. درمعادن آهن و کارخانه های ذوب آهن و کارگاه های ابزار سازی، آهن ربای الکتریکی را برای جمع کردن یا انتقال تکه های آهن بکار میبرند. آهن ربای الکتریکی را برای پدید آوردن میدانهای مغناطیسی خیلی شدید نیز بکار میبرند. در آهن رباهائی که برای این منظور ساخته میشود در قسمت بالای آهن‌ربا دو میله آهنی قرارمیدهند که هریك بوسیله پیچی روی تنه آهن ربا محکم شده و با اختیار میتوان این دو میله را جلو و عقب برده فاصله میان دو قطب را کم و زیاد کرد. جسمی را که باید آزمایش روی آن انجام گیرد دراین فاصله قرار میدهند شکل (۱۰۷).

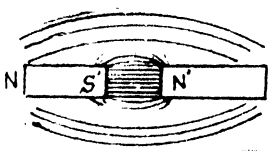

شکل ۱۰۷

۶۷ - میدان مغناطیسی در داخل یك آهن ربا - بینابهای مغناطیسی که بوسیله یك میله آهن‌ربا

(طبیعی یا مصنوعی) و یك مارپیچ الکتریکی (شکلهای) بدست آمده مقایسه کنید ببینید وضع قرار گرفتن خطهای نیرو در خارج میله وخارج مارپیچ یکسان است . درون مارپیچ چون خالیست وضع قرارگرفتن براده آهن وجود خطهای نیرو را در داخل مارپیچ نیز ثابت میکند . بادرنظر گرفتن تشابه خصائص مغناطیسی میله آهن ربا و مارپیچ الکتریکی میتوان تصور نمود که در داخل میله آهن ربا نیز خط نیرو وجود دارد و دو سر خطهای نیروی خارجی بوسیله خطهای نیروئی که از داخل میگذرند بیکدیگر متصل میشوند .

در داخل آهن ربا نمیتوانیم آزمایش انجام دهیم ولی با آزمایش زیر میتوان صحت فرض فوق را تادرجه نشان داد .

آزمایش ۳۶ - بابراده آهن بیناب مغناطیسی یك میله آهن ربا را تشکیل دهید . آهن ربا را شکسته دو تکه را باموم بهم بچسبانید و دوباره بیناب را تشکیل دهید ببینید وضع قرارگرفتن خطهای نیرو تغییر نکرده است . میان دو تکه را باندازه چند میلیمتر فاصله داده و دوباره بیناب را تشکیل دهید وضعیت خطهای نیرو را مانند شکل ۱۰۸ خواهید دید . بطوریکه دیده میشود در فاصله میان سطح دو قطب که در مقابل یکدیگر قراردارند عده زیادی خطهای نیروی موازی وجود دارد . هرچه فاصله کمتر باشد خطهای نیرو بهتر دیده میشود . وجود این خطهای نیرو وجود میدان شدیدی را درفاصله میان دوقطب نشان میدهد. فاصله را بتدریج کم کنید ببینید تاموقعیکه آزمایش میسر باشد وجود خطهای نیرو مشهود است پس میتوان حدس زد موقعیکه فاصله رابینهایت



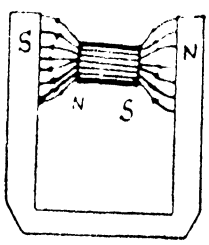
شکل ۱۰۸

کم کنیم یعنی دو سطح را بهم متصل کنیم نیز خطهای نیرو وجود دارند بنابراین در داخل فلز نیز میدان وجود دارد.

میدانیرا که در داخل فلز وجود دارد القاء مغناطیس نامند و آنرا معمولا باحرف B نمایش میدهند. خطهای نیرو را که از داخل فلز عبور میکند خطهای القاء مغناطیس یا بطور اختصار خطهای القاء نامند.

۶۸ - ضریب نفوذ

آزمایش ۳۷ - میان دوقطب یك آهن ربا میله آهنی گذارده با براده آهن مسیر خطهای نیرو را معلوم کنید (شکل ۱۰۹) میبینید خطهای نیرو تغییر شکل میدهند بطوریکه از داخل آهن عبور کنند مثل آن است که خطهای نیرو در داخل آهن آسان تر از هوا و میتوانند نفوذ کنند. میدانید که شدت میدان را میتوان باچگالی خطهای نیرو نمایش داد. چون خطهای نیرو درداخل آهن چگالتراز هواست میدان در داخل آهن (القاء مغناطیس) بیشتر از میدان H آهن ربا کننده است. پس میتوان نوشت $B = k H$ ضریب k را ضریب نفوذ نامند. اینك میتوان علت پیدایش میدانهای خیلی شدید را بوسیله آهن ربای الکتریکی توضیح داد: در داخل مارپیچ در نتیجه عبور جریان میدان H ایجاد میشود چون میله آهن باضریب نفوذ k در داخل مارپیچ بگذاریم میدانی برابر $k H$ بظهور میرسد. درجمله بالا دیدیم چون میان دو قطب فاصله خیلی کمی نیز وجود داشته باشد در این فضای خالی میدان شدیدی وجود دارد ازاین روست که میتوان میان دو قطب آهن ربای الکتریکی میدانهای مغناطیسی خیلی شدیدایجادکرد.



شکل ۱۰۹

مقدار عددی ضریب نفوذ k باشدت میدان مغناطیس کننده تغییر میکند برای مثال درجدول زیر مقادیر میدان مغناطیس کننده H و القاء مغناطیسی B وضریب نفوذ k را برای یك نمونه آهن خالص ذکر میکنیم

H	۱ (گوس)	۲	۵	۱۰	۵۰
B	۶۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۳۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۷۰۰۰
k	۶۰۰۰	۵۰۰۰	۲۶۰۰	۱۵۰۰	۳۴۰

بطوریکه دیده میشود ضریب نفوذ برای میدانی با شدت یك گوس در حدود ۶۰۰۰ است هرچه میدان زیاد شود ضریب نفوذ کم میشود. برای میدانهای خیلی شدید ضریب نفوذ بیك میرسد.

۶۹ - خلاصه مطالب بخش نهم

چون میله فولادی یا آهنی در میدان مغناطیسی قرار گیرد آهن‌ربا میشود این خاصیت را آهن ربا شدن دراثر میدان آهن ربائی گویند.

چون فاصله دوقطب یك میله آهن ربا را l و توده مغناطیسی هر قطب را m نامیم حاصل ضرب $M=ml$ را گشت آور مغناطیسی میله مذکور نامند. چون میله آهن ربائی در میدان مغناطیسی H قرار گیرد مجفت نیروئی بران تأثیر میکند. گشت آور جفت نیروی مذکور برابر است با

$$C=MH.\sin\alpha$$

گوشه ایست که میله باراستای میدان تشکیل میدهد.

چون سطح S درمیدان مغناطیس H قرار گیرد بطوریکه عده از

خطهای نیرو را قطع کند. حاصل ضرب $\Phi = SH.Cos$ را فلوی مغناطیسی نسبت بسطح S نامند.

گوشه ایست که عمود برسطح S باراستای میدان تشکیل میدهد یکه منجش فلورا ماکسوئل نامند. ماکسوئل فلوئی است که درنتیجه میدان یك گوس ازسطح یك سانتیمتر میگذرد.

چون میله فولادی را درمیدان مغناطیسی گذارده و شدت میدان آهن ربا کننده را زیاد کنیم در آغاز آزمایش شدت آهن ربائی میله نیز زیاد میشود ولی پس از مدتی شدت مزبور به بیشینه حد خویش رسیده و از آن تجاوز نمیکند گویند میله تاحد سیری آهن ربا شده است. چون میدان آهن ربا کننده را کم کنیم شدت آهن ربائی میله نیز کم میشود. ولی تغییر آن بسرعت تغییر یکه درموقع زیاد کردن میدان روی میداد نیست. وموقعیکه میدان آهن ربا کننده بصفر میرسد هنوز میله دارای آهن ربائیست. این خاصیت را پسماند گویند. در نتیجه خاصیت پسماند میتوان بوسیله فولاد آهن ربای دائمی ساختگی تهیه کرد.

چنانچه میله آهنی را درمیدان آهن ربائی گذاریم آهن نیز مانند فولاد آهن ربا میشود ولی چون میدان آهن ربا کننده را قطع کنیم بزودی خاصیت آهن ربائی میله آهن از میان میرود ازاین خاصیت برای ساختن آهن ربای الکتریکی استفاده میکنند.

آهن ربای الکتریکی را بیشتر بامیله آهنی نعلی شکل یا با سه میله راست که باگوشه 90° روی هم سوار شده باشد میسازند. دو شاخه آهن ربا وسط دو قرقره که از آن جریان میگذرد قرار دارد

توانائی آهن ربا را میتوان با آمپر ـ دور یعنی حاصل ضرب عده

حلقه های مارپیچ درشدت جریانی که از آنها میگذرد نمایش داد . آهن ربای الکتریکی در بسیاری از وسائل صنعتی مانند تلگراف تلفن وزنگ اخبار و اسبابهای خودکار و برای جا بجا کردن تکه های آهن و ایجاد میدانهای مغناطیسی شدید بکار میروند .

درداخل یك آهن‌ربا نیز میدان وجود دارد . دوسر خطهای نیروی میدان خارجی بوسیله خطهای نیروی‌میدان داخلی بیکدیگر متصل‌میشوند میدان داخلی را القاء مغناطیس وخطهای نیروی مربوط را خطهای القاء مغناطیسی نامند .

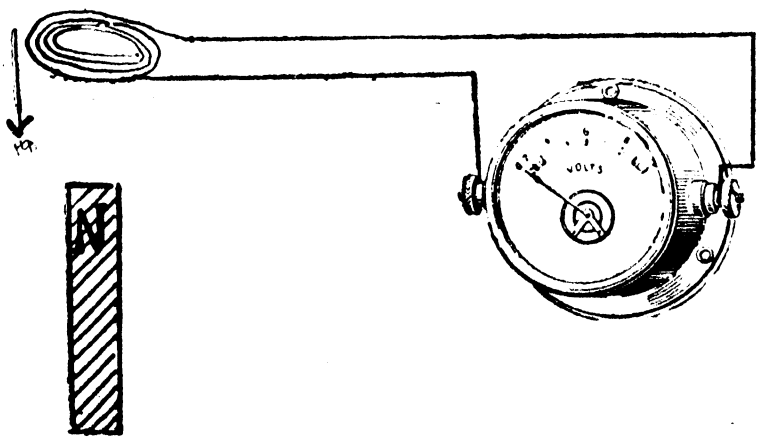
چون دریك میدان مغناطیسی میله آهنی قرار دهیم خطهای‌نیروی میدان تغییر شکل داده بطوریکه از داخل آهن عبور کنند مثل آنست‌که خطهای نیرو در آهن آسانتر از هوا نفوذ میکنند . میان میدان مغناطیسی القاء کننده (H) و میدان داخلی آهن ربا (القاء مغناطیس B) رابطه $B = kH$ برقرار است k را ضریب نفوذ گویند . ضریب نفوذ با تغییر H تغییر میکند مقدار عددی آن برای آهن هنگامیکه H یك گوس‌است در حدود ۶۰۰۰ است هرچه میدان H زیاد شود k کم میشود .

بخش دهم

القاء الکترومانیتیك ـ نیروی الکتروموتور القائی

تانون لنتز

۷۰ ـ جریان القائی ـ آزمایش ۳۸ ـ با تکه سیم نازك روپوش داری قرقره‌ای که شامل عده زیادی حلقه باشد درست کرده نخی دور حلقه‌ها به پیچید که از هم دور نشوند ودو سر سیم را بیك گالوانمتر یا آمپرسنج خیلی دقیق وصل کنید، حلقه را روی میز گذارده وقطب شمال یك آهن ربای قوی را به تندی بآن نزدیك کنید، میبینید که عقربه گالوانمتر بچپ یا راست حرکت میکند. حرکت کردن عقربه گالوانمتر نشان میدهد که از



شکل ۱۱۱

مدار جریانی عبور کرده است. آهن ربا را به تندی از حلقه دور کنید عقربه درجهت عکس میچرخد. آزمایش را چند بار تکرار کنید به بینید

موقعیکه آهن ربا را بحلقه ها نزدیك کرده یا از آن دور میکنید در مدار جریان تولید میشود و هنگامیکه حرکت آهن ربا قطع میشود جریان نیز قطع میشود.

میتوانید آهن ربا را روی میز قرارداده وحلقه را ازبالا رها کنید که بطرف قطب آهن ربا پائین آید. ویا اینکه حلقه را که نزدیك قطب آهن ربا است یك باره از آن دور کنید میبینید بطور کلی چون وضعیت نسبی حلقه و قطب آهن ربا تغییر کند. در مدار جریانی تولید میشود. این جریان را جریان القائی گویند. در آزمایش ۲۷ دیدیم هرموقع که در مدار جریان الکتریسته عبور کند اطراف آن میدان مغناطیس ایجاد میشود. چون عبور جریان و پیدایش میدان مترادف است پس میتوان حدث زد که چون در اطراف مدار بسته ای میدان مغناطیس ایجادکنیم باید از مدار جریانی عبور کند. آزمایش ۳۸ این نتیجه را ثابت میکند

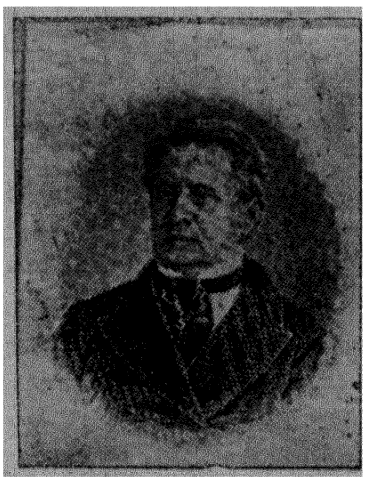
کشف خاصیت جریانهای القائی‌را که درسال ۱۸۳۱ بوسیله‌فاراده دانشمند بزرك انگلیسی صورت گرفت میتوان یکی ازعوامل مهم ترقیات صنعت الکتریك درعصر حاضر دانست.

۷۱ ـ نیروی الکتروموتور القائی ـمیدانیم‌برای‌اینکه‌درمداری جریانی تولید شود باید نیروی الکتروموتوری وجود داشته باشد. دربند ۷۰ دیدیم که دراثر تغییر مکان نسبی جسم هادی و میدان الکتریك در مدار جریان تولید میشود گوئیم درمدار مذکورنیروی الکتروموتور القائی پدید شده و در اثر پیدایش این نیرو است که جریان برقرار شده است.

آزمایش ۳۹ ـ پیل دستگاه شکل ۷۶ را برداشته ودو سرسیم را

به گالوانمتر متصل کنید چنانچه سیم AB را درراستای عمود برخطهای نیرو حرکت دهید عقربه گالوانمتر حرکت کرده و عبور جریان را در مدار نشان میدهد ولی چون سیم را موازی باخط های نیرو حرکت دهیدعقربه گالوانمتر حرکت نمیکند .

چنانچه بجای SN یك آهن ربای الکتریکی قوی بکار برید نتیجه مذکور را آشکار تر خواهید دید .



هانری (۱۸۷۸ – ۱۷۹۷)
دانشمند امریکائی تحقیقات او در مبحث الکتریسته القائی معروف است

این آزمایش نشان میدهد: برای اینکه نیروی الکترومتور القائی ایجاد شود لازم است جسم هادی طوری حرکت کند که خطهای نیروی میدان مغناطیسی را قطع کند . چنانچه حرکت جسم هادی موازی با خطهای نیرو باشد نیروی الکترومتور بظهور نمیرسد .

شدت جریان آهن ربا را زیاد کنید تا میدان قوی تر شود شدت جریان القائی نیز زیادتر میشود . آزمایش را تکرار کرده وسیم را باتندی بیشتری حرکت دهید به بینید هرچه حرکت سریع تر انجام گیرد انحراف عقربه گالوانمتر بیشتر است (شدت جریان القائی بیشتر است) پس معلوم میشود که شدت جریان القائی باعده خطهای نیرو که دریکه زمان قطع شده اند بستگی دارد .

اینك فرض کنیم سیمی در راستای عمود بر خطهای نیرو حرکت

کند. طول l ازسیم در میدان یکنواخت H قرار گرفته و درزمان t ثانیه باندازه d سانتیمتر تغییرمکان یافته‌است. بنابآنچه گفته شدنیروی‌الکتروموتور القائی که در یك ثانیه بظهور میرسد برابر است با

$$E = K\frac{Hld}{t} = K\frac{HS}{t} = K\frac{\Phi}{t}$$

$ld = S$ برابر سطحی‌است که سیم l درضمن تغییرمکان پیموده. بنابتعریف $HS = \Phi$ فلوئی است که ازسطح S گذشته (بوسیله سطح S بریده شده)

چنانچه E را باولت و H را با گوس و S را با سانتیمتر بسنجیم $K = 10^{-8}$ وفرمول بشکل $E = 10^{-8}\frac{\Phi}{t}$ نوشته میشود.

درحالت کلی فرض کنیم فلوئیکه قبل از حرکت دادن حلقه (در زمان t_1) ازآن میگذشته Φ_1 وفلوئیکه درآخر حرکت (زمان t_2) میگذرد Φ_2 باشد. تغییر فلو یافلوئیکه بوسیله مدار در زمان $\Delta t = t_2 - t_1$ بریده شده است برابر است $\Phi_1 - \Phi_2 = \Delta\Phi$ و خواهیم داشت.

$$E = 10^{-8}\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = 10^{-8}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

نتیجه حاصل را ممکن بود قبلا پیش بینی کرد.

موقعیکه آهن ربائی جلو قرقره قرار دارد از قرقره فلوئی میگذرد چنانچه وضع نسبی قرقره وآهن‌ربا تغییر نکند فلوئیکه ازقرقره میگذرد نیز تغییر نمیکند ولی چون وضع نسبی آهن ربا و قرقره را تغییر دهیم میزان فلوئیکه از قرقره میگذرد تغییر میکند.

آشکاراست که هرچه‌حرکت سریع‌تر باشد میزان تغییرفلو نیز زیادتر

است و نیز هرچه آهن ربا قوی تر باشد فلوئیرا که از حلقه عبور میدهد بیشتر است. تغییر فلو ممکن‌است مثبت یامنفی‌باشد بنابا‌اینکه فلو زیادشده یا کم شود. بالاخره علامت فلو ممکن است مثبت یامنفی باشد بنا بآنکه قطب شمال آهن‌ربا مقابل حلقه قرار گیرد یاقطب جنوب آن. چون‌نتیجه آزمایش های ۳۸ و ۳۹ را با مطالبی که در این جمله گفته شد مقایسه کنیم. میتوان نتیجه گرفت :

۱ ـ چنانچه میزان فلوی مغناطیس که از سطح محدود بمداری عبور میکند بعلتی تغییر کند در مدار نیزوی الکتروموتور القائی و درنتیجه آن جریان القائی برقرار میشود.

۲ ـ این جریان تاموقعی برقرار است که فلو تغییر میکند.

۳ ـ بنا برآنکه تغییر میزان فلو مثبت یامنفی باشد (فلو زیادشود یا کم شود) سوی جریان حاصل نیز تغییر میکند.

٤ ـ شدت جریان متناسب باتندی تغییر فلو است

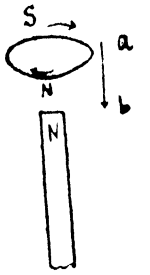
مطالبی که در ٤ جمله اخیر گفته‌شد بوسیله فرمول $E = ۱۰^{-۸} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ بیان میشود.

۷۲ ـ قانون لنتز ـ میخواهیم سوی جریان القائی راتعیین‌کنیم با یك پیل که دو قطب آن مشخص است معلوم کنید چون جریان از طرف A وارد گالوانمتر (دستگاه شکل ۱۱۱) میشود عقربه در کدام جهت حرکت میکند، از این پس با درنظرگرفتن حرکت عقربه میتوانید سوی جریان را در حلقه ها معلوم کنید.

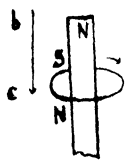
چون سوی جریان را در حلقه معلوم باشد با قانون دست راست یا

حرفهای S و N میتوانید رخ شمال ورخ جنوب حلقه را مشخص کنید.

آزمایش ۴۰ ـ الف ـ حلقه‌دستگاه‌شکل ۱۱۱ را ازبالا رها کنید که ازنقطه‌مانندa بطرف قطب‌شمال N آهن ربا پائین آید. به بینید سوی جریان طوری‌است که رخیکه بطرف قطب شمال N آهن‌ربا متوجه است رخ شمال است (شکل ۱۱۲). چون دوقطب همنام یکدیگر رادفع میکنند درضمن حرکت از a تا b این دوقطب یکدیگر را دفع میکنند ومانند آنست که تأثیر جریان طوری است که از حرکت حلقه مانع شود. موقعیکه آهن‌ربا داخل حلقه‌شود قطب N آهن ربا و S حلقه یکدیگر را جذب کرده و باز در مقابل پائین افتادن حلقه مقاومت‌بظهور میرسد(شکل ۱۱۳)

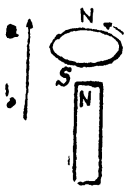


شکل ۱۱۲



شکل ۱۱۳

ب ـ حلقه رابطرف بالابرید می‌بینید که سوی‌جریان عکس سوی اول و رخ بالائی رخ شمال و رخ زیری حلقه رخ جنوب است دراین بار نیز هنگامیکه آهن ربا داخل‌حلقه است (حرکت از c تا b درشکل ۱۱۳ بافرض اینکه سوی‌جریان حلقه و مکان حرفهای S وN را تغییر داده‌باشیم) قطب N آهن‌رباو رخ N حلقه یکدیگررادفع میکنند وهنگام‌حرکت‌ازb تا a (شکل ۱۱۴)قطب N‌آهن‌ربا ورخ S حلقه یکدیگرراجذب‌میکنندبدینسان دیده میشود که درتمام حالتها مانند آنست که نیروی مقاومی در مقابل حرکت که مولد جریان است بظهور میرسد.

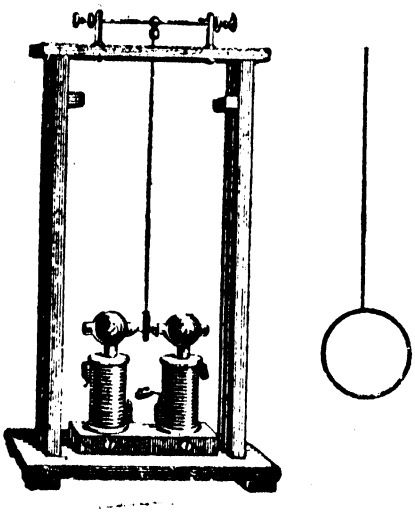


شکل ۱۱۴

برای اینکه اثر این نیروی مقاوم را که بظهور میرسد واضحتر به بینید آزمایش زیر را انجام دهید.

آزمایش ۴۱ ـ بایك حلقه مسی یك آونك ساخته

آنرا طوری بیاویزید که بتواند بآزادی میان دو قطب یك آهن ربای الکتریکی حرکت کند موقعیکه اونگ در حرکت است جریان آهن ربا را وصل کنید به بینید آونگ از حرکت باز میماند. علت آن این است که بمجرد وصل کردن جریان و پیدایش میدان مغناطیسی درحلقه که ضمن حرکت خط های نیروی میدان را قطع میکند نیروی الکترومتور القائی ایجاد میشود.



شکل ۱۱۵

چون مقاومت حلقه کم است شدت جریان زیاد است و بطوریکه ضمن آزمایش گفتیم سوی جریان طوری است که نیروی الکترومانیتیك که از تأثیر میدان روی جریان حاصل میشود مانع از حرکتی که مولد جریان القائی است گردد در نتیجه حلقه بلافاصله ازحرکت بازمیماند

نتیجه آزمایش های ۴۰ و ۴۱ و آزمایش های مشابه دیگر را که در این باب میتوان انجام داد بشکل قانونی موسوم بقانون لنتز بیان میکنند.

هروقت درنتیجه تغییر مکان نسبی یك میدان و یك هادی جریان القائی ایجادشود، سوی جریان طوری است که آثار الکتریکی و مغناطیسی که درنتیجه این جریان بظهور میرسد مانع از حرکتی که مولد جریان است بشود.

بعبارت دیگر جریان القائی درمدار خود فلوی القائی میفرستد سوی جریان طوری است که فلوی القائی تغییرات فلوی القاء کننده را که

مولد جریان القائی است جلوگیری کند .

منظور ازفلوی القاء کننده فلوئی است که آهن‌ربا درحلقه میفرستد.

برای اینکه فرمول صفحه ۱۲۷ این خاصیت را نیز نشان دهد علامت ـ درمقابل جمله دوم گذارده آنرا بشکل

$$E = -10^{-8} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

نمایش میدهند .

۷۳ ـ روشهای مختلفی را که میتوان برای تولید جریانهای القائی بکار برد .

دربند ۶۳ دیدیم فلوئی که میدان یکنواخت H از مداری که سطح آن S است عبور میدهد برابر است با $\Phi = H.S.\cos\alpha$

دراین فرمول α گوشه ایست که عمود بر سطح S با راستای H میدان تشکیل میدهد .

چنانچه مدار در محوطه‌ای که ضریب نفوذ آن k است قرار گیرد خواهیم داشت $\Phi = k.H.S.\cos\alpha$

دربند ۷۱ دیدیم برای پیدایش جریان القائی باید فلو تغییر کند فرمول مذکور نشان میدهد که برای تغییر Φ میتوان هریك از عوامل α و S و H و k را تغییر داد .

۱ ـ تغییر میدان H . میدانید چون ازقطبهای آهن ربا دورشویم شدت میدان کم میشود بنابراین باتغییر مکان دادن آهن ربا نسبت بحلقه میدان آهن‌ربائی درجائیکه حلقه واقع است تغییر کرده ودرنتیجه بطوریکه درآزمایشهای بند ۷۰ دیدیم جریان القائی ایجاد میشود. میتوان بجای میدان یك

آهن‌ربای مصنوعی یا طبیعی از میدان یك قرقره که از آن جریان الکتریك عبور میکند استفاده نموده با تغییر دادن شدت جریان در آهن‌ربای الکتریکی شدت میدان مغناطیس را تغییر میدهیم در مداریکه در این میدان قرار گرفته است جریان القائی ایجاد میشود .

آزمایش ۴۲ ـ مداری شامل یك قرقره A یك کلیه و یك انباره و یك رئوستا تعبیه کرده و حلقه دستگاه شکل ۱۱۱ را در مقابل قرقره آن قرار دهید با رئوستا جریان را تغییر دهید حرکت عقربه گالوانومتر ایجاد جریان القائی را در مدار C نشان میدهد

در بند ۷۱ دیدیم هرچه تغییر فلو سریعتر باشد شدت جریان القائی بیشتر است .

سریعترین تغییر شدت جریان موقعی است که قطع یا وصل شود چه در این حالت شدت جریان بلا فاصله از مقدار بیشینه بصفر یا از صفر به بیشینه مقدارش میرسد .

با کلید I جریان را قطع و وصل کنید عبور جریان شدیدی را در مدار C خواهید دید

۲ ـ تغییر k . بی‌اینکه جریان مدار A را تغییر دهید یك میله آهن داخل قرقره های A و C کنید عقربه گالوانمتر عبور جریان را نشان میدهد

۳ ـ تغییر S . حلقه C را یکدفعه فشار دهید که سطح آن تغییر کند عقربه گالوانمتر بحرکت درمیاید .

۴ ـ تغییر α ـ آزمایش ۴۳ ـ قرقره C را طوری بیاویزید که میان دو قطب یك آهن‌ربا قرار گیرد و آنرا بچرخانید (شکل ۸۴)

ضمن چرخش قرقره فلوئی که ازآن میگذرد تغییر کرده وعقربه گالوانمتر عبور جریان را نشان میدهد.

در بخش بعد خواهیم دید ساختمان ماشین های دینامو الکتریك که برای ایجاد انرژی الکتریك بکار میروندبراساس این آزمایش مبتنی است

۷۴ ـ خلاصه مطالبی که در بخش دهم مطالعه شده

چون حلقه سیمی را درمیدان مغناطیسی به تندی تغییر مکان دهیم در مدار نیروی الکترومتور ایجاد شده وجریان الکتریسته برقرارمیشود این نیرو را نیروی الکترومتور القائی و جریان حادث را جریان القائی نامند. برای اینکه نیروی الکترومتور القائی درمدار ایجاد شود بایدجسم هادی طوری حرکت کنند که خطهای نیروی مغناطیسی را قطع کند یا بعبارت دیگر فلوئی که از سطح مدار میگذرد تغییر کند. بنا بر این چنانچه میزان فلوی مغناطیسی که از سطح محدود بمداری عبور میکند تغییر کند در مدار نیروی الکترومتور القائی و درنتیجه جریان القائی برقرار میشود. جریان تاموقعی برقرار است که فلو تغییر میکند. چنانچه تغییر میزان فلو مثبت یامنفی باشد (فلو زیاد شود یا کم شود) سوی جریان نیز مثبت یامنفی است.

نیروی الکترومتور القائی را میتوان بافرمول

$$E = -10^{-8}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

حساب کرد. دراین فرمول E با ولت و Φ باماکسوئل و t با ثانیه سنجیده میشود.

سوی جریان القائی را میتوان بوسیله قانون لنتز بدست آورد . هر وقت درنتیجه تغییرنسبی محل یك میدان ویك هادی جریان القائی ایجادشود سوی جریان طوری است که آثار الکتریکی و مغناطیسی که درنتیجه این جریان بظهور میرسد مانع از حرکتی که مولد جریان است بشود .

قانون لنتز را نیزمیتوان بدینسان بیان کرد: جریان القائی درمدار خود فلوی القائی میفرستد سوی جریان طوری است که این فلوی القائی تغییر فلوی القا کننده را که مولد جریان است جلوگیری کند .

چون فلو (Φ) برابر است با $kHSCos\alpha$ ونیروی الکترومتور القائی درنتیجه تغییر فلو ایجاد میشود با تغییر دادن α یا S یا H یا k میتوان نیروی الکترومتور القائی ایجاد کرد . سهل ترین طریقه تغییر α است (چرخاندن مدار درمیدان) و بدینوسیله یکدسته از ماشینهای مولد الکتریك را تهیه میکنند .

بخش یازدهم

ماشین گرام

۷۵ ـ ماشینهای مولد وموتور ـ دربند ۷۳ دیدیم چون حلقه هادی در میدان مغناطیس یك آهن ربا چرخانده شود در حلقه جریان القائی ایجاد میشود و نیز دربند ٥٤ دیدیم که چون ازجسم هادی که در میدان مغناطیس واقع است جریان الکتریسته عبور کند بر جسم نیروئی (نیروی الکترومانیتیك) تأثیر کرده و آنرا جابجا میکند. با استفاده از این دو خاصیت میتوان باصرف انرژی مکانیك (چرخاندن حلقه درمیدان مغناطیس) انرژی الکتریك بدست آورد وبا مصرف کردن انرژی الکتریك (عبور دادن جریان از مدار بسته) انرژی مکانیك بدست آورد.

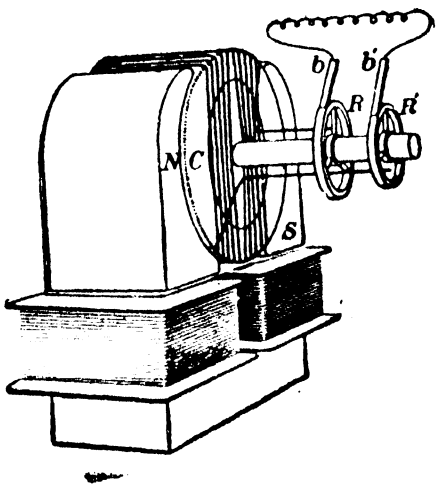
دستگاههائیکه برای این منظورساخته میشوند بنام ماشینهای دینامو الکتریك موسومند.

قسمتهای اصلی یك ماشین دینامو الکتریك ساده عبارتست از:

۱ ـ دستگاه مولد میدان مغناطیس یا دستگاه القاء کننده ـ این دستگاه در بیشتر ماشینها یك آهن ربای الکتریکی NS است که‌میان دوقطب آن جای خالی استوانه شکل پیش بینی شده (دربعضی ماشینهای القاء کننده یك آهن‌ربای طبیعی‌است‌دراینحالت ماشین‌را ماگنتوخوانند)

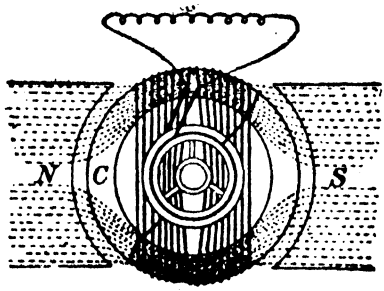
۲ ـ دستگاه متحرك ـ این قسمت شامل یك استوانه (یا حلقه) آهنی C است که دور آن سیم پیچ شده ودر فضای میان دو قطب آهن‌ربا

قرار گرفته . استوانه آهنی برای آن‌است که شدت میدان را درفضای میان دوقطب زیاد کند (بند ٦٨) چون استوانه چرخانده شود درسیم پیچ ها جریان القائی ایجاد میشود .



شکل ١١٦

٣ ـ وسیله انتقال جریان بخارج ـ چون‌استوانه بایدبچرخد نمیتوان سر سیمهای حلقه ها را مستقیما بوسائل انتقال‌جریان‌بخارج مربوط کرد (پس از چند دورزدن سیم پاره خواهد شد) برای رفع محظور میتوان دو سرسیم را بدو طوق R و 'R متصل کرده دو فنر b و 'b را که‌بخارج‌مربوطند روی این دو طوق تکیه داد . بدینوسیله اتصال برقرار میشودودستگاه‌متحرك نیز میتواند بدون مانع بچرخد .

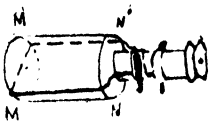


شکل ١١٧

درشکل‌های ١١٦ و ١١٧ قسمتهای مذکور درجمله‌های ١ و ٢ و ٣ نمایش داده شده .

٧٦ ـ چگونگی برقرار شدن جریان در حلقه‌هاـ برای‌سهولت فرض کنیم روی استوانه یك حلقه (MM' NN') پیچیده شده چون جریان آهن ربای الکتریکی‌برقرار شود ازسطح این حلقه فلوی Φ عبور میکند چون تولید جریان در اثر تغییر Φ است پس باید چگونگی تغییر Φ را مطالعه کنیم وضعیت قسمت MN از حلقه را درنظر میگیریم .

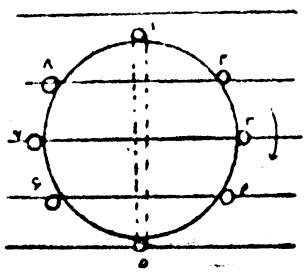
فرض کنیم میدان میان دو قطب آهن ربا یکنواخت است. موقعیکه حلقه در وضعیت (۱) است (شکل ۱۱۹) تمام خطهای نیرو از حلقه عبور میکند و فلو بیشینه است. چون حلقه در وضعیتی مانند (۲) قرار گیرد فلو کم میشود و موقعی که حلقه بوضعیت (۳) برسد



شکل ۱۱۸

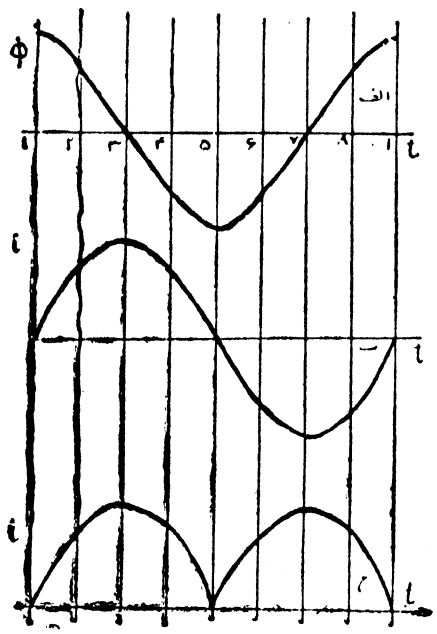
فلو صفر میشود. در وضعیت (٤) باز فلو کم میشود. در وضعیت (٥) دارای کمترین مقدار (Φ−) میشود (زیرا در اینحالت گوشه $\alpha = 180^\circ$ و $\cos\alpha = -1$) در وضعیت (٦) فلو رو بافزایش گذارده در وضعیت (۷) دوباره صفر میشود. در (۸) افزایش ادامه یافته چون به (۱) برسد بمقدار بیشینه (Φ+) که در ابتدای حرکت داشت میرسد.

چنانچه چرخش یکنواخت باشد تغییرات فلو را میتوان باشکل ۱۲۰ (الف) نمایش داد. چون فلوئیکه از حلقه میگذرد در هر ان تغییر میکند بنابآنچه در بخش دهم دیدیم جریان القائی در مدار برقرار میشود. بوسیله خم تغییرات فلو میتوان خم تغییرات شدت جریان را نیز رسم نمود.


شکل ۱۱۹

در نقطه‌های ۱ و ٥ و ۱ فلو تغییر نمیکند بنابراین در لحظات مربوط جریان صفر است. در (۳) فلو به تندی کم میشود و جریان دارای بیشینه مقدار است (دریکسو). در (۷) فلو به تندی زیاد میشود جریان دارای بیشینه مقدار در سوی مخالف سوی نخست یا کمترین مقدار است. بنابراین تغییرات جریان را میتوان باخم (ب) نمایش داد.

این خم نشان میدهد که جریان دائم در تغییر است هنگام عبور حلقه از وضعیت (٥) تغییر سو میدهد بکمترین مقدار خود رسیده و سپس رو بافزایش گذارد، تا دوباره به بیشینه مقداری که در اول داشت برسد. چنانچه دو سر سیم مدار خارجی را بیك گالوانمتر متصل کنیم عقربه گالوانمتر از راست بچپ و از چپ براست حرکت میکند. چنین جریانی را که در لحظات معینی بنوبت سوی آن تغییر میکند جریان متناوب گویند. جریانهای حاصل از پیلها و انباره الکتریکی



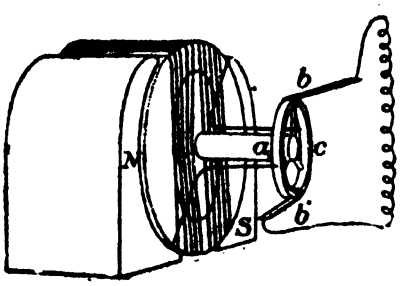
شکل ۱۲۰

که سوی آنها یکی است بجریان‌های دائمی یا جریانهای پیوسته موسومند. خصائص جریان های متناوب، و ماشین هائیکه برای تهیه آنها بکار میرود (الترناتورها) درسال ششم مطالعه خواهد شد.

۷۷ ـ یکطرفه کردن جریان ـ میتوان جریان متناوبی که بطریق فوق بدست میاید طوری در مدار خارجی وارد کرد که دراین مدار همیشه دریکسو جریان کند.

بجای دو طوق R و R' یك طوق C روی آسه استوانه میگذاریم این طوق در دونقطه بریده شده وبدو نیم طوق a و c تقسیم شده است. دو سرسیم حلقه یکی به a و دیگری به c متصل است. میتوان تصور کرد که دستگاهی

نقطه اتصال مدارخارجی b را به‌تناوب روی a یا c تکیه‌میدهد ونقطه b' درهمان‌لحظه‌ها با c یاa متصل میشود.فرض کنیم این تغییر محل اتکادرهمان‌لحظه که حلقه‌ازوضعیت(o) عبورمیکند انجام گیرد. دراین لحظه در حلقه جریان تغییر سو میدهد ولی‌چون درهمین‌لحظه‌جای‌اتصال b و b' نیز تغییر میکند در نتیجه سوی جریان در مدار خارجی تغییر نکرده و پایا



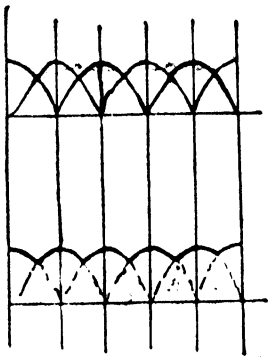
شکل ۱۲۱

میماند. خم (ج) نتیجه مذکور را نشان میدهد در این خم نصف دوره جریان که در حال عادی با سوی مخالف و در زیر آسه t قرار دارد ببالا منتقل شده است. این خم نشان میدهدکه شدت جریان باز تغییر میکند ولی سوی آن تغییر نمیکند چنانچه b و b' را بگالوانمتر متصل کنیم‌عقربه گالوانمتر منحرف شده (بطرف چپ یاراست) بصفر برگشته دوباره درهمان سو منحرف میشود یابعبارت دیگر فقط دریك طرف وضعیت تعادل خود نوش میکند.

اینك‌فرض کنیم روی دستگاه متحرك دوحلقه S و S' که‌بایکدیگر گوشه ۹۰° تشکیل میدهند پیچیده شده وطوق c را بچهار قسمت کرده وهریك از چهار سر سیم حلقه را بیکی از این چهار قسمت متصل کرده باشیم. دوفنر b و b' (جارو) به‌تناوب روی چهار قسمت مذکور تکیه کرده ومدار خارجی را بآنها اتصال میدهند.

خم (ج) (درشکل ۱۲۰) تغییرات جریان را در صورتیکه حلقه

S بتنهائی بکار میرفت نشان میدهد. این خم تغییرات جریان را درصورتی که حلقه 'S به تنهائی بکار میرفت نیز نمایش میدهد ولی موقعیکه S از وضعیت (۱) حرکت میکند 'S از وضعیت (۳) حرکت میکند بنابراین چون خم (ج) را روی اسه t تغییر مکان دهیم خم مربوط به 'S بدست میاید (شکل ۱۲۲).



شکل ۱۲۲

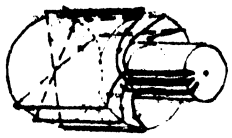
چون زمان پیمایش یك دور را بهشت قسمت کنیم نظر بوضع قرار گرفتن جارو نقطه های اتکاء b و 'b در اولین هشتم دور با S اتصال دارند و در دومین وسومین هشتم دور با 'S وبالاخره در آخرین هشتم دور با S اتصال پیدا میکنند. در نتیجه جریانیرا که از مدار خارجی میگذرد میتوان باخمیکه از اتصال دادن قسمتهای بالای دوخم (شکل ۱۲۲) حاصل میشود نمایش داد، سوی این جریان پایاست ودامنه نوسانهایش کمتر است.

چون این جریان از گالوانمتر عبور کند عقربه آن منحرف شده و درمجاورت آن وضعیت بادامنه کمی نوسان میکند.

اینك میتوان حدس زد چون عده حلقه ها و نقاط اتکاء را زیاد کنیم دندانه‌های خم کوچکتر شده وخم بیك خط راست که معرف جریان دائمی است نزدیك میشود.

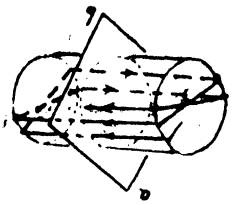
برای این منظور دور استوانه عده زیادی حلقه پیچیده شده ودر امتداد اسه استوانه بجای طوق یك عده تیغه‌های مسی که بوسیله صفحه‌های عایق میکا ازیکدیگر جدا شده‌اند قرار میدهند. این تیغه‌ها بجای طوق مذکور کار کرده وجارو روی آنها تکیه میکند (این دستگاه را کولکتر گویند)

شکل ۱۲۳ وضع سیم پیچی یکدستگاه متحرك را نشان میدهد



شکل ۱۲۳

در این شکل سه حلقه متوالی نمایش داده شده پیکان سوی پیچیدن سیم ها را نشان میدهد . حلقه ها یکی بعد ازدیگری قرار گرفته هرمیله مسی بیکی از حلقه ها اتصال دارد و انتهای یك حلقه‌را بابتدای حلقه بعداتصال‌میدهد . بطوریکه انتهای آخرین حلقه بابتدای اولین حلقه متصل است تمام مدارمعادل سیم پیچ است که درشکل



شکل ۱۲٤

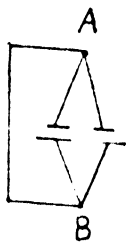
های ۱۲٤ و ۱۲۵ نمایش‌داده‌شده است . باملاحظه خم (ب) شکل ۱۲۰ میتوان دریافت که سوی‌جریان درتمام حلقه‌هائیکه‌دروضع های‌میان (۱) و (٥) قراردارندیکی‌است (سوی‌مثبت) ودرتمام‌حلقه‌هائیکه‌دروضع های واقع میان(٥)و(۱)قرارگیرندجریان باسوی‌مخالف وجود دارد. درنتیجه مثل آنست که‌قرقره بوسیله‌خط٥ ـ ۱ بدوقسمت‌شده . درتمام‌هادی‌هائیکه درطرف راست این خط واقعند یك جریان با سوی معینی عبور میکند . در تمام هادی‌هائیکه درطرف چپ قراردارند همان جریان باسوی مخالف میگذرد

شکل ۱۲۵

چون‌جارو هارا در دووضعیت (۱) و(٥) قرار دهیم موقعیکه استوانه میچرخد میله های مسی مختلف یکی بعد از دیگری زیر جاروی b قرار گرفته جریان حلقه مربوط بوسیله b خارج شده و از ' b وارد میشود . بدین طریق همیشه چون هرحلقه بوضعیتی که سوی جریانش تغییر میکندمیرسد از زیر جارو گذشته و جریان بمدار

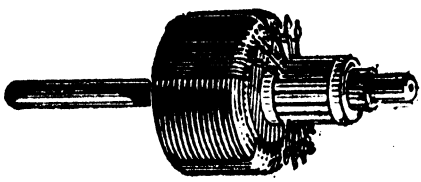
خارجی فرستاده میشود.

میتوان وضعیت دونیمه دستگاه را که هریك دارای نیروی الکتروموتور مشابه و با سوی مخالف است بدو پیل تشبیه کرد که بطور موازی متصل شده اند درچنین حالی پیلها در مدار خارجی AB جریان میفرستند ـ بهمین ترتیب بوسیله جاروها که در (۱) و (۵) قرار دارند نیز در مدار خارج جریان برقرار میشود. درشکل‌های ۱۲۷ و ۱۲۸ دونمونه دستگاه متحرك و طرز اتصال حلقه ها و تیغه های مسی دیده میشود

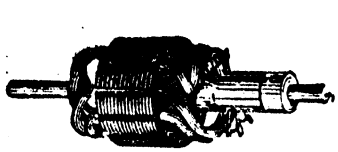


شکل ۱۲۶

۷۸ـ محاسبه نیروی الکتروموتور یك دینامو ـ برای تعیین نیروی الکتروموتور کافی است فرمول بند ۷۲ را برای تمام حلقه هائی که دریك نیمه دستگاه متحرك قرار دارند بکار بریم.


شکل ۱۲۷

حلقه چون از وضعیت (۱) که از آن فلوی Φ میگذرد بوضعیت (۵) که از آن فلوی $-\Phi$ میگذرد تغییر مکان دهد فلو باندازه $\Phi ۲ = (-\Phi) - \Phi$ تغییر میکند.


شکل ۱۲۸

چنانچه دستگاه متحرك درهرثانیه n دور بزندیك دورباندازه $\frac{۱}{n}$ ثانیه ونیم دور باندازه $\frac{۱}{۲n}$ طول میکشد بنابراین $\Delta t = \frac{۱}{۲n}$

نیروی الکتروموتوری که درحلقه برقرار میشود برابر است با

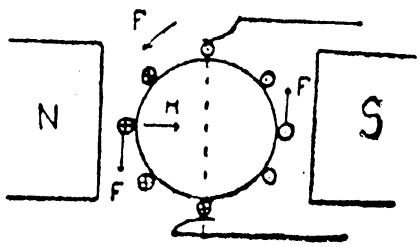
$$e = ۱۰^{-۸} \frac{۲\Phi}{\frac{۱}{۲n}} = ۱۰^{-۸} \times ٤\Phi n$$

چنانچه N عده هادی های MN که روی جدار استوانه قرارداده شده‌باشدعده حلقه‌ها $\frac{N}{۲}$ وعده حلقه‌های نصفه‌دستگاه $\frac{N}{٤}$ است‌بنابراین‌نیروی الکترومتور دستگاه برابر است با

$$E = \frac{N}{٤} e = ۱۰^{-۸} nN\Phi$$

نیروی الکترمتور باتندی چرخش (n) وعده هادی های دستگاه متحرك (N) وفلوی القاء کننده (Φ) متناسب است

۷۹ ـ دینامو‌ی موتور ـ فرض کنیم‌دوسرجاروهای b‘وb یك دینامو را بدو قطب یك دستگاه زایای انرژی الکتریك (انباره الکتریکی یادینامو) متصل کنیم چون ازحلقه‌های دستگاه متحرك جریان عبورکند هرهادی تحت تأثیر نیروی الکترومانیتیك قرار خواهد گرفت . بدینسان روی‌دوقسمت هرحلقه‌یك جفت نیرو وارد میشود . مجموع نیرو هائیکه روی تمام حلقه وارد میشود دستگاه متحرك را بطوریکه در شکل دیده میشودبحرکت میاورد . چون‌دستگاه‌بحرکت آمده میتوان‌بوسیله چرخهای دندانه دار یا تسمه حرکت آسه دستگاه متحرك را بماشین های دیگر انتقال داد.



شکل ۱۲۹

بدینسان مشاهده میشود که چون باوسائل مکانیك (ماشین‌حرارتی وغیره) دستگاه متحرك یك دینامو را بچرخانیم در حلقه های دینامو

جریان الکتریسته‌برقرار میشود (تبدیل انرژی‌میکانیك بانرژی الکتریك) دراینحال دینامورا زایای الکتریسته گویند . موقعیکه درحلقه های‌دستگاه متحرك جریان الکتریسته وارد کنیم . دستگاه بچرخش درآمده ومیتوان با آن کار میکانیك انجام داد (تبدیل انرژی الکتریك بانرژی مکانیك) دینامو را در اینحال موتور گویند .

گرام اولین کسی است که موفق شد ماشین مولدیکه جریان دائمی تولید کند بسازد ازاینرو ماشینهای مذکور را ماشین گرام نیز گویند .

۸۰ ـ انواع دینامو ـ دینامو ها را باشکال مختلف میسازند . اساس ساختمان آنها یکی است تفاوت اصلی درعده قطب ها و وضع بکار انداختن آهن ربای الکتریکی است . درپاره موتور ها بجای دو قطب چهار قطب بکارمیرود . برای بکارانداختن آهن‌ربای الکتریکی درپاره دستگاهها جریان حاصل از یك دسته انباره الکتریکی را در سیم پیچ های آن عبور میدهند . در بیشتر دستگاهها از جریانی که بوسیله خود دینامو ایجاد میشود استفاده میکنند در اینحالت تمام جریان یا قسمتی از آن را از سیم پیچ های آهن ربای الکتریکی عبور میدهند .

در شکل های ۱۳۰ چند نمونه دینامو دیده میشود .

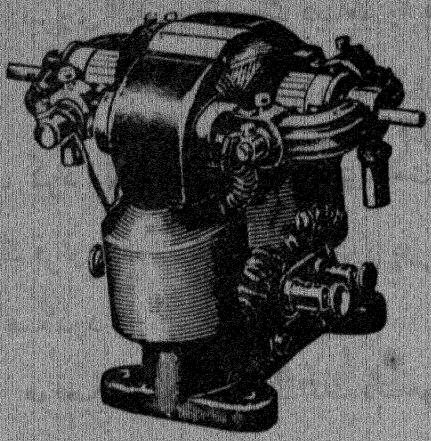
۸۱ ـ خلاصه مطالبیکه در بخش یازدهم مطالعه شده

ماشینهای دینامو الکتریك‌دستگاههائی هستندکه بوسیله آنهامیتوان بامصرف انرژی مکانیك انرژی الکتریك بدست آوود و یا انرژی الکتریك را بانرژی مکانیك تبدیل نمود .

یك دینامو اصولا شامل قسمتهای اصلی ذیل است :

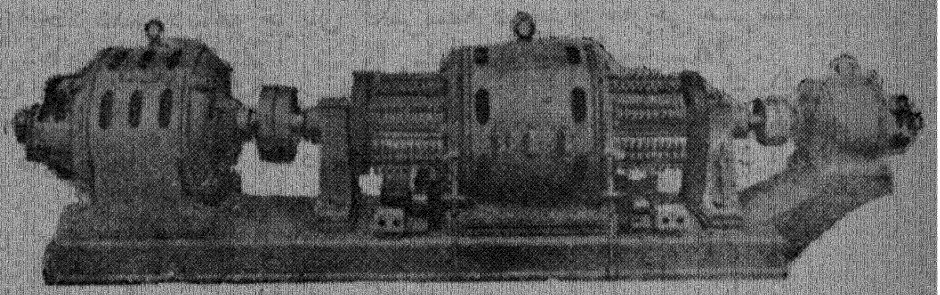
دستگاه مولد میدان مغناطیس یا دستگاه القاء کننده : این دستگاه

یك آهن ربای طبیعی (در ماشینهای ماگنتو) و یك آهن ربای الکتریکی (در دینامو) است . دستگاه متحرك میان دو قطب این آهن ربا جای دارد .



شکل ۱۳۰

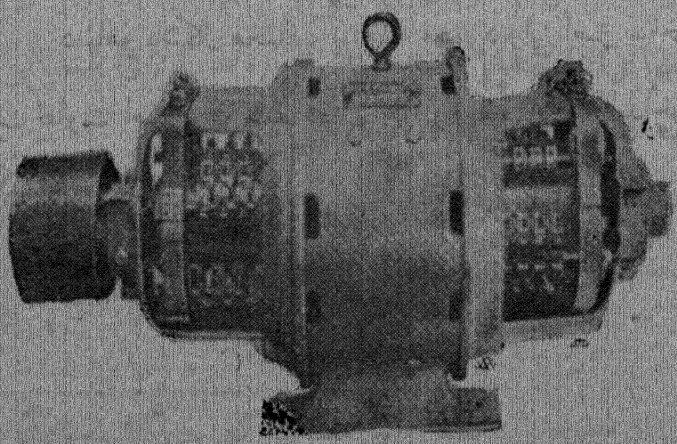
دستگاه متحرك استوانه یا حلقه ایست که دور آن سیم پیچ شده چون دستگاه را که در میدان مغناطیس آهن ربای القا کننده قرار دارد



شکل ۱۳۰

بچرخانیم در حلقه‌ها نیروی الکتروموتور القائی برقرار میشود.

کموتاتر دستگاهی است که جریان متناوبی را که در حلقه‌ها تولید میشود یکطرفه میکند این



ش ۱۳۰

جریان بوسیله جاروها بخارج منتقل میشود.

نیروی الکترومتر یك دینامو را میتوان بوسیله فرمول

$$E = ۱۰^{-۸} nN\Phi$$

حساب کرد. N عده سیمهای هادی است که روی جدار استوانه دستگاه متحرك قرار داده شده. n عده دور در ثانیه و Φ فلوئی است که از یك حلقه میگذرد.

موقعیکه دستگاه متحرك یك دینامورا باوسائل میکانیکی مانندموتور حرارتی وغیره بچرخانند (انرژی مکانیك صرف کنند) نیروی الکتروموتور القائی ایجاد شده ودینامو جریان الکتریسته در مدار خارجی میفرستد. چنانچه برعکس جریان الکتریسته وارد حلقه های دستگاه متحرك بکنند هادی های حامل جریان که درمیدان مغناطیس قرار دارند تحت تأثیر نیروی الکترومانیتیك قرارگرفته وتغییر مکان میدهند در نتیجه دستگاه متحرك بچرخش درمیاید (انرژی مکانیك بدست میاید). در حالت اول دینامو را مولد و در حالت دوم دینامو را موتور نامند.

دینامو باشکال مختلف ساخته میشود ولی اصل ساختمان همه یکی است تفاوت اصلی در عده قطب ها و وضع بکار انداختن آهن ربای الکتریکی است.

گفتار پنجم

انرژی الکتریك وموارد استعمال آن

بخش دوازدهم

انرژی الکتریك

۸۲ـ دستگاههای زایای انرژی الکتریك ـ مولد های انرژی الکتریك دستگاههائی هستند که بوسیله آنها میتوان یکی از اشکال انرژی را بانرژی الکتریك تبدیل نمود. مهمترین طبقات مولدها عبارتند از :

الف . ماشینهای ماگنتو و دینامو الکتریك والترناتور ها . دراین ماشینها بطوریکه دربخش یازدهم دیدیم بامصرف کردن انرژی مکانیك (چرخاندن دستگاه متحرك) انرژی الکتریك بدست میاید .

ب . پیلها و انباره‌ها (۱) . پیلها و انباره ها انرژی شیمیائی را بانرژی الکتریك تبدیل میکنند

ج **دستگاههای ترمو الکتریك .** دستگاههای ترمو الکتریك دستگاههائی هستند که بوسیله آنهامیتوان انرژی گرمائی را بانرژی الکتریك تبدیل نمود .

---

(۱) پیش از مطالعه این بخش باید مطالبی که در کتاب سوم در باب پیلها و انباره‌ها گفته شد (بخش ٦ از گفتار ۲) مراجعه شود و آزمایشهای مربوط به پیلها که در مبحث کار در آزمایشگاه در آخر کتاب پنجم بیان شده انجام گیرد .

ـ **د . دستگاههای فوتو الکتریك .** با دستگاههای فوتو الکتریك میتوان انرژی نورانی را بانرژی الکتریك تبدیل کرد .

با دو دسته اول (الف و ب) میتوان مقادیر زیاد انرژی الکتریك تهیه نمود ولی مقدار الکتریسته‌ای که بوسیله دستگاههای ج و د تهیه میشود خیلی کم است ـ از اینروست که زایا های معمولی انرژی الکتریك را میتوان همان دودسته اول نامبرد . دستگاههای ترموالکتریك وفتوالکتریك دارای موارد استعمال دیگری در ساختمان بعضی دستگاهها مانند وسائل سنجش زینه حرارت کوره ها ـ سینمای ناطق ـ تلویزیون . . . میباشند ـ شرح آنها را درسال ششم خواهید دید .

۸۳ ـ انرژی یکدستگاه زایا ـ در بخش هفتم دیدیم هر دستگاه زایای الکتریسته دارای نیروی الکتروموتوریست که در نتیجه آن موقعیکه دستگاه درمدار بسته‌ای قرار گیرد جریان الکتریسته درمدار برقرار میشود

جریانیکه از زایا عبور میکند دارای مقداری انرژی است . چون این انرژی وارد دستگاه گیرنده شود (بسته بنوع دستگاه گیرنده) بیکی از اشکال انرژی تبدیل میشود :

اگر جریان از سیم هادی بگذرد سیم گرم میشود (تبدیل انرژی الکتریك بانرژی گرمائی)

عبور جریان ازچراغ برق رشته چراغ را گداخته ونورانی میکند (تبدیل انرژی الکتریك بانرژی نورانی)

عبور جریان ازظرف الکترلیز باعث تجزیه شدن الکترلیت میشود (تبدیل انرژی الکتریك بانرژی شیمیائی)

چون جریان الکتریك ازیك دیناموی موتور بگذرد آنرا بحرکت درمیاورد (تبدیل انرژی الکتریك بانرژی میکانیك)



ولتا (۱۸۲۷ - ۱۷۴۵)

دانشمند معروف ایتالیائی مخترع پیل معروف به پیل ولتا وخازن الکتریکی است. تحقیقات وآزمایشهای او در الکتریسته مشهور است

آشکاراست هرچه نیروی الکترومتور دستگاه زیادتر وشدت جریانیکه ازآن میگذرد بیشتر باشدمقدار انرژی که در مدار خارجی میفرستد بیشتر است و میتوان میزان انرژی را تابعی از نیروی الکترومتور و مقدار الکتریسته ای که از مدار گذشته دانست.

فرض کنیم دو قطب دستگاه زایا با یك سیم که مقاومت آن R است متصل شده مقاومت داخلی زایا را r و نیروی الکترومتور آنرا E نامیم. ازاین سیم جریانی بشدت $I = \frac{E}{R+r}$ عبور میکند. بنا بقانون ژول مقدار انرژی که در دستگاه بگرما تبدیل

میشود برابر است با

$$W = Jq = I^2 (R+r)\, t = I.I\,(R+r)\, t = I.E\, t = EQ$$

آشکار است که این انرژی بوسیله دستگاه زایا تولید شده بنا براین انرژی که زایا در زمان t داده برابر است با

$$W = E \times I \times t = E \times Q$$

کولمب ولت ثانیه امپر ولت ژول

۸۴ـ توان دستگاه زایا. توان یك دستگاه زایا میزان انرژی است که این دستگاه دریکه زمان میدهد بنابراین $P = \frac{W}{t} = EI$

توان یکدستگاه زایا بانیروی الکتروموتور دستگاه وشدت جریانیکه از آن میگذرد متناسب است.

چنانچه توان را باوات ونیروی الکتروموتور را باولت وشدت جریان را با آمپر بسنجیم داریم

$$P = E \times I$$

آمپر ولت وات

میزان انرژی الکتریك را عموماً بایکه وات در ساعت یا کیلووات در ساعت بیان میکنند.

یك وات ـ ساعت، مقدار انرژی است که یك زایا با توان یك وات در ظرف یکساعت میدهد یعنی $۱ \times ۶۰ \times ۶۰ = ۳۶۰۰$ ژول

۸۵ ـ انرژی که در دستگاههای گیرنده مصرف میشود

الف ـ انرژی که در یك سیم هادی مصرف میشود ـ دونقطه از جسم هادی را که میان آن گیرنده وزایا وجود نداشته باشد درنظر گیریم

چنانچه R مقاومت این قسمت باشد بنابقانون ژول داریم

$$W' = I^2Rt = IR.It = VIt = VQ$$

توانیکه دریك مقاومت R در نتیجه عبور جریان I مصرف میشود برابر است با P $P = \frac{W'}{t} = VI$

توان الکتریك که در یك جسم هادی مصرف میشود با اختلاف پتانسیل V میان دو سر هادی و شدت جریان I که از آن عبور میکند متناسب است

$$P = V \times I$$
وات ولت آمپر

ب ـ فرض کنیم درمدار گیرنده دیگری مانند یك ظرف الکترلیز یا یك موتور نیز وجود دارد چنانچه نیروی الکترومتور زایا را با حرف E ونیروی ضد الکترومتور ولتامتر را با حرف e و مقاومت کلی مدار را با R وجریانیکه ازآن میگذرد با I نمایش دهیم بنابقانون اهم مقدارانرژی که دستگاه مولد در t ثانیه داده برابر است با :

$$W = EIt = EQ$$

مقدار انرژی که بواسطه اثرژول درمدار مصرف شده برابر استبا

$$W' = I^2 Rt = IR.It = VQ = (E-e)\,Q = EQ - eQ$$

انرژی W' باندازه eQ از انرژی W که دستگاه زایا داده کمتر است، معلوم میشود درولتامتر نیز باندازه eQ انرژی مصرف شده است . بنابراین انرژی که دریك دستگاه گیرنده مصرف میشود بامقدار الکتریسته

که از آن گذشته وبا نیروی ضد الکترومتور آن متناسب است .

$$W_1 = e \times Q$$
کولمب ولت ژول

چنانچه W_1 را بر t بخش کنیم نتیجه میشود

$$P_1 = e \times I$$
آمپر ولت وات

انرژی W_1 است که در ظرف الکترلیز بانرژی شیمیائی و در یك موتور بانرژی مکانیك تبدیل میشود . چون هر دستگاه دارای مقاومت r نیز میباشد بنابقانون ژول باندازه $W_2 = rI^2$ نیز انرژی بگرما تبدیل میشود درنتیجه تمام انرژی که درمدار مصرف شده

$$W = W_1 + W_2 = I^2 rt + eQ = IrQ + eQ = (Ir + e)Q = VQ$$

V اختلاف پتانسیل است که میان دو انتهای مدار موجود است. بنابراین بطور کلی برای محاسبه میزان انرژی که دریك مدار مصرف شده کافیست تفاوت پتانسیل V را که میان دوانتهای مدارموجود است درمقدار الکتریسته Q که از مدار گذشته ضرب کرد .

۸۶ ـ خلاصه مطالبی که در بخش دوازدهم مطالعه شد

دستگاههای زایای الکتریك دستگاههائی هستند که بوسیله آنها میتوان یکی از اشکال انرژی را بانرژی الکتریك تبدیل نمود . مهمترین طبقات زایا ها عبارتند از :

ماشینهای ماگنتوودینامو الکتریك والترناتورها ـ پیلها وانباره‌ها بوسیله دستگاههای ترموالکتریك وفتوالکتریك نیزمیتوان جریان

ایجاد کرد ولی مقدار الکتریسته ای که حاصل میشود خیلی کم است .

انرژی که یك زایا میدهد با نیروی الکتروموتور دستگاه و مقدار الکتریسته ای که از آن میگذرد متناسب است .

توان یك دستگاه زایا بانیروی الکتروموتور وشدت جریانیکه ازآن میگذرد متناسب است .

$$W = E \times Q$$

کولمب ولت ژول

انرژی که در یك مدار مصرف میشود برابر است با حاصل ضرب اختلاف پتانسیل V که میان دوسرمدار موجوداست درمقدار الکتریسته Q که از آن گذشته است .

$$W = VQ$$

درکتاب سوم دیدیم برای یاد آوری دراینجا نیز تکرار میکنیم . میتوان چند دستگاه زایا را بیکدیگر متصل نمود . چنانچه دستگاهها را طوری متصل کنیم که قطب منفی هردستگاه بقطب مثبت دستگاه بعدی متصل شده باشد گویند زایا ها بطور زنجیره ای با هم متصل شده اند در اینحالت نیروی الکتروموتور مجموع باندازه جمع نیروی الکتروموتور دستگاههای مختلف است

$$E = e_1 + e_2 + e_3 \ldots = \Sigma e$$

از این خاصیت میتوان برای بدست آوردن اختلاف پتانسیل زیاد استفاده کرد :

کافیست بقدر کفایت زایاها را بترتیبی که گفته شد بدنبال یکدیگر متصل نمائیم .

فرض کنید یکی از زایاهای دستگاه فوق درجهت عکس بسته شده

باشد . آشکار است که نیروی الکترومتور این دستگاه که در جهت عکس بسته شده بمجموع افزوده نشده بلکه از آن کاسته میشود . مانند آنست که‌در دستگاه‌یك گیرنده‌ای‌که نیروی ضد الکترومتور آن e — = é میباشد وجود دارد :

بنابراین میتوان‌برای e علامت جبری قائل‌شده وفرمول Ir = Σe را درتمام مواقع که یك عده زایا یا گیرنده بطور زنجیره ای بهم اتصال دارند بکار برد .

گاه میشود که قطبهای مثبت چند پیل‌مشابه رابیك نقطه A اتصال داده وقطبهای منفی را بیك نقطه B متصل میکنند . اختلاف پتانسیلی که میان A و B موجود است برابر اختلاف پتانسیل هریك از پیلهاست ولی از این دستگاه میتوان شدت جریان زیاد تری گرفت ـ مانند آنست که‌یك‌پیل که سطح الکترودهای آن‌بزرگتر است تشکیل داده‌باشیم ـ در اینحالت گویند زاباها بطور موازی یا همدوش بسته شده اند .

بخش سیزدهم

موارد استعمال الکتریسته در کارهای صنعتی

۸۷ ـ اساس ترقیات صنعتی عصر حاضر بر چهار پایه اصلی ذیل مبتنی است :

۱ ـ تولید حرارتهای زیاد برای گداختن فلزات وساختن ماشینها

۲ ـ استفاده از انرژی پتانسیل موجود درطبیعت وتغییر دادن آن بصورت انرژی که قابل استفاده برای کارهای صنعتی باشد

۳ ـ انتقال انرژی بنقاطیکه مورد لزوم است وبکار بردن آن برای بحرکت انداختن ماشینهای گوناگون ورفع احتیاجات

۴ ـ بکار انداختن وسائط نقلیه سریع و توانا برای انتقال کالاها بنقاطیکه باید مورد استفاده قرار گیرد .

بوسیله انرژی الکتریك چهار منظور فوق با بهترین وجهی انجام میگیرد :

۱ ـ قانون ژول امکان تولید گرما را بوسیله جریان الکتریك نشان داد : ساختمان عده زیادی از کوره های الکتریکی و بسیاری از وسائل الکتریکی متداول درخانه‌ها مانند اتو ـ سماور ـ اجاق وغیره ازجمله موارد استعمال این قانون است .

۲ ـ در کتاب چهارم دیدیم که چگونه با استفاده از انرژی پتانسیل شیمیائی موجود در سوختها یا انرژی پتانسیل موضعی موجود در آبشارها

میتوان ماشینهای دمه متناوب و توربین های دمه‌ای یا آبی ویا ماشینهای احتراقی و انفجاری را بحرکت آورد. فرض کنید شاخه دستگاه متحرك یك دینامو یا الترناتور را بشاخه یکی از این ماشینها متصل کنیم در اثر چرخیدن ماشین دستگاه متحرك دینامو نیز چرخیده و جریان الکتریسته در مدار خارجی برقرار میشود این جریان را بطوریکه قبلا متذکر شدیم اگر ازیك‌دیناموی موتورعبور دهیم آنرا بحرکت‌میاندازدوچون یك‌ماشین بچرخش درآمد بطوریکه درکتاب چهارم دیدیم بدان وسیله میتوان سایر چرخهای ماشینهای دیگر را بحرکت آورد . پس بوسیله انرژی الکتریك میتوان بطور مستقیم یاغیر مستقیم هر گونه ماشین را که کار مکانیك‌انجام میدهد بکار انداخت .

چون جریان الکتریك را از ظرفهای الکترلیز عبور دهیم کنش وواکنش‌های شیمیائی بظهورمیرسد ـ دربخش ششم دیدیم که بدین‌وسیله یك عده بیشماری از کارهای صنعتی مانند الکتروشیمی و تصفیه الکتریکی فلزات ـ گالوانوپلاستی ـ الکتروتیپی ـ ... انجام میگیرد .

بدین طریق مشاهده میشود که انرژی الکتریکی‌را میتوان بانهایت سهولت تغییر شکل داده ومورد استفاده قرار داد .

۳ ـ میخواهیم ازانرژی آبشاری‌استفاده کنیم . آبشار درکوهستان واقع واز شهر که محل استفاده انرژی است دوراست . برای انجام منظور کافیست در پائین آبشار یکدستگاه توربین آبی نصب کرد و بطوریکه در جمله بالا گفته شد دستگاه مولد الکتریسته را بحرکت آورد . چون با دو سیم دستگاه زایا را بکارخانه شهری اتصال دهیم دراینجا میتوان باجریان

حاصل یك موتور الکتریك را بحرکت انداخت و سپس بطوریکه در بالا گفتیم از انرژی استفاده مطلوب نمود .

ج ـ بوسیله ماشینهای الکتریك ترن های بزرك مسافری وباربری را بحرکت میاندازند پس باصرف انرژی الکتریك انتقال کالا نیز میسر است .

از آنچه گفته شد میتوانید وسعت دامنه کارهای صنعتی که بوسیله الکتریسته انجام میگیرد دریافته واهمیت آنرا درترقیات صنعتی عصر حاضر ملاحظه کنید . با مطالعه دقیق تری میتوان دید که الکتریسته نه تنها یکی از پایه های اساسی ترقیات صنعتی است بلکه در نتیجه تأثیراتیکه صنایع در سایر شئون زندگی دارند میتوان یك قسمت از ترقیات حاصل را درنتیجه امکان استفاده از انرژی الکتریك دانست . در اینجا از ذکر تفصیلی موارد استعمال الکتریسته درکار های صنعتی که بیان آن موضوع کتابهای اختصاصی فنی است صرف نظر میکنیم و فقط بذکر چند جمله ازموارد استعمال الکتریسته که برای رفع حوائج روزانه با آن تماس دائم داریم ودانستن چگونگی آن برای هردانش آموزی لازم است میپردازیم . در کلاس ششم یك عده دیگر از موارد استعمال الکتریسته را در کار های صنعتی واختراعات جدید مانند رادیو ـ تلویزیون ـ رادیو گرافی . . . . . مطالعه خواهید کرد .

بخش چهاردهم

الکتریسته در خانه

۸۸ ـ وسائلی راکه برای رفع حوائج وانجام کارهای خانه لازم است میتوان بچند دسته تقسیم کرد :

۱ ـ وسائل تولید گرما برای گرم کردن اتاقها و تهیه غذاها و آشامیدنیهای گرم ـ اتوکاری ـ تهیه آب گرم برای حمام وشستشو

۲ ـ وسائل روشنائی

۳ ـ وسائل تهویه وخنك کردن نقاط مسکونی وسرد کردن میوه‌ها وآشامیدنیهای سرد

٤ ـ وسائل تنظیف ویا کیزه کردن اتاقها و شستشوی البسه

۵ ـ وسائل لازم برای انجام کار هائی که در آنها وسائل مکانیکی باید بکاررود مانندخیاطی ـ خورد کردن حبوبات ـ سائیدن قهوه ـ صیقلی کردن قاشق وچنگال وغیره ....

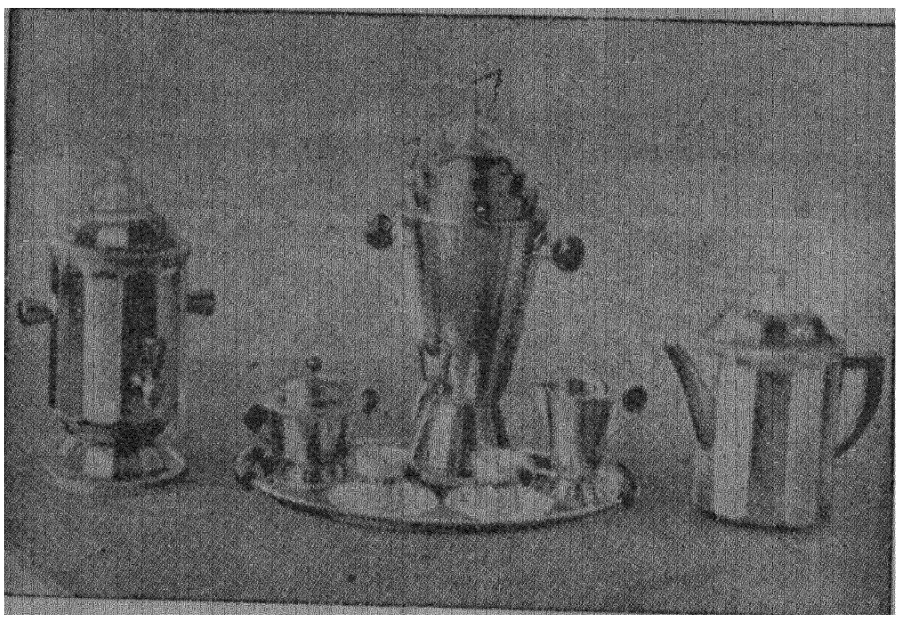
چنانچه بیك مغازه بزرگی که لوازم الکتریکی میفروشد و یا به کتابچه مشخصات یکی از کارخانه‌های سازنده لوازم الکتریکی مراجعه کنید وسائلی را که برای انجام کلیه حوائج مذکور بکار میرود خواهید یافت :

۸۹ ـ وسائل تولید گرما ـ بااستفاده از اثر ژول کلیه اسبابهائی که برای تولید گرما لازم است ساخته میشود . هر دستگاه اصولا شامل یك

دستگاه گرم کننده است که قسمت عمده آن سیمی است به مقاومت R که

چون از آن جریانی بگذرد گرما تولید میشود. در بعضی از اسبابها روی گرم کننده بازاست و مس

اجسام مجاور را گرم میکند



شکل ۱۳۱

در بعضی دستگاهها سیم گرم کننده در محفظه‌ای که هادی گرما است قرار

دارد. گرمایی که بر اثر جریان حاصل میشود این محفظه را گرم کرده و مورد

استفاده قرار میگیرد. دستگاه بنوع کاریکه باید انجام گیرد جنس و شکل محفظه تغییر

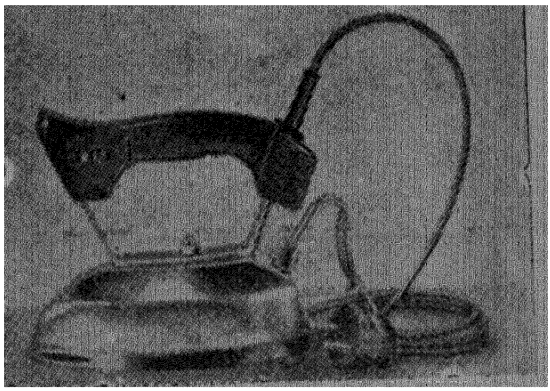
میکند ـ شکل ۱۳۱ نمونه‌های سماور الکتریکی را نشان میدهد. در چنین

دستگاهی در قسمت داخلی سماور محفظه‌ای که دارای دیواره مضاعفست وجود

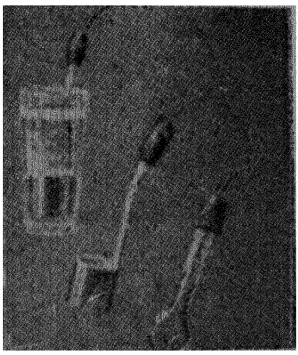
دارد که میان آن سیم گرم کننده عایق شده قرار دارد. دو سر سیم بدو فیش

اتصال جریان متصل است. گرمایی حاصل از سیم دیواره سماور را گرم

کرده وآب درونی آنرا بجوش میاورد .



شکل ۱۳۲

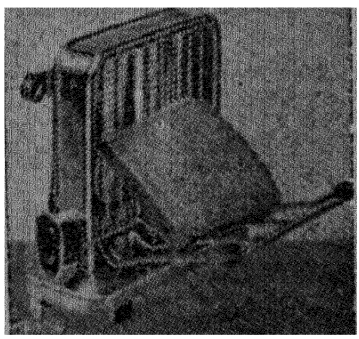


شکل ۱۳۳

شکل ۱۳۲ یك اتوی الکتریکی است . جسم گرم کننده در محفظه‌ای که د[illegible] اتو است قرار دارد

شکل ۱۳۳ وسیله‌ایست که برای نرم کردن آبگونه‌ها بکار میرود

چون بخواهیم مشروب بادوائی را گرم [illegible] گرم نگاه داریم آبگونه را در لیوان ریخته و گرم کننده را در آن میگذاریم .

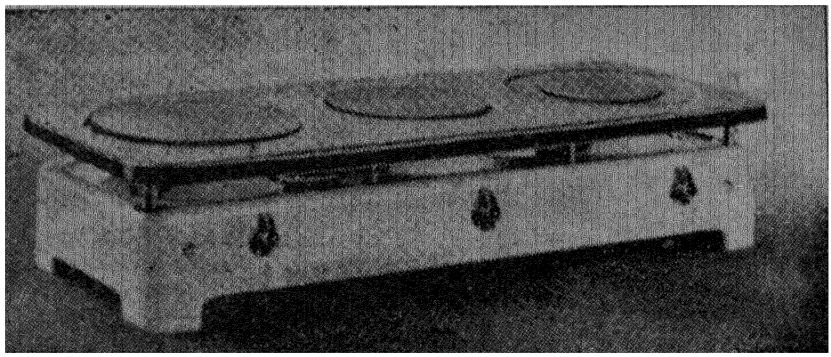


شکل ۱۳٤

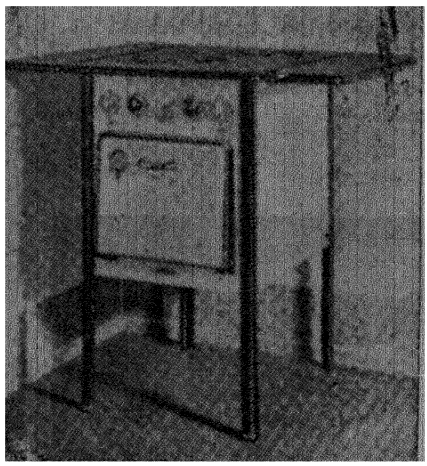
شکل ۱۳٤ دستگاهیست که برای برشتند کردن نان بکار میرود دراین دستگاه سیم نرم کننده رو باز است و چون از آن جریان بگذرد سرخ شده تأثیر آن مانند تأثیر منقلی پرازآتش سرخ شده است .

یخدان و یخدانهای بهمین ترتیب ساخته میشوند . در بعضی از

بخاریها پشت جسم گرم کننده صفحه آئینه مانندی است که پرتو ها را





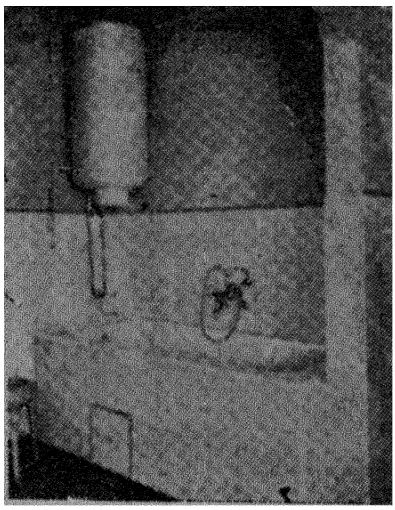


شکل ۱۳۵

بجلو میفرستد. در یکدسته دیگر از بخاریها گرم کننده در محفظه ای پنهان است.

شکل های ۱۳۵ نمونه هائی از اجاق غذا پزیست. زیر صفحه ها یك یا چند سیم گرم کننده وجود دارد که صفحه را گرم کرده و گرما بوسیله این صفحه بظرف غذا پزی

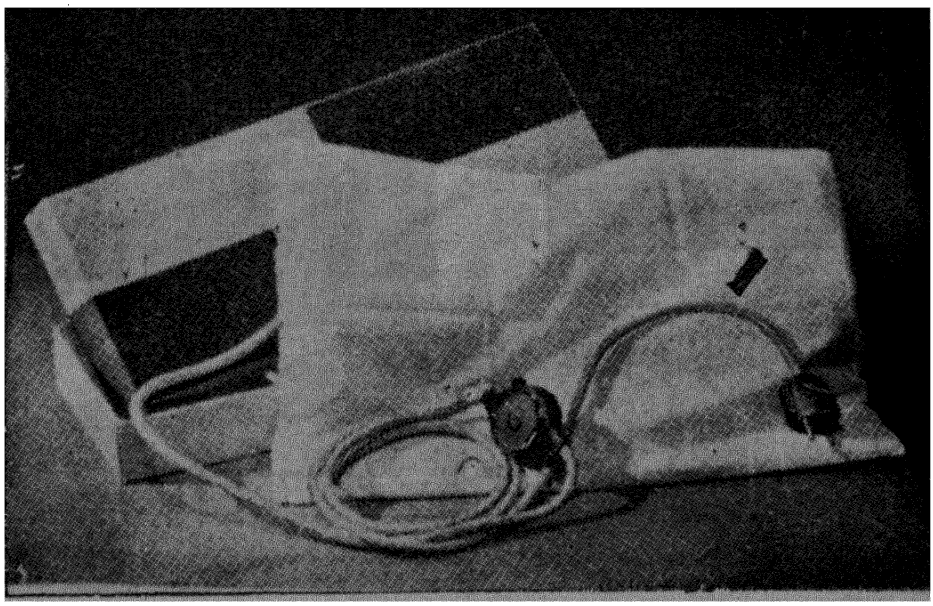
که روی آن گذارده میشود منتقل میگردد .



شکل ۱۳۶

شکل ۱۳۶ مخزن آب گرم برای گرمابه را نشان میدهد .

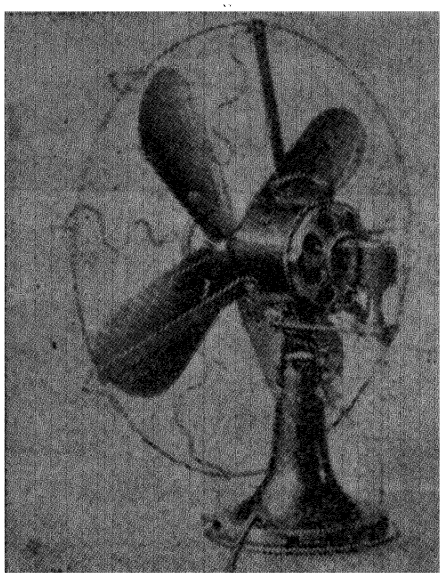
شکل ۱۳۷ تشك گرم کننده است در داخل تشك سیم گرم کننده که درپارچه های مخصوص بافته‌شده وکاملا از لحاظ الکتریکی عایق است قرار دارد . در خارج تشك دستگاه کوچکی برای تنظیم شدت جریان و در نتیجه تنظیم زینه حرارت تشك موجود است . با تشك گرم کننده میتوان در تمام شب گرمی مطبوع ویکنواختی در تختخواب ایجاد کرد .



شکل ۱۳۷

۲ ـ روشنائی الکتریك (این موضوع در بخش پانزدهم بیان خواهد شد)

۹۰ ـ تهویه و خنك کردن ـ در کتاب چهارم دیدیم که چگونه با استفاده از خاصیت دمه شدن آبگونه ها بوسیله جعبه های موسوم به فریژیدر تولید سرما نموده اجسام لازم را سرد میکنند ویا هوای اتاقها و سردخانه ها را خنك میکنند سهل ترین راه انجام مقصود بکار بردن دستگاه های الکتریکی است که برای این منظور ساخته شده است .



شکل ۱۳۸

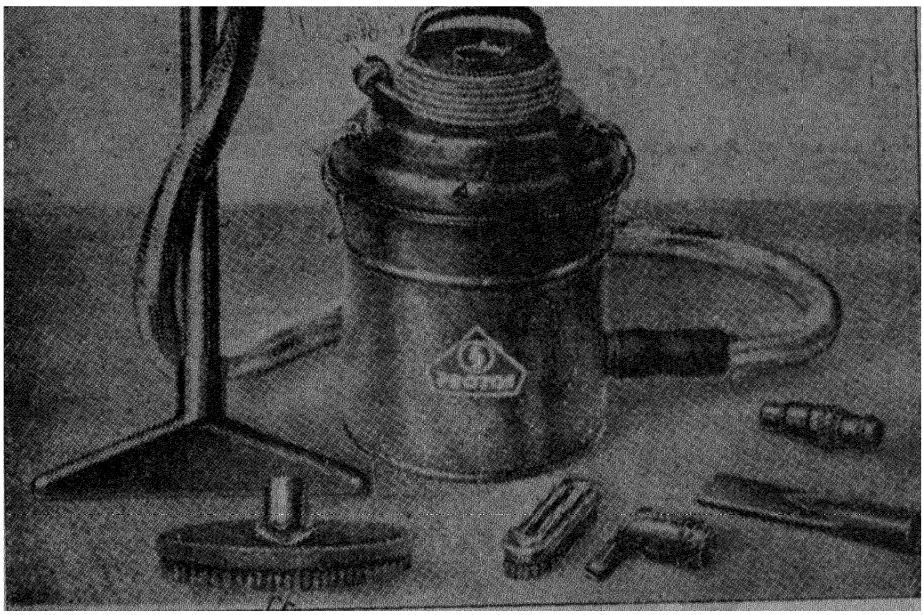
شکل ۱۳۸ بادبزن الکتریکی را نشان میدهد . داخل بادبزن یك موتور کوچك الکتریکی است .

چون جریان از آن عبور کند موتور میچرخد روی شاخه موتور پره های باد بزن نصب شده که بهمراهی شاخه موتور میچرخند .

۹۱ـ وسائل پاکیزه کردن و شستشو

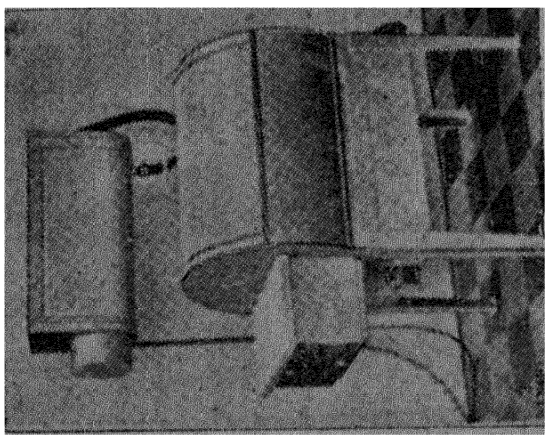
شکل ۱۳۹ یك جاروی الکتریکی است . درون محفظه یك موتور الکتریکی است که یك تلمبه هوائی را بکار میاندازد . این تلمبه بوسیله لوله بجارو متصل است . جارو را چون روی فرش یاسطح دیگری که میخواهیم جارو کنیم بگذاریم تلمبه هوای موجود میان این سطح و داخل جارو را میمکد . گرد و خاکیکه روی سطح است بااین هوا بالا کشیده شده ازداخل لوله عبور کرده درون کیسه‌ای

که درمحفظه برای اینکار پیش بینی شده جمع میشود . هر دستگاه دارای



شکل ۱۳۹

یکعده ابزارهای فرعی است که بوسیله آنها میتوان گرد وخاك روی‌فرش و مبل ودیوار اطاق‌وغیره را جمع کرد بدون اینکه کمترین‌ذره گرد بلندشده روی نقاط دیگر بنشیند یا بوسیله جارو کننده استنشاق وباعث بیماری او گردد



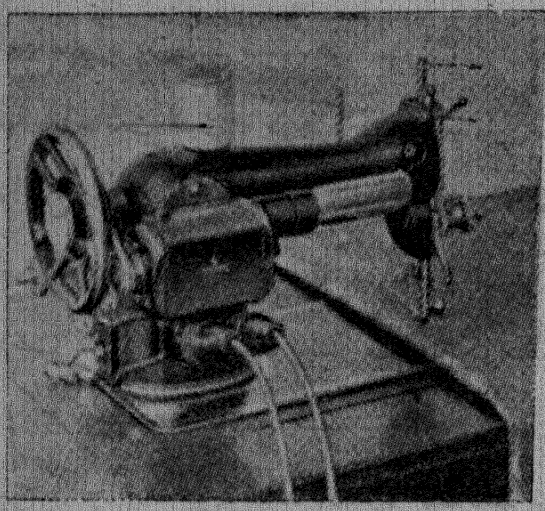
شکل ۱٤۰ دستگاه

شکل ۱٤۰

شستشوی لباس را نشان میدهد درداخل این‌دستگاه ، هم وسیله گرم کردن

آب وهم میله هائی برای حرکت دادن ومالش دادن پارچه ها موجوداست

۹۲ ـ وسائل مکانیکی

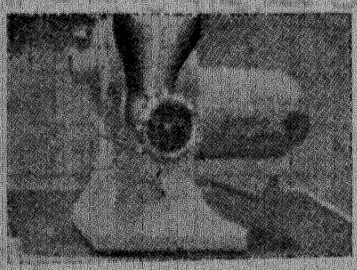


شکل ۱۴۱

شکل ۱۴۱ چرخ خیاطی رانشان میدهد که بوسیله یك موتور الکتریك چرخانده میشود.

شکل ۱۴۲ چرخ گوشت خرد کنی است.

شکل ۱۴۳ ماشینی است که بوسیله آن میتوان کارد وچنگال وغیره را پاك کرد و صیقلی نمود



شکل ۱۴۲

شکل ۱۴۴ ماشینی است که برای پوست کندن سیب زمینی وغیره بکار میرود.

شکل ۱۴۵ آسیای قهوه سائیست.

بطوریکه ملاحظه میشود برای



شکل ۱۴۳



شکل ۱۴۴



شکل ۱۴۵

انجام کوچکترین کارهای خانوادگی نیز ماشینهای الکتریکی موجوداست. فائده بکار بردن این دستگاهها سهولت عمل ونظافت و موافق بودن آنها با اصول بهداشت است . گرم کردن باوسائل الکتریکی از مضراتیکه درنتیجه پیدایش دود وسایر گازهای سمی در اتاق بظهور میرسد جلوگیری میکند . بکار بردن ماشینهای دیگر کار را سهل وساده کرده وبانوی خانه دار را از خدمت گذاران متعدد بی نیاز مینماید درحالیکه میتواند کار های خانه را از روی سلیقه و بدون خستگی انجام دهد . چون کاریکه با ماشینهای نامبرده انجام میگیرد شاید باندازه یك دهم وقتیکه انجام کار با دست لازم است وقت نمیگیرد پس بکار بردن این وسائل باعث صرفه جوئی در وقت نیز میباشد.

۹۳ - میزان تقریبی مصرف دستگاههای نامبرده بقرار ذیل است

دستگاه	کیلووات درساعت
جاروی الکتریکی	۰ر۳ تا ۰ر٤
سماور	۰ر۳ تا ۰ر٦
دستگاه برای گرم کردن آب	۰ر۰۸ تا ۰ر۲
تشك گرم کننده	۰ر۲ تا ۰ر۲۵
اجاق غذا پزی	۰ر۵ تا ۲
بخاری	۰ر۳ تا ۳
بادبزن	۰ر۰۲۵ تا ۰ر۱۵
اتو	۰ر۳ تا ۰ر٦

بطوریکه دیده میشود صرف نظر از بخاری و اجاق گه مصرفشان زیاد است مصرف سائر دستگاهها کم وبکار بردن آنها مخصوصاً اگر انرژی الکتریك بانرخ روز بکار رود منافی باصرفه جوئی نیست . ازلحاظ اقتصادی تنها اشکال موضوع تهیه کردن وسائل مزبور است که نظر بگرانی ممکن است در دسترس عموم نباشد .

بخش پانزدهم

روشنائی الکتریك

۹۴ ـ ایجاد روشنائی بوسیله الکتریسته یکی دیگر از موارد استعمال مهم قانون ژول است :

چون درسیمی جریان الکتریستهعبوردهیم سیم گرم میشود چنانچه مقاومت سیم یا شدت جریان زیاد باشد گرمای زیادی تولید شده سیم را گداخته ونورانی میکند . چون در حرارت زیاد اکسیژن هوا روی سیم تأثیر شیمیائی کرده آنرا از میان میبرد سیم را (رشته) در حباب شیشه‌ای قرار میدهند که هوای آنرا خالی کرده و از گازی مانند آرگن یا ازت که تأثیر شیمیائی روی سیم ندارد پر کرده‌اند . برای اینکه باشدت جریان کمی بتوان زینه حرارت را بقدر کافی بالا برد سیم را خیلی نازك گرفته (قطر سیم ممکن است بیك پنجاهم میلیمتر برسد) و آنرا بطور مارپیچ میپیچند برای اینکه درازی زیادتری درفضای کوچك حباب‌جای داده شود ، بدینسان مقاومت سیم زیاد شده و با جریان کمی گداخته و نورانی میشود . برای ساختن رشته چراغ بیشتر تنگستن بکار میبرند نقطه گداز این فلز درحدود ۳۴۰۰ زینه‌است بنابراین میتوان زینه حرارت رشته چراغ‌را تا ۲۲۰۰ نیز بالا برد بی آنکه برشته صدمه ای وارد شود .

دنباله حباب در محفظه فلزی که آنرا بُن نامند جای داده شده

(شکل ۱٤٥) انتهای بن یك صفحه هادی است که دورآن از جسم‌عایقی پرشده یك سر سیم رشته باین صفحه وسر دیگر بجدار آن متصل است. دیواره بن بشکل پیچ ساخته شده‌است. دوسر سیم هادی برق نیز بمحفظه کوچکی‌بنام سرپیچ منتهی میشود چون بن رادرسرپیچ داخل کنیم اتصال الکتریکی برقرار وچراغ روشن میشود.



شکل ۱٤٥

چراغهای برق با توانائی مختلف از ۱۰ تا ٦۰۰۰ شمعی تهیه میشوند. میزان مصرف برق برای هر شمع بسته بنوع و توانائی چراغ تفاوت میکند برای چراغهای عادی (۱۰ تا ۲۰۰ شمعی) که در خانه ها بکار میروند مصرف درحدود ۹ر۰ وات برای هرشمع است.

۹۵ ـ نکاتی که هنگام نصب چراغ باید ملحوظ شود

چون نوع روشنائی و شرایط آن با مکانیکه باید روشن شود و نوع کاریکه باید انجام گیرد تغییر میکند لازم است درموقع نصب چراغ نکاتی چند ملحوظ گردد:



چراغ برای روی میز تحریر

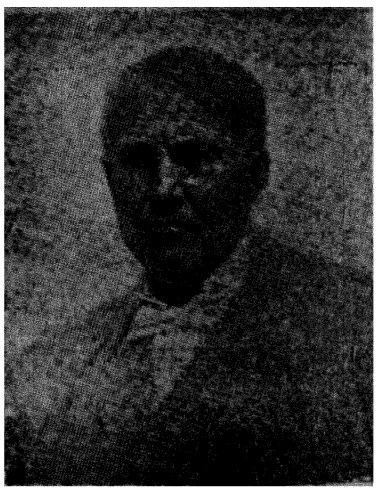
الف ـ انتخاب نوع روشنائی متناسب با محل و کاریکه باید انجام گیرد باشد:

برای اتاق مسکونی واتاق کاربهترین نوع روشنائی روشنائی سفیداست وچراغهای تنگستن ازاین لحاظ متناسبند.

ب ـ توزیع روشنائی بطوریکه چشم خیره نشده و روی سطح کار نیز بقدر کفایت روشن باشد. برای خیره شدن باید چشم مستقیما بارشته چراغ مواجه گردد برای انجام این منظور دو رویه متداول است:

۹۶ ـ روشنائی غیر مستقیم ـ در روشنائی غیر مستقیم چراغها در طرف بالای دیوار اتاق نصب میشوند اطراف آنها سطحهای بازگشت دهنده گذارده شده که روشنائی چراغ را بطرف سقف تابیده روشنائی از سقف بطرف پائین منعکس میشود خودچراغها درپشت محفظه‌ها یاشکافهای دیوار وقابها مستور شده ودیده نمیشوندبدینسان روشنائی بطوریکنواخت تمام اتاق را روشن میکند. روشنائی غیر مستقیم از لحاظ بهداشت خیلی خوب است ولی چون مقداری انرژی در دیواره ها جذب میشود میزان مصرف زیادتر از روشنائی مستقیم یانیمه مستقیم است.

۹۷ ـ روشنائی نیمه مستقیم ـ در بسیاری حالات ممکن است چراغ را درحبابهائی قرار داد این حبابها سطح توزیع روشنائی را زیاد کرده واز خیره شدن چشم جلوگیری میکنند. حبابهارا بارنگها وشکلهای مختلف میسازندبرای اینکه روشنائی بقدر کفایت بشد باید عده وتوان چراغهای هر اتاق را متناسب بامیزان احتیاج انتخاب نمود بدیهی است میزان روشنائی که برای روی میز تحریر و میز نقشه کشی لازم است بیشتر ازروشنائی اتاق مسکونی است روشنائی اتاق مسکونی باید بیشتر از روشنائی راه رو ها و غیره باشد.



ادیسن (۱۹۳۱ ـ ۱۸۴۷)
دانشمند معروف امریکائی است. بسیاری ازاختراعات جدید مانند چراغ برق ـ گرامافون ـ سینما ـ ماشینهای تلگراف ازآثار این مخترع نامی است

معمولا میزان روشنائی را طوری پیش بینی میکنند که روی میز های نقشه کشی درحدود ۱۰۰ لوکس ـ روی میز تحریر تا ۵۰ لوکس ـ در اتاق مسکونی از ۲۰ تا ۳۰ لوکس ـ درمعابر وخیابانها از ۳ تا ۵ لوکس روشنائی وجود داشته باشد . (لوکس یکه‌سنجش روشنائیست تعریف آنرا درسال‌ششم خواهید دید) .

ج ـ ملاحظه زیبائی و حسن منظر نیز از شرائطی است که باید هنگام نصب کردن چراغ اتاقهای مسکونی منظور گردد ـ توزیع چراغها ورنك حبابها باید طوری باشد که سایه وروشن ازمیان نرود تااشیاء بخوبی مشهود گردند و روشنائی نیز مطبوع بوده و تولید خستگی ننماید .

۹۸ ـ سیم کشی داخلی ـ با ملاحظه مطالبی که در باره توزیع جریان درمدار های انشعابی و میزان مصرف اسبابهای الکتریکی مطالعه کرده اید میتوانید بسهولت طرح سیم کشی داخلی خانه را با درنظر گرفتن احتیاجات تهیه کنید . نکات اصلی که باید منظور شود عبارتند :

الف ـ درنظر گرفتن وسائل الکتریکی که باید بکار رود و تقسیم آنها دراتاقهای مختلف خانه

ب ـ تعیین شدت جریانیکه از هر مدار میگذرد و انتخاب سیم بنحوی‌که مقاومت آن نسبت بجریانی که باید بگذرد زیاد نباشد زیرا درغیر اینصورت گرمای شدید تولید شده و روپوش سیم را خراب میکند .

ج ـ طرزسیم کشی وپیش بینی جعبه‌های انشعاب وکلیدهای اتصالی بقدر لزوم .

الف ـ پیش بینی احتیاجات

بامراجعه بمطالبی که دربخش ۱٤ گفتیم میتوان اسبابهائیرا که‌طرف احتیاج است انتخاب نمود . آنچه محقق است برای اتاقهای مسکونی یك یادو چراغ و دو یا سه محل اتصال جریان در نقاط مختلف اتاق بمنظور اتصال دادن احتمالی‌چراغهای رومیزی وبادبزن وجاروی الکتریکی وغیره باید پیش بینی شود .

در راهروها یك چراغ و بقدر کافی محل‌اتصال برای جارو و غیره لازم است .

در مطبخ چراغ واتصالی برای اجاق واتصالی برای جارو و بادبزن وغیره باید پیش بینی شود .

ب ـ تعیین شدت جریان وانتخاب نوع سیم

پس از اینکه اسبابهائی که باید درهر اتاقی نصب شوند معلوم شد میتوان شدت جریانیکه از سیم‌این اطاق میگذرد حساب کرد .

مثال ـ در اتاقی سه چراغ شصت واتی یك بادبزن ۵۰ واتی یك رادیوی ۱۵۰ واتی یك اتصالی برای بکار بردن احتمالی یك سماور الکتریکی ۳۰۰ واتی پیش‌بینی شده . ممکن است شب در آن واحدتمام اسبابهای فوق بکارانداخته شوند بنابراین دراین اتاق ممکن است باندازه

$$۱۸۰ + ۵۰ + ۱۵۰ + ۳۰۰ = ۶۸۰$$

یادرحدود ۷۰۰ وات‌توان مصرف شود . چنانچه اختلاف‌پتانسیل که بکار میرود ۲٤۰ ولت باشد بنا بفرمول $W = VI$ شدت جریان

$I = \frac{W}{V} = \frac{۷۰۰}{۲٤۰}$ یا در حدود سه آمپر است بنابراین از سیم اصلی

که وارد اتاق میشود ممکن است سه آمپر عبور کند برای انتخاب کلفتی سیم کافیست که در جدول مشخصات سیمها نگاه کنیم و ببینیم برای عبور سه آمپر سیم چند میلیمتری لازم است و همان را انتخاب کنیم.

برای سیم کشی خانه هائی که مصرف انرژی زیادی ندارند میتوان سیمهای $\frac{1}{2}$ ۲ تا ۵ میلیمتری برای شاه سیمهای اصلی و ۲ تا ۳ میلیمتری برای شاه سیمهای فرعی و ۱ تا ۱٫۵ میلیمتری برای سیمهائیکه بهرچراغ منتهی میشود بکاربرد. بدیهی است بهتر است که انتخاب سیم باملاحظه احتیاج و بقراریکه در بالا گفته شد و بادرنظر گرفتن ضریب اطمینان انجام گیرد.

ج - طرز سیم کشی - برای اینکه در دو قطب تمام دستگاهها که بکار میروند اختلاف پتانسیل معینی برقرار شود (تابکار انداختن آن میسر باشد) لازم است سیمهای فرعی بطور موازی روی دو سیم اصلی (شاه سیم) متصل شوند. معمولا دوسر سیم از خارج (کابل زیر زمینی یا سیم هوائی) وارد گالری اصلی عمارت میشود. این دو سیم بوسیله کلیدی بوات سنج (کنتور) متصل است از زیر وات سنج دو سر سیم بیرون میاید. دو سیم کلفت A و B (شاه سیم) در تمام طول گالری نصب میکنیم بعده اطاقها و قسمتهای فرعی عمارت شاه سیمهای فرعی A_1 B_1 و A_2 B_2 و A_3 B_3 .... بشاه سیم اصلی وصل میکنیم. شاه سیمهای فرعی را بداخل هر اتاق برده و دو سیم هریك از دستگاهها را بطور موازی روی این شاه سیمهای فرعی متصل میکنیم. در هر نقطه ای که سیم بشاه سیمها متصل میشود دو فوزیبل سرراه سیمها قرار میدهیم (فوزیبل سیم یانوار فلزی است، جنس وضخامت آن طوری پیش بینی شده که چون از

آن جریانی بیش از میزان مشخص عبور کند فلز آب شده درنتیجه اتصال سیمها قطع میشود) بکار بردن فوزیبل برای آنست که اگر بعلتی در اتاقی اتصالی روی دهد چون جریان زیادی عبور خواهد کرد فوزیبل مربوط بآن اتاق آب میشود درنتیجه جریان قطع شده ولطمه‌ای بسائر قسمتها وارد نمی آید .

انتخاب فوزیبل باید باملاحظه شدت جریانی که لازم است از اتاق بگذرد انجام گیرد . درنقطه اتصال سیم هر دستگاه بشاه سیم یك کلید برای قطع ووصل کردن جریان پیش‌بینی میشود . معمولا سیمهارا درداخل‌دیوار نصب میکنند برای اینکار لوله های مخصوصی بکار میرود داخل این‌لوله‌ها با کاغذ های قیر اندود که از لحاظ الکتریکی عایق شده اند پوشیده شده وخارج لوله فلزی است . سیمهای روپوش دار را از داخل این لوله ها عبور میدهند . درجائیکه باید انشعاب داده شود سرلوله ها را درجعبه‌های کوچکی وارد میکنند (جعبه انشعاب) سر دو لوله دیگر نیز که سیمهای فرعی درآن است دراین جعبه میاید . کمی ازروپوش شاه سیم را برداشته سرسیم فرعی را دور آن می پیچند سپس دور قسمت لخت شده را چند سانتیمتر نوار عایق کننده چسب دار میپیچند .

پس از آنکه سیم کشی پایان یافت لازم است پیش از آنکه سیمهای داخلی بسیم بهوائی اتصال‌داده شود امتحان کنیم که درنقاط انشعاب موقع بستن سیمها اشتباهی‌روی نداده‌باشد . برای اینکاریك‌پیل یاانباره‌الکتریکی ۲ تا ٦ ولتی بدو سرشاه سیم متصل کرده وبایك ولت‌سنج اختلاف‌پتانسیل موجود میان هریك از دو انتهای سیمهائیکه چراغها یا دستگاههای دیگر

متصل میشوند اندازه بگیرند . چون سیمها بقدر کفایت کلفت انتخاب شده اند باید در تمام این نقاط اختلاف پتانسیل پیل و یا انباره را بیابید . اگر چنین نیست از ابتدا شروع کرده و هریك از انشعابها را بازدید کنید و اتصالی یا اشتباهی که درجائی موجود است رفع کنید .

موقعی که برای عوض کردن فوزیبل وغیره میخواهید باسبابها دست بزنید نخست کلید کنتور را باز کنید که جریان درسیمهای داخلی نباشد سپس بانجام کار منظور اقدام کنید .

مواظب باشید در مواقعیکه الکتریسته مصرف نمیشود کلید کنتور باز باشد که اگر اتفاقا بچه ها یا اشخاص بی اطلاع باسبابهای برق دست بزنند صدمه‌ای بایشان وارد نیاید. هیچوقت بسیم‌هوائی یا کابل که ازخارج میاید دست نزنید وچنانچه جریان از خارج قطع شده بمرکز برق اطلاع دهید . بی‌احتیاطی ودست زدن بسیمهای خارجی ممکن‌است بهلاکت‌دست زننده منجر شود .

بخش شانزدهم

الکتریسیته و وسائل ارتباط

۹۹ ـ مهمترین وسائل ارتباطیه که نقاط دوردست را بیکدیگر متصل میکند تلگراف ، تلفون و رادیو است که هر سه بوسیله الکتریسته بکار انداخته میشوند .

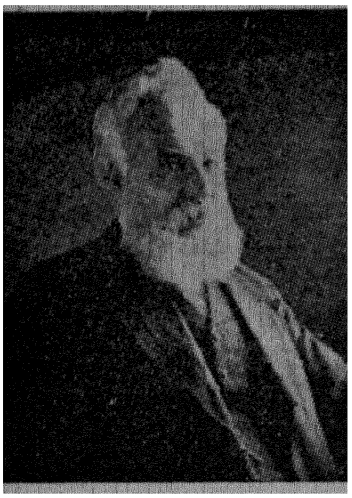
چگونگی عمل دستگاههای تلگرافی ساده را در کتاب سوم مطالعه کرده اید تکرار آن لزومی ندارد همینقدر متذکر میشویم که در مراکز بزرگ دستگاههای خودکار موجود است که بوسله آنها عمل مخابره خیلی بسرعت انجام میگیرد.

قبلا تلگرافها را روی نوارهای مخصوص باماشینهائی مانند ماشینهای تحریر ماشین میکنند . این نوارها را در دستگاه فرستنده میگذارند عبور نوار از زیر ماشین جریان را بانهایت تندی قطع ووصل میکند . درمرکز گیرنده نیز دستگاه خودکار دیگری علامتهارا ثبت وبشکل حروف معمولی روی نوارهای کاغذی چاپ کرده بیرون میدهد . عین این نوار ها را روی کاغذ چسبانده وبرای مخاطب میفرستند .

چگونگی عمل تلگراف بیسیم ورادیو جزء برنامه سال ششم است ودر آن موقع مطالعه خواهید کرد .

۱۰۰ـ تلفون ـ تلفون دستگاهی است که بوسیله آن میتوان با نقاط دور دست مخابره نمود .

میدانید که صوت دراثر ارتعاش سریع اجسام پدید میشود (گفتار



بل (۱۹۲۲ - ۱۸۴۷)
دانشمند معروف انگلیسی
مخترع تلفن



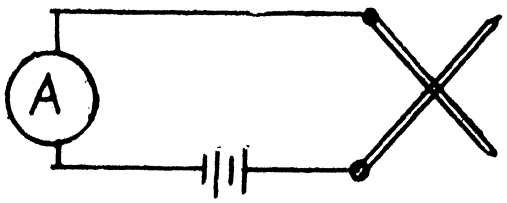
مورس (۱۸۷۲ - ۱۷۹۱)
مخترع تلگراف

چهارم کتاب سوم) . هنگامیکه انگشت خودرا بلبه جام یا بسیم تار میزنید جام یا سیم تار بارتعاش درآمده صدا تولید میشود .

موقعیکه صحبت میکنیم حنجره بارتعاش درمیآید ولایه های هوای مجاور به تناوب متراکم ومنبسط شده این ارتعاش بگوش مارسیده روی پرده گوش تأثیرمیکند درنتیجه صدا را میشنویم . موقعیکه فاصله چشمه مولد صوت تا گوش شنونده زیاد باشد دامنه ارتعاشاتی که بوسیله چشمه ایجاد میشود بتدریج کم شده و ازمیان میرود درنتیجه صدارا نمیتوان مستقیماً از فواصل زیادی شنید . تلفون دستگاهیست که بوسیله آن میتوان بکمك جریان الکتریسته ارتعاشات صوتی را بنقاط دور دست منتقل نمود .

آزمایش ۴۴ ـ بادو قلم ذغال یك پیل و یك آمپر سنج مداری

مانند شکل ۱٤۷ تهیه کنید، دو میله ذغال‌را روی‌هم گذارده‌عقربه آمپرسنج را نگاه کنید. بادست بآرامی دو میله را روی یکدیگر فشار دهید ببینید هرچه فشار بیشتر شود شدت جریان بیشترمیشود. فشار را کم کنید شدت جریان هم کم میشود، علت این تغییر آنست که موقعی که دو میله بآزادی روی هم قرارگرفته‌اند فقط دریك نقطه باهم اتصال دارند وعبورجریان‌که از این نقطه باید انجام‌گیرد مشکل است (مقاومت زیاد است) وقتیکه‌روی دو میله فشار میاوریم‌سطح اتکاء وسیع‌تر شده مقاومت کم‌میشود درنتیجه شدت جریان زیاد تر میگردد. اینك بجای دو میله ذغال یکعده دانه های گلوله شکل کوچك ذغال در محفظه بریزید روی گلوله ها صفحه نازکی گذارده و روی آن فشار بیاورید. آشکار است که تأثیر آزمایش بهتر محسوس خواهد بود زیرا در اینحالت یکعده زیادی نقطه های اتکاء موجود است و دراثر فشار وسعت تمام این‌سطحهای اتکاء زیاد میشود و درنتیجه شدت جریان در مدار زیادتر خواهد شد.

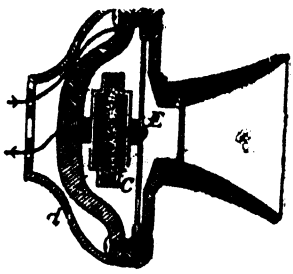


شکل ۱٤۷

موقعیکه تار میزنند دست خود را بآرامی بپوست تار نزدیك کنید ببینید پوست تار درحال ارتعاش است. این خاصیت عمومی است هرپرده نازکی که در مقابل یك چشمه صوت قرار گیرد ارتعاشات چشمه روی‌آن تأثیر کرده و آنرا بحرکت میاورد.

۱۰۱ ـ میکرفن ـ بااستفاده ازدوخاصیت فوق دستگاهی میسازند موسوم بمیکروفون که قسمت فرستنده تلفن را تشکیل میدهد.

درمحفظه d دوصفحه ذغالی گذارده شده که میان آنها از دانه‌های ذغال پرشده (C) درجلو این محفظه صفحه نازك فلزی E نصب‌شده‌چون‌درمقابل‌این‌صفحه‌صحبت کنیم ارتعاشاتی که حاصل میشود صفحه را بحرکت میاورد موقعی که صفحه جلو میرود روی دانه های ذغال فشار وارد میشود موقعیکه صفحه عقب میرود فشار کم میشود. در نتیجه شدت جریان مدار بنسبت زیاد وکمی‌دامنه ارتعاشات یعنی‌بنسبت شدت وضعف‌صوت زیاد وکم میشود.

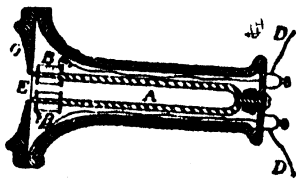


شکل ۱۴۸

دو سر مدار را بدوسر یك آهن ربای الکتریکی متصل میکنیم درجلواین آهن ربا یك صفحه آهنی ارتعاش‌کننده، E شبیه به صفحه‌ای که درمقابل میکرفون قرارداده بودیم گذارده شده چون‌نیروی ربایش آهن ربا باشدت جریان متناسب است موقعیکه شدت زیاد میشود صفحه را بیشتر بطرف خود میکشد چون‌شدت کم شود تأثیر نیرو کم شده و صفحه که دارای نیروی ارتجاعیست بعقب برمیگردد. بدینسان صفحه بارتعاش در آمده و دامنه ارتعاشات آن متناسب با دامنه ارتعاشات صوتی است که صفحه میکروفون را بحرکت درآورده است. ارتعاش‌صفحه، E بوسیله هوا بگوش که‌درنزدیك آن قرار دارد رسیده صدا شنیده میشود.

برای اینکه دستگاه حساس تر باشد آهن ربای الکتریکی را بیك آهن ربای دائمی نعلی شکل متصل میکنند. موقعیکه جریان متغیر مدار درحلقه وارد میشود دوقطب آهن‌ربا با تناسب شدت وضعف جریان قوی وضعیف شده و تغییر اثر ربایش دو قطب صفحه E را بارتعاش در میاورد

و صدا عیناً شنیده میشود . دو دستگاه میکرفون و گیرنده را معمولا در محفظه مشترکی قرارمیدهند (گوشی) شکل محفظه طوری است که چون گیرنده را نزدیك گوش قرار دهیم میکروفون درمقابل دهان قرار میگیرد .



شکل ۱٤۹

۱۰۲ ـ وسیله احضار ـ برای اینکه بتوان از تلفن استفاده نمود لازم است بتوان در موقع لزوم طرف را احضار کرد . برای این منظور بتلفن یك زنك اخبار (بند ۸٤ کتاب سوم) اضافه میکنند تا در موقع لزوم زنك زده و طرف را پای دستگاه احضار کند .

۱۰۳ ـ مرکز تلفن ـ برای اینکه میان دو تلفن ارتباط برقرار شود باید بوسیله دو سیم دستگاه را بهم اتصال داد . چنانچه بخواهیم باعده زیادی اشخاص رابطه داشته باشیم لازم میشود که بخانه هر شخصی سیم کشیده وتلفن خود را بآن متصل کنیم اینکار عملا غیر ممکن است زیرا مستلزم مخارج زیاد وبعلاوه اگر تمام ساکنین شهری بخواهند اینطور سیم کشی کنند تمام فضای شهر از سیم پوشیده خواهد شد .

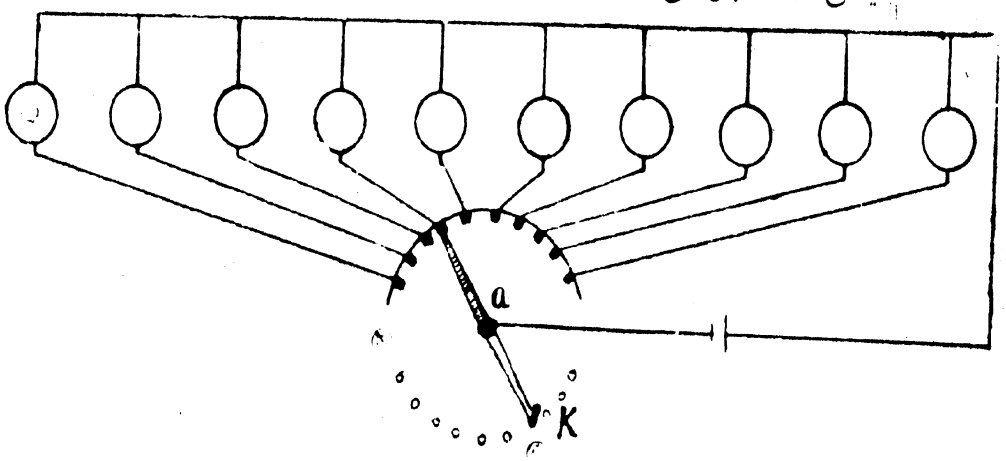
برای رفع محظوریك عمارتی باسم مرکز تلفن اختیار کرده وسیمهای تلفن هرمنزلی (سیمهای هر آبونه) باین عمارت کشیده میشود دراینجا سر هر دو سیم تلفنهای مختلف بیك دستگاه که شامل یك چراغ ودوجای فیش وسیمهای اتصال بانباره الکتریکی است متصل میشود . این دستگاهها که آنهارا نمره نامند در ردیفهای مرتب و موازی روی تابلو نصب شده و تلفنچی درجلو آنها مینشیند. موقعی که آبونهٔ گوشی تلفن را برمیدارد فنری

که زیر دستگاه است بلند شده مدار بسته میشود و جریان الکتریسته از مدار عبور میکند چراغ آبونه مربوط که بطور انشعاب روی این مدار گذارده شده روشن میشود و در اثر روشن شدن چراغ تلفنچی میفهمد که آبونه مرکز را صدا میکند. دو سرسیم تلفن تلفنچی بدومیله کوچك (فیش) منتهی میشود. تلفنچی دوفیش تلفن خود را داخل جای فیشهای نمره ایکه چراغ آن روشن شده میکند بدینطریق تلفن او باتلفن آبونه اتصال داده میشود. آبونه نمره ای که میخواهد به تلفنچی گفته تلفنچی فیشهای تلفن خود را در آورده و با دو سیم که هریك منتهی بدو فیش هستند نمره این تلفن را باتلفن نمره مطلوب اتصال میدهد درنتیجه این اتصال زنگ اخبار تلفن خواسته شده بصدا درمیاید موقعیکه طرف گوشی تلفن را برداشت فنری مدار زنك را قطع کرده و مدار گیرنده را متصل میکند. بدینسان اتصال برقرار ومکالمه انجام میگیرد.

۱۰۴ ـ تلفن خودکار ـ دربسیاری ازشهرهای مهم تلفن خودکار متداول است. در تلفن خودکار نیز سیمهای تمام آبونه ها در مرکز جمع میشود (بوسیله کابلهای زیر زمینی) و بترتیب منظمی بدستگاه مرکزی اتصال‌دارد اینجا دیگربه‌تلفنچی‌احتیاجی‌نیست. روی‌تلفن‌هرآبونه دستگاهی برای‌گرفتن نمره پیش بینی‌شده وهرکسی‌مستقیماً میتواند تلفن‌خود را با تلفن آبونه دیگر اتصال دهد. بیان تفصیلی عمل تلفن خودکار خارج ازحد برنامه این کلاس است ولی برای اینکه چگونگی آن درنظرتان مجسم شود شرح ساده ای بیان میکنیم.

فرض کنید میخواهیم‌بوسیله یك‌میله‌ای‌که میتواند حرکت‌دورانی

کند یکی از ده چراغی را که در شکل ۱۵۰ نمایش داده شده روشن

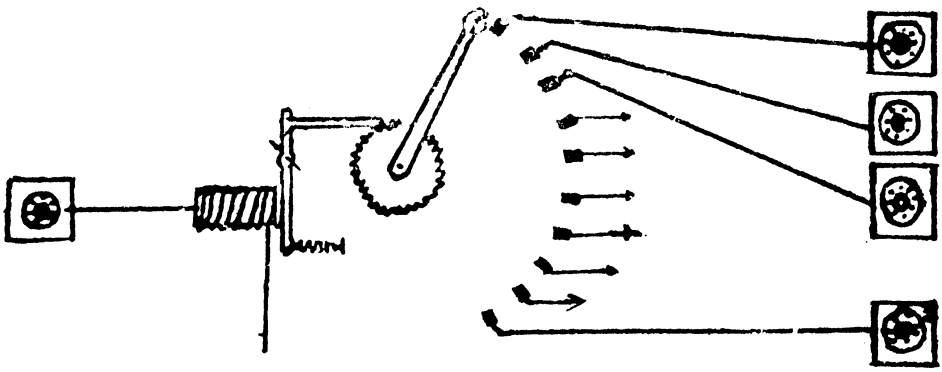


شکل ۱۵۰

کنیم. کافیست که یکی از دو سیم هریك از چراغها را بدستگاه مولد اتصال داده وسر دیگر را بطوریکه درشکل دیده میشود بتابلو اتصال دهیم قطب دیگر دستگاه مولد بمیله a متصل است. چون دسته K را بچرخانیم انتهای میله a روی هریك ازپایه‌های سیم‌چراغها که بخواهیم قرار گرفته وچراغ مربوط روشن میشود. برای اینکه این آزمایش عمل دستگاه تلفن خودکار را نمایش دهد باید دستگاه را طوری تکمیل کنیم که دسته K را ازمسافت دوری بحرکت اندازیم اینکاررا میتوان بادستگاه شکل ۱۵۱ انجام داد.

سیم تلفن ما بیك آهن‌ربای الکتریکی متصل است چون جریان را وصل کنیم آهن‌ربا اهرمی را که درجلو آنست جذب میکنند نوك شاخه این اهرم در میان دندانه های یك چرخ دندانه دار قرار دارد موقعیکه اهرم بعقب کشیده میشود نوك اهرم چرخ را باندازه یك دندانه جلو میبرد چون جریان قطع شود فنزی اهرمرا عقب کشیده نوك شاخه آن درمقابل

دندانه دیگر قرار میگیرد اگردوباره جریان را وصل کنیم بازچرخ باندازه یك دندانه جلو میرود میله a روی چرخ متصل است وهردفعه ایکه چرخ یك دندانه جلورفت انتهای آن درمقابل یکی از پایه های اتصال تابلو قرار



شکل ۱۵۱

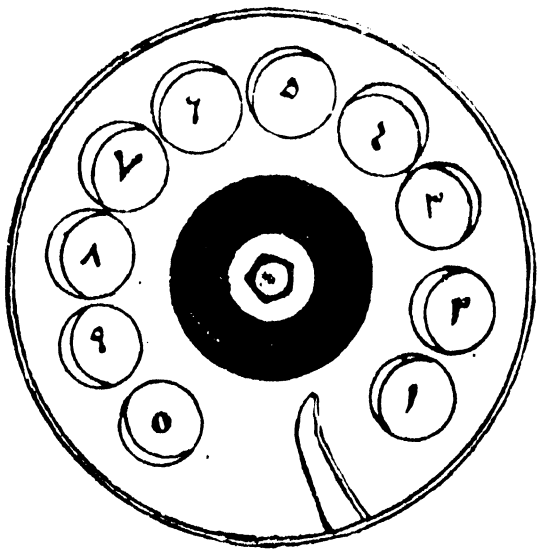
میگیرد. چنانچه بلافاصله چرخ حرکت نکند که میله از جلو پایه اتصالی عقب رود در نتیجه فشار فنر، میله a روی پایه مقابل تکیه کرده و اتصال الکتریکی برقرار میشود.

بنابراین چنانچه بخواهیم با تلفن نمره ٤ اتصال پیدا کنیم باید ٤ مرتبه جریان را قطع و وصل کنیم. چنانچه بخواهیم با نمره ۷ اتصال پیدا کنیم باید ۷ مرتبه جریان قطع و وصل شود.

برای قطع و وصل کردن جریان روی تلفن خودکار دستگاهی نصب شده که طرح و طرز عمل آن بدینقرار است.

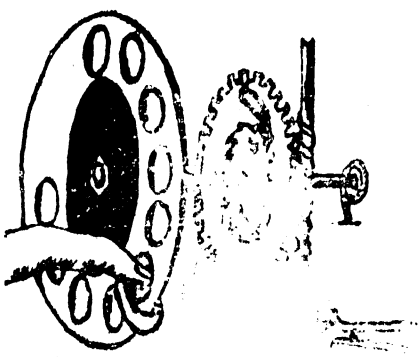
صفحه دایره‌ای بقطر ی در حدود ۸ سانتیمتر جلو تلفن قرار دارد این صفحه روی آسه‌ای سوار شده ومیتواند دور آن بچرخد. روی صفحه ده سوراخ است که زیر هریك یکی از پیکرهای ۱ و ۲ و ۳ و ٤ و ٥ و ٦ و ۷ و ۸ و ۹ وصفر نوشته شده است. روی آسه‌ایکه صفحه بدان متصل‌است (در

داخل دستگاه) دو چرخ دندانه دار نصب شده (شکل ۱۵۳) دندانه‌های چرخ بزرگتر با یك پیچ جفت شده‌است در یك طرف این پیچ صفحه نیم دایره‌ایست موقعیکه پیچ میچرخد این صفحه از میان دوفنر که بدستگاه مولد اتصال دارد عبور کرده و آنهارا از هم دور و در نتیجه جریان را قطع میکند .

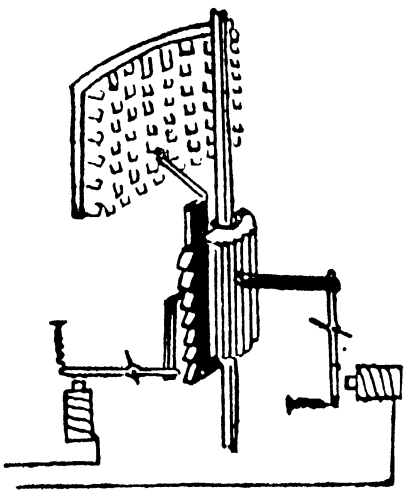


شکل ۱۵۲

فرض کنیم میخواهیم نمره ۵ را بگیریم انگشت را در سوراخی که مقابل نمره ۵ است داخل کرده صفحه‌را میچرخانیم تا بگیره ایکه در کنار صفحه طرف پائین قرار دارد برسد . در اثر این چرخش چرخ دندانه دار کوچك باندازه ۵ دندانه چرخیده فنری که روی آسه دستگاه است کشیده میشود چون صفحه‌را رها کنیم فنر بازشده صفحه‌را بعقب بر میگرداند ضمناً چرخ دندانه دار بزرگتررا بحرکت درمیآورد، این چرخ باندازه ۵ دندانه برگشته و در نتیجه برگشتن هر دندانه، پیچ یك دور میزند بنابراین صفحه اتصال ۵ مرتبه ازمیان دوفنر میگذرد، در نتیجه جریان ۵ بار قطع و وصل میشود و بطوریکه گفتیم


شکل ۱۵۳

اهرم دستگاه نمره گزین ۵ پایه‌جلورفته روی‌شماره ۵ قرارمیگیرد. بدینسان باتلفن شماره ۵ اتصال برقرار میشود. موقعیکه اتصال برقرار شد بترتیبی که سابق گفتیم زنك اخبار بصدا درمیآید وهنگامیکه مکالمه تمام‌شد ویکی از دوطرف گوشی را زمین گذاشت جریان قطع شده آهن ربا دیگر تأثیر ندارد، فنری دستگاه نمره گزین را بحالت اولیه برمیگرداند و دستگاه دوباره برای کار حاضراست. فرض کنیم مرکز شامل ۱۰۰ تلفن‌است نمره گزینی که برای چنین مرکزی بکار میرود استوانه‌ایست که‌میتواند هم دورآسه خود بچرخد وهم‌پائین وبالا رود. روی تابلو ۱۰۰ پایه اتصال موجود است‌که درردیفهای ده‌تائی قرار دارند فرض کنیم میخواهیم تلفن شماره ۳۵ را بگیریم. پایه اتصال این تلفن در طبقه سوم ردیف پنجم واقع است. بطوریکه قبلاگفتیم اول نمره ۳ را میگیریم اهرم آهن‌ربای شماره یك بحرکت آمده نمره گزین باندازه سه طبّقهٔ بالا میرود در نتیجه بالا رفتن نمره گزین اتصال آهن‌ربای شماره ۱ قطع شده وسیم با آهن‌ربای شماره۲ اتصال پیدا میکنداینك نمره ۵ را میگیریم، نمره گزین چرخیده و شاخه آن درمقابل ردیف ۵ طبقه سوم یعنی پایه اتصال تلفن شماره ۳۵ قرارمیگیرد درنتیجه باتلفن مذکور رابطه برقرار میشود.



شکل ۱۵۲

ازآنچه گفته شد چنین بنظر میرسد که باید برای هر آبونه‌ای یك نمره گزین پیش‌بینی شود ولی چنین نیست زیرا اولاً در موقع مکالمه دو تلفن کار میکند بنابر این چنانچه در آن واحد تمام آبونه‌ها هم بخواهند صحبت کنند باز ۵۰ نمره گزین بیشتر کار نخواهد کرد ولی عملاً ثابت شده که حتی در ساعتهائی ازروز که احتیاج به تلفن زیاد است بازبیش از ۱۰ الی ۱۵ درصد آبونه‌ها درآن واحد صحبت نمیکنند (این نسبت رابا ملاحظه حد متوسط عده مکالمه ها درساعات مختلف روزتعیین میکنند) فرض کنیم حد متوسط ۱۰ درصد باشد بنابر این ده دستگاه نمره گزین برای انجام هوائج تمام آبونه‌ها کافیست .

تلفن هرآبونه بوسیله یك‌نمره گزین ساده ده‌راهی مانند نمره گزین دستگاه ده‌تلفنی بتمام نمره گزینها متصل میشود موقعیکه گوشی‌را برمیدارند مداری بسته شده نمره گزین اولی بخودی خود بحرکت آمده وبهریك از نمره گزینها که آزاد باشد اتصال‌پیدا میکند ومانند آنست که تلفن‌مستقیماً بیك نمره گزین صد نمره‌ای متصل باشد ـ بدیهی است که سیمهای هرصد تلفن باید بپایه های اتصال نمره گزینها مربوط باشد برای اینکار پایه های هر نمره‌ای در تمام صفحه های نمره گزینها بیکدیگر متصل شده‌اند .

موقعیکه نمره گزین‌درمقابل‌پایه‌ای قرارگیرد که‌نمره گزین دیگرآن نمره راگرفته باشد مداری‌بسته میشود درنتیجه این‌اتصال صدای‌مخصوصی بگوش تلفن کننده میرسد و میفهمد که تلفن مورد احتیاج از جای دیگر گرفته شده است .

در مرکز هائیکه بیش ازصدآبونه دارند نمره های آبونه‌ها ازابدسته

های صدتائی قسمت میکنند مثلا یك مرکز ۱۰۰۰ تلفنی بده‌دسته ۱۰۰ تلفنی تقسیم میشود. یك نمره گزین دسته بنمره گزینهای سابق اضافه میشود این نمره گزین ابتدا آبونه رابا دسته وسپس باتلفن مربوط میکند. فرض کنیم میخواهیم باتلفن شماره ۲۳۵ مربوط شویم در حقیقت باید تلفن شماره ۳۵ راازدسته دوم بگیریم. با گرفتن نمره ۲ مانند پیش اتصال بدسته ۲ برقرار و سپس بطریقی که گفته شد شماره ۳۵ گرفته میشود. درمرکزی که ۱۰۰۰۰ آبونه باشد تلفنها به ۱۰۰ دسته صد تلفنی تقسیم میشوند.

ازآنچه گفته شد طرح ساده ای از طرز عمل دستگاههای خودکار را دریافتید باید دانست که دستگاه شامل عده زیادی وسائل تکمیلی دیگر مانند وسائل اخبار وسائل بازرسی ومحاسبه و شمارش عده مکالمات . . . میباشد که هر کدام منظوری را انجام میدهند ، بیان تفصیلی تمام قسمتها موضوع یك کتاب مکانیك تلفن و خارج ازحد برنامه این کلاس است .

قسمت دوم

نور

گفتار ششم

قانونهای بازتابش و شکست نور

بخش هفدهم

بازتابش نور بوسیله رویه های هامن

۱۰۵ ـ مشاهدات روزانه و آزمایشهای ساده نشان میدهدکه چون نور برویه (سطح) جسمی برخورد کند تمام یا قسمتی از آن بازتابیده میشود:

آئینه را مقابل پرتو های آفتاب بگیرید روی دیوار مقابل که سایه است دائره روشنی میبینید. آئینه را بچرخانید لکه روشن نیز حرکت میکند ازاین تجربه معلوم میشود پرتوهای نورکه روی آئینه تابیده بوسیله آئینه بطرف دیوار بازتابیده شده‌اند. دیده شدن تصویرجسم درآب وآئینه‌و

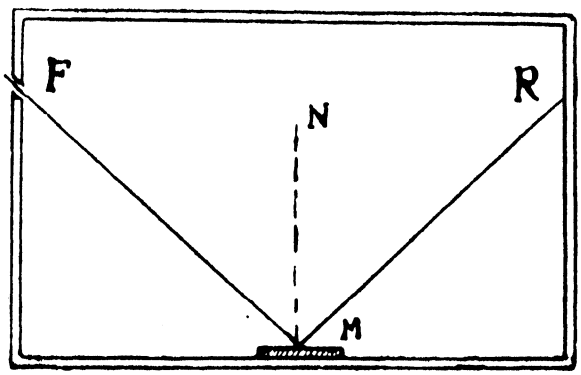
موادیکه دربرنامه نور برای سال پنجم پیش‌بینی شده دنباله مطالبی است که درسال سوم متوسطه مطالعه گشته است. برای متابعت ازبرنامه مصوب دراین کتاب از تکرار مقدمات و مطالبیکه در کتاب سوم درج شده بجز قسمتهائیکه ذکر آن ازلحاظ تکمیل موضوع لازم بوده‌است خودداری شده ولی چون فهم مطالبیکه دراین سال تدریس میشود مستلزم دانستن مقدماتی است که درسال سوم تدریس شده است وازطرف دیگرنزدیك دوسال ازموقع مطالعه مبحث نوردرسال سوم و شروع آن درسال پنجم فاصله است ممکن است بسیاری مطالب از نظر دانش‌آموزان محو شده باشد بنابراین لازم است پیش‌ازشروع این قسمت ضمن سه یاچهاردرس مواد سال سوم دوره شود و آزمایشهای مربوط تکرار گردد.

غیره برای آنست که سطح آئینه یاسطح آب پرتو های نور را که از اجسام مجاور روی آنها تابیده میشود در راستای معینی بازگشت میدهند .

صفحه کاغذی مقابل آفتاب نگاه دارید آنرا روشن میبینید ولی شکل قرص آفتاب در آن مانند آئینه دیده نمیشود .

برای اینکه راستای پرتو های بازتابیده را بخوبی به‌بینید آزمایش فوق رادر جای تاریکی انجام دهید :

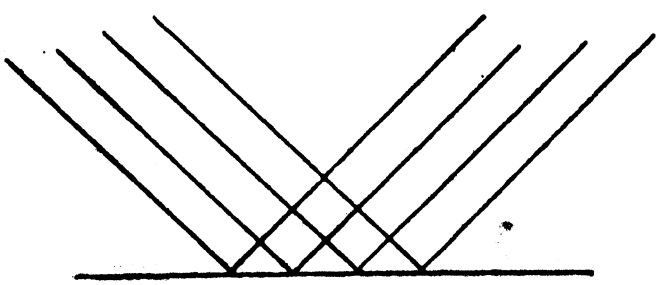
آزمایش ۴۵ ـ میان اتاق تاریکی یك آئینه M یا جام آب بگذارید روی دیوار اتاق شکاف کوچکی (F) در جائی درست کنید که پرتو های آفتاب بتواند از F گذشته روی آئینه M (یا رویه آب) بتابد . آئینه (یارویه آب) پرتوها راباز تابانده وروی دیوار لکه روشنی (R) خواهید دید که درهمان بلندی شکاف F قرار دارد . کمی گچ نرم پای‌تخته را در هوا منتشر کنید ذره‌های گرد روشن‌شده مسیر پرتوها را درامتداد FMR خواهید دید . اینك بجای آئینه صفحه کاغذ سفیدی بگذارید پرتو RM را نخواهید دید ولی اتاق کمی روشن می شود و میتوانید چیزهائیکه در گوشه اتاق است به‌بینید .

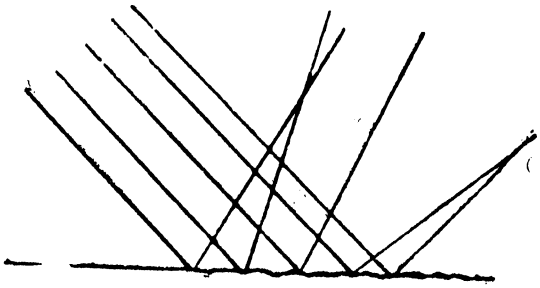


شکل ۱۵٤

معلوم میشود بازتابش نورید و طریق ممکن است انجام گیرد :

۱ ـ پرتوهای بازتابیده بطور منظم و درراستای مشخصی سیر میکنند (شکل ۱۵۵)


شکل ۱۵۵



شکل ۱۵۶

درچنین حالتی بازتابش را منظم گویند.

۲ ـ پرتوها بطور غیرمنظم ودرراستاهای غیر مشخص بازتابیده میشوند (شکل ۱۵۶). در اینحال بازتابش را غیر منظم نامند.

بازتابش منظم تابع قانونهای ساده ایست که بنام قانونهای بازتابش یا قانونهای **دکارت** معروفند.

پوتو FM را پرتو فرود و پرتو RM را پرتو بازتابیده و نقطه M رانقطه فرود نامند. گوشه FMN که‌بوسیله پرتو فرود وعمود MN تشکیل شده گوشه فرود و گوشه RMN که بوسیله پرتوبازتابیده وعمود MN تشکیل شده گوشه بازتاب نامیده میشود.

رویه‌آئینه وآب یاهر رویه‌ایکه بوسیله آن بازتابش منظم انجام گیرد یك بازتابنده (یاآئینه) نام دارد. رویه هائی مانند کاغذ که نور رادر تمام سوها منتشر میکنند رویه پرا کنده کننده نامیده میشوند.

۱۰۶ ـ قانونهای بازتابش نور

قانون نخست ـ پرتو فرود و پرتو بازتابیده و عمودیکه از نقطه فرود برسطح بازتابنده اخراج شود دریك هامن قرار دارند.

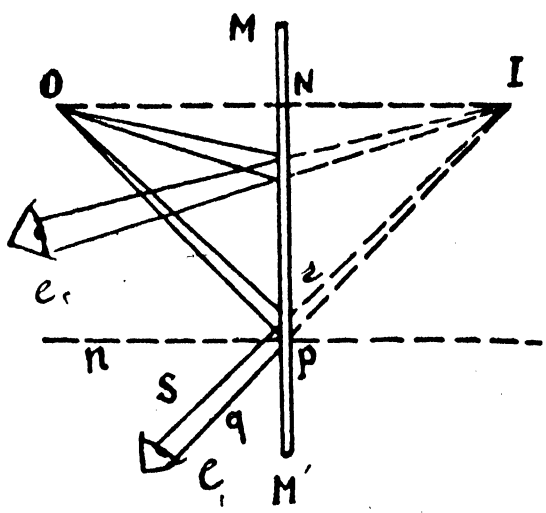
قانون دوم ـ گوشه فرود برابر گوشه بازتاب است.

از آزمایش پیش میتوان قانونهای بازتابش را نتیجه گرفت. برای اینکه‌بتوانید بادقت‌بیشتری‌قانونها را ثابت‌کنید آزمایش زیررا انجام‌دهید.

در تمام حالتها نتیجه آزمایش صحت قانونهای بازتابش را نشان میدهد. قانونهای بازتابش اساس تئوری آئینه هاست و بوسیله آنها میتوان تمام آثار مربوط را توضیح داد. در اینجا چند مثال ذکر میکنیم.

۱۰۷- تشکیل نگار بوسیله آئینه‌های هامن- چون جلو آئینه‌ای بایستید نگار خودرا درآئینه میبینید. باترسیم ساده ای میتوان نشان داد که نگار یك نقطه مانند o که جلو آئینه واقع است نقطه ایست مانند I در پشت آئینه و فاصله آن تا آئینه برابر فاصله o تا آئینه است.

فرض کنیم MM' برش‌ترازی (مقطع افقی) یك آئینه و o نقطه نورانیست. دوپرتو or و op که‌از o خارج شده وبوسیله آئینه در امتداد pq و rs بازتابیده شده اند در نظر گیریم. چون چشم را در نقطه مانند e_1 یا e_2 بگذاریم پرتو های بازتابیده در چشم تأثیر کرده و چنین بنظر میرسد که این پرتوها از نقطه مانند I که در پشت آئینه قراردارد میآیند. عمودpn رابرآئینه‌فرودآرید بنابقانون‌دوم گوشه‌qpn برابر گوشه opn است.



شکل ۱۵۹

پس $OPr = qPM' = IPr$

بهمین طریق $OrM = IrM$

پس $OrP = IrP$

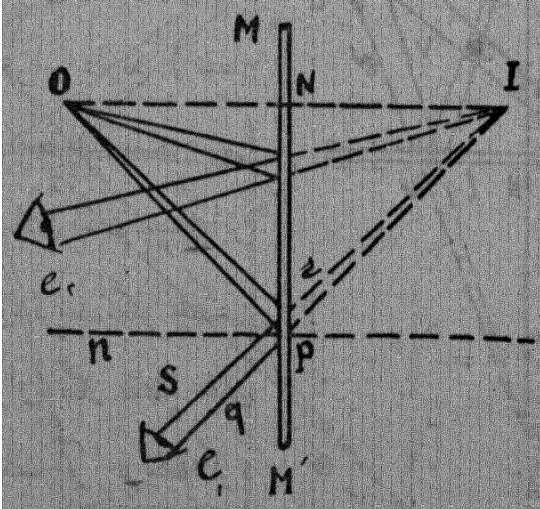
بنابراین سه گوشه‌های OrP و IrP برابرند، و درنتیجه $Or = Ir$

نقطه‌های O و I را با خطی بهم متصل کنید. درسه گوشه های OrN و IrN پهلوهای

در تمام حالتها نتیجه آزمایش صحت قانونهای بازتابش را نشان میدهد. قانونهای بازتابش اساس تئوری آئینه هاست و بوسیله آنها میتوان تمام آثار مربوط را توضیح داد. در اینجا چند مثال ذکر میکنیم.

۱۰۷- تشکیل نگار بوسیله آئینه‌های هامن- چون جلو آئینه‌ای بایستید نگار خودرا درآئینه میبینید. باترسیم ساده ای میتوان نشان داد که نگار یك نقطه مانند o که جلو آئینه واقع است نقطه ایست مانند I در پشت آئینه و فاصله آن تا آئینه برابر فاصله o تا آئینه است.

فرض کنیم MM' برش‌ترازی (مقطع افقی) یك آئینه و o نقطه نورانیست. دوپرتو or و op که‌از o خارج شده وبوسیله آئینه در امتداد pq و rs بازتابیده شده‌اند در نظر گیریم. چون چشم را در نقطه مانند e_1 یا e_2 بگذاریم پرتو های بازتابیده در چشم تأثیر کرده و چنین بنظر میرسد که این پرتوها از نقطه مانند I که در پشت آئینه قراردارد میآیند. عمودpn رابرآئینه‌فرودآرید بنابقانون‌دوم گوشه‌qpnبرابر گوشه opnاست.



شکل ۱۵۹

پس $OPr = qPM' = IPr$

بهمین طریق $OrM = IrM$

پس $OrP = IrP$

بنابراین سه گوشه‌های OrP و IrP برابرند، و درنتیجه $Or = Ir$

نقطه‌های O و I را با خطی بهم متصل کنید. درسه گوشه های OrN و IrN پهلوهای

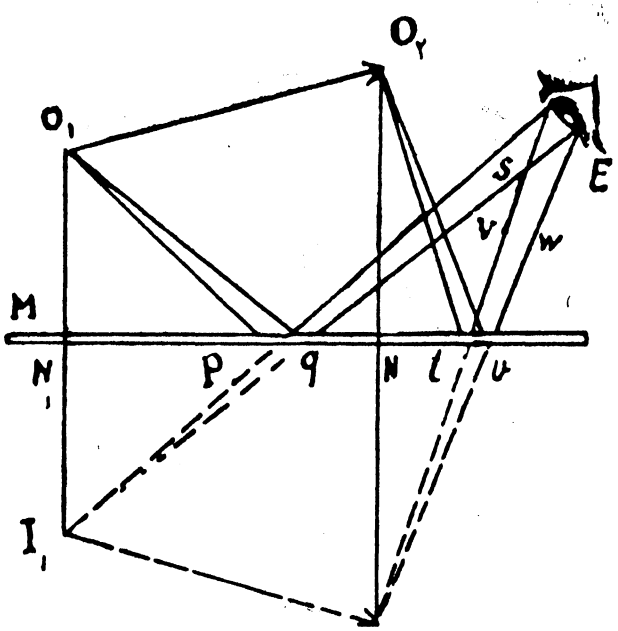
or و Ir برابرند. پهلوی Nr مشترك است و گوشه IrN = orN است پس سه گوشه های orN و IrN برابرند. از اینرو نتیجه میشود

$$oN = IN$$

و گوشه oNr برابر است با گوشه INr

نگار نقطه نورانی که بوسیله آئینه هامن تشکیل شده درپشت آئینه وروی عمود وارد ازاین نقطه برآئینه واقع است. فاصله نگار تا آئینه برابر فاصله نقطه نورانی تا آئینه میباشد.

بطوریکه متذکر شدیم در نقطه I در حقیقت چشمه نوری وجود ندارد. نور چشمه o است که خطهای شکسته ای مانند opq یا ors را پیموده وبچشم میرسد. چون نگار I حقیقی نیست آنرا نگار مجازی نامند



شکل ۱۶۰

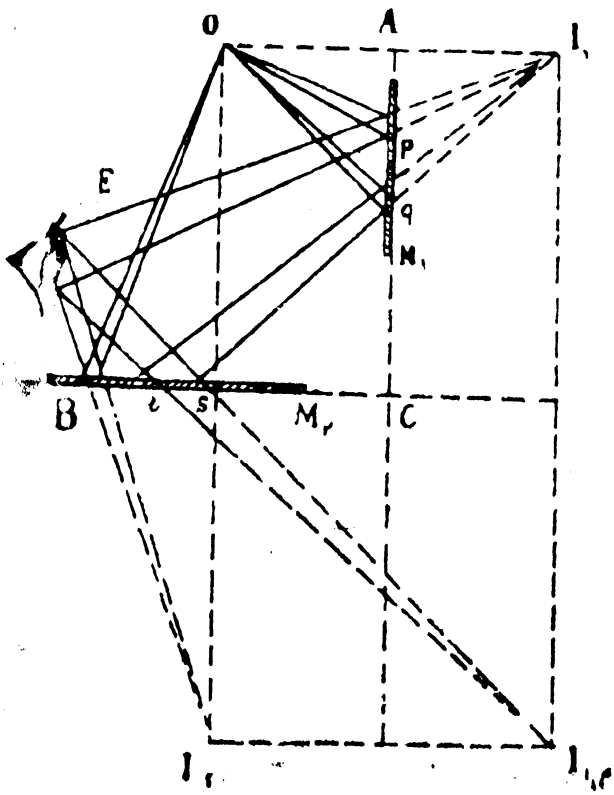
آنچه برای یك نقطه گفته شد برای یکعده نقطه های o که درنزدیك هم قرار دارند (نقطه های مختلف یك جسم) نیز صادق است. بنابراین برای ترسیم نگار جسمی میتوان نگار نقطه های مختلف آنرا ترسیم کرد

مثلا برای رسم نگار جسمی مانند o_2 o_1 کافیست که ازنقطه های o_1 و o_2

عمود های $N_1 o_1$ و $N_2 o_2$ را بر آئینه فرود آورده امتداد دهیم و دو نقطه I_1 و I_2 را روی این دو خط جدا کنیم بطوریکه $N_1 o_1$ مساوی $N_1 I_1$ و $N_2 o_2$ مساوی $N_2 I_2$ باشد. $I_1 I_2$ نگار $o_1 o_2$ است. برای چشمی که در نقطه ای مانند E قرار گرفته است پرتوهائی مانند $o_1 p$ و $o_1 q$ که از o_1 روی آئینه بتابد بنظر میرسد که از I_1 میایند و پرتوهائی مانند $o_2 t$ و $o_2 u$ که از o_2 روی آئینه میتابد بنظر میرسد که از I_2 میایند بهمین طریق پرتوهائیکه از سایر نقطه های خط $o_1 o_2$ روی آئینه میتابد بنظر میرسد که ازنقاط خط $I_1 I_2$ میآیند و در نتیجه نگار مجازی $I_1 I_2$ مشاهده میشود.

۱۰۸ ـ تشکیل نگارهای متوالی بوسیله دو آئینه

آزمایش ۴۷ ـ دوآئینه M_1 و M_2 را شاغولی قراردهیدبطوریکه رویه های باز تابنده آنها در امتداد دوخط Ac و BC که گوشه 90° تشکیل میدهند واقع شود. یك نقطه نورانی o در گوشه ACB بگذارید چشم خود را درنقطه ای مانند Eقرار دهید سه نگار I_1 و I_2 و $I_{1,2}$ خواهید دید. نگارهای I_1 و I_2 در اثر یك بازتاب بوسیله آئینه های M_1و M_2بطوریکه



شکل ۱۶۱

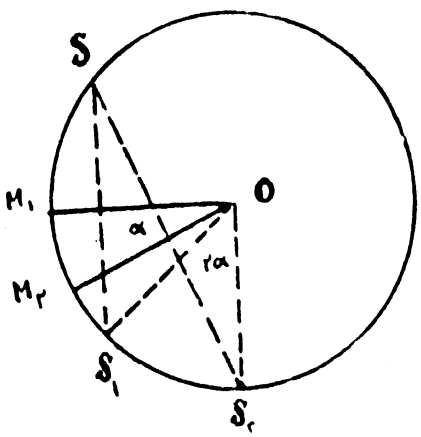
درجمله پیش دیدیم تشکیل‌میشود . نگار سومی ($I_{۱,۲}$) بوسیله پرتوهائی تشکیل میشود که پیش از رسیدن بچشم دوبار بازتابیده شده اند . $I_{۱,۲}$ را میتوان نگاری تصورنمود که آئینه $M_۲$ از نگار $I_۱$ تشکیل داده ویا نگاریکه آئینه $M_۱$ از $I_۲$ تشکیل داده است . آئینه ها را بچرخانیدتا گوشه ACB باندازه ۶۰° بشود دراینحالت پنج نگار خواهیددید، هرچه گوشه ACB کوچکتر شود عده نگارها بیشتر میشود .

تمرین ۱ ــ مسیر پرتو ها را هنگامیکه $ACB = ۶۰^\circ$ است رسم کرده و پنج نگار حاصل را نشان دهید

تمرین ۲ - آزمایش را برای مقادیر مختلفی (n) از گوشه ACB انجام دهید ببینید عده نگارها برابر است با $۱ - \frac{۳۶۰}{n}$

۱۰۹ ــ آئینه چرخنده

آئینه $M_۱$ از یك نقطه نورانی S نگاری تشکیل میدهد . آئینه را دور آسه o میچرخانیم میخواهیم مکان نگار را تعیین کنیم .



شکل ۱۶۲

بنا بقانونهای بازتاب درهر وضعی که آئینه قرار گیرد نگار نقطه S قرینه آن نسبت بآئینه است پس فاصله ایکه S ونگار آن تا o دارند تغییر نخواهد کرد . بنابراین نگار روی دایره ای بمرکز o وشعاع oS تغییر مکان میدهد

فرض کنیم $oM_۱$ و $oM_۲$ وضع آئینه پیش و بعد از چرخش باشد

و S'_1 و S'_2 نگار های مربوط باین دو وضع (برای یافتن این دو نقطه کافیست که از S روی آئینه در وضع های oM_1 و oM_2 دو عمود وارد کرده امتداد دهیم تامحیط دایره را قطع کند)

$$\text{گوشه } M_1 \text{ o } M_2 = \text{گوشه } S_1 \text{ S } S_2 = \alpha$$

بنا بآنچه درهندسه راجع بخصائص گوشه های مرکزی و محاطی دیده اید گوشه مرکزی $S_1 OS_2$ دوبرابر گوشه محاطی $S_1 S S_2$ یعنی برابر 2α میباشد.

پس هنگامیکه آئینه باندازه گوشه α بچرخد نگار باندازه 2α میچرخد از این خاصیت برای سنجش دوران ها یا تغییر مکانهای کوچك استفاده میکنند. یکی از موارد استعمال آنرا در گالوانمتر های دقیق (بخش ۸) دیدیم. دستگاههای دیگری براساس این خاصیت ساخته شده وبرای سنجش ستبریهای کوچك بکار میرود.

۱۱۰ ـ خلاصه مطالب بخش هفدهم

چون نور برویه جسمی برخورد کند تمام یاقسمتی ازآن باز تابیده میشود. اگر سطح باز تابنده صیقلی باشد باز تابش منظم است در اینحال میتوان راستای پرتوهای باز تابیده را بوسیله دو قانون ذیل تعیین کرد:

قانون نخست ـ پرتو فرود وپرتو باز تابیده و عمودیکه از نقطه فرود برسطح باز تابنده اخراج شود دریك هامن قرار دارند.

قانون دوم ـ گوشه فرود برابر گوشه بازتاب است.

چنانچه سطح باز تابنده صیقلی نباشد پرتو های باز تابیده در تمام سوها منتشر میشوند دراینحال بازتابش را غیر منظم گویند.

قانونهای بازتاب اساس تئوری آئینه هاست وبوسیله آنها میتوان تمام آثار مربوط بآئینه‌ها را توضیح داد.

نگار نقطه نورانی که بوسیله آئینه هامن تشکیل میشود در پشت آئینه وروی عمود وارد ازاین نقطه برآئینه واقع است. فاصله نگار تا آئینه باندازه فاصله‌نقطه نورانی تا آئینه میباشد. نگاریکه‌بوسیله آئینه های‌هامن تشکیل شود مجازیست.

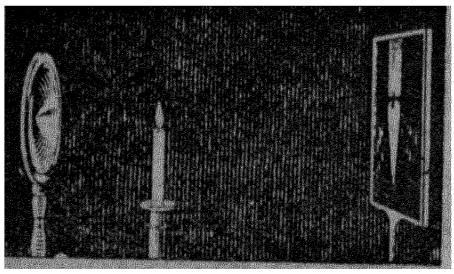
چنانچه میان دوآئینه که بایکدیگر گوشه $\frac{۳۶۰}{n}$ تشکیل میدهند جسم نورانی بگذاریم در اثر بازتابهای متوالی از این جسم چندین نگار تشکیل میشود. عده نگاره‌ها برابر است با $n-۱$

هنگامیکه آئینه باندازه گوشه ۲۰ بچرخد نگار جسمی که در مقابل آئینه قرار دارد باندازه ۲۰ میچرخد. بااستفاده از این خاصیت اسبابهائی برای سنجش گوشه ها یافواصل خیلی کوچك ساخته شده.

بخش هیجدهم

بازتابش نور بوسیله رویه های گویسان

۱۱۱ ـ چون درجام‌صیقلی شده پا کی نگاه کنیدنگار خویش را درآن‌میبینید . شمعی جلویك آئینه گویسان کاو (۱) بگذارید صفحه‌کاغذی جلو آئینه کمی عقب و جلو برید نگار شمع را روی کاغذ خواهید دید معلوم میشود که رویه های گویسان نیز هنگامیکه صیقلی شده اند مانند رویه‌های هامن صیقلی شده‌پرتوها را بازگشت میدهند .



شکل ۱۶۳

میتوان‌ثابت‌نمود که قانونهای بازتابش نور که دربخش هفدهم‌بیان شد درباره رویه های گویسان نیز صادق است :

یك نقطه از سطح گویسان را در نظر گیرید که پرتوی روی آن وارد شده باشد . اطراف این نقطه سطح کوچکی اختیار کنید . چنانچه

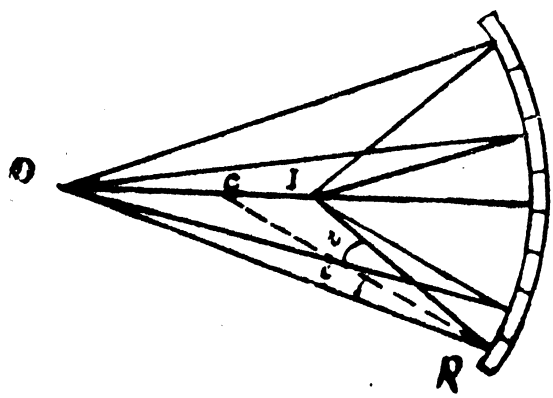
(۱) در کتاب سوم دیده اید برای یاد آوری تکرار میکنیم : آئینه گویسان قطعه کره ایست که رویه آن صیقلی شده باشد . چنانچه رویه داخلی صیقلی باشد آئینه را کاو وچنانچه رویه خارجی صیقلی باشد آئینه راکوژ نامند . مرکز هندسی کره را مرکز آئینه وخط هائیرا که ازمرکز میگذرد آسه های آئینه نامند . آسه‌ایکه ازمرکز واز رأس کره میگذرد آسه اصلی نام دارد . .

سطح زیاد کوچك باشد خمش آن کم است ومیتوان در اولین تقریب آنرا یك هامن پنداشت بنابراین پرتوی که باین سطح کوچك برخورد کرده مطابق قانونهای بازتابش منعکس خواهد شد . یعنی گوشه باز تابیده برابر گوشه فرود است و پرتوهای فرود و باز تابیده و عمود یکه در نقطه فرود بر سطح باز تابنده وارد شود دریك هامن قرار دارند .

این استدلال درباره تمام نقطه های سطح گویسان صادق است برای اینکه از صحت فرض فوق کاملا مطمئن شوید میتوانید درحالتهای مختلف گوشه های فرود وبازتاب را اندازه گرفته برابر بودن این گوشه ها و در یك سطح قرار گرفتن پرتوهای فرود وبازتابیده وعمود نقطه فرود را ثابت کنید .

از لحاظ سهولت عمل نیز میتوان بابکار بردن قانونهای نامبرده نگار جسمی را که شکل ساده داشته باشد رسم کرده و با آزمایشی نیز نگار را روی همان کاغذیکه نگار رسم شده نمایش داد چنانچه دو نگار برهم منطبق شدند معلوم میشود فرض صحیح بوده است .

مثال ۱ ـ نقطه نورانی در o جلویك آئینه کاو قراردارد میخواهیم باترسیم نگار آنرا پیدا کنیم : بطوریکه درشکل ۱٦٤ دیده میشود آئینه را بیك عده قطعات کوچك تقسیم میکنیم .



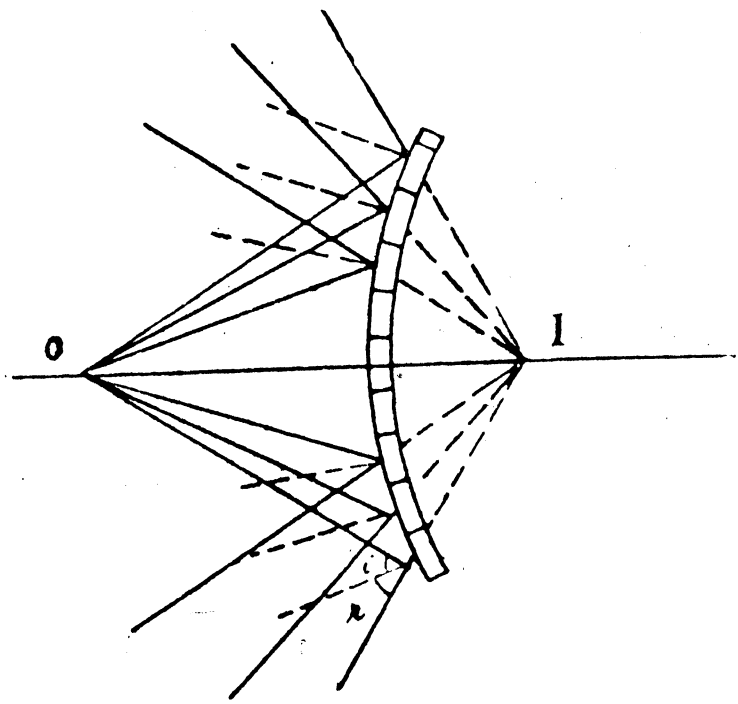
شکل ۱٦٤

یکعده پرتو مانند oR رسم میکنیم که از o شروع شده و بهر یك از قطعه ها منتهی شود عمود RC (شعاع کره که بنقطه R منتهی میشود)

را رسم کرده گوشه IRC را برابر گوشه CRO رسم‌میکنیم . تمام پرتوهای بازتابیده درنقطه I که نگار نقطه o است بیکدیگر برخورد میکنند .

آزمایش ۴۸ ـ صفحه کاغذی در فاصله میان آئینه و چشمه o جابجا کنید تا هنگامیکه لکه روشنی که روی کاغذ میبینید بیك نقطه درخشان منجر شود . فاصله پرده را تا آئینه یا تا نقطه o اندازه گرفته ببینید نقطه روشن درهمان مکانیکه ترسیم فوق نشان میدهد قرار دارد .

مثال ۲ ـ نقطه o را جلوی یك آئینه کوژ بگذارید وبهمان‌طریقی که درمثال یك گفته شد نگار آنرا رسم کنید پرتوهای باز تابیده ازیکدیگر دورمیشوند ولی امتداد آنها درنقطه I پشت آئینه بیکدیگر برخورد میکنند (شکل ۱۶۵)



شکل ۱۶۵

آزمایش ۴۹ ـ چشم خود را طرف چپ آئینه نگاه دارید نگار o

را در نقطه ا در آئینه خواهید دید بهمین طریق میتوان نگار چند نقطه از جسمی را رسم کرده و انطباق نگاریرا که با ترسیم حاصل شده برنگاری که بوسیله آزمایش بدست آمده نشان داد .

مثال ۳ ـ نقطه نورانی o درمرکز هندسی آئینه است . پرتوها در راستای شعاع‌های کره روی آئینه وارد میشوند . چون شعاع کره برسطح آن عمود است گوشه فرود صفروبنا بقانون نخست بازتاب ، گوشه بازتابیده نیز صفر است . یعنی پرتو باز تابیده در راستای پرتو فرود برمیگردد و نگار نقطه نورانی نیز درمرکز تشکیل میشود .

چون باصفحه کاغذی مانند آزمایش‌های پیش جای تشکیل‌شدن نگار را تحقیق کنید.میبینید که پرتو های باز تابیده در نقطه o با هم برخورد میکنند .

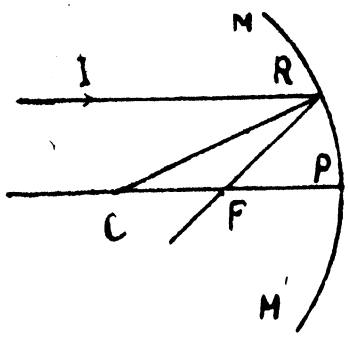
مثال ۴ ـ یکدسته پرتو موازی با آسه اصلی CP روی آئینه‌میتابد میخواهیم جای برخورد پرتو های باز تابیده را با آسه CP معلوم کنیم . یك‌پرتو IR‌درنظر گرفته(شکل ۱۶۶) شعاع CR راوصل‌میکنیم گوشه CRF رابرابر گوشه IRC جدامیکنیم. دوخط IR‌و CP‌موازیند و CR‌قاطع‌بنابراین گوشه RCF برابر است باگوشه IRC

چون $IRC = CRF$

پس $RCF = CRF$

بنابراین دوپهلوی FR و FC درسه گوشه CFR برابرند . چنانچه گشایش‌دسته پرتوخیلی کم‌باشد نقطه R به P نزدیك میشود ومیتوان‌تقریبا نوشت $FR = FP$ ویا $FP = FC$

بهمین طریق میتوان برای سایر پرتو ها استدلال نمود . تمام آنها پس ازبازتاب از یك نقطه F' که میان مرکز ورأس آئینه واقع است میگذرند .

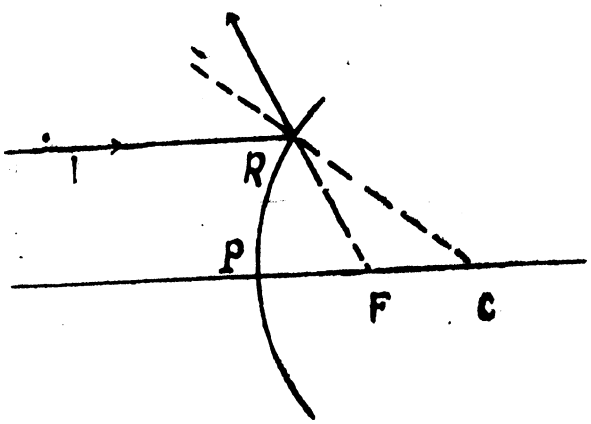


شکل ۱٦٦

آزمایش ۵۰ ـ آئینه را مقابل آفتاب بگیرید . باکاغذی جای نگار خورشید را پیدا کنید مکان آنرا در نقطه F یعنی میان رأس آئینه ومرکز آن پیدا خواهید کرد .

چون آفتاب با زمین فاصله زیاد دارد پرتو های آفتاب را میتوان پرتوهای موازی دانست . واقع شدن نگار آفتاب درنقطه F' صحت فرض فوق را ثابت میکند . نقطه F' را کانون اصلی آئینه و فاصله آنرا تا آئینه **فاصله کانونی نامند .**

مثال ۵ ـ ترسیم مثال ٤ را با یك آئینه کوژ انجام دهید و پرتو باز تابیده را بهمان طریق که در بالا گفته شد رسم کنید . امتداد تمام پرتو ها از نقطه F' که میان راس و مرکز آئینه واقع است میگذرد . (شکل ۱٦۷)



شکل ۱٦۷

چون آئینه در برابر آفتاب قرار گیرد برای جسمیکه طرف چپ آئینه نگاهداشته شود بنظر میرسد که پرتو ها ازنقطه F' خارج میشوند

برای تمیز دادن این حالت با حالت پیش که حقیقة پرتو ها از F میگذشتند. کانون F را که پرتوها از آن میگذرد کانون حقیقی وکانون 'F را که امتداد پرتوها از آن میگذرد کانون مجازی نامند

اینك که صادق بودن قانونهای بازتاب درباره رویه های گویسان‌نیز ثابت شد میتوان از نتائج آزمایشهای پیشین برای ترسیم نگاره هائیکه ازآئینه های گویسان حاصل‌میشود استفاده کرد. درمثالهای ۱ تا ۵ دیدیم:

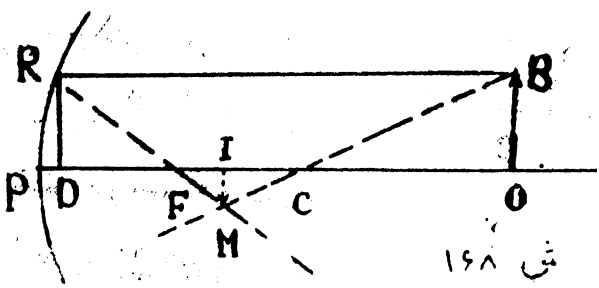
۱ ـ پرتوی که ازمرکز آئینه بگذرد پس از بازتاب نیز ازمرکز خواهد گذشت

۲ ـ پرتو های موازی با آسه اصلی پس از بازتاب ازکانون‌اصلی میگذرند وبرعکس پرتو هائیکه ازکانون بگذرند پس ازبرخورد با آئینه و بازتابیده شدن درراستای موازی با آسه اصلی سیر خواهند کرد.

برای ترسیم نگار نقطه ای از جسم از این نقطه دو پرتو که یکی موازی با آسه اصلی باشد و یکی از مرکز بگذرد رسم میکنیم پرتوهای بازتابیده مربوط بترتیب ازکانون ومرکز خواهند گذشت. جای‌برخورد این دو پرتو نگار نقطه منظور است.

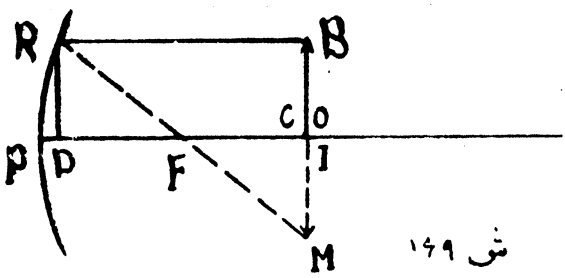
۱۱۲ ـ ترسیم نگارهائیکه از آئینه های گویسان بدست میآید

آزمایش ۵۱ ـ الف ـ آئینه کاو ـ روی کاغذ میلیمتری محل کانون و مرکز و رأس آئینه را با حرفهای F و C و P مشخص کنید. جسم خطی شکل OB



ش ۱۶۸

را عمود بر محور اصلی
بترتیب در نقاط ذیل
قرار دهید.



ش ۱۶۹

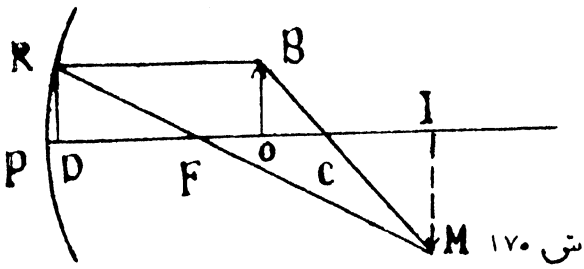
الف ـ دورتر از C

ب ـ روی C

ج ـ میان C و F

د ـ روی F

ه ـ میان F و P



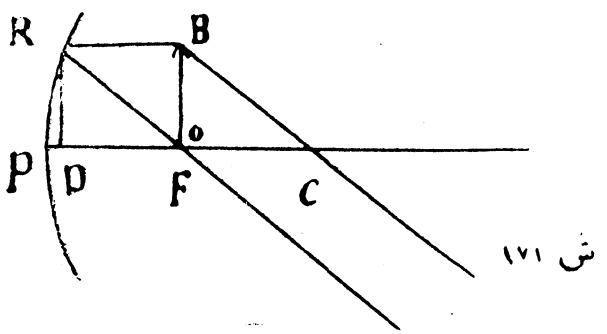
ش ۱۷۰

درهریك از پنج حالت فوق نگار I ازنقطه O و نگار M ازنقطه B را پیدا کرده IM را رسم کنید ببینید.

درحالت الف نگار IM حقیقی کوچکتر از OB واژگون و میان F و C است (شکل ۱۶۸)

در حالت ب

نگار IM حقیقی برابر OB واژگون و روی C واقع است (شکل ۱۶۹)



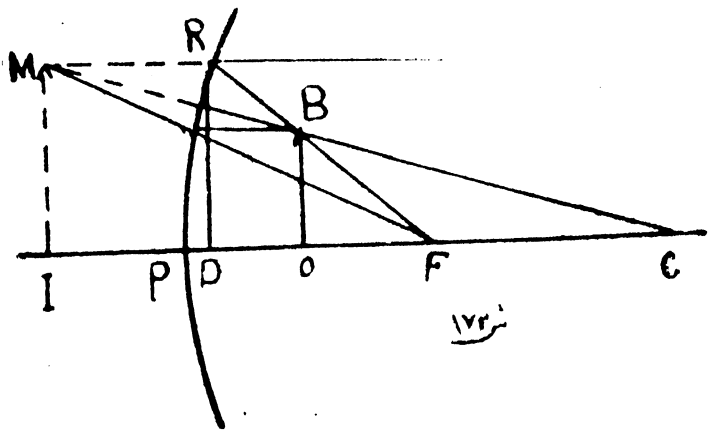
ش ۱۷۱

در حالت ج نگار IM حقیقی بزرگتر از OB واژگون و دورتر از C واقع است (شکل ۱۷۰)

در حالت د پرتو های باز تابیده موازی اند و در فاصله نزدیك با

بکدیگر برخورد نمیکنند (شکل ۱۷۱)

درحالت ه پرتو های باز تابیده جلوی آئینه از هم دور شده و با بکدیگر برخورد نمیکنند ولی امتداد آنها درپشت آئینه برخورد کرده نگار مجازی IM مستقیم و بزرگتر از OB تشکیل میشود (شکل ۱۷۲)



شکل ۱۷۲

با آزمایش زیر صحت نتیجه هائیرا که از ترسیم بدست آوردید تحقیق کنید :

آئینه گویسان کاوی روی میز گذارده جای مرکز C و کانون F آئینه را روی میز نشان کنید .

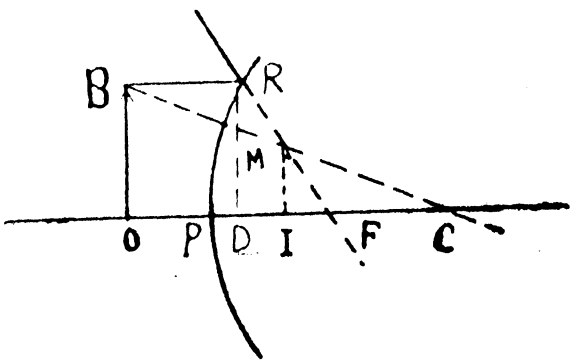
شمعی (بجای جسم OB) درمقابل آئینه دورتر از C گذارده کاغذ سفیدی میان شمع وآئینه جلو وعقب برید تانگار شمع را پیدا کنید خواهید دید نگار میان F و C کوچکتر از شمع وواژگون است . شمع را بتدریج بطرف C جلوآورید نگار نیز بطرف C میاید چون شمع میان C و F قرار گیرد نگار دور تر از C وبزرگتر خواهد شد . هرچه شمع بطرف F پیش رود نگار دورتر وبزرگتر میشود . موقعیکه شمع در F قرار گرفت روی کاغذ فقط روشنائی دیده میشود ونگار شمع دیده نمیشود (گویند نگار

در فاصله بینهایت دور تشکیل شده) موقعیکه شمع میان F و P قرار گیرد دیگر روی کاغذ نمیتوانید نگار شمع را پیدا کنید ولی با چشم نگار آنرا که مجازی و مستقیم و بزرگتر از جسم است در آئینه خواهید دید .

تمرین ـ فاصله CP و درازی OB را با مقیاس معینی متناسب با شعاع حقیقی آئینه ودرازی شمع رسم کنید . بادرنظرگرفتن مقیاس ازروی شکلهائیکه برای هریك ازحالتهای الف تا ه کشیده‌اید جای شمع ودرازی نگار را معلوم کنید . با گذاردن شمع درنقاط مزبور واندازه گرفتن درازی نگار که روی پرده مشاهده میکنید مطابق‌بودن نتیجه‌های ترسیم وآزمایش را بادقت تحقیق کنید .

ب ـ آئینه های کوژ ـ ترسیم ها و آزمایشی که در جمله پیش با آئینه کاو انجام دادید بایك آئینه کوژ انجام دهید خواهید دید در تمام حالتها نگار IM که بدست میآید مجازی مستقیم و کوچکتر ازجسم OB است

۱۱۳ ـ فرمولهای آئینه های گویسان ـ



شکل ۱۷۳

بااستفاده ازنتائج ترسیمهائی که در جمله های پیش انجام داده اید و بوسیله قضیه‌های همانندی سه گوشه ها (تشابه مثلثات) میتوان میان فاصله های جسم و نگار تا آئینه و فاصله کانونی بستگیهای جبری برقرار نموده وبرای‌حل‌مسائل‌این بستگیها را بکار برد .

درکتاب سوم بستگی موسوم بفرمول نیوتون را مطالعه کردیم در اینجا فرمول دیگری را مطالعه میکنیم .

رأس P آئینه را برای خاستگاه همآرا (مبداء مختصات) اختیار میکنیم و خفتهای (فاصله عرضی از آسه : abscisses) جسم و نگارهای حقیقی را باعلامت + و خفتهای جسم ونگارهای مجازی را باعلامت — مینویسیم .

فاصله PO (شکل ۱۶۸) جسم تا آئینه را با حرف P

فاصله PI نگار را تا آئینه باحرف p'

شعاع CP آئینه را باحرف R

فاصله کانونی FP را باحرف f

نمایش میدهیم . (در کلیه محاسبات فرض آنست که گشایش آئینه خیلی کم و درنتیجه فاصله DP خیلی کوچك وغیر قابل ملاحظه است

الف ـ نگار حقیقی که ازیك آئینه کاو بدست میآید

در سه گوشه های CIM و OBC (شکل ۱۶۸) داریم $\frac{OB}{IM}=\frac{CO}{CI}$

درسه گوشه های IMF و RDF داریم $\frac{RD}{IM}=\frac{FD}{FI}$

چون OB=RD $\frac{OB}{IM}=\frac{RD}{IM}$

پس $\frac{CO}{CI}=\frac{FD}{FI}$

و با تقریبی که منظور شده میتوانیم بجای FD بنویسیم FP

$$\frac{CO}{CI}=\frac{FP}{FI}$$

چون دراین فرمول مقادیری که دربالا ذکر شد بگذاریم

$$\frac{p-2f}{2f-p'}=\frac{f}{p'-f}$$

$$pp' - pf - ۲p'f + ۲f^۲ = ۲f^۲ - fp'$$ یا

$$pp' = p'f + pf$$

چون طرفین را بر pp'f بخش کنیم نتیجه میشود

$$\frac{۱}{f} = \frac{۱}{p} + \frac{۱}{p'}$$

ب ـ نگار مجازی که از یك آئینه کاو بدست میآید

درسه گوشه های CIM و FDR داریم (شکل ۱۷۲)

$$\frac{OB}{IM} = \frac{OC}{IC}$$

$$\frac{OB}{RD} = \frac{OF}{DF}$$

$$\frac{OC}{IC} = \frac{OF}{DF}$$ چون $IM = RD$

وبا تقریب منظور میتوانیم بجای DF بنویسیم PF

$$\frac{OC}{IC} = \frac{OF}{PF}$$

$OC = ۲f - p$ وچون نگار مجازی است PI بنا بقرار داد باید با علامت منها منظور گردد :

$$OF = f - p \quad و \quad IC = ۲f + (-p') = ۲f - p'$$

$$\frac{۲f-p}{۲f-p'} = \frac{f-p}{f}$$

$$pp' = pf + p'f$$

ج ـ نگار مجازی که ازیك آئینه کوژ حاصل شده

درسه گوشه های OBC و FRD (شکل ۱۷۳)

$$\frac{OB}{IM} = \frac{OC}{IC} \quad و \quad \frac{RD}{IM} = \frac{FD}{FI}$$

نظر بتساوی OB با RD وتساوی تقریبی FP با FD خواهیم داشت

$$\frac{OC}{IC}=\frac{FP}{FI}$$

$$\frac{p+(-2f)}{-(2f)-(-p')}=\frac{(-f)}{(-f)-(-p')}$$

$$\frac{p-2f}{p'-2f}=\frac{-f}{-f+p'}$$

$$pp'=fp+fp' \qquad \text{یا}$$

بطوریکه دیده میشود بادرنظر گرفتن علامت میتوان فرمول $\frac{1}{f}=\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}$ را برای تمام حالتها بکار برد. بوسیله این فرمول میتوان یکی از سه مقدار p و p' یا f را که مجهول باشد با داشتن دو مقدار دیگر حساب کرد.

تمرین ـ مقادیر p و f را که در ترسیم‌های بند ۱۱۲ بکاربردیم درفرمول گذارده ومقادیر p' را حساب کنید ومطابق بودن نتیجه‌ترسیم ومحاسبه را تحقیق کنید.

نسبت $g=\frac{I}{O}$ را که در آن I معرف درازی نگار و O معرف درازی جسم است بزرك نمائی گویند. با مراجعه بهریك ازشکلهای ۱۶۸ تا ۱۷۳ میتوان دید که

$$g=\frac{I}{O}=\frac{p'}{p}$$

۱۱۴ ـ خلاصه مطالب بخش هیجدهم

آئینه گویسان قطعه کره ایست که رویه آن صیقلی شده باشد. چنانچه رویه‌داخلی صیقلی‌باشد آئینه راکاو وچنانچه رویه خارجی‌صیقلی باشد آئینه را کوژ نامند

مرکز هندسی کره را مرکز آئینه و خطهائیرا که ازمرکز میگذرد آسه‌های آئینه نامند. خطی که از مرکز و از رأس آئینه میگذرد آسه اصلی نام دارد.

آئینه های گویسان نیز مانند آئینه های تخت پرتوها را باز تابانده و نگار تشکیل میدهند.

قانونهای باز تاب درباره آئینه های گویسان نیز صادق است وبوسیله آنها میتوان چگونگی نگارهائیرا که بوسیله این آئینه ها تشکیل میشود باترسیم تعیین کرد.

کانون اصلی یك آئینه گویسان روی آسه اصلی و فاصله آن تا آئینه باندازه نصف شعاع آئینه‌است.

برای ترسیم نگارهائی که بوسیله آئینه های گویسان تشکیل‌میشود میتوان از دوخاصیت ذیل استفاده کرد:

۱ ـ پرتوی که از مرکز آئینه بگذرد پس از بازتاب نیز از مرکز خواهد گذشت.

۲ ـ پرتوی که از کانون اصلی بگذرد پس از بازتاب در راستائی موازی با آسه اصلی منتشر میشود.

برای ترسیم نگار یك نقطه ازجسم نورانی از این نقطه دو پرتو که یکی موازی با آسه اصلی باشد و دیگری از مرکز بگذرد رسم میکنیم پرتوهای بازتابیده مربوط از کانون اصلی و از مرکز خواهند گذشت، جای برخورد این دو پرتو نگار نقطه منظور است.

یك آئینه کاو از جسم حقیقی که در مقابل آن و دورتر ازکانون قرار گرفته نگار حقیقی وواژگون تشکیل میدهد. موقعیکه جسم دورتر

از مرکز است نگار در فاصله میان مرکز و کانون واقع و کوچکتر است .

اگر جسم روی مرکزباشد نگار نیز روی مرکز وبرابر جسم‌است چون جسم در فاصله میان کانون و مرکز باشد نگار دور تر از مرکز و بزرگتر است . موقعیکه جسم در کانون است پرتو های باز تابیده موازیند (نگار درفاصله بینهایت دورتشکیل میشود) . موقعیکه جسم میان کانون و آئینه است نگار مجازی مستقیم و بزرگتر از جسم است .

نگاریکه آئینه کوژ از جسم حقیقی تشکیل میدهد همیشه مجازی مستقیم وکوچکتر از جسم و در فاصله میان آئینه وسطح کانونی قرار دارد

میان‌فاصله کانونی وفواصل p و p' جسم ونگار تا آئینه رابطه‌جبری ذیل برقرار است

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

چون درازی نگار را با I و درازی جسم را با O نمایش دهیم

$$g=\frac{I}{O}=\frac{p'}{p}$$

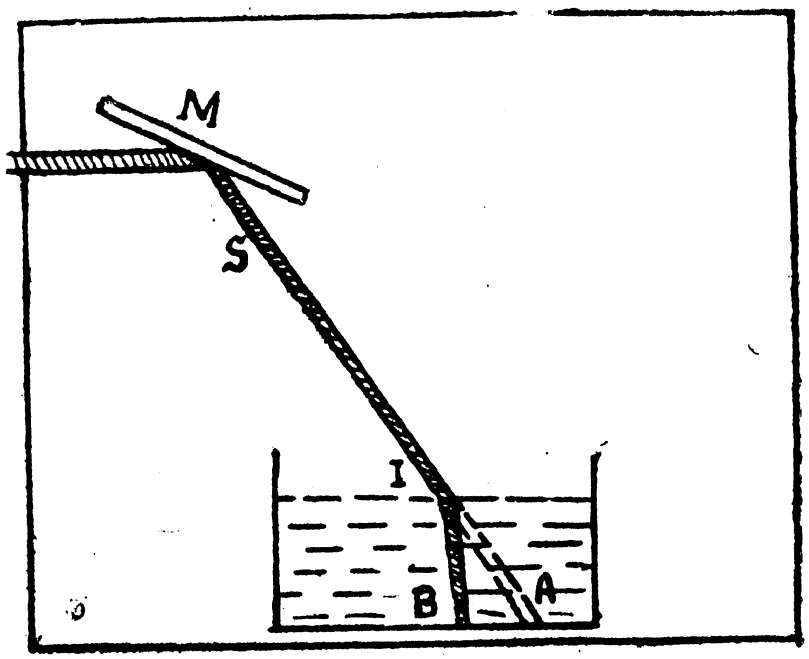
چنانچه جسم و یا نگار حقیقی باشند p و p' باعلامت + وچنانچه مجازی باشد باعلامت — نوشته میشود . در صورتیکه کانون حقیقی است f باعلامت + واگر کانون مجازی است f باعلامت — نوشته میشود .

بخش نوزدهم

شکست نور

(رویه های هامن)

آزمایش ۵۲ ـ در اتاق تاریکی ظرف پهن شیشه ای را روی میز گذارده یك دسته پرتو موازی بطور مایل بطرف داخل ظرف وارد کنید برای اینکار میتوانید یك آئینه در مسیر پرتو های آفتاب که از سوراخی



شکل ۱۷٤

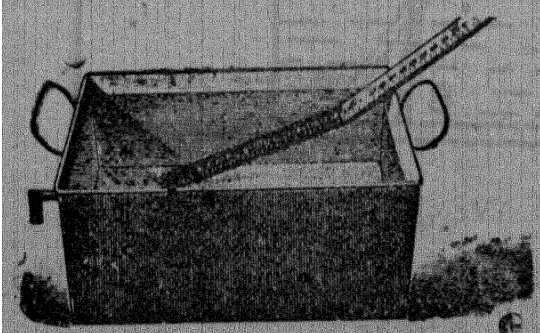
وارد اتاق میشوند (یادر جلوی‌دهانه لوله‌چراغ نورافکن) بگذارید. آئینه پرتوها را بطرف ظرف باز میتاباند. با میزان کردن تمایل آئینه نسبت به

پرتوهای فرودی‌میتوانید وضع تمایل پرتوهای بازتابیده راکه داخل‌ظرف میشود باختیار میزان کنید .

هنگامیکه ظرف خالی است جای برخورد پرتو ها را به ته ظرف باکمی رنك نشان کنید (A) .

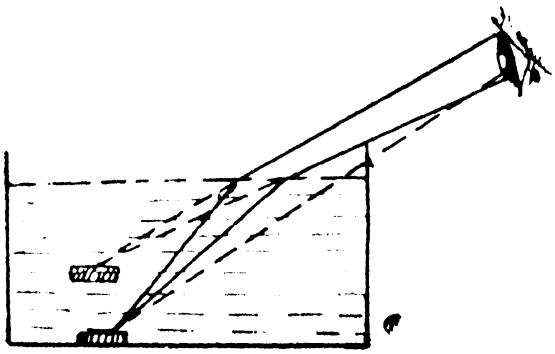
سپس درظرف آب بریزید میبینید که جای برخورد پرتو ها به ته ظرف تغییر کرده (B) . این آزمایش نشان میدهد که راستای انتشار نور تغییر کرده است . برای‌اینکه مسیر پرتوهارا بخوبی ببینید کمی فلورسئین (Fluorescine) در آب بریزید و کمی گرد وغبار یادود درهوای اطراف ظرف منتشر کنید خواهید دید که نور هنگام عبور از هوا باب راستای اولیه خود را از دست داده و در امتداد خط شکسته SIB سیر میکند. **این خاصیت را شکست نور گویند .**

مشاهدات عادی نیز شکست نوررا نشان‌میدهد : چوبیرا بطورمایل داخل آب کنید چوب شکسته بنظر میرسد ، چون درحقیقت چنین نیست معلوم میشود پرتو های مربوط بقسمتی از چوب که داخل آبست هنگام خارج شدن از آب تغییر سو میدهند واین پرتو ها چون بچشم ما میرسد تصور میکنیم چوب شکسته است . جسم کوچکی را ته ظرفی بگذارید سر خود را کم کم عقب برید تا موقعیکه دیواره ظرف مانع از دیدن جسم شود بی آنکه دیگر سر خود را حرکت دهید در ظرف آب بریزید جسم را خواهید دید :



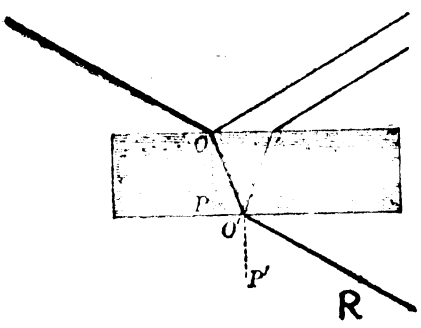
شکل ۱۷۵

پیش ازریختن آب، پرتوهائیکه ازجسم بطرف چشم میآمد درهوا منتشر میشد ومسیر آنها خط راست بود و دیواره ظرف از رسیدن آنها بچشم که درپشت دیواره قراردارد مانع میشد، پس ازریختن آب راستای پرتوها بعلت خارج‌شدن از آب و داخل‌شدن در هوا تغییر کرده درنتیجه کمی بالا آمده و دیواره مانع ازرسیدن آنها بچشم نمیشود از اینروست که جسم دیده میشود.



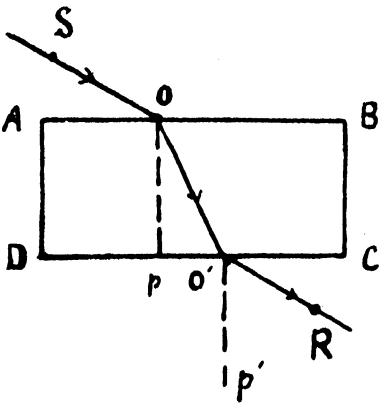
شکل ۱۷۶

آزمایش ۵۳ ـ اگر یکدسته پرتو موازی روی تکه شیشه مکعب مستطیلی که رخ جلوی آن صیقلی‌شده وپشت آن سفید باشد وارد کنید پرتو SO درموقع برخورد بسطح اول شیشه بدو قسمت شده قسمتی بازتابیده شده وقسمتی ازشیشه عبور میکند. قسمت OO' که ازشیشه عبورمیکند بطرف عمود OP منحرف میشود. موقعیکه این پرتوبسطح دیگر شیشه که درمجاورت هواست رسید باز بدو قسمت‌شده قسمتی باز تابیده وقسمتی داخل هوا میشود در این موقع باز راستای پرتو خروجی تغییر کرده و در امتداد O'R که ازعمود O'P دور میشود سیر میکند



شکل ۱۷۷

برای اینکه مسیر پرتو SOO'R را بدقت رسم کنید میتوانید آزمایش‌را بطریق ذیل انجام دهید. شیشه مستطیل شکلی را روی‌صفحه کاغذی روی میز گذارده بامداد دور شیشه‌را خط بکشید که اثر سطحهای فصل مشترك هوا وشیشه مشخص شود.



شکل ۱۷۸

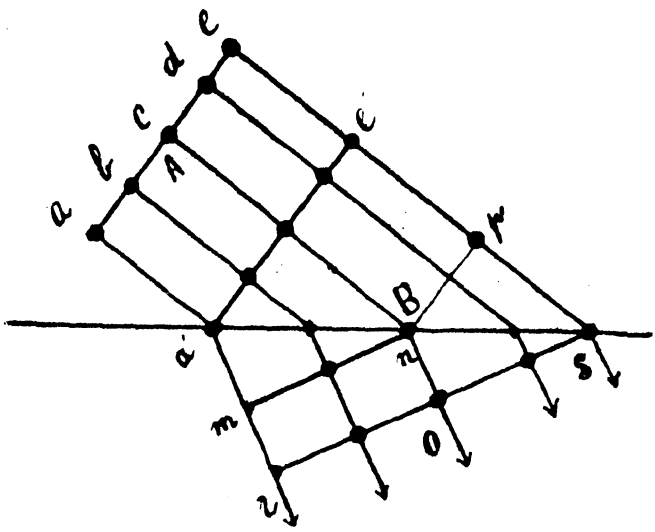
دو سنجاق O و O' در دو طرف لبه شیشه‌فرو بریدبطوریکه خط OO'نسبت بلبه شیشه مایل باشد از یکطرف شیشه به سنجاق O نگاه کنید چشم خود را حرکت دهید تا سنجاق O' نگار O را که از داخل شیشه دیده میشود بپوشاند یك سنجاق R در جائی فرو برید که سنجاقهای O و O' را بپوشاند (در اینحال بنظر میرسد که سه سنجاق دریك امتداد است) . همین کار را درطرف دیگر شیشه انجام داده و سنجاق S را فرو برید بطوریکه از آنطرف O' و O را بپوشاند بدینسان چهار سنجاق R و O' و O و S در امتداد یك خط راست بنظر میآیند. شیشه را برداشته با خطی‌جای سنجاقها را بهم اتصال دهید درنقطه های O' و O دو عمود برخط AB و CD که معرف لبه های شیشه هستند رسم کنید ببینید مسیر پرتو ها بقراریست که درقسمت اول آزمایش گفته شد.

نتیجه آزمایشی که درباره عبور نور در هوا یا در آب انجام دادیم درباره کلیه جسمهای شفاف صادق است وبطور کلی چون پرتوی درضمن انتشار از جسمی شفاف بجسم شفاف دیگر داخل شود در موقع برخورد

بسطح فصل مشترك دو جسم راستای آن تغییر میکند این کیفیت را **شکست نور** نامند .

میدانید که نورباتندی مشخصی درفضا منتشر میشود (سال بعدروش اندازه گرفتن تندی انتشار نور را خواهید دید) میتوان شکست نور را درنتیجه تفاوت تندی انتشار آن در جسمهای مختلف دانست برای. تجسم موضوع یك مثال ساده ای ذکر میکنیم .

پنج‌طفل a و b و c و d و e درنظرگیرید که کنار ساحل‌ایستاده دست یکدیگر را گرفته وبطرف آب میدوند . a نخست بآب رسیده‌موقعی که داخل آب میرود از سرعت حرکتش کاسته میشود . ولی سایرین باهمان تندی که ابتدا حرکت میکردند حرکت خودرا ادامه میدهند . پس از لحظه ای b بآب داخل شده از سرعتش کاسته میشود و بهمین



شکل ۱۷۹

طریق c و d و e هریك بنوبت بآب میرسند . موقعی که a بآب رسید e در é است، هنگامی که e بآب میرسد a فاصله a'r را در آب پیموده چون تندی‌حرکت‌a درآب کمتر شده خط a'r کوتاه تر از és است .

بهمین طریق میتوان وضع سایرین را درنظرگرفت . درنتیجه‌تغییر تندی راستای حرکت که در هوا در امتداد AB بود در آب به BO تغییر

میکند چنانچه عمودهای نقاط برخورد 'a و B را رسم کنیم دیده میشود که راستای حرکت درجسمی که سرعت کمتراست بطرف عمود نزدیك میشود چنانچه برعکس a و b و c ... ازداخل آب خارج میشدند درموقع خروج از آب تندی آنها زیاد شده و راستای حرکت ازعمود دور میشد.

میتوان نتیجه آنچه را که گفته شد بشکل قانونی بیان نمود:

چون نور از جسم شفافی عبور کرده بطور مایل بجسم شفاف دیگر بتابد هنگام عبور از هامن فصل مشترك دو جسم، راستای انتشارش تغییر میکند، چنانچه تندی انتشار درجسم دوم کمتر ازاول باشد پرتو بطرف عمود نزدیك میشود، چنانچه سرعت درجسم دویم بیشتر باشد ازعمود دور میشود.

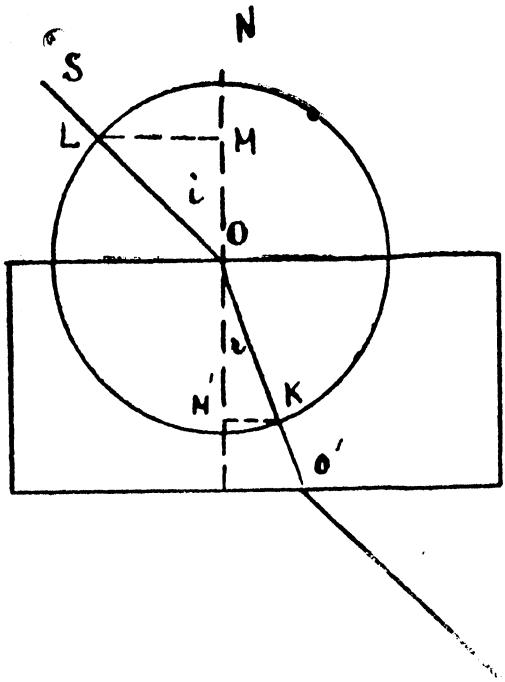
تندی انتشار درآب بیشتر ازشیشه ودرهوا بیشتر از آبست. بطوریکه در آزمایش دیدیم چون نور از هوا داخل آب یا شیشه شود بطرف عمود نزدیك میشود. برعکس موقعیکه از آب یاشیشه داخل هوا شود از عمود دور میشود بهمین طریق چون نورازآب داخل شیشه شود بعمودنزدیك وچون از شیشه داخل آب شود از عمود دور میشود.

آزمایش ۵۴ ـ آزمایش ۵۳ راتکرار کرده از نقطه O دائره‌ای بشعاع یك رسم کنید و ازنقطه برخورد پرتو های SO و 'OO با دائره دوعمود 'KM و LM بر ON وارد کنید ودرازی آنهارا اندازه بگیرید نسبت $\frac{LM}{KM'}$ را حساب کنید.

تمایل پرتو SO را نسبت بسطح شیشه تغییرداده وآزمایش راتکرار کنید ببینید درتمام حالتها نتیجه غددی نسبت $\frac{LM}{KM'}$ مقداریست ثابت.

گوشه $LON=i$ راگوشه فرود و گوشه $M'OO'=r$ را گوشه

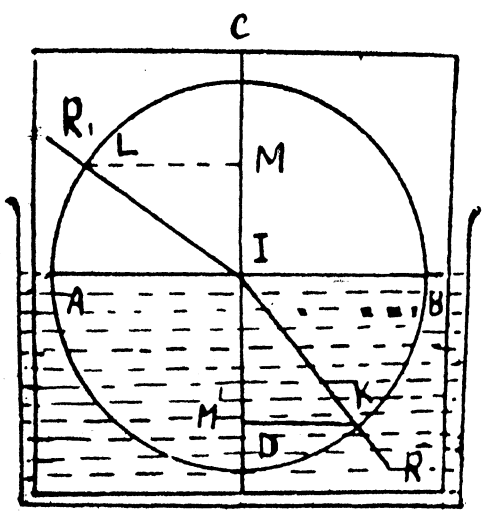
شکست نامند . در مثلثات دیده اید که طول LM و KM معرف جیبهای (سینوسهای) گوشه های i و r میباشد . نتیجه آزمایش بالا نشان میدهد که $\frac{sin.i}{sin.r} = n$



شکل ۱۸۰

n را ضریب شکسته شیشه نامند

آزمایش ۵۵ – روی تخته چهار گوشه‌ای دائره‌ای رسم کنید .دو قطر AB و CD عمود بریکدیگر را رسم کرده یك سنجاق درمرکز I ویك سنجاق R روی پیرامون دایره فرو برید . تخته رادر آب داخل کنید بطوریکه قطر AB در امتدادسطح آب قرار گیرد . چشم خودرا کنار تخته روبروی R نگاهداشته وروی پیرامون دائره بیرون از آب سنجاق R_1 را درنقطه ای فرو برید که سنجاقهای I و R را بپوشاند. خطهای IR و IR_1 را رسم کنید . این آزمایش نشان میدهد: پرتوی که درهوا راستایش IR_1 است چون داخل آب شد در راستای IR سیر میکند . عمود های



شکل ۱۸۱

LM و KM' را رسم کرده درازی آنها را اندازه بگیرید و نسبت $\frac{LM}{KM'}$ را حساب کنید . جای سنجاق R را روی پیرامون دائره تغییر داده آزمایش را تکرار کنید ببینید درتمام حالتها نسبت $n' = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{LM}{KM'}$ مقداریست ثابت . عدد n' ضریب شکست آب است .

بهمین طریق میتوان آزمایشهای مشابه برای جسمهای شفاف مختلف انجام داد . برای هرجسمی یك ضریب n مشخص میشود ضریب n میزان انحرافیرا که این جسم بشعاع شکسته میدهد مشخص میکند .

درجمله پیش متذکر شدیم که شکست نوردرنتیجه تفاوت تندی انتشار در دو محوطه ایست که نور درآن سیر میکند . موقعیکه جسمی درهواقرار دارد چنانچه V_0 تندی انتشار نور درهوا و V تندی انتشار درجسم مورد آزمایش باشد، ثابت میکنند که $n = \frac{V_0}{V}$

تندی انتشار نور در آب باندازه $\frac{3}{4}$ هوا و در شیشه تقریباً $\frac{2}{3}$ (بسته بنوع شیشه) است . وضریبهای شکست آب وشیشه برابر $\frac{4}{3}$ و $\frac{3}{2}$ میباشند .

۱۱۶ ـ قانونهای شکست ـ خلاصه مطالب و آزمایشهائیرا که دربند ۱۱۵ گفته شد میتوان بوسیله قانونهای ذیل موسوم بقانونهای شکست نور یا قانونهای **دکارت** بیان کرد :

۱ ـ چون پرتوی ازجسمی شفاف گذشته بطور مایل بجسم دیگری بتابد هنگام عبور ازجسم دوم راستای انتشارش تغییر میکند . چنانچه تندی انتشارنور درجسم دوم کمتر ازجسم اول باشد پرتو بطرف عمود نقطه فرود نزدیك میشود . چنانچه تندی انتشار نور درجسم دوم بیشتر از جسم اول باشد پرتو شکسته از عمود نقطه فرود دور میشود .

۲ ـ پرتو فرود و پرتو شکسته وعمود نقطه فرود دریك هامن قرار دارند و دوپرتو نامبرده درطرفین عمود واقعند.

۳ ـ برای دوجسم معین که درمجاورت یکدیگر قرار دارند نسبت جیب گوشه فرود بجیب گوشه شکست مقداریست ثابت، این عدد ثابت را ضریب شکست جسم دویم نسبت بجسم اول نامند.

۱۱۷ ـ ضریب شکست ـ برای تعیین ضریب شکست یك جسم B نسبت بجسم A کافیست که نسبت جیب گوشه فرود بجیب گوشه شکست پرتوی را که از A داخل B میشود حساب کرد.

در بیشتر آزمایشها نور ازهوا داخل جسمی شده یا از جسم مذکور داخل هوا میشود ازاینروست که بیشتر ضریب شکست جسمها را نسبت بهوا معلوم میکنند. درجمله پیش گفتیم که ضریب شکست آب نسبت بهوا $\frac{۴}{۳}$ و شیشه نسبت بهوا درحدود $\frac{۳}{۲}$ است درآزمایشهای مذکور پرتو از هوا داخل آب یاشیشه میشد.

پرتوی را درنظر گیریم که ازآب داخل هواشود. بهریك ازگوشه‌های فرود i' (برابر باگوشه r) یك گوشه شکسته r' (برابرگوشه i) مربوط است و داریم

$$n' = \frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{۱}{n}$$

بنابراین ضریب شکست هوا نسبت بآب باندازه عکس ضریب آب نسبت بهواست. بطور کلی ضریب شکست جسم B نسبت به A عکس ضریب شکست جسم A نسبت به B است.

پس ضریب هوا نسبت بآب $\frac{۳}{۴}$ وهوا نسبت بشیشه $\frac{۲}{۳}$ است.

گاه میشود که نور از جسمی غیر از هوا داخل جسم دیگر شودمثلا درظرف شیشه پراز آب، نور از شیشه داخل آب یا از آب داخل شیشه میشود، دراینحال لازم است ضریب‌شکست آب نسبت بشیشه یاشیشه نسبت بآبرا بدانیم. برای این منظور میتوانید همانطور که درباره هوا و آب و یا هوا و شیشه عمل کردید درباره آب و شیشه نیز آزمایشهای مشابه انجام دهیدخواهید دید چنانچه n و n' بترتیب‌ضریب شکست آب وشیشه نسبت بهواست ضریب شکست N شیشه نسبت باب برابر است با

$$N = \frac{n'}{n} = \frac{\frac{۳}{۲}}{\frac{۴}{۳}} = \frac{۹}{۸}$$

چنانچه‌درفرمول $\sin. i = N \sin. r$ بجای N مقدارش $\frac{n'}{n}$ رابگذاریم فرمول کلی $n \sin.i = n' \sin.r$ بدست میاید.

هنگامیکه یکی از دوجسم مجاور هواست $n = ۱$ وفرمول بترتیبی که نخست گفته شد درمیاید

۱۱۸ - بازتابش کلی - پرتوی را در نظر گیرید که از جسمی که شکنندگی آن بیشتر است درجسمی که شکنندگی آن کمتر است داخل شود. مثلااز آب یا شیشه داخل هوا شود. بنا بآنچه در جمله پیش دیدیم

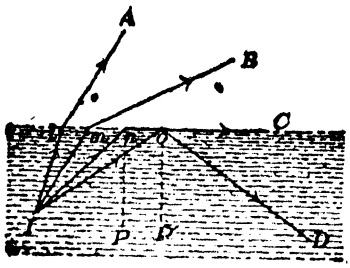
$$\frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{۱}{n}$$

بزرگترین حدی که $\sin r'$ میتواند داشته باشد یك است یعنی موقعیکه $r' = ۹۰^\circ$ است دراینصورت خواهیم داشت

$$\frac{\sin i'}{۱} = \frac{۱}{n}$$

چنانچه گوشه i مربوط را l نامیم هنگامیکه گوشه تابش باندازه l

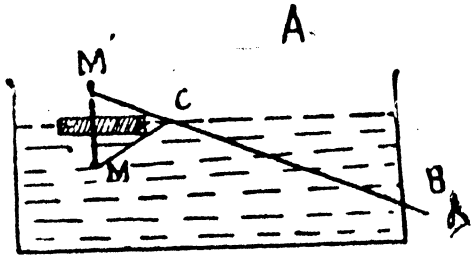
باشد پرتوهای شکسته که از آب خارج میشوند در راستای مماس برسطح آب‌سیر میکنند. فرض کنیم که گوشه تابش IOP از 1 زیادتر شودمیتوان فرض کرد که چون پرتو OC مربوط بگوشه 1 بر سطح آب مماس است پرتو OD مربوط بگوشه IOP که از 1 بزرگتر است نمیتواند از آب خارج شود ودر راستائی مانند OD در داخل آب برمیگردد. آزمایشهای زیر صحت فرض را نشان میدهد.



شکل ۱۸۲

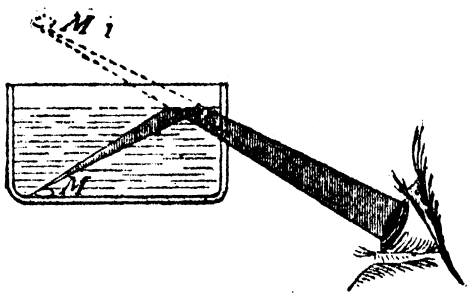
آزمایش ۵۶ – سنجاقی در وسط چوب پنبه پهنی فرو برید در ظرف شیشه آب ریخته چوب پنبه را روی آب بگذارید. میتوانید سنجاق را کم و بیش در چوب پنبه فرو برده وبلندی قسمتی از آنرا که در آب است کم و زیاد کنید تا چشمی که درطرف بالای ظرف قرار گیرد نتواند سنجاق را ببیند. این نتیجه موقعی حاصل میشود که شعاع MC که بچوب پنبه مماس است باعمود نقطه C گوشه بزرگتر از 1 تشکیل دهد.

دراینحالت پرتوهائیکه گوشه فرود آنها از 1 بیشتر است در آب برمیگردند. پرتوهائیکه گوشه فرود آنها از 1 کوچکتراست درنتیجه‌وجود چوب پنبه دیده نمیشوند از اینرو است که چشم را در هر نقطه مانند A که‌بالای‌ظرف قراردهیم نمیتوانیم سنجاق راببینیم. چون چشم خود را دریك نقطه مانند B قرار دهید پرتوهای‌بازتابیده بچشم‌رسیده‌ونگار M سنجاق را بطوری‌که درشکل ۱۸۳



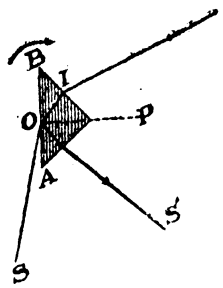
شکل ۱۸۳

دیده میشود دربالای سطح آب خواهید دید. شکل ۱۸٤ معرف آزمایش دیگری است که برای نشان دادن خاصیت بازتابش کلی ممکن است انجام داد.



شکل ۱۸٤

آزمایش ۵۷ ـ دسته نازکی ازپرتوهای آفتاب یاچراغ نورافکنی را بطوریکه در شکل ۱۸۵ دیده میشود روی شوشه (منشور) بتابید موقعیکه گوشه IOP کوچك است پرتو در O تقسیم شده قسمتی ازشوشه خارج شده درامتداد SO میرود و قسمتی درO بازتابیده شده و بطرف 'S میرود شوشه رابطوریکه باپیکان نشان داده شده بچرخانید دریك موقع میبینید که روشنائی SO خاموش شده ودرهمان موقع روشنائی در 'S خیلی زیادتر میشود معلوم میشود دراینموقع تمام روشنائی که به O میرسد بازتابیده میشود.

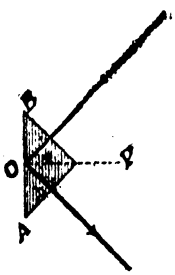


شکل ۱۸۵

ازآنچه گفته شد نتیجه میشود: موقعیکه نور درضمن عبورازمحیطی بسطح فصل مشترك این محیط ومحیط دیگری که سرعت انتشار نور در آن بیشتراست برخورد کند درصورتی میتواند در محیط اخیر داخل شود که گوشه فرود از حد معینی کمتر باشد. موقعی که گوشه فرود ازحد مذکور بزرگتر باشد تمام پرتو های فرودی بازتابیده شده و در همان محوطه اولی برمیگردند، این خاصیت را بازتابش کلی وگوشه مذکور را گوشه حدگویند

گوشه حد را میتوان بوسیله فرمول $\sin.l=\frac{1}{n}$ حساب کرد. گوشه حد برای آب نزدیك ۴۹ زینه و برای شیشه هائی که عموماً درساختمان اسبابهای اپتیك بکار میرود (کراون) درحدود ۴۲ زینه است.

بااستفاده از خاصیت باز تابش کلی میتوان بایك شوشه دسته پرتوی را درسوی معینی منعکس کرد. برای اینکار شوشهٔ بکار میبرند که یکی‌از گوشه های آن 90° و دو گوشه دیگر هریك 45° باشد. چون پرتوی بطور عمود بر یکی از رخ های مجاور گوشه 90° بتابد با گوشه فرود 45° روی رخ مقابل میرسد. گوشه فرود بیش از گوشه حداست بازتابش کلی صورت گرفته و پرتو ها از رخ دیگر شوشه خارج میشوند بدینسان شوشه مانند یك آئینه کامل بکار میرود. ترجیح این نوع شوشه بر آئینه از اینروست که دراینجا تمام نور باز تابیده میشود ولی در آئینه ها قسمتی از آن منعکس نمیشود بعلاوه شکل سطح بازتابنده تغییر نمیکند درحالیکه در آینه لایه که جیوه یا نقره اندود شده بتدریج خراب می شود.

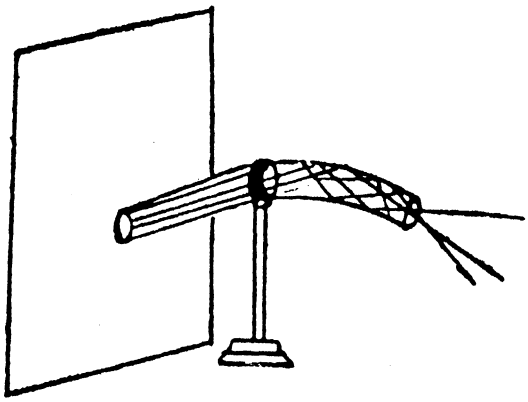


شکل ۱۸۶

۱۱۹ ـ فواره‌های رنگی ـ برای ساختن فواره های‌رنگی بمنظور تزیین باغهای‌عمومی میتوان ازخاصیت بازتابش کلی استفاده نمود.

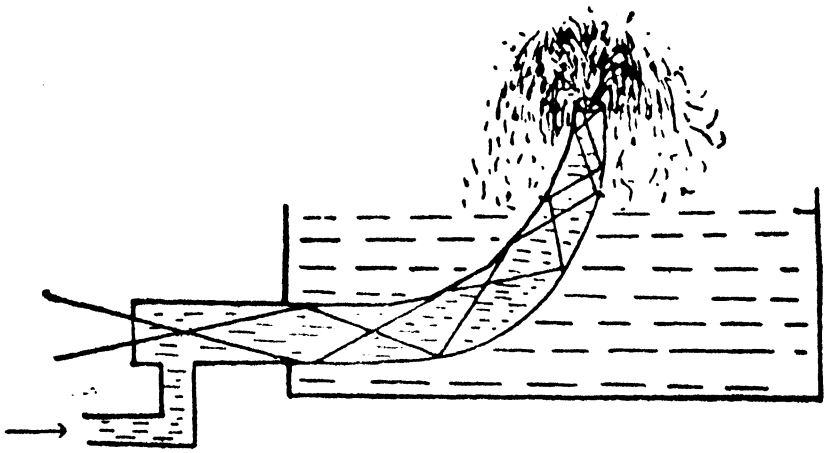
آزمایش ۵۸ ـ یك‌میله شیشه توپر که قطرآن کمتر از ۵ میلیمتر نباشد گرم کرده و آنرا کمی خم کنید ـ پرده که دارای سوراخ کوچکی است در جلو یك چراغ نور افکن گذارده وشیشه را جلو سوراخ پرده بگذارید بطوریکه شعاعهای نور از قاعده آن داخل شیشه شود. هر بار که

پرتو بسطح جدار شیشه برسد نظر ببزرك بودن گوشه فرودبازتابش کلی صورت گرفته وپرتو نمیتواند ازدیواره لوله خارج شود تـا موقعیکه بانتهای لوله رسید از قاعده آن بیرون میرود . کاغذی در جلو لوله بگیرید خروج روشنائی را از انتهای آن خواهید دید .



شکل ۱۸۷

بهمین طریق موقعیکه یك دسته پرتو در فواره ای که مجرای آب آن شبیه بلوله مذکور است داخل شود ، پرتو ها نمیتوانند از آب خارج شوند تا موقعیکه آب بقطرات تبدیل شود در این موقع هریك ازقطره های آب بوسیله پرتوها روشن و چنانچه نور رنگی بکار برده شود آب رنگین دیده میشود . با بکار بردن چراغهای



شکل ۱۸۸

رنگی یاعبور دادن شیشه های رنگی ازجلو چشمه‌ای که نور را بداخل آب میفرستد میتوان رنك آب را تغییر داده ومنظره زیبائی ایجاد کرد . برای

انجام منظورکافیست لوله‌ای‌که آب‌را بفواره منتقل‌میکند مانند شکل ۱۸۸ تهیه شود .

۱۲۰ ـ خلاصه مطالب بخش نوزدهم

چون پرتوی درضمن انتشار ازجسمی شفاف‌داخل‌جسم شفاف دیگر شود هنگام عبورازهامن فصل مشترك این دوجسم راستای آن تغییر میکند این خاصیت را شکست نور نام نهاده اند . شکست نور را میتوان درنتیجه تفاوت تندی انتشار نور درجسمهای مختلف دانست .

شکست نور تابع قانونهای ذیل است :

۱ ـ چون پرتوی‌ازجسمی شفاف‌گذشته وبطور مایل بجسم‌دیگری بتابد هنگام عبور از هامن فصل مشترك دو جسم راستای انتشارش تغییر میکند . چنانچه تندی انتشار نور درجسم دوم کمتر از جسم اول باشد درنتیجه شکست ، پرتو بطرف‌عمودیکه ازنقطه‌فرود برهامن‌شکننده اخراج میشود نزدیك میگردد . چنانچه تندی انتشار نور در جسم دوم بیشتر از جسم اول باشد پرتو شکسته از عمود دور میشود .

۲ ـ پرتو فرود و پرتو شکسته و عمودیکه ازنقطه فرود برهامن شکننده اخراج شود دریك هامن واقعند ودو پرتو نامبرده درطرفین عمود قرار دارند .

۳ ـ برای دوجسم معین که درمجاورت یکدیگر واقع باشند نسبت جیب گوشه فرود بجیب گوشه شکست مقداریست ثابت .

$$\sin i = n \sin r$$

این‌عدد ثابت را ضریب شکست جسم دوم نسبت بجسم اول نامند

چنانچه ضریب شکست جسم A نسبت بجسم B را n نامیم، ضریب شکست جسم B نسبت به A برابر $\frac{1}{n}$ است. معمولا ضریب جسمها را نسبت بهوا معلوم میکنند چنانچه ضریب جسمهای A و B نسبت بهوا بترتیب n و n' باشد ضریب شکست B نسبت به A برابر $\frac{n'}{n}$ است.

موقعیکه نور ضمن عبور از جسمی بهامن فصل مشترك این جسم و جسم دیگری که تندی انتشار نور در آن بیشتر از جسم اول است برخورد کند در صورتی میتواند داخل جسم اخیر شود که گوشه فرود از میزان معینی که بگوشه حد موسوم است کمتر باشد چنانچه گوشه فرود بیش از گوشه حد باشد پرتو باز تابیده شده و درهمان محوطه نخستین برمیگردد. این خاصیت را بازتابش کلی گویند. گوشه حد I برای جسمی که ضریب شکست آن n است بوسیله فرمول $\sin.I = \frac{1}{n}$ حساب میشود. گوشه حد برای آب درحدود ۴۹ زینه و برای شیشه درحدود ۴۲ زینه است.

بااستفاده از خاصیت بازتابش کلی شوشه هائی میسازند که از آنها میتوان مانند آئینه های کامل استفاده نمود. بااستفاده از این خاصیت نیز میتوان فواره های رنگی ونورانی ساخت.

بخش بیستم

تیغه های موازی

۱۲۱ ـ دراپتیك تیغه موازی جسم شفافی را نامند که محدود بدوهامن‌موازی باشد . بسیاری ازوسائل روشنائی متداول درلوازم زندگی ولوازم آزمایشگاه مانند شیشه‌های‌اتوموبیل شیشه در وپنجره ودیواره‌های ظرفهای شیشه‌ای وشیشه‌های‌مکعب آزمایشگاه وغیره را میتوان درردیف تیغه های موازی محسوب داشت از اینرو مطالعه چگونگی شکست نور دراین تیغه ها دارای اهمیت مخصوص است .

تیغه‌موازی ABCD رادرنظر گیرید در آزمایش ۵۳ مسیرپرتوها رادرچنین‌جسمی دیدید . اینجا بااستفاده ازقانونهای‌شکست‌نورمسیر پرتوها را رسم میکنیم .

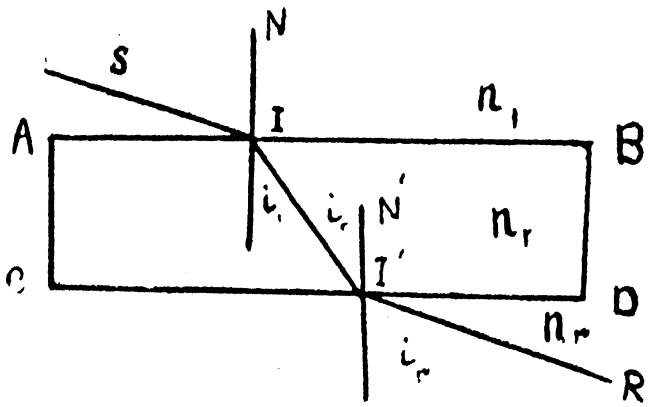
فرض کنید پرتو SI از جسمی که ضریب شکست آن n_1 است گذشته وباگوشه فرود i_1 روی سطح تیغه موازی بتابد . چنانچه ضریب شکست‌تیغه n_2 باشد بنا بقانون شکستِ، این پرتو درتیغه شکسته وگوشه شکست i_2 را میتوان از بستگی $n_1 \sin.i_1 = n_2 \sin.i_2$ بدست آورد . (شکل ۱۸۹).

چون دوهامن AB و CD موازیند پرتو شکسته با گوشه فرود $i' = i_2$ روی سطح CD میتابدو پس از خروج از این سطح باردیگر شکسته وگوشه‌شکست i_3 را میتوان با بستگی $n_2 \sin.i_2 = n_3 \sin.i_3$

حساب کرد .

دوحالت مختلف میتوان درنظر گرفت:

الف ـ دو طرف تیغه یکجسم وجود دارد مانند شیشه ای که‌درهوا یا آب گذارده



شکل ۱۸۹

شده در اینصورت $n_3 = n_1$ و ازدو بستگی فوق نتیجه میشود $i_3 = i_1$

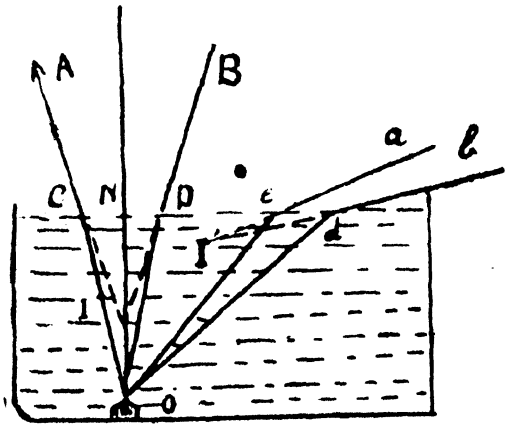
پس پرتو خروجی موازی با راستای اولیه خود سیر میکند ولی کمی بموازات خویش تغییر مکان یافته است . آشکار است که هرچه‌گوشه فرود بزرگتر باشد تغییر مکان بیشتر میشود .

ب ـ دوطرف تیغه دوجسم مختلف وجود دارد مـانند آب که درون ظرف شیشه ای ریخته شده سطح بالائی آب بهوا متصل وسطح زیرآن‌بشیشه اتصال دارد . دراینحال $n_1 \neq n_3$ درنتیجه $i_1 \neq i_3$ وراستای پرتو خروجی با راستای اولی پرتو متفاوت است گویند پرتو کج راهی یافته است

هنگامیکه در آب حوض نگاه میکنید ژرفای حوض کمتر از حد واقعی بنظرتان میرسد بادرنظرگرفتن خاصیت شکست نورمیتوان چگونگی را توضیح داده ومیزان تغییر مکان ظاهری را حساب کرد .

فرض کنیم جسم نورانی O در کف حوض قرار دارد پرتو های od و oe که بسطح آب میرسند درموقع دخول در هوا شکسته و از عمود

دور میشود چشم که در ab قرار دارد نگاره 'I را میبیند وتصور میرودکه کف حوض یاجسم O درمحل 'I قرار دارد .



شکل ۱۹۰

فرض کنیم ازبالای آب در راستای نزدیك بعمود درآب نگاه میکنیم‌دو پرتو OD وOC را درنظر گیریم که در راستای DB وCA میشکنند، نگارنقطه O در I قرار دارد چنانچه ضریب آب نسبت بهوا n باشد چون نور از آب داخل هوا میشود بنابقانون شکست داریم .

$$\frac{\sin CON}{\sin CIN} = \frac{1}{n}$$

$$\sin CIN = \frac{CN}{CI} \qquad \text{و} \qquad \sin CON = \frac{CN}{CO}$$

پس

$$\frac{CN}{CO} : \frac{CN}{CI} = \frac{CI}{CO} = \frac{1}{n}$$

چنانچه دسته پرتو خیلی باریك باشند Co و CI تقریباً برابر No و NI هستند و میتوان نوشت

$$\frac{NO}{NI} = n \qquad \frac{NI}{NO} = \frac{1}{n}$$

یعنی نسبت فاصله حقیقی بفاصله ظاهری باندازه ضریب شکست است .

برای آب $n = \frac{4}{3}$ پس $NI = \frac{3}{4}\,No$ یعنی فاصله ظاهری تقریباً باندازه $\frac{3}{4}$ فاصله حقیقی است .

برای اینکه از صحت فرضها و نتیجه حاصل کاملاً اطمینان

پیدا کنید آزمایش زیر را انجام دهید.

آزمایش ۵۹ ـ در یك لوله بلند زینه بندی شده آب بریزید از بالای لوله تقریباً بطورعمودی درآب نگاه کنید انگشت خود را روی دیواره خارجی لوله دربلندی که بنظرتان کف لوله میرسد بگذارید وببینید فاصله نقطه‌ای را که نشان کرده‌اید تا سطح آزاد آب باندازه $\frac{۳}{۴}$ ژرفای آب‌است.

بلندی آبرا درشیشه تغییرداده آزمایش‌را تکرارکنیددرتمام حالتها نتیجه‌ای را که گفته شد بدست خواهیدآورد.

نباید فراموش کنید این فرمول در صورتی صحیح است که دسته پرتوهائی که منظورشده‌خیلی باریك و درنزدیکی عمود ملحوظ گردند. دراینصورت میتوان با تعیین فاصله ظاهری و فاصله حقیقی ضریب شکست n را حساب کرد. بطوریکه از روی شکل ۱۹۰ دیده میشود موقعیکه گوشه فرود بزرگ باشد جای نقطه I' کاملا متفاوت است.

۱۲۲ ـ خلاصه مطالب بخش بیستم

دراپتیك تیغه موازی جسم شفافی را نامند که محدود بدو هامن موازی باشد.

چون پرتوی بطور مایل برتیغه موازی بتابد موقع برخورد بهامنهای فصل مشترك تیغه و جسمی که تیغه در آن قرار دارد پرتو مطابق قانونهای دکارت دو بارشکسته و منحرف میشود.

چنانچه دوطرف تیغه بیك‌جسم محدود باشد (مانند شیشه‌ایکه در هواگذارده شده است) دو انحراف مساوی و باسوی مخالفند و در نتیجه

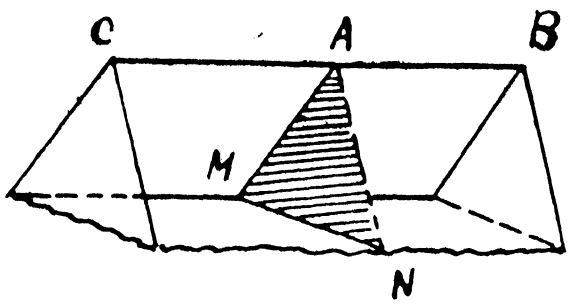
.راستای پرتو خروجی موازی با راستای اولیه آنست ولی مکان آن تغییر میکند . هنگامیکه دو طرف تیغه دوجسم مختلف باشد پرتوخروجی نسبت براستای‌اولیه خود منحرف میشود (مثال: آبیکه درشیشه است ازیکطرف بهوا و ازطرف دیگر بشیشه اتصال دارد) .

چون نقطه‌ای نورانی در جسم شفافی که ضریب شکست آن n است قرار گیرد (مثلاً جسمیکه درآب گذارده شود) در حالیکه فاصله‌حقیقی آن تاسطح فصل مشترك‌آب وهوا p است بنظرمیرسد که جسم درفاصله p' قرار دارد ($p' < p$) چنانچه ناظر در راستای نزدیك براستای عمودی بر سطح آب بنگرد فاصله p' برابر است با $\frac{p}{n}$. این خاصییت را میتوان بوسیله قانونهای شکست‌نور توضیح داد و باسنجش فاصله‌حقیقی p و فاصله ظاهری p' ضریب شکست n را حساب کرد .

بخش بیست و یکم

شوشه

۱۲۳ ـ در اپتیك شوشه (منشور) جسم شفافی را نامند که محدود بدو هامن غیر موازی باشد . شوشه در بسیاری از آزمایشها و اسبابهای اپتیك بکار میرود . و مطالعه آن دارای اهمیت مخصوص است . در شکلها معمولا شوشه را بوسیله یك سه گوشه که معرف مقطع اصلی آنست نمایش می دهند .



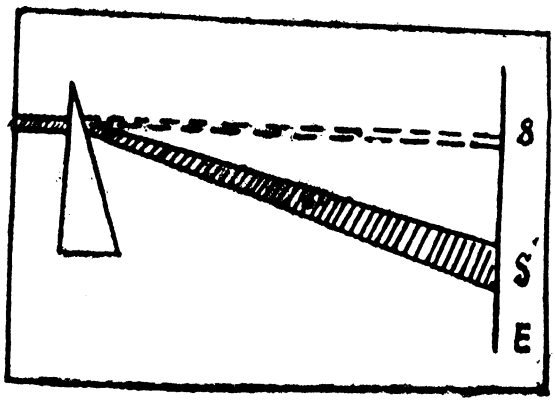
شکل ۱۹۱

آزمایش ۶۰ (الف) یکدسته پرتـو موازی (پرتو آفتاب یا پرتو های یك چراغ نورافکن) را در جای تاریکی روی پرده ای وارد کنید. جای روشنائی که روی پرده تابیده میشود روی پرده نشان کنید (S) سپس یك شوشه سر راه دسته پرتو بگذارید خواهید دید روشنائی سفید که در S بود وجود ندارد ولی پائین تر از جای S قسمتی از پرده با رنگهای مختلف بنفش و ارغوانی و سبز و زرد و قرمز ... روشن شده است . در نتیجه گذاردن شوشه دو تغییر در وضع پرتوها روی داده :

۱ ـ مسیر آنها تغییر کرده .

۲ ـ پرتو های سفید بیکعده پرتوهای رنگین تبدیل شده اند .

میان چشمه نور و شوشه یك شیشه رنگی بگذارید و آزمایش را تکرار کنید. فرض کنیم شیشه قرمز گذارده اید موقعیکه شوشه را برداشته اید جای S روشنائی قرمز دیده‌میشود. شوشه را دوباره سر راه‌پرتوها بگذارید در قسمتی از جائیکه



شکل ۱۹۲

در آزمایش پیش روشنائی بارنگهای مختلف وجود داشت تنها رنك قرمز دیده میشود. این بار تأثیر شوشه فقط منحرف کردن پرتوها بوده است.

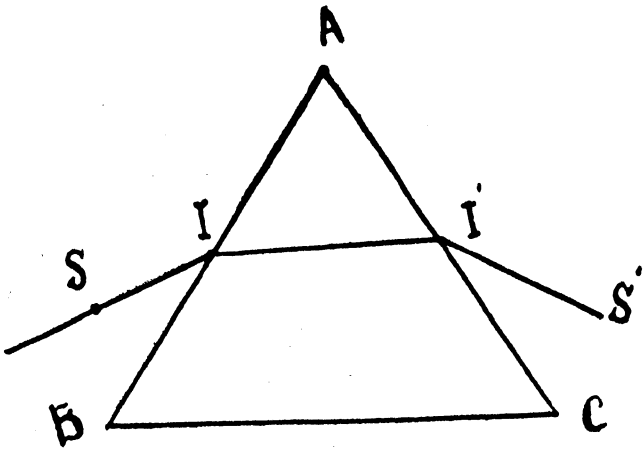
دراین بخش چون منظور ما مطالعه شکست نور است شوشه را از لحاظ کجراهی که به پرتوها میدهد مطالعه میکنیم. بنابراین لازم است در آزمایشهای مربوط نور یکرنك روی شوشه وارد شود. تأثیر شوشه را روی نورسفید تا اندازه‌ای درسال سوم مطالعه کرده‌اید درسال ششم‌موضوع را بتفصیل خواهید دید.

آزمایش ۶۰ (ب) ـ برای اینکه بادقت مسیر پرتوهائیکه ازشوشه میگذرد رسم کنید آزمایش و ترسیم زیر را انجام دهید:

کاغذ سفیدی‌روی‌میز گذارده شوشه‌ای روی‌آن‌بگذاریددور پهلوهای ABC شوشه‌راخط‌بکشید (شکل ۱۹۳). دوسنجاق‌یکی‌درنقطه‌ای مانند I پهلوی شوشه و دیگری در نقطه ای مانند S فرو برید بطوریکه خط SI نسبت به AB مایل باشد. از طرف دیگر شوشه نگاه کرده نخست سنجاق I سپس سنجاق S' را درجائی فرو برید که چهار سنجاق در راستای یك

خط راست بنظر آیند . شوشه را برداشته و جای سوراخ سنجاقها را بهم وصل کنید این خط مسیر پرتو SI را پس ازعبور از شوشه نشان میدهد .

۱۲۴ ـ ترسیم با استفاده ازقانونهای شکست ـ فرض کنیم شوشه در هوا گذارده شده و ضریب شکست آن n باشد. پرتو SI با گوشه فرود i_1 روی شوشه وارد میشود .



شکل ۱۹۳

این پرتو پس از دخول درشوشه شکسته بطرف عمود نزدیك میشودگوشه شکست i_2 را میتوان با بستگی

$$(۱) \qquad sin\ i_1 = n\ sin\ i_2$$

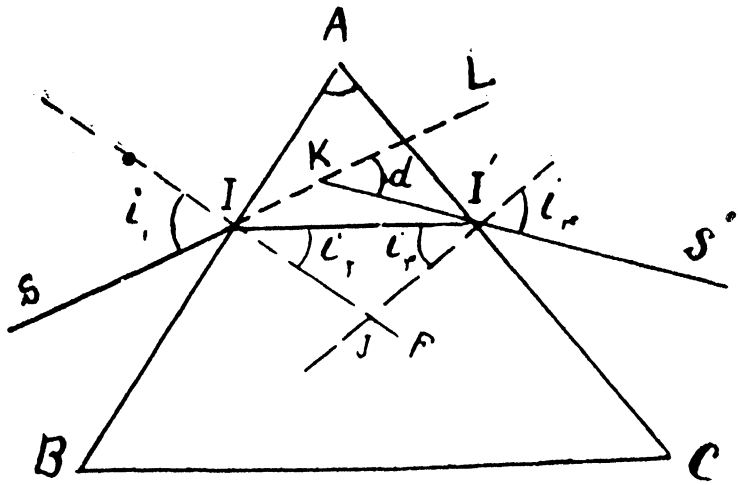
حساب کرد (شکل ۱۹٤) .

پرتو II' با گوشه فرود i_3 روی رخ AC وارد میشود چنانچه گوشه i_3 کوچکتر از گوشه حد l باشد پرتو ازشوشه خارج شده دوباره شکسته این بار از عمود دور میشود و گوشه شکست i_4 را میتوان با بستگی (۲) حساب کرد .

$$(۲) \qquad n\ sin\ i_3 = sin\ i_4$$

دو خط SI و S'I' را امتداد دهید تا درنقطه K بیکدیگر برخورد کنند . چنانچه شوشه سر راه پرتو قرار نمیگرفت پرتو SI در راستای

SKL سیر میکرد . گذاردن شوشه باعث شدکه پرتو در راستای KS' سیر



شکل ۱۹٤

کند یعنی پرتو باندازه گوشه LKS'=d منحرف شده است و یا بعبارت دیگر باندازه d کج راهی یافته است .

از سه گوشه KII' نتیجه میشود

$$d=(KII')+(II'K)$$

ازطرف دیگر داریم : $(KII')=(KIJ)-(I'IJ)=i_1-i_2$

$$(KI'I)=(KI'J)-(II'J)=i_4-i_3$$

$$d=i_1-i_2+i_4-i_3=i_1+i_4-(i_2+i_3)$$

$$(I'JF)=i_2+i_3$$

IJ و I'J بر AB و CD عمودند پس

$$(I'JF)=(A)$$

$$(3)\qquad A=i_2+i_3$$

$$(4)\qquad d=i_1+i_4-A$$

بوسیله فرمولهای ۱ و ۲ و ۳ و ٤ که بفرمولهای شوشه معروفند

میتوان مسائل مربوط بشوشه را حل کرد . برای یك شوشه عموماً گوشه A و ضریب n معلوم است چنانچه گوشه فرود i نیز معلوم باشد بوسیله فرمولهای بالا گوشه های i_2 و i_3 و i_4 و d را حساب میکنند . بر عکس باسنجش d میتوان n را تعیین نمود .

۱۲۵ ـ فرمولهای ساده شوشه ـ در بسیاری از آزمایشها شوشه هائیکه گوشه آنها خیلی کوچك است بکار میروند وپرتوها با گوشه فرود خیلی کوچکی روی شوشه وارد میشوند درچنین حالتی میتوان در فرمولهای ۱ و ۲ بجای $\sin i$ مقدار i را بکار برد (برای آنکه از میزان تقریب آگاه شوید درازای کمان گوشه های کمتر از هشت زینه و جیب آنها را حساب کرده ببینید تفاوت خیلی کم وغیر قابل ملاحظه است) با این تقریب فرمولهای شوشه بشکل ذیل درمیآیند .

$$(۱) \qquad i_1 = n i_2$$

$$(۲) \qquad i_4 = n i_3$$

$$(۳) \qquad A = i_2 + i_3$$

$$(٤) \qquad d = i_1 + i_4 - A = A(n-1)$$

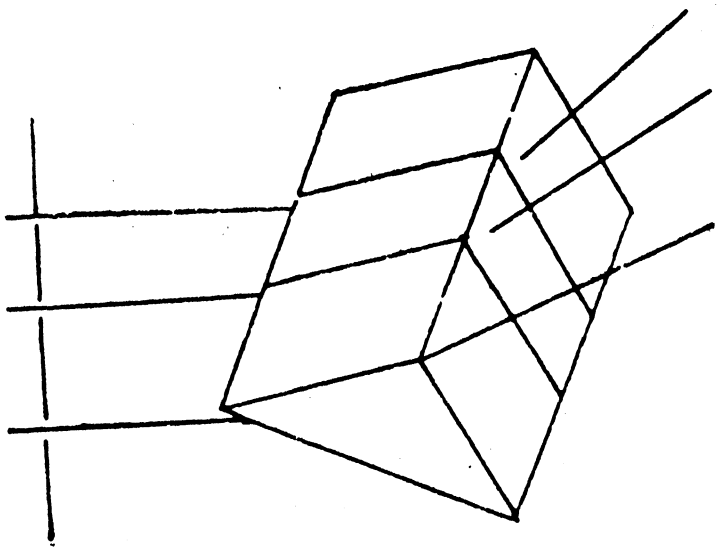
۱۲۶ ـ کج راهی ـ فرمولهای شوشه نشان میدهد که کج راهی (انحراف) d تابعی است از i_1 و n و A برای مطالعه تغییرات کج راهی میتوان بااستفاده از قواعد ریاضی تغییرات تابع d را درنتیجه تغییر متغیر های i_1 و n و A مطالعه ومیزان آنرا حساب کرد .

میتوان نیز موضوع را بوسیله آزمایش مطالعه نمود . برای اینکار درهرآزمایشی معمولا دوتا ازسه متغیرمذکور را ثابت نگاهداشته وتغییرات

کج راهی را باتغییر دادن متغیر سوم مطالعه میکنند.

الف ـ گوشه فرود و گوشه شوشه ثابت است و ضریب n متغیر

آزمایش ٦١ ـ چند شوشه که گوشه آنها برابر ولی جنس شیشه آنها متفاوت باشد درامتداد مقطع اصلی بیکدیگر چسبانده و یکدسته پرتو روی شوشه ایکه باین طریق تهیه شده وارد کنید. شوشه را طوری قرار دهیدکه گوشه تابش نسبت بتمام شوشه های فرعی یکی باشد. پرده‌ای مقابل پرتوهای خروجی بگذارید ببینید میزان کج راهی پرتوهائیکه از شوشه های مختلف بیرون میآیند متفاوت است و کج راهی پرتو های



شکل ١٩٥

شوشه ایکه ضریبش بزرگتر است بیشتر است.

بوسیله فرمولهای شوشه نیز میتوان این نتیجه را بدست آورد.

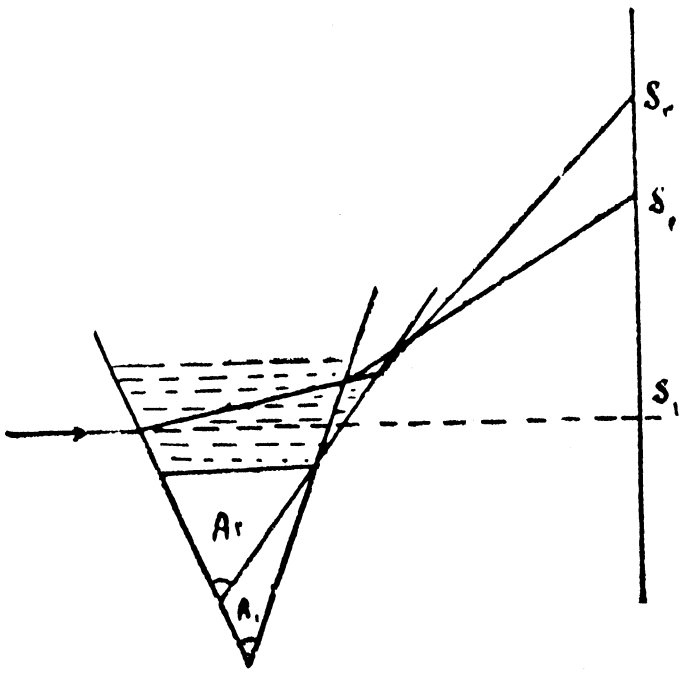
دراینحالت A و i_1 ثابت فرض شده اند فرمول

$$\sin i_2 = \frac{\sin i_1}{n} \quad \text{یا} \quad \sin i_1 = n \sin i_2$$

که درآن i_1 ثابت است نشان میدهد که با زیاد شدن n کوشه i_2 کم‌میشود فرمول $A = i_2 + i_3$ یا $i_3 = A - i_2$ که در آن A ثابت فرض شده نشان میدهد که چون i_2 کم شود i_3 زیاد میشود، فرمول $n \sin i_3 = \sin i_4$ نشان میدهد که چون i_3 زیاد شود i_4 نیز زیاد میشود بالاخره فرمول $d = i_1 + i_4 - A$ نشان میدهدکه باافزایش i_4 کج‌راهی d نیز زیادمیشود چون‌افزایش i_4 درنتیجه‌افزایش n بودپس : **چون‌ضریب شکست‌افزایش یابد کج راهی زیاد میشود .**

ب ـ گوشه i_1 و ضریب n ثابت است و A متغیر

چنانچه شوشه بادیواره متحرك درآزمایشگاه داشته باشید میتوانید



شکل ۱۹۶

بآسانی ازدیاد کج راهی را در اثر افزون شدن گوشه شوشه با آزمایش نشان دهید :

شوشه

شوشه با دیواره متحرك محفظه ایست شیشه ای که از چهار تیغه شیشه ای با دوسطح موازی تشکیل شده‌است. سه تا ازتیغه‌ها را بیکدیگر چسبانده اند، تیغه چهارم از پائین بتیغه سوم لولاشده و دو لبه آن روی دیواره داخلی تیغه های ۱ و ۲ تکیه دارد ومیتوان آنرا میان این دو سطح جلو وعقب برد. محفظه را پر از آب میکنیم چون دیواره های تیغه ها متوازیند بطوریکه در جمله ۱۲۱ دیدیم کج راهی تولید نمیکند دستگاه مانند یك شوشه آبی عمل میکند. باعقب وجلو بردن تیغه چهارم میتوان گوشه شوشه را تغییر داد.

آزمایش ۶۲ ـ یکدسته پرتو روی‌شوشه ایکه دربالا گفته شدوارد کرده و روی پرده ای جای پرتوهائیرا که از شوشه خارج میشوند نشان کنید. گوشه شوشه را زیاد کنید ببینید کج راهی نیز زیاد میشود.

چنانچه شوشه بادیواره متحرك ندارید میتوانید آزمایش را باچند شوشه معمولی‌که جنس‌آنها یکی ولی گوشه آنها متفاوت است انجام‌دهید. در اینجا نیز میتوان نتیجه حاصل را بوسیله فرمولهای شوشه نشان داد.

فرمول $d = A\,(n-1)$ این‌نتیجه را بخوبی نشان‌میدهد. درحالت کلی نیز میتوان بطریق ذیل استدلال نمود.

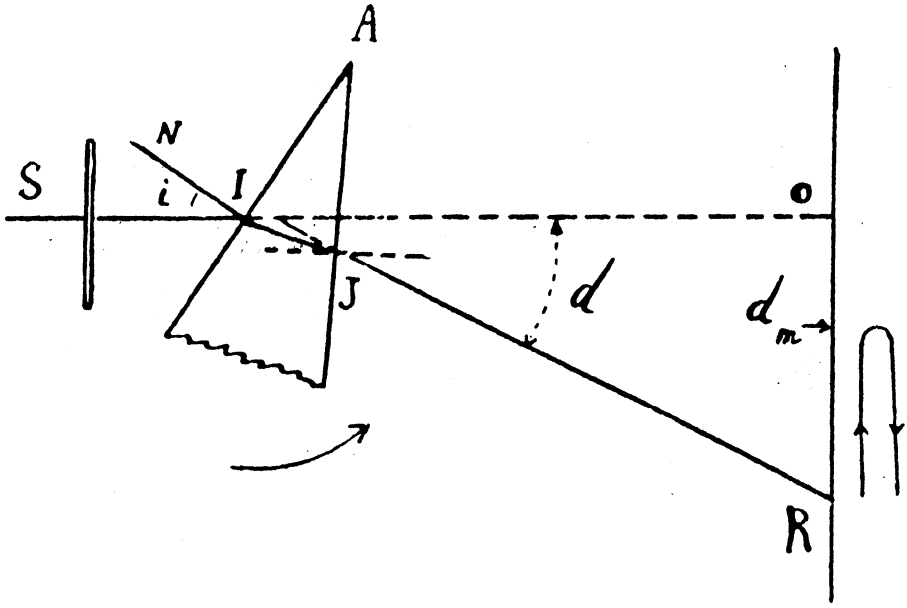
چون n و i_1 ثابت فرض‌شده اند فرمول $\sin i_1 = n \sin i_2$ ثابت بودن i_2 را نشان میدهد پس کج راهی $d_1 = i_1 - i_2$ روی رخ اول شوشه ثابت است و تغییر نمیکند. بنا بفرمول $A = i_2 + i_3$ نظر بثابت بودن i_2 چون A زیاد شود i_3 نیز زیاد میشود. فرمول $n \sin i_3 = \sin i_4$ ازدیاد i_4 را با افزون شدن i_3 نشان میدهد ونیز این فرمول نشان میدهد (چون n

بزرگتر ازیك است) که $\sin i_4$ تندتر از $\sin i_3$ افزایش میابد در نتیجه کج‌راهی روی صفحه دوم یعنی $d_2 = i_4 - i_3$ که بازای $i_3 = 0$ صفر است بازیاد شدن i_3 زیاد میشود تا بمقدار $1 - 90^\circ$ برسد (۱ گوشه حد) پس :

هرچه گوشه شوشه بزرگتر باشد کجراهی بیشتر است

۱۲۷ ـ تغییر کج راهی باتغییر گوشه فرود ـ کمترین میزان کج راهی

آزمایش ۶۳ ـ دسته پرتو باریکی روی پرده ای وارد کنید سر راه پرتوها یك شوشه طوری بگذارید که پرتوها باگوشه فرود بزرگی‌روی آن بتابد پرتو خروجی کج راهی یافته در راستائی مانند JR سیر میکند شوشه را بطوریکه درشکل ۱۹۷ باپیکان نشان داده شده بچرخانید ببینید لکه روشنائی بالا رفته کج راهی کم میشود تا بیك نقطه معینی که رسید درحالیکه هنوز شوشه را در همان سوی نخست میچرخانیم لکه روشن



شکل ۱۹۷

بالا نرفته و بطرف پائین برمیگردد (کج راهی زیاد میشود) این آزمایش

نشان میدهد موقعیکه گوشه فرود i_1 تغییر میکند کج راهی d نیز تغییر میکند وبازاء مقدار مشخصی از i_1 انحراف d بیك مینیمم (کمترین مقدار) رسیده و دوباره افزایش میابد.

آزمایش را تکرار کنید موقعیکه بوضع کمترین مقدار کج راهی رسیدید دیگر شوشه را تغییر مکان نداده و بطریقی که در آزمایش ٦٠ گفتیم مسیر پرتوها را بدقت رسم کنید ببینید دراینحالت گوشه فرود i_1 و گوشه خروج i_4 برابرند.

باقواعدیکه در ریاضی خوانده اید نیز میتوانید مینیمم تابع d را حساب کرده وبازاءِ این مقدار گوشه i_4 و i_1 را حساب کنید ونتیجه فوق را بدست آورید.

چنانچه این نتیجه را در فرمولهای شوشه بریم فرمولها ساده شده وبشکل زیر درمیایند.

$$\text{چون} \quad i_1 = i_4 \qquad \text{پس} \quad i_2 = i_3$$

$$\text{و} \quad A = i_2 + i_3 = 2\,i_2 \qquad \text{یا} \quad i_2 = \frac{A}{2}$$

چون این مقدار را درفرمول (١) بگذاریم نتیجه میشود

$$\sin i_m = n \sin \frac{A}{2}$$

علامت m را برای آن میگذاریم که فراموش نشود این فرمول فقط درموقعیکه شوشه در وضعیت مینیمم کج راهیست صادق‌است. چون نتیجه را درفرمول (٤) بریم:

$$d = i_1 + i_4 - A = 2i_m - A$$

$$i_m = \frac{d+A}{2}$$

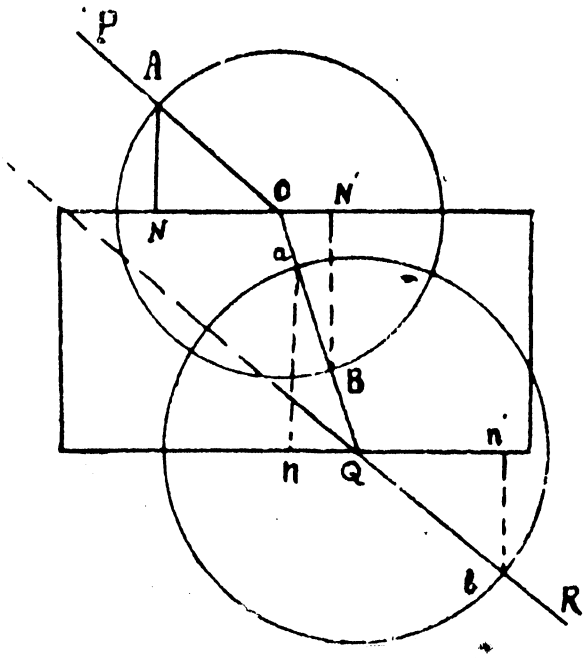
$$\sin\frac{d+A}{2}=n\sin\frac{A}{2}$$

$$n=\frac{\sin\frac{d+A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

بوسیله این فرمول ضریب شکست جسمهای شفاف را حساب میکنند برای اینکار با جسم مورد مطالعه شوشه ای میسازند و بوسیله این شوشه مینیمم انحراف را اندازه گرفته باداشتن مقادیر d و A مقدار n را بوسیله فرمول فوق حساب میکنند.

۱۲۸ ـ حل مسائل مربوط بشکست نور باروش ترسیمی ـ در بسیاری از حالات میتوان بااستفاده از قواعدی که ذکر شد مسائل مربوط بشکست نور را بدون محاسبه مثلثاتی و با روش ترسیمی حل کرد برای نمونه دو مثال ذکر میکنیم :

پرتوی با گوشه ۶۰° روی شیشه ای که دو سطح آن موازی و ستبری آن ۵ سانتیمتر است تابیده می شود میخواهیم راستا و میزان تغییر مکان پرتوی که خارج میشود تعیین کنیم ضریب شکست $n=\frac{3}{2}$ است.



شکل ۱۹۸

فرض کنیم PO پرتوفرود و O نقطه فرود باشد. ازمرکز O دائره ای

رسم میکنیم که پرتو PO را درنقطهٔ مانند A قطع کند. ازنقطه A عمود AN را بسطح شیشه فرود میاوریم ON را اندازه گرفته و نقطه N' را طوری‌جدا میکنیم که نسبت $\frac{ON}{ON'}=n=\frac{3}{2}$ باشدیعنی $ON'=\frac{2}{3}ON$باشد

از نقطه N' عمود N'B را رسم میکنیم نقطه O را بجای برخورد N'B و دائره وصل میکنیم OB راستای پرتو شکسته را نشان میدهد.

از مرکز Q دائره دیگر رسم میکنیم که پرتو OQ را درنقطه‌ای مانند a قطع کند از a عمود an را رسم کرده طول Qn را اندازه‌میگیریم و یك نقطه n' بطوری جدا میکنیم که نسبت $\frac{3}{2}=\frac{1}{n}=\frac{Qn'}{Qn}$ یا $Qn'=\frac{3}{2}Qn$ باشد.

از نقطه n' عمود n'b را رسم میکنیم Q را بمحل تقاطع n'b و دائره وصل میکنیم QR شعاع شکسته خروجی است.

QR را دردوطرف امتداد میدهیم فاصله عمودی QR وشعاع PO تغییر مکان پرتو را بدست میدهد.

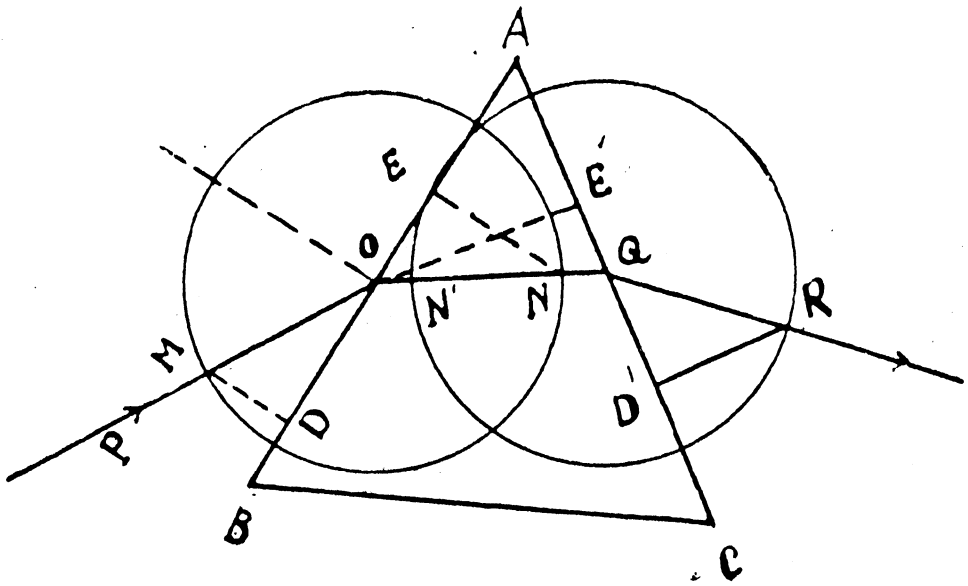
مثال ۲ ــ پرتوی باگوشه فرود ۶۰° روی شوشه میتابد ضریب شکست شوشه ۱٫۶ است میخواهیم کج راهی را پیدا کنیم.

روی AB دوطول OD و OE جدا میکنیم بطوریکه

$$\frac{OD}{OE}=n=1{,}6$$

باشد. از D و E دو عمود برسطح شوشه اخراج میکنیم. فرض کنیم M جای‌برخورد عمود DM وپرتو OP باشدازمرکز O بشعاعOM دائره‌ای رسم میکنیم ـ چنانچه این دائره عمود نقطه E را در N قطع کند خط

ON مسیر پرتوشکسته را نشان‌میدهد . ازنقطه Q روی‌سطح AC فاصله های 'QD و QE را جدا میکنیم بطوریکه 'QD = ۱٫۶ 'QE باشد . از 'D و 'E دو عمود بر AC اخراج کرده و از مرکز Q بشعاع 'QN



شکل ۱۹۹

دائره ای رسم میکنیم . نقطه برخورد این دائره و عمودیکه از نقطه 'D اخراج شده معلوم کرده QR را که معرف پرتوخروجی است رسم‌میکنیم . دو پرتو PO و QR را امتداد میدهیم تایکدیگررا قطع کنند . گوشه‌ای را که تشکیل میدهند بانقاله اندازه میگیریم این‌گوشه معرف کج راهی‌است .

۱۲۹ ـ خلاصه مطالب بخش بیست ویکم

دراپتیك شوشه جسم شفافی‌را نامندکه محدود بدوهامن غیرموازی باشد . گوشه دورخ‌را گوشه شوشه وخط فصل‌مشترك دوهامن راخط‌الرأس شوشه نامند . هر هامنی که بر خط الرأس عمود باشد مقطع اصلی شوشه نام دارد .

چون یکدسته پرتو یك رنك روی شوشه وارد شود پس از خارج شدن از آن کج راهی یافته و بطرف قسمت ستبر شوشه متوجه میشود. هنگامیکه نور سفید روی شوشه بتابد پرتو های خروجی بعلاوه اینکه منحرف میشوند برنگهای مختلف بیناب نیز تجزیه میشوند.

مسیر پرتو هائیرا که از شوشه میگذرند میتوان بوسیله فرمولهای ذیل که بفرمولهای شوشه موسومند تعیین کرد (بشکل ۱۹۰٤ رجوع شود)

$$\sin i_1 = n \sin i_2 \qquad (1)$$

$$n \sin i_3 = \sin i_4 \qquad (2)$$

$$A = i_2 + i_3 \qquad (3)$$

$$d = i_1 + i_4 - A \qquad (4)$$

چنانچه گوشه شوشه خیلی کوچك باشد و پرتوها با گوشه فرود کوچکی روی شوشه بتابند میتوان بجای جیب درازی کمان را بکار برد درنتیجه فرمولهای شوشه ساده شده وبشکل زیر درمیایند

$$i_1 = ni_2 \qquad (1)$$

$$i_4 = ni_3 \qquad (2)$$

$$A = i_2 + i_3 \qquad (3)$$

$$d = A(n-1) \qquad (4)$$

برای اینکه پرتوها از شوشه خارج شوند باید گوشه i_3 از گوشه حد ا کوچکتر باشد.

کج راهی d تابعی است از سه متغیر i_1 و A و n :

تغییرات d با تغییرات A و n نسبت مستقیم دارد و با افزایش A یا n کج راهی d نیز زیاد میشود .

چون گوشه فرود i_1 تغییر کند کج راهی d نیز تغییر میکند ، هنگامیکه گوشه فرود و گوشه خروج برابرند d دارای مقدار مینیمم است . دروضع مینیمم کج راهی فرمولها ساده شده و چنانچه متغیر های دیگر را حذف کنیم فرمول

$$n = \frac{\sin \frac{d+A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

بدست میاید که بوسیله آن ضریب شکست n را حساب میکنند . برای اینکار باجسم مورد مطالعه شوشه ای ساخته و گوشه d مربوط به مینیمم کج راهی را معلوم میکنند سپس A و d را در فرمول برده n را حساب می کنند .

باروش ترسیمی نیز میتوان بسیاری از مسائل مربوط بشکست نور را حل کرد .

بخش بیست ودوم

شکست نور (رویه های گویسان)

۱۳۰ ـ در بخش نوزدهم دیدیم چون نور بطور مایل بر هامنی که فصل مشترك دو جسم که تندی انتشار نور در آنها متفاوت باشد بتابد راستای انتشارش تغییر یافته و یا بعبارت دیگر میشکند. شکست نور تابع قوانین دکارت است . میتوان ثابت کرد که این خاصیت عمومیت دارد و برای رویه‌های غیرهامن نیزصادق‌است . اینجا شکست نور بوسیله رویه‌های گویسان را توضیح داده وبرای مثال عدسیها را که بخواص آن آشنا هستید بکار میبریم .

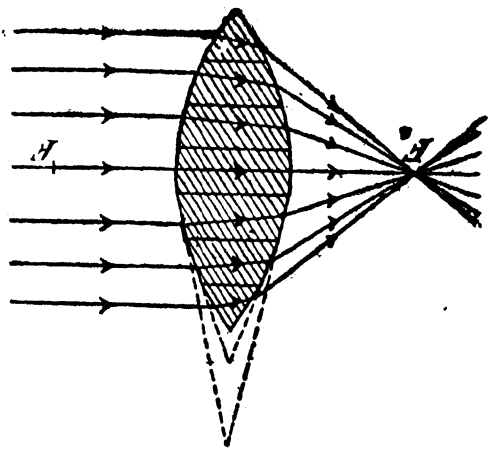
میدانید (بند ۱۲۰ کتاب سوم) عدسی جسم شفافی است که بدو رویه گویسان یابیك رویه گویسان و یك هامن محدود باشد . چنانچه دو سطح یکدیگر را قطع کنند (میان عدسی کلفت تر ازلبه آن باشد) عدسی را کوژ نامند موقعیکه دوسطح یکدیگر را نمیبرند (میان عدسی نازك تر از لبه آنست) عدسی را کاو گویند . خطی که مرکز خمش دو رویه را بهم متصل میکنند آسه اصلی عدسی نام دارد .

آزمایش ۶۴ ـ الف ـ یك عدسی کوژ درمقابل پرتو های آفتاب گرفته درپشت عدسی کاغذی پیش و پس برید نگار آفتاب را بشکل دائره کوچك بسیار روشنی روی کاغذ خواهید دید . اگر چند لحظه کاغذ را

حرکت ندهید آنجائیکه نگار آفتاب تشکیل شده خواهد سوخت .

ب ـ آزمایش پیش را بایك عدسی کاو انجام دهید . این بار روی کاغذ جلوی عدسی نگار آفتاب تشکیل نمیشود ولی پشت عدسی (همان طرفی که نور میاید) نگار مجازی آفتاب دیده میشود .

برای توضیح نتیجه آزمایشهای فوق و بطور کلی تعیین چگونگی تأثیر عدسیها روی پرتوهائیکه از آنها میگذرند میتوان فرض کرد که هر عدسی از اجتماع یکعده شوشه بطوریکه در شکل های ۲۰۰ نشان داده شده تشکیل شده است . یك نقطه از عدسی را درنظر گیریم که روی آن پرتوی وارد شود اطراف این نقطه سطح کوچکی درنظر میگیریم چنانچه این سطح خیلی کوچك باشد میتوان در اولین تقریب آنرا با هامنی که در این نقطه بر سطح



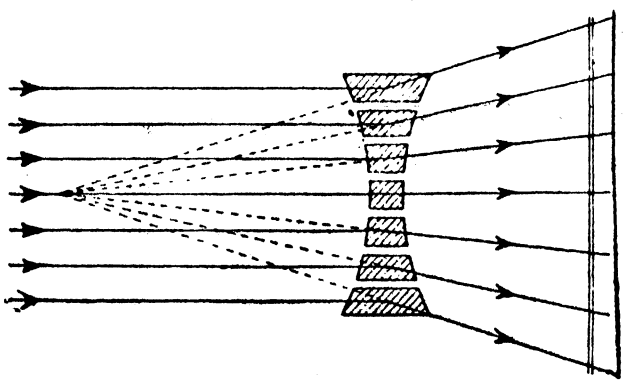
شکل ۲۰۰ (الف)

گویسان مماس میشود منطبق دانست . ازاین روست که تأثیر رویه عدسی روی پرتو مانند تأثیر رخ هامن شوشه است .

در بند ۱۲۳ دیدیم چون پرتوی روی شوشه بتابد پس از خروج از آن بطرف قسمت ستبر شوشه منحرف میشود . قسمتهای مختلف عدسی نیز همین عمل را انجام میدهند . درنتیجه دریك عدسی کوژ چون ستبری ازطرف لبه بوسط عدسی زیاد میشود پرتوهائیکه روی منشور های فرعی واقع دربالای آسه اصلی میتابند بطرف پائین منحرف شده و پرتوهائیکه

روی شوشه‌های واقع درپائین‌آسه اصلی میتابند بطرف بالا منحرف‌میشوند نظر بتقارن دستگاه کلیه پرتوها دریك نقطه F (کانون حقیقی) که روی آسه اصلی واقع است جمع میشوند و نگار خورشید را تشکیل میدهند. (آزمایش ٦٤ الف). درکتاب چهارم دیدید که پرتو های آفتاب حامل مقداری انرژی هستند چون‌ازنقطه F عده زیادی پرتومیگذرد دراین‌نقطه گرمای زیادی تولید میشود از اینروست که کاغذ میسوزد.

درعدسی کاو (آزمایش ٦٤ ب) هرچه بطرف‌لبه پیش رویم‌ستبری شوشه زیاد میشود درنتیجه شوشه‌های فرعی پرتوها را ازآسه دورمیکنند و این پرتو ها در جلو عدسی بیکدیگر برخورد نمیکنند ولی امتداد آنها در همان طرفیکه نور میاید ازیك نقطه 'F میگذرند.



شکل ۲۰۰ (ب)

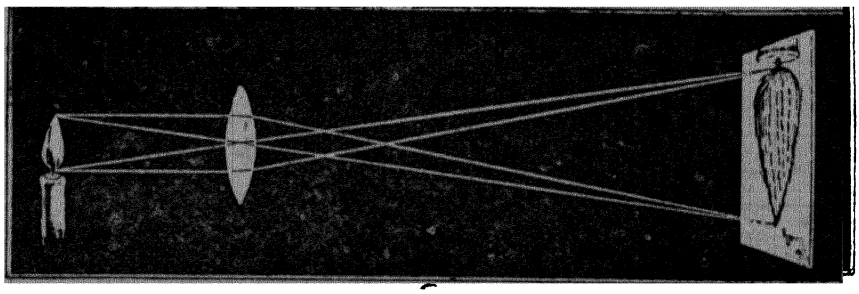
ازاینروست‌که در آزمایش ب روی کاغذ نگار تشکیل نشده و پشت‌عدسی نگارآفتاب دیده میشود.

عدسیهای کوژ چون پرتو ها را پس از شکست بیکدیگر نزدیك میکنند عدسیهای همگرا نامیده میشوند.

عدسیهای کاو که پرتوها را پس از شکست از یکدیگر دورمیکنند بعدسیهای واگرا موسومند.

۱۳۱ ـ تشکیل نگار بوسیله عدسیهای همگرا ـ چگونگی تشکیل نگار بوسیله عدسیها و روش ترسم نگارها را در کتاب سوم مطالعه کرده‌اید برای یاد آوری آزمایش زیر را انجام دهید .

آزمایش ٦٥ ـ یکعدسی همگرا روی پایه ای نصب کرده روی میز بگذارید در طرفین عدسی دو نقطه H_1 و F_1 و H_2 و F_2 روی میز معلوم کنید بطوریکه فاصله هریك از دو نقطه F تا عدسی باندازه فاصله کانونی وفاصله نقطه های H تا عدسی دو برابر فاصله کانونی باشد . شمعی مقابل عدسی و دور تر از H_1 روی میز بگذارید صفحه کاغذی را طرف دیگرعدسی پیش وپس برید درفاصله میان F_2 و H_2 نگار شمع‌را واژگون وکوچکتر ازآن مشاهده خواهید کرد چون شمع را عقب برید نگاربطرف



شکل ۲۰۱

F_2 پیش میرود. موقعیکه شمع را روی H_1 بگذارید نگار روی H_2 میاید و بزرگی آن باندازه شمع است . شمع را بطرف F_1 جلو برید نگار از H_2 دور شده و بزرگتر از جسم میشود (شکل ۲۰۱) . هنگامیکه شمع روی F_1 قرار گرفت روی کاغذ روشنائی دیده میشود ولی هرچه عقب و جلو روید نگار شمع را نمی بینید . گویند نگار دربینهایت دور تشکیل میشود.

این قسمت آزمایش عکس آزمایش ٦٤ است ـ در آزمایش ٦٤ پرتوهای آفتاب که از فاصله بینهایت دوری آمده و با هم موازی بودند پس از عبور ازعدسی درنقطه F جمع میشدند دراینجا برعکس چشمه نور در کانون است وپرتوها پس از عبور از عدسی بایکدیگر موازی شده بیکدیگر برخورد نمیکنند گویند نگار در فاصله بینهایت دور تشکیل میشود .

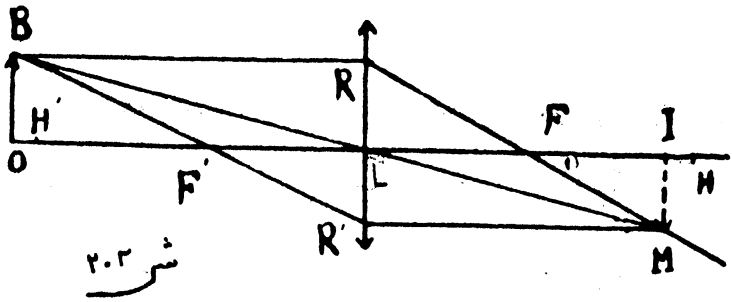
شمع را میان کانون F_1 و عدسی قرار دهید در اینحالت نمیتوانید روی کاغذ نگار شمع را نشان دهید ولی چون چشم را پشت عدسی نگاه دارید نگار مجازی شمع را بزرگتر ومستقیم و درهمان طرفی که شمع قرار دارد می بینید .

این آزمایش نشان میدهد که یك عدسی همگرا از جسم حقیقی که درمقابل آن و دورتر ازفاصله کانونی قرار گرفته نگاری حقیقی وواژگون تشکیل میدهد . بزرگی نسبی جسم ونگار بسته به فاصله جسم تاعدسی تغییر میکند وازجسمی که میان کانون وعدسی قرار گیرد نگار مجازی ومستقیم تشکیل میدهد .

۱۳۲ ـ تعیین نگار باترسیم ـ میخواهیم محل وچگونگی نگاری را که عدسی L از جسم AB تشکیل میدهد با ترسیم معلوم کنیم برای سهولت فرض میکنیم AB برمحور اصلی عمود است .

ازنقطه B دوپرتو که یکی موازی با آسه اصلی سیر کند (BR) و دیگری که از کانون بگذرد (BR') رسم میکنیم بنا بنتیجه آزمایش ٦٤ پرتوی که موازی با آسه اصلی است پس از عبور ازعدسی از کانون میگذرد وپرتوی که از کانون بگذرد پس از عبور از عدسی موازی با آسه اصلی سیر

میکند پرتوهای شکسته RF و R'M را بقراریکه گفته شد رسم میکنیم

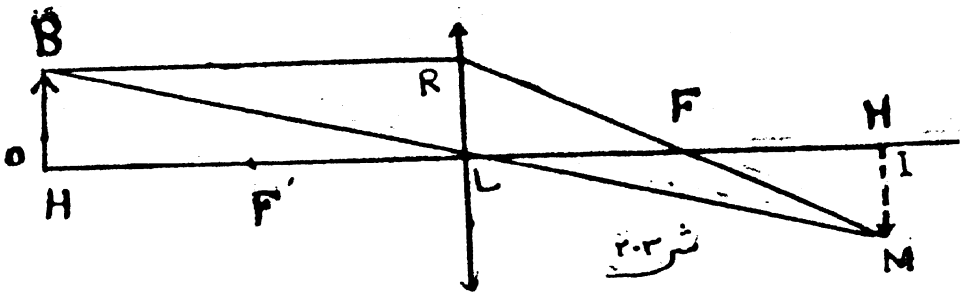


شکل ۲۰۳

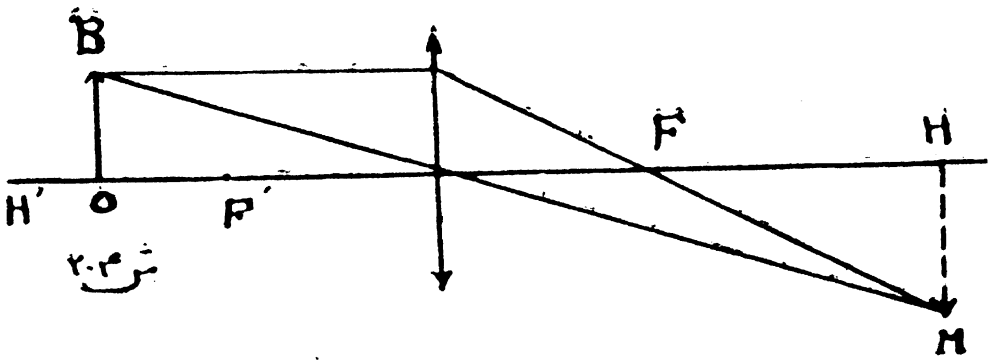
این دو پرتو در نقطه M که نگار نقطه B است بیکدیگر برخورد میکنند. OB بر آسه اصلی عمود است نگار آن نیز بر آسه اصلی عمود است. از نقطه M عمودی برآسه اصلی فرود میاوریم تانگار IM بدست‌آید (چنانچه OB بر آسه عمود نباشد نگار نقطه A را نیز مانند نگار B رسم کرده و دو نقطه را بهم متصل کنید)

نقطه B راباخطی‌به M وصل کنیدببینیداین‌خط‌ازنقطه‌برخوردآسه اصلی وعدسی (مرکزعدسی) میگذرد بنابراین پرتوی که ازمرکز عدسی میگذرد راستایش تغییرنمیکند. برای ترسیم نگار نقطه ای میتوان ازاین خاصیت نیز استفاده نمود. کافیست که یکی از دو پرتورا که در بالا گفته شد رسم کرده و پرتو شکسته مربوط را معلوم نمود سپس از نقطه منظور خطی بمرکز عدسی رسم کرده امتداد داد تا پرتو شکسته را قطع کند ـ جای برخورد دو پرتو نگار نقطه منظور است.

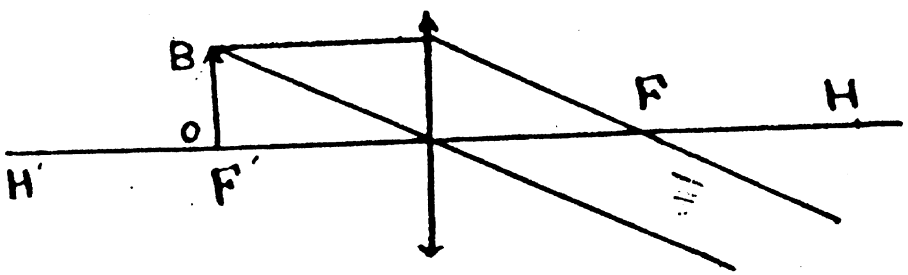
تمرین ـ در فواصلی که درآزمایش ٦٥ شمع را گذارده اید OB را رسم کرده ونگار آنرا بطوریکه در بالا گفته شد پیدا کنید (شکلهای ۲۰۲ تا ۲۰٦) نتیجه را بانتیجه آزمایش مقایسه کرده و صحت نتائجی را که بوسیله ترسیم بدست میاید ثابت کنید.



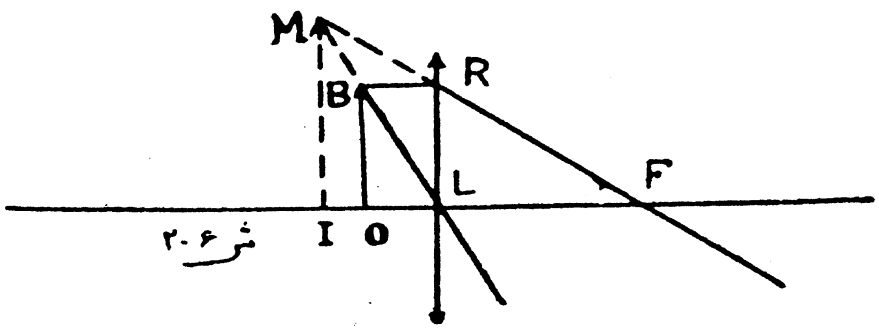
شر ۲۰۳



شر ۲۰۴



شکل ۲۰۵

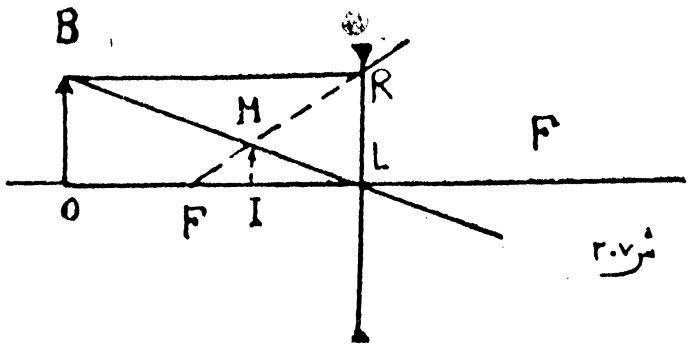


شر ۲۰۶

۱۳۳ ـ تشکیل نگار بوسیله عدسیهای واگرا ـ آزمایش ۶۵ را بایك عدسی واگرا انجام دهید ببینید شمع را درهر فاصله ای از عدسی که قرار دهیم نگار حقیقی روی کاغذ نمیتوان دید ولی چون چشم را پشت عدسی نگاه دارید نگار مجازی مستقیم شمع را درهمان طرفی که شمع واقع است می بینید. نتیجه را میتوان باترسیم توضیح داد :

پرتو BR که موازی با آسه اصلی است پس از عبور از عدسی از آسه اصلی دور میشود ولی امتداد آن از کانون F عدسی میگذرد. پرتو BL که از مرکز عدسی میگذرد راستایش تغییر نمیکند.

جای برخوردابن دوپرتو نگار M نقطه B است. بطوریکه‌ازروی شکل دیده میشود چون فاصله OB را تا عدسی تغییر دهیم نگار همیشه



شر ۲۰۷

نزدیك‌تر بعدسی‌شده مستقیم ودرفاصله‌میان FL قراردارد ومجازی‌است.

۱۳۴ ـ فرمولهای عدسیها ـ با استفاده از نتائج ترسیمهائیکه‌در جمله های پیش انجام داده‌اید وبابکار بردن قاعده های همانندی سه گوشه‌ها (تشابه مثلثات) میتوان میان فاصله های جسم و نگار از عدسی و دوری کانونی بستگیهای جبری برقرارنموده برای حل مسائل این بستگیها رابکار برد. درکتاب سوم بستگی موسوم بفرمول نیوتون را مطالعه کردیم دراینجا

فرمول دیگری را مطالعه میکنیم. این فرمول مشابه بافرمولیست که برای آئینه های گویسان پیدا کرده ایم.

مرکز L عدسی را خاستگاه همآرا (مبداء مختصات) اختیارمیکنیم خفتهای (abscisses) جسم ونگارهای حقیقی باعلامت + و خفتهای جسم ونگارهای مجازی باعلامت ـ منظور میگردند

فاصله کانونی حقیقی را باعلامت + ومجازی را باعلامت ـ مینویسیم

فاصله LO جسم تاعدسی را باحرف p

فاصله L نگار تاعدسی را باحرف p'

فاصله کانونی FL را باحرف f

نمایش میدهیم درتمام محاسبات فرض آنست که عدسی خیلی نازك وستبری آن کم است.

الف ـ جسم و نگار حقیقی هستند

ازسه گوشه‌های همانند ILM وOLB نتیجه میشود (شکل ۲۰۳)

$$\frac{IM}{OB}=\frac{IL}{OL}$$

از سه گوشه های IFM و LFR نتیجه میشود.

$$\frac{IM}{LR}=\frac{IF}{LF}$$

چون LR=OB نتیجه میشود

$$\frac{IL}{OL}=\frac{IF}{LF}$$

جسم ونگار وکانون همه حقیقی هستند بنابراین مقادیر p و p' و f همه با علامت + ذکر میشوند

$$\frac{p'}{p}=\frac{p'-f}{f}$$

$$p'f=pp'-pf$$

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}$$ یا

هنگامیکه جسم میان F و H قرار دارد همین نتیجه بدست میاید زیرا مانند آنست که IM جسم و OB بجای نگار محسوب گردد .

ب ـ جسم حقیقی و نگار مجازی است

۱ ـ عدسی همگرا (شکل ۲۰۶)

درسه گوشه LIM داریم

$$\frac{IM}{OB}=\frac{IL}{OL}$$

ازسه گوشه FIM نتیجه میشود

$$\frac{IM}{LR}=\frac{IF}{LF}$$

چون LR=OB پس

$$\frac{IL}{OL}=\frac{IF}{LF}$$

دراینجا باید f و p باعلامت + و 'p (چون نگار مجازی است) باعلامت ـ نوشته شود

$$\frac{-p'}{p}=\frac{(-p')+f}{f}$$

که پس از اختصار نتیجه میشود

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

۲ ـ عدسی واگرا ـ ازسه گوشه LOB نتیجه‌میشود (شکل ۲۰۷)

$\frac{IM}{OB}=\frac{IL}{OL}$. و در سه گوشه FLR داریم : $\frac{IM}{LR}=\frac{IF}{FL}$

چون $LR=OB$ پس $\frac{IL}{OL}=\frac{IF}{FL}$

بنا بقرار داد چون جسم حقیقی است p باید با علامت + نوشته شود وچون نگار مجازی است و عدسی واگرا ،p و f باعلامت ـ نوشته می‌شوند .

$$\frac{-p'}{p}=\frac{(-f)-(-p')}{-f}$$

که پس از اختصار نتیجه میشود

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

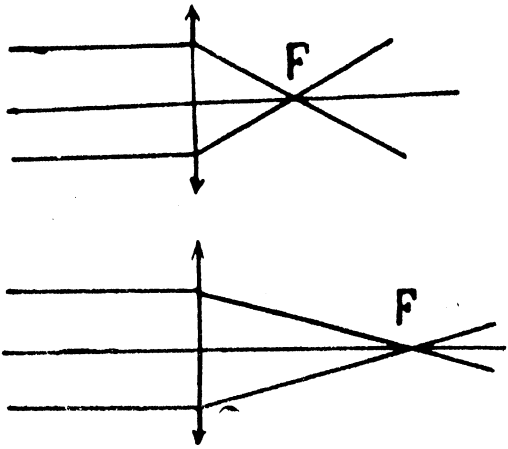
بطوریکه دیده میشود با در نظر گرفتن علامت فرمولی که بدست آمده کلی است و در تمام حالتها بکار میرود .

چنانچه درازی جسم OB را باحرف O و درازی نگار M را با I نمایش دهیم نسبت $\gamma=\frac{I}{O}$ را بزرك نمائی گویند. درتمام حالتهائی که مثال زده شد دیدید که $\gamma=\frac{I}{O}=\frac{p'}{p}$

۱۳۵ ـ هم‌گرائی عدسیها ـ دودسته پرتوموازی روی دوعدسی همگرا که فاصله کانونی آنها (f_1 و f_2) متفاوت است وارد کنید پرتوها پس از عبور ازعدسی درکانون آن جمع میشوند . بطوریکه از روی شکل دیده میشود هرچه f کوچکترباشد پرتوها بیشترجمع میشوند درنتیجه‌میزان همگرائی (C) وفاصله کانونی f نسبت عکس دارند . ومیتوان نوشت

$$C=K\cdot\frac{1}{f}$$

همگرائی یك عدسی که فاصله کانونی آن یکمتر باشد برای یکه همگرائی اختیار شده و آنرا دیوپتری‌نامند . چنانچه C رابا دیوپتری و f را با متر بسنجیم $C=\frac{1}{f}$ وفرمول بشکل $K=1$ نوشته میشود

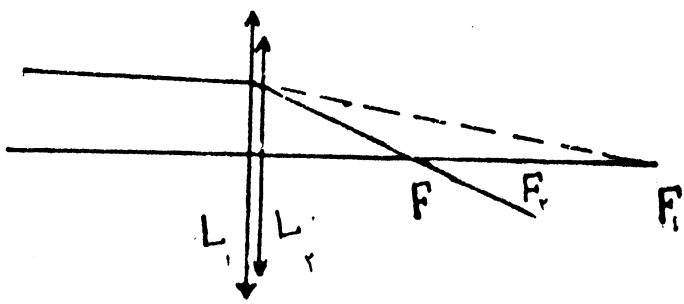


شکل ۲۰۸

ازآنچه گفته شد نتیجه میشودکه همگرائی C یك‌عدسی معرف توانائی آنست

فرمول فوق برای عدسیهای واگرا نیز صادق است در اینجا چون پرتوها ازهم دور میشوند هم گرائی منفی است ولی بنا بقرار داد فاصله کانونی f عدسی واگرا باعلامت ـ باید ذکر شود درنتیجه فرمول هم برای C مقدار منفی بدست میدهد .

۱۳۶ ـ قضیه همگرائی عدسیها ـ دو عدسی نازك L_1 و L_2 بیکدیگر چسبانده شده اند بطوریکه آسه اصلی آنها برهم منطبق است . یك پرتو موازی که روی‌عدسی L_1 وارد شود پس ازخروج از این‌عدسی



شکل ۲۰۹

طوری منحرف شده که امتداد آن از کانون F_1 این عدسی بگذرد ولی چون پس از خروج به L_2 برخورد میکند باز منحرف شده و ازنقطه ای مانند F میگذرد برای تعیین F میتوان فرمول عدسیها را بکار برد :

عدسی L_1 از جسم P که در مقابل آن قرار دارد نگار P_1 تشکیل میدهد و بنا بفرمول عدسیها داریم .

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p_1}=\frac{1}{f_1} \qquad (1)$$

عدسی L_2 از P_1 (که بمنزله جسم مجازی است) نگار P_2 تشکیل میدهد و داریم

$$\frac{1}{-p_1}+\frac{1}{p_2}=\frac{1}{f_2} \qquad (2)$$

چون (۱) و (۲) را بیفزائیم نتیجه میشود

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p_2}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}=C_1+C_2$$

درحقیقت مانند آنست که بجای عدسیهای L_1 و L_2 یك عدسی که هم گرائی آن $C=C_1+C_2$ است بکار برده باشیم .

چنانچه یکی از عدسیها مثلا L_2 واگرا باشد درفرمول باید f_2 را باعلامت ـ بنویسیم ونتیجه میشود . $C=C_1-C_2$

استدلال را میتوان عمومیت داده ونسبت بیك عده عدسی که بیکدیگر چسبانده شده اند بکار برد بدین طریق قضیه موسوم به قضیه همگرائی عدسیها نتیجه میشود :

تأثیر یکعده عدسیهای نازك که بیکدیگر چسبانده شده باشند (عدسی

مرکب) مانند تأثیر یك عدسی است که همگرائی آن برابر جمع جبری همگرائی تمام عدسیهائی که درعدسی مرکب بکار رفته است باشد .

از خاصیت فوق برای ساختن عدسیهای مرکب که در دوربینهای عکاسی و ریزبین وغیره بکار میرود استفاده میکنند .

۱۳۷ ـ خلاصه مطالب بخش بیست و دوم

خاصیت شکست نور عمومیت دارد وبرای رویه‌های غیرهامن نیز صادق است و میتوان قوانین شکست را که درباره هامن‌ها گفته‌شد در باره رویه‌های شکننده ایکه هامن نیستند مانند رویه های گویسان وغیره نیز بکار برد .

عدسی جسم شفافیست که بدو رویه گویسان یایك رویه گویسان و یك هامن محدود باشد عدسیهائیکه لبه آنها نازك و میانشان ستبر است بعدسیهای کوژ یاعدسی همگرا موسومند .

عدسیهائی که ستبری لبه آنها بیش ازستبری میان آنهاست عدسیهای کاو یا واگرا نامیده میشوند .

آسه اصلی عدسی خطیست که مرکز خمش دو رویه را بهم متصل میکند . نقطه برخورد آسه اصلی وعدسی را مرکز اپتیك عدسی نامند (این تعریف در صورتی صحیح است که عدسی بینهایت نازك فرض شود)

پرتوی که از مرکز عدسی بگذرد راستای آن تغییر نکرده و بدون کج راهی ازعدسی خارج میشود . پرتوهائیکه موازی با آسه اصلی سیر میکنند پس از عبور از عدسی کوژ کج راهی یافته و همه آنها از کانون عدسی که روی آسه اصلی است میگذرند . برعکس نوریکه ازکانون بگذرد پس ازعبور ازعدسی کوژ موازی با آسه اصلی سیر میکند . پرتوهای

موازی با آسه اصلی چون روی عدسی واگرا تابیده شوند پس از خارج شدن از عدسی از آسه اصلی دور میشوند ولی امتداد آنها درهمان طرفیکه نور میاید از یك نقطه F که روی آسه اصلی است میگذرند .

عدسیهای کوژ ازجسم حقیقی که دورتر ازفاصلهٔ کانونی قرار گیرد نگاری حقیقی و واژگون و از جسم حقیقی که میان کانون وعدسی قرار گیرد نگاری مجازی ومستقیم تشکیل میدهند

عدسیهای کاو همیشه از یك جسم حقیقی نگار مستقیم و مجازی تشکیل میدهند .

میان فاصله جسم و نگار تاعدسی (p و p') و فاصله کانونی f بستگیهای جبری ذیل که بفرمولهای عدسیها موسومند برقرار است

$$\frac{I}{O}=\frac{p'}{p} \qquad \frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}$$

p و p' برای جسم ونگار حقیقی با علامت + و برای جسم و یا نگار مجازی با علامت − نوشته میشوند . برای فاصله کانونی عدسیهای کوژ f باعلامت + وبرای عدسیهای کاو f باعلامت − نوشته میشود . I و O بترتیب درازی‌نگار وجسم ونسبت $\gamma=\frac{I}{O}$ را بزرك نمائی عدسی نامند

نسبت $C=\frac{1}{f}$ را همگرائی عدسی گویند . همگرائی معرف توانائی عدسی است . یکه همگرائی دیوپتری است و آن همگرائی یك عدسی است که فاصله کانونی آن یك متر باشد .

چون یکعده عدسی نازك که همگرائی آنها بترتیب C_1 و C_2 و C_3 و .... باشد بیکدیگر بچسبانیم عدسی تشکیل میشود که همگرائی آن

باندازه جمع جبری هم گرائی عدسیهای مرکب کننده است

$$C = C_1 + C_2 + \cdots\cdots + C_n$$

با استفاده از این خاصیت عدسیهای مرکب میسازند این عدسیها در ساختمان بسیاری از اسبابهای اپتیك مانند ریز بین دور بین و غیره بکار میروند .

گفتار هفتم

موارد استعمال عدسیها

عدسیها درساختمان بسیاری از اسبابهای اپتیك بکارمیروند دراینجا ذره بین و ریزبین و دوربین که هم در آزمایشگاه و هم در کار های عادی زندگی مورد استفاده اند مطالعه میشود .

بخش بیست و سوم

ذره بین

۱۳۸ ـ در بند ۱۳۱ دیدید عدسی همگرا از جسمیکه در فاصله میان کانون و عدسی قرار گیرد نگاری مجازی مستقیم و بزرگتر تشکیل میدهد . ازاین خاصیت میتوان برای مشاهده جسمهای کوچکی که دیدن آنها باچشم دشوار است استفاده نمود . عدسی همگرا را که بمنظور فوق بکار میرود ذره بین یا خردبین نامند .

۱۳۹ ـ توان ذره بین ـ برای اینکه چشم بتواند جسم (یا نگار) را ببیند لازم است دوشرط ذیل موجود باشد :

۱ ـ فاصله جسم تا چشم میان دوفاصله D و d (حد اکثر و حد اقل رؤیت) باشد . ایجاد این شرط با خردبین بسهولت میسر است زیرا

چون جسم در کانون قرار گیرد نگار آن در بینهایت دور تشکیل میشود هرچه جسم بطرف عدسی نزدیك شود نگار آن نیز بعدسی نزدیك میشود بنابراین میتوان باعقب وجلوبردن عدسی (نسبت بجسم) فاصله نگار را از چشم باندازه مطلوب میزان کرد.

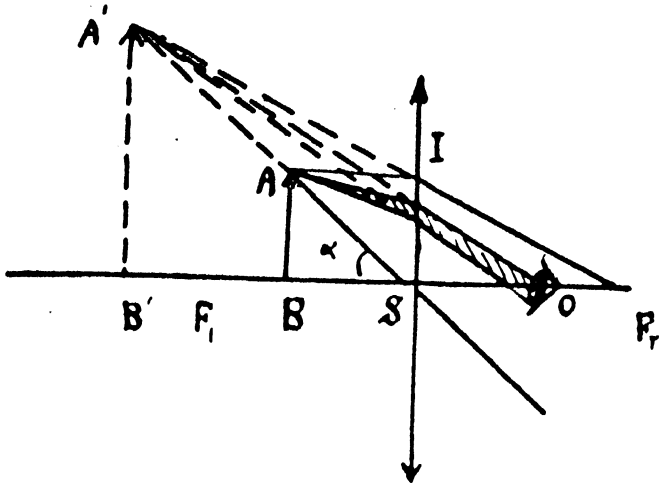
۲ ـ فاصله دو نقطه که باید جدا تشخیص داده شود بقدری باشد که گوشه ای که دونقطه مذکور بآن باید دیده شود از حد معینی کمترنباشد هرچه خوردبین بتواند قطر ظاهری اجسام را بزرگتر نمایش دهد دیدن ذرات کوچکتری میسر است ازاینرو میتوان توانائی یك ذره بین رابوسیله گوشه ایکه نگاربآن‌دیده میشود مشخص‌نمود. برای‌سهولت بیان این‌گوشه را گوشه رؤیت نامیم. نسبت قطر ظاهری نگار بطول جسم (گوشه رؤیت مربوط بیکه درازی جسم را) توان خورد بین گویند.

چون فاصله کانونی خورد بین خیلی کم است و بعلاوه برای چشم سالم راحت ترین وضع موقعیست که نگار را از فاصله دوری نگاه کند (جسم در کانون باشد) هنگام میزان کردن عملا جسم در نزدیکی کانون F قرار داده میشود. فرض کنیم جسم در کانون باشد نگار آن در بینهایت دور واقع است و در اینحالت خطهای A'O و A'S موازیند و چشم در هرجائی که قرار گیرد نگار منظور را با گوشه ASF مشاهده میکند درسه گوشه ASF داریم (درشکل ۲۱۰ فرض کنید AB در F قرار دارد)

$$tg.\ \alpha = \frac{AB}{f}$$

چون AB خیلی کوچك است میتوان در اولین تقریب بجای

$\alpha = \frac{AB}{f}$ مقدار α را بکار برد ، در اینصورت $tg.\alpha$



شکل ۲۱۰

از اینرو نتیجه میشود:

$$P = \frac{\alpha}{AB} = \frac{1}{f}$$

توان خرد بین با همگرائی آن برابر است و با یکه دیوپتری سنجیده میشود (گوشه ها با رادیان و درازیها با متر) .

تمرین ـ فاصله مرکز اپتیك چشم را تاعدسی باحرف a و فاصله نگار را تاچشم باحرف D نمایش داده وتوان خوردبین را درحالت عمومی معلوم کنید . فرمول ذیل را پیدا خواهید کرد :

$$P = \frac{1}{f}\left(1 + \frac{f-a}{D}\right)$$

درحالتیکه مرکز چشم درکانون F_2 است $a=f$ و $P=\frac{1}{f}$. درحالت عمومی نیز چون D بزرك است جمله $\frac{f-a}{D}$ کوچك است وبطوریکه گفتیم میتوان درتمام حالتها توان را برابر همگرائی فرض کرد .

۱۴۰ ـ درشت نمائی ـ نسبت $G=\frac{\alpha'}{\alpha}$ را درشت نمائی ذره بین نامند .

α' گوشه رؤیت جسم AB است بابکار بردن ذره بین . α گوشه‌رؤیت AB است بدن ذره بین درحالتیکه فاصله آن تاچشم باندازه فاصله حداقل

رؤیت باشد .

بنا بتعریف داریم : $P=\frac{\alpha'}{AB}$ یا $\alpha'=P\times AB$

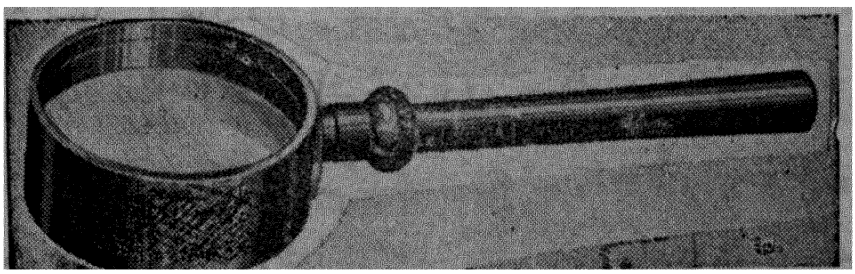
چنانچه فاصله حد اقل رؤیت را d نامیم $\alpha=\frac{AB}{d}$

پس $G=\frac{\alpha'}{\alpha}=\frac{P\times AB\times d}{AB}=P\times d$

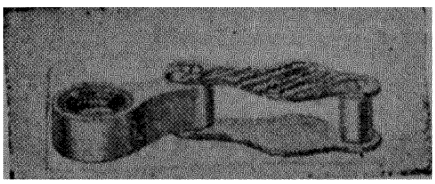
درشت نمائی برابراست باحاصل بس شماری توان P درحد اقل رؤیت d

چون حداقل رؤیت d برای چشمهای مختلف متفاوت است درشت نمائی ذره بین نسبت بچشمهای مختلف تفاوت دارد .

برای سهولت عمل عدسی ذره بین را درقاب یالوله ای نصب میکنند گاه نیز برای اینکه چشم خسته نشده واشیاء بخوبی مجسم شوند در بعضی دستگاهها دوذره بین نصب شده که هریك درمقابل یك چشم قرار میگیرد درشکل های ۲۱۱ و ۲۱۲ و۲۱۳ نمونه یك‌خردبین‌دستی یك‌خرد بین



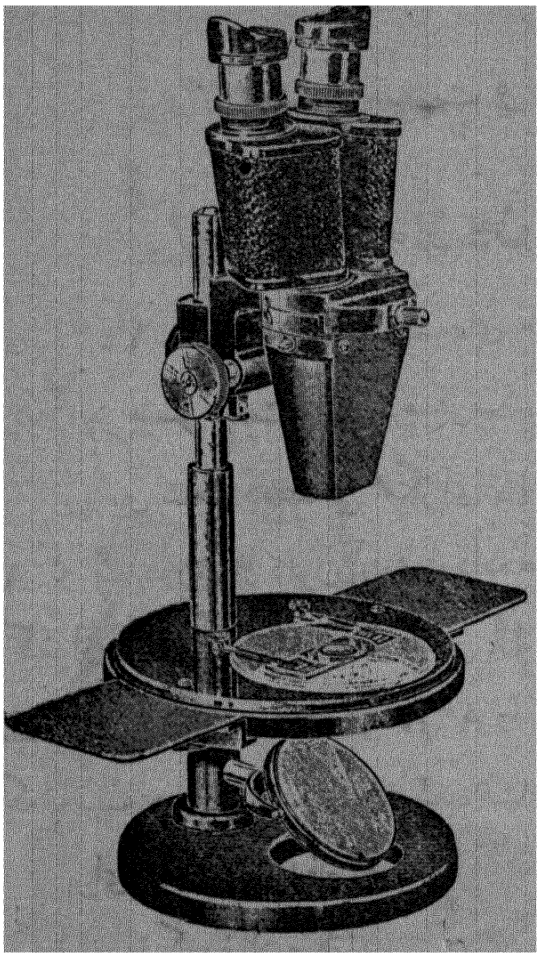
شکل ۲۱۱



شکل ۲۱۲

جیبی و یك خرد بین دو چشمی دیده میشود

۱۴۱ ـ خلاصه مطالب بخش بیست و سوم



شکل ۲۱۳

خردبین یا ذره بین اسبابیست که برای مشاهده جسمهای کوچك بکار میرود و آن از یك عدسی همگرا که فاصله کانونی آن در حدود چند سانتیمتر است تشکیل شده . این عدسی از جسمی که میان عدسی و کانون قرار گرفته نگاری مجازی و بزرگتر تشکیل میدهد . برای میزان کردن باید فاصله عدسی و جسم را کم و زیاد کرد تا نگار در فاصله‌ای که برای چشم ناظر قابل رؤیت باشد واقع شود . گوشه رؤیت مربوط بیکه درازی جسم یعنی نسبت قطر ظاهری نگار بطول جسم را توان خرد بین نامند. توان خرد بین برابر است با همگرائی عدسی ($\frac{1}{f}$) و با دیوپتری سنجیده میشود . نسبت گوشه رؤیت جسم با خرد بین بگوشه رؤیت جسم بدون خردبین (در اینحالت جسم در فاصله‌ای باندازه اقل فاصله رؤیت قرار دارد) را درشت نمائی نامند .

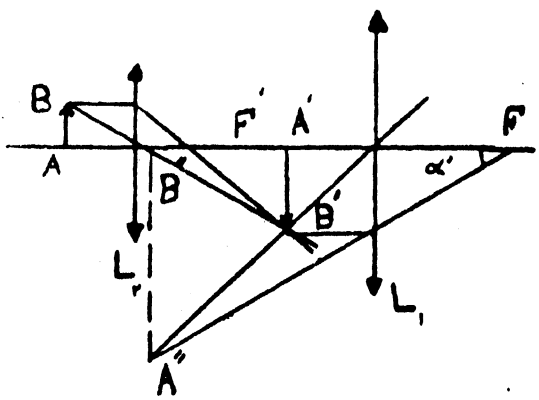
درشت نمائی G برابر است با $P.d$ بنا بر این درشت نمائی نسبت بچشمهای مختلف متفاوت است .

بخش بیست و چهارم

ریز بین

۱۴۲ ـ برای مشاهده جسمهای خیلی کوچك که دیدن آنها با خردبین نیز میسر نیست ریزبین (میکرسکپ) بکار میبرند.

ریزبین شامل دوعدسی همگرای L_1 و L_2 است. عدسی L_2 ازجسم AB که کمی‌دورتر ازکانون آن قرارداده میشود نگاری‌حقیقی واژگون و بزرگترازجسم تشکیل میدهد. عدسی L_1 مانند خردبین بکار رفته از نگار A'B' نگار بزرگتر و مجازی "A"B را تشکیل میدهد. چشم نگاراخیر را که بوسیله هر دو عدسی بزرك شده مشاهده میکند.

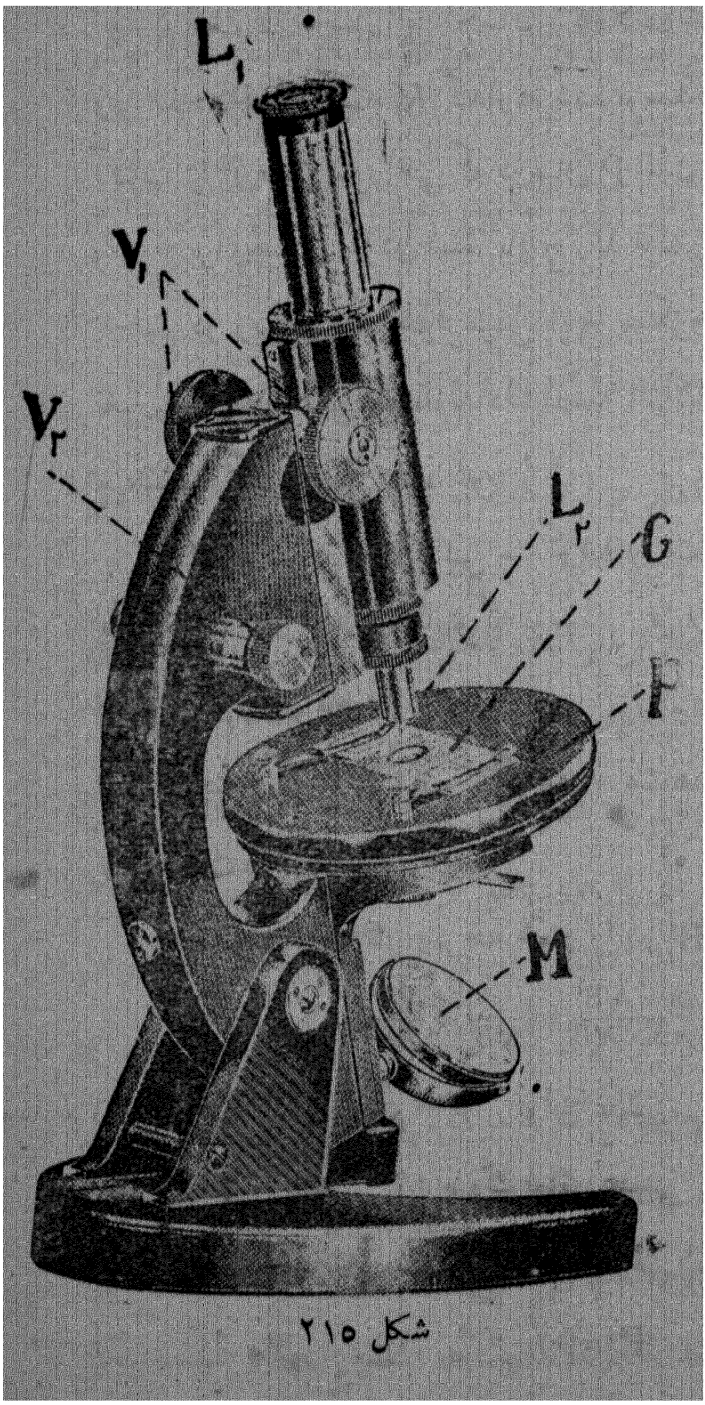


شکل ۲۱۴

برای میزان کردن، فاصله جسم را تا L_2 کم‌وزیاد میکنند تا نگار "A"B در فاصله قابل رؤیت برای چشم قرار گیرد. برای‌چشم سالم،مشاهده‌جسمهای دوربدون‌خستگی صورت‌میگیرد درنتیجه ممکن است فاصله L_2 تاجسم را طوری میزان کنند که A'B' درکانون عدسی L_1 تشکیل شود. عدسیهای L_1 و L_2 در طرفین لوله ای نصب شده اند. عدسی L_2 را که

که نزدیك جسم قرارمیگیرد ابژکتیف وعدسی L_1 که چشم‌را پشت آن‌قرار میدهند چشمی نامند.

برای ابژکتیف عدسی هائی که همگرائی آنها خیلی زیاد باشد.



شکل ۲۱۵

بکارمیبرند. فاصله کانونی ابژکتیفها کمتر از سانتیمتر و گاهی در حدود میلیمتر است. همگرائی عدسی چشمی کمتر از ابژکتیف و فاصله کانونی آن در حدود سانتیمتر است.

جسمی را که باید مشاهده شود روی صفحه شیشه پاکی گذارده‌شیشه را روی صفحه P که زیر لوله‌ریزبین نصب شده قرار

میدهند روی P دو فنر کوچك سوار شده برای اینکه شیشه را محکم در جای خود نگاه دارد .

چون جسمهائی که باریزبین دیده میشوند خیلی کوچك وروشنائی آنها کم است لازم است این اجسام را کاملا روشن کرد، برای این منظور زیر صفحه P یك آئینه M گذارده شده بوسیله این آئینه نور چراغ یا آفتاب را از میان سوراخی که درمیان P است روی جسم میتابند

برای میزان کردن ابتدا باپیچ V_1 لوله ریزبین را بالاوپائین میبرند تاجسم در ریزبین دیده شود سپس باپیچ میکرومتری V_2 که با آن میتوان تغییر مکانهای خیلی کم بلوله داد فاصله ابژکتیف تا جسم را کم و زیاد میکنند تا نگار بخوبی دیده شود .

۱۴۳ - توان ریزبین - گوشه رؤیت مربوط بیکه درازی جسم یعنی نسبت قطر ظاهری نگاری که بوسیله ریزبین دیده میشود بدرازی جسم را توان ریز بین نامند .

چشم نگار "A"B را با گوشه α' مشاهده میکند پس توان ریزبین برابر است با $P=\frac{\alpha'}{AB}$

میتوان برخه نام وبرخه شمار را در A'B' ضرب کرد

$$P=\frac{\alpha'\times A'B'}{AB\times A'B'}=\frac{\alpha'}{A'B'}\times\frac{A'B'}{AB}$$

جمله اول $p=\frac{\alpha'}{A'B'}$ توان عدسی L_1 است که بجای خرد بین بکار رفته و $\gamma=\frac{A'B'}{AB}$ بزرك نمائی عدسی L_2 است. پس توان ریز بین برابر است با حاصل بسشماری بزرك نمائی ابژکتیف در توان چشمی

$$P=p\cdot\gamma$$

درشت نمائی ـ درشت نمائی ریز بین مانند درشت نمائی خردبین بانسبت $G=\frac{\alpha'}{\alpha}$ تعریف میشود.

α' گوشه رؤیت جسم است با ریزبین

α گوشه رؤیت جسم است بدون ریزبین درحالیکه فاصله آن تا چشم باندازه حداقل فاصله رویت باشد.

چون درازی جسم را با AB نمایش دهیم بنا بتعریف توان داریم

$$\alpha=\frac{AB}{d} \qquad \alpha'=P.AB$$

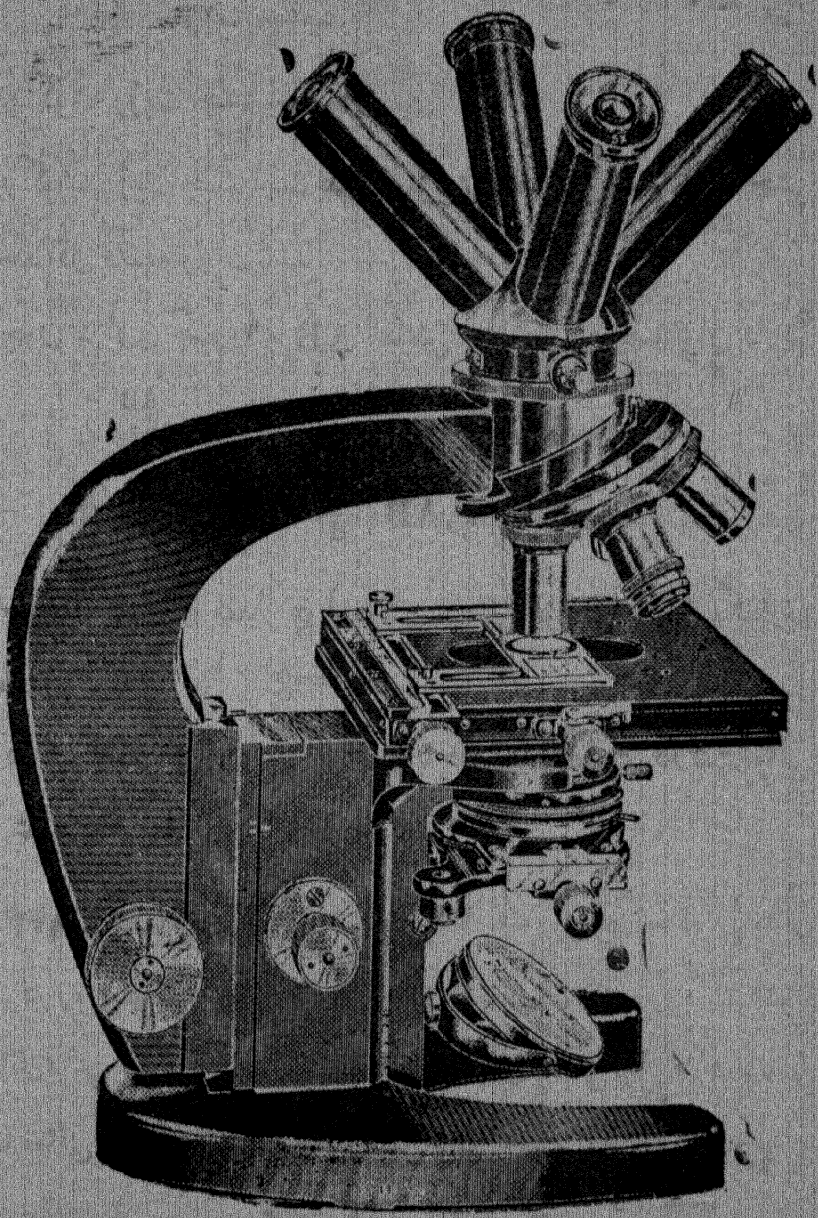
$$G=\frac{\alpha'}{\alpha}=P.AB:\frac{AB}{d}=P.d=p.\gamma.d$$

چون بجای d.p مقدار g (درشت نمائی خردبین) را بگذاریم نتیجه میشود $G=g.\gamma$

درشت‌نمائی ریزبین برابر است باحاصل‌بسشماری درشت‌نمائی چشمی دربزرك نمائی ابژکتیف

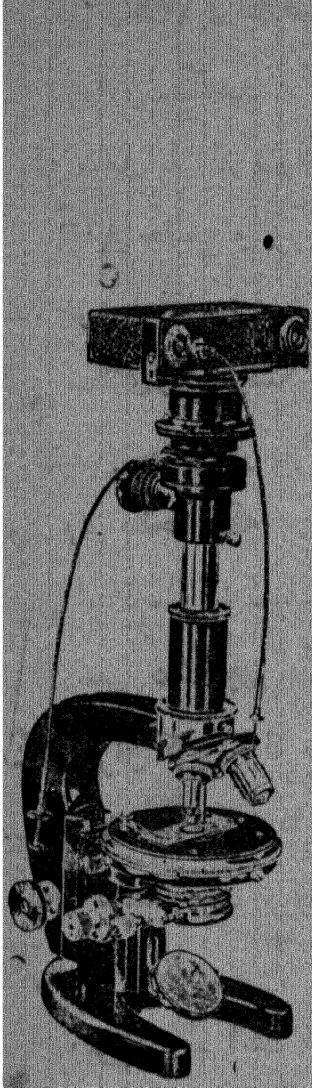
۱۴۴ ـ اقسام ریزبین ـ شکل ۲۱۵ یك ریز بین ساده را نشان میدهد. در ریزبینهائیکه برای کارهای دقیق آزمایشگاه بکارمیرود بسته‌بنوع کار وسائل‌فرعی دیگر مانند ابژکتیف وچشمهای یدکی برای ازدیادتوان ودرشت نمائی ویا کندانسور برای روشن‌کردن جسم، وسائل عکاسی‌برای عکس برداشتن از جسم و غیره بکار میبرند. برای بعضی آزمایشها نیز ریزبینهای‌دوچشمی بکار میبرند. برای‌اینکه بتوان‌بسرعت چشمی‌ابژکتیف راعوض کرد ابژکتیف ویاچشمیهای یدکی را روی صفحه ای که بدستگاه متصل است سوار کرده اند با چرخاندن‌صفحه، لوله های ابژکتیف یکی

بعد از دیگری درجای خود قرار میگیرند. شکل ۲۱۶ ریز بینی را نشان

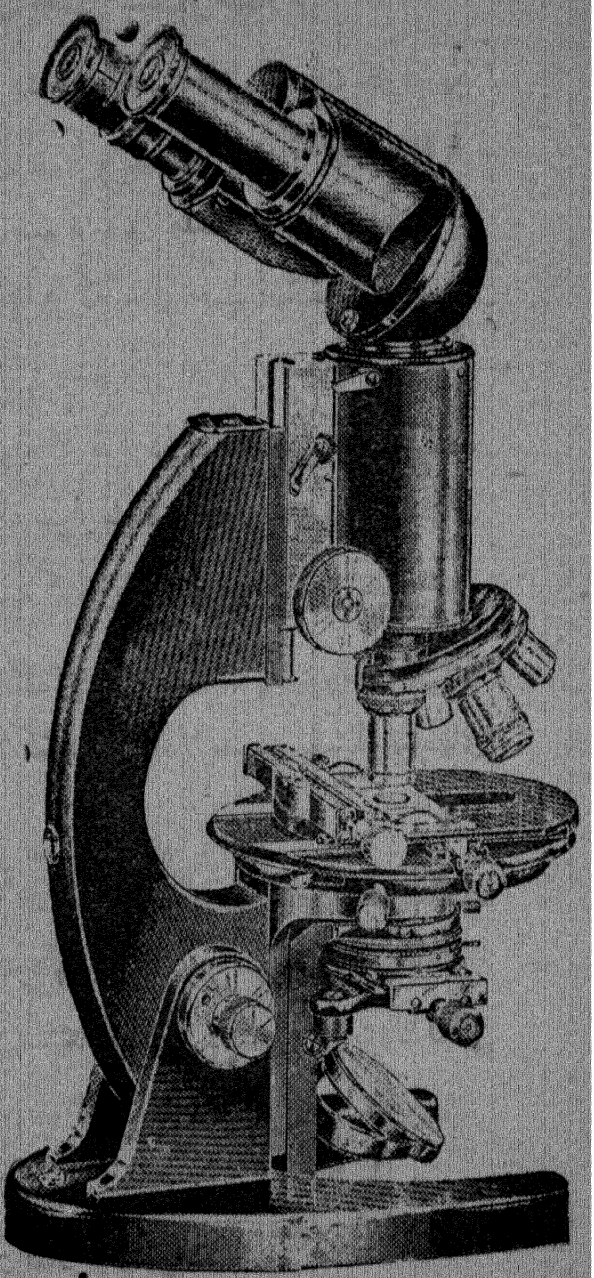


شکل ۲۱۶

میدهد که دارای چهار چشمی و چهار ابژکتیف است . شکل ۲۱۷ یك ریزبین دوچشمی است . شکل ۲۱۸ ریزبینی است که بیك دستگاه عکاسی



شکل ۲۱۸



شکل ۲۱۷

متصل شده است .

بوسیله ریزبینهای قوی میتوان جسمهائیکه بزرگی آنها درحدود میکرن (هزارم میلیمتر است) مشاهده نمود ویا عکس برداشت .

۱۴۵ ـ خلاصه مطالب بخش بیست وچهارم

ریزبین دستگاهیست که برای مشاهده اجسام خیلی کوچك بکار میرود ریزبین شامل یك ابژکتیف (عدسی مرکب همگرا) است که ازجسم AB نگار 'A'B حقیقی و بزرگتر از جسم تشکیل میدهد و یك چشمی که مانند خردبین عمل کرده از نگار 'A'B که بجای جسم حقیقی بکارمیرود نگاری مجازی وبزرك تشکیل میدهد ، چشم نگار اخیر را مشاهده میکند. ابژکتیف و چشمی در دو انتهای لوله ای قراردارند. جسمی که باید دیده شود روی صفحه ایکه در زیر لوله سوار شده میگذارند. برای میزان کردن باید فاصله ابژکتیف را تاجسم کم وزیاد کرد میزان این تغییرخیلی کم (دربعضی دستگاهها ممکن است بصدم میلیمتر برسد) ازاینرو لازم است هنگام میزان کردن لوله حامل ابژکتیف را باملایمت و بوسیله پیچهای میکرمتری تغییر مکان داد.

گوشه رؤیت مربوط بیکه درازی جسم یعنی نسبت قطر ظاهری نگاری که بوسیله ریزبین دیده میشود بطول جسم را توان ریزبین نامند. توان ریزبین برابر است با حاصل بسشماری توان چشمی در بزرك نمائی ابژکتیف.

$$P = p.\gamma$$

نسبت گوشه رؤیت با دستگاه بگوشه رؤیت بی دستگاه (جسم در فاصله اقل رؤیت است) را درشت نمائی ریزبین نامند.

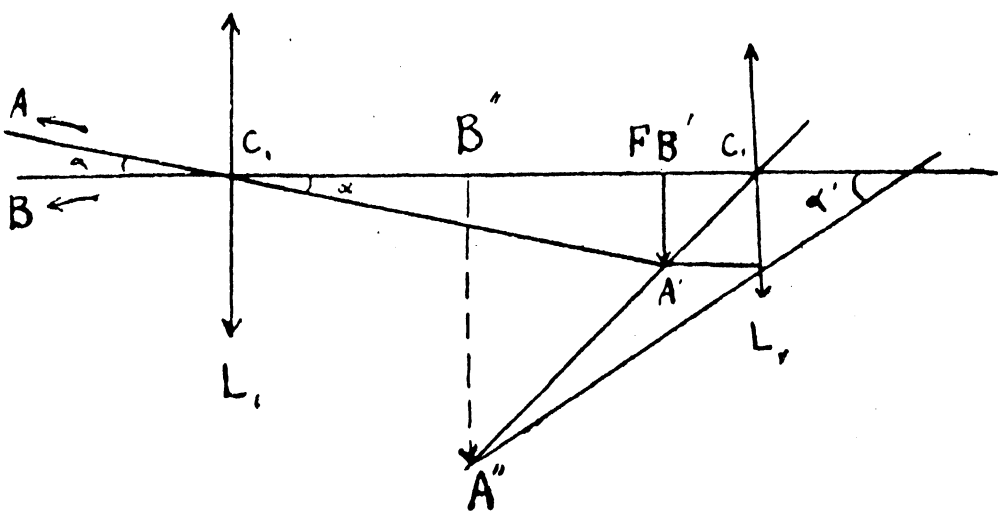
$$G = d.P = dp\gamma = g.\gamma$$

درشت نمائی برابر است با حاصل بسشماری درشت نمائی چشمی دربزرك نمائی ابژکتیف. با ریز بینهای قوی میتوان جسمهائیکه بزرگی آنها درحدود هزارم میکرن باشد مشاهده نمود ویاعکس برداشت

بخش بیست و پنجم

دوربین

۱۴۶ ـ در بند ۱۳۱ دیدیم یك عدسی همگرای L_1 از جسمی که در فاصله بسیار دوری قرار گرفته باشد نگار حقیقی تشکیل میدهد این نگار واژگون ودر نزدیك کانون واقع است . موقعیکه جسم زیاددور باشد نگار درسطح کانونی تشکیل خواهد شد . نگاریرا که بدینسان تشکیل شده میتوان بایك خردبین (عدسی همگرای L_2) مشاهده کرد .



شکل ۲۱۹

با استفاده ازخاصیت فوق اسبابهائی میسازند بنام دور بین که برای دیدن جسمهائیکه درفاصله های دور قرار دارند و چشم نمیتواند جزئیات آنرا بخوبی ببیند بکار میبرند

۱۴۷ ـ دوربین اختری ـ دوربین اختری از دو عدسی (چشمی و ابژکتیف) تشکیل شده که در دو انتهای دولوله قراردارند. سر آزادیکی از این دولوله درلوله دیگر داخل میشود. با خارج کردن یا داخل کردن این لوله فاصله دوعدسی را میتوان کم وزیاد نمود.

ابژکتیف عدسی همگرائی است که فاصله کانونی آن در دوربینهای عادی اختری درحدود متر و در دوربینهای خیلی بزرك به بیست متر نیز میرسد این عدسی ازجسم دوری که باقطر ظاهری " دیده میشود یك نگار 'A'B در هامن کانونی خویش تشکیل میدهد.

چشمی عدسی همگرائی است که فاصله کانونی آن ازیك تا چندسانتیمتر تغییر میکند. این عدسی مانندخردبین عمل کرده و از نگار 'A'B نگار "A"B مجازی و بزرگتر از جسم تشکیل میدهد. چشم نگار اخیر را مشاهده میکند.

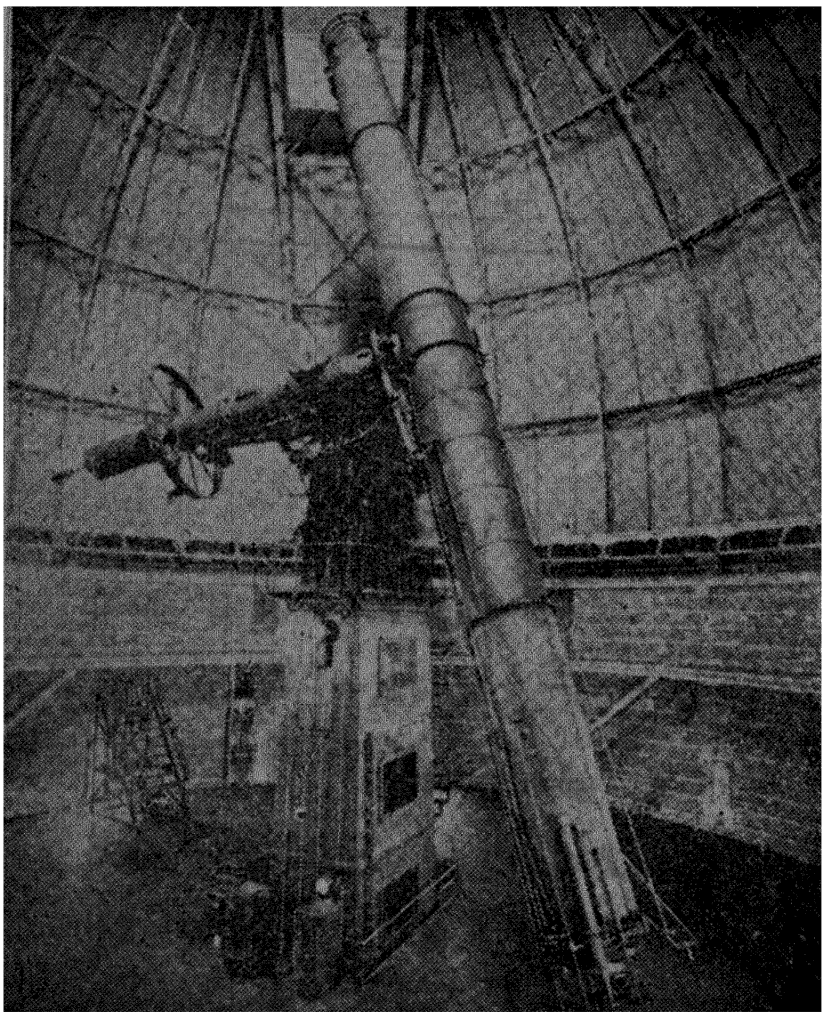
برای میزان کردن باید فاصله چشمی را نسبت به ابژکتیف کم و زیاد کرد تا "A"B در فاصله قابل رؤیت برای چشم ناظر قرار گیرد.

دوربینهای بزرك چون زیاد سنگین هستند روی پایه های مخصوص قرار داده میشوند وباوسائل مکانیك تمایل آنها را کم و زیاد کرده و یا میچرخانند. در ایستگاههای بزرك اختر شناسی دوربین که درحقیقت مانند برجی است روی سکوی متحرك قرار گرفته است سکو و کلیه متعلقات آنرا میتوان باختیار بالا وپائین آورد ویا درسوی معینی چرخاند.

موقعیکه میخواهند درمدتی طولانی اختری را مشاهده ووضع آنرا مطالعه کنند چون نظر بحرکت وضعی زمین اختر از میدان دید دوربین

خارج میشود برای جلوگیری از این قسمت لازم است دوربین نیز حرکت ظاهری کوکب را تعقیب کند لذا سکوی نامبرده را بوسیله دستگاههای مخصوص مانند عقربه ساعت میچرخانند .

شکل ۲۲۰ دوربین اختری ایستگاه اختر شناسی دانشگاه شیکاگو را نشان میدهد . ابژکتیف این دوربین عدسی‌است بقطر ۹۸ سانتیمتر ودر



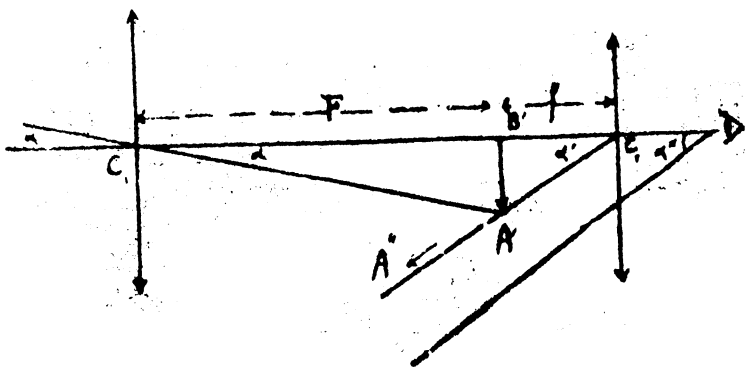
شکل ۲۲۰

لوله ایکه درازی آن نزدیك ۱۹ متر است نصب شده لوله و متعلقات آن

که بیست‌ویك تن وزن دارد باوسائل مکانیك بحرکت‌درمیاید. ارتفاع‌سکو و متعلقات آن وهمچنین تمایل دوربین را ممکن است باختیار میزان کرد

۱۴۸ـ درشت نمائی ـ نسبت گوشه رؤیت جسم بادوربین بگوشه رؤیت باچشم (بی دوربین) را درشت نمائی گویند. $G=\frac{\alpha'}{\alpha}$

چون گوشه α کوچك‌است ممکن‌است‌بجای $tg.\alpha$ کمان α بکار رود. در



شکل ۲۲۱

سه گوشه های $C_1A'B'$ و $C_2A'B'$ داریم

$$\alpha'=\frac{A'B'}{F} \qquad \alpha'=\frac{A'B'}{f}$$

$$G=\frac{\alpha'}{\alpha}=\frac{F}{f}$$

درشت نمائی یك دور بین اختری برابر است با نسبت فاصله کانونی ابژکتیف بفاصله کانونی چشمی.

بزرك نمائی دوربین شکل ۲۲۰ که فاصله کانونی آن درحدود ۱۹ متر است با یك ابژکتیف که فاصله کانونیش ۲ سانتیمتر باشد درحدود ۱۰۰۰ میشود.

۱۴۹ ـ دور بین زمینی ـ در دوربین اختری ابژکتیف از جسم نگاری واژگون تشکیل میدهد وچشمی ازاین نگار واژگون، نگاری‌مستقیم

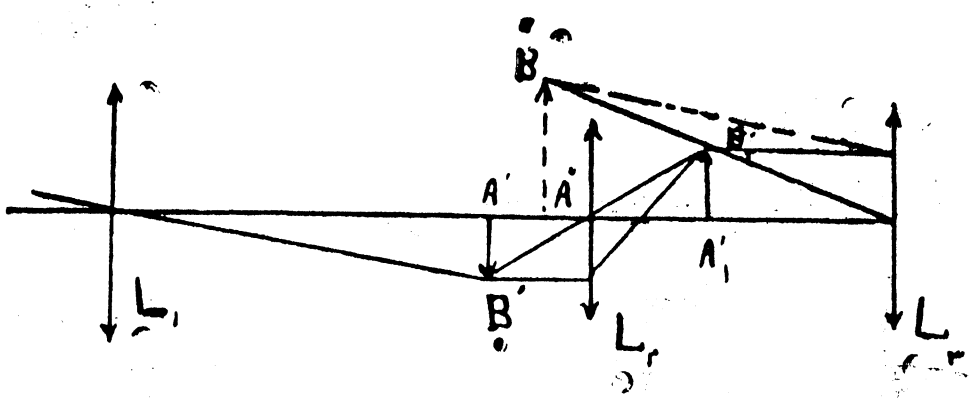
تشکیل میدهد درنتیجه نگاری که دیده میشود نسبت بجسم واژگون است برای مشاهده جسمهای آسمانی واژگون بودن نگار اهمیتی ندارد ولی جسم های زمینی مانند کوه ودرخت وعمارت وغیره باید دروضع طبیعی دیده شوند بنابراین دور بینهائیکه برای این منظور تهیه میشوند باید تکمیل گردند تانگاری که دیده میشود نسبت بجسم مستقیم باشد . سه روش برای انجام منظور متداول است .

۱ ـ اضافه کردن یك عدسی همگرا میان چشمی و ابژکتیف .

۲ ـ اضافه کردن دوشوشه میان چشمی و ابژکتیف .

۳ ـ بکاربردن یك عدسی واگرا بجای عدسی همگرا برای چشمی

الف ـ دوربین عادی ـ بطوریکه در شکل ۲۲۲ دیده میشود ابژکتیف L_1 از جسم دور AB نگار واژگون $A'B'$ را تشکیل میدهد . عدسی L_2 ازنگار $A'B'$ نگار $A'_1B'_1$ کهنسبت به $A'B'$ واژگون ونسبت

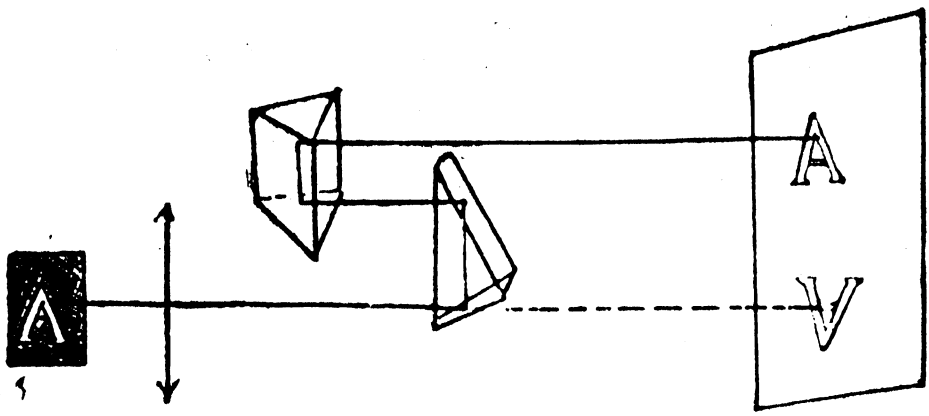


شکل ۲۲۲

به AB مستقیم است تشکیل میدهد بالاخره چشمی L_3 از $A'_1B'_1$ نگار مستقیم مجازی "A"B را تشکیل میدهد که بوسیله چشم دیده میشود .

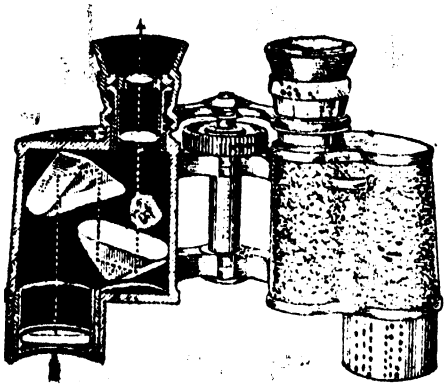
ب ـ دوربین شوشه ای

آزمایش ٦٦ ـ بایك عدسی نگار حقیقی جسم روشنی را تشکیل دهید میدانید که این نگار واژگون است . دو شوشه با بازتاب کلی بطوریکه در شکل ۲۲۳ دیده میشود سر راه پرتو ها بگذارید روی پرده نخست نگار



شکل ۲۲۳

واژگون جسم دیده میشد اینك که شوشه‌ها را سرراه پرتوها گذارده‌اید نگار مستقیم جسم‌را خواهید دید . ازاین خاصیت برای مستقیم کردن نگار در دوربین استفاده میشود . شکل ۲۲٤ ساختمان ومسیر پرتو را در یك دوربین شوشه ای نشان میدهد .

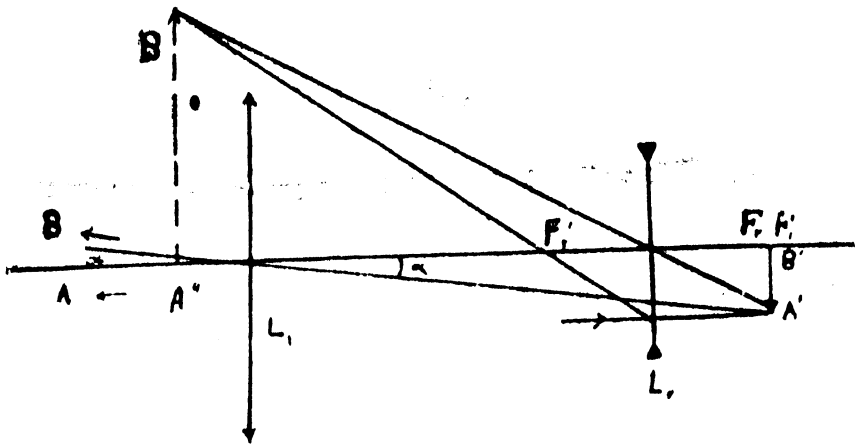


شکل ۲۲٤

۱۵۰ ـ دوربین گالیله ـ با بکار بردن یك چشمی واگرا نیز میتوان نگار مستقیم تشکیل داد .

اثر کتیف همگرای L_1 از جسم دور AB نگار 'A'B را درهامن کانونی خود (F_1) تشکیل میدهد. عدسی

واکرای L_2 که در سر راه این پرتو ها قرار داده شده آنها را منحرف



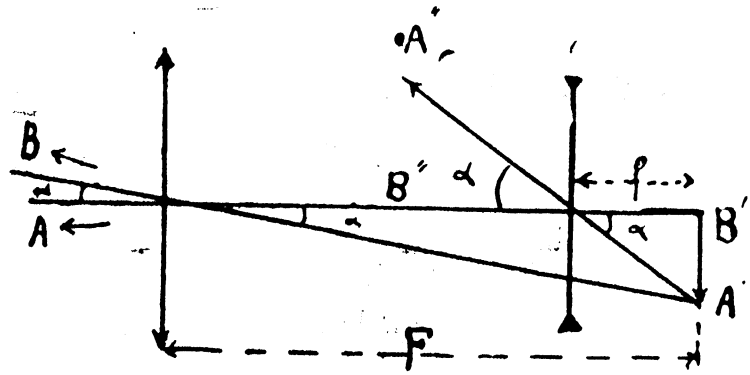
شکل ۲۲۵

میکند و بطوریکه در شکل ۲۲۵ دیده میشود نگار مستقیم "A"B تشکیل میشود .

فاصله کانونی ابژکتیفهای دوربین گالیله در حدود دسیمتر و فاصله کانونی چشمی درحدود ۲ الی ۳ سانتیمتر است .

۱۵۱ ـ درشت نمائی ـ نگار 'A'B در هامن کانونی ابژکتیف تشکیل میشود $A'B' = \alpha.F$ چون توان چشمی $\frac{1}{f}$ است جسم 'A'B با گوشه $\alpha' = \frac{1}{f}.A'B'$ دیده میشود ودرشت نمائی برابر است با

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{1}{f} A'B' : \frac{A'B'}{F} = \frac{F}{f}$$



شکل ۲۲۶

درشت نمائی دوربین کالیله نیز مانند دوربین اختری برابر است بانسبت فاصله کانونی ابژکتیف بفاصله کانونی چشمی .

برای اینکه پستی و بلندی نقاط مختلف جسم بخوبی مجسم شود وچشم نیز خسته نشود دوربینهای کالیله و دوربینهای شوشه ای را عموماً مضاعف میسازند یعنی درحقیقت دو دوربین در یك دستگاه سوار شده که چشمی هریك مقابل یك چشم قرار میگیرد .

بوسیله پیچی میتوان فاصله چشمی و ابژکتیف را کم و زیاد کرد (شکل ۲۲٤)

۱۵۲ ـ خلاصه مطالب بخش بیست وپنجم

دوربینها وسائلی‌هستند که برای مشاهده اجسام دور بکار میروند . دوربین اختری شامل یك ابژکتیف همگراست که فاصله کانونی آن ازیك تاچند متر است و دارای یك چشمی همگراست که فاصله کانونی آن ازیك تاچند سانتیمتر است .

ابژکتیف ازجسمهای دور نگاری حقیقی وواژگون در هامن کانونی خود تشکیل میدهد . چشمی مانند خردبین کار کرده وازاین نگارنگاری مجازی وبزرك تر و مستقیم (نسبت به نگار اولی) تشکیل میدهد . چشم نگار مجازی مذکور را مشاهده میکند .

برای مشاهده اجسام زمینی که لازم است باحالت طبیعی دیده شوند باید نگار واژگون را مستقیم کرد برای اینکار میتوان میان چشمی و ابژکتیف یك عدسی همگرای L یا دو شوشه بابار تابش کلی قرارداد ونیز میتوان برای چشمی یك عدسی واگرا بکار برد .

برای میزان کردن دوربین فاصله چشمی را تا ابژکتیف کم و زیاد می کنند .

نسبت گوشه رؤیت جسم (با دوربین) بگوشه رؤیت بدون دوربین را درشت نمائی نامند .

درشت نمائی دوربین برابر است با نسبت $\frac{F}{f}$ فاصله کانونی ابژکتیف بفاصله کانونی چشمی .

درشت نمائی دور بینهای اختری از ۲۵ تا متجاوز از ۱۰۰۰ است . درشت نمائی دوربینهای گالیله میان ۲ تا ۱۵ میباشد .

گفتار هشتم

کار در آزمایشگاه

بخش بیست و ششم

۱۵۳ ـ منظور از آزمایشهائیکه در درس فیزیك دوره متوسطه انجام میگیرد بدست آوردن دو نتیجه است :

۱ ـ نشاندادن آثار فیزیکی برای کمك بتشریح موضوع وفهماندن مطالبیکه تدریس میشود .

برای این قسمت کافیست که دانش آموزان در درجه اول با نهایت دقت مواظب باشند دبیر چگونه آزمایش را انجام میدهد سپس یکی دوبار کتاب خود را مطالعه کرده و برای اینکه موضوع را بهتر فهمیده نتیجه مرکوز ذهن آنها شود با وسائلی که در آزمایشگاه موجود است (یاوسائلی که‌خود دانش آموزان ممکن‌است تعبیه کنند) آزمایش‌را شخصا انجام‌دهند

۲ ـ انجام آزمایش های دقیق ویادداشت نتائج و بحث وتدقیق در نتیجه های سنجش و بدست آوردن نتیجه های عددی صحیح .

باید دانست این قبیل آزمایشها اساس ومبنای بسیاری از اکتشافات جدید و ترقیات شگفت انگیزی است که در نیمه دوم قرن اخیر نصیب علوم فیزیك گشته و زندگانی نوع بشر را دگرگون ساختهٔ است بنابراین دانش آموزان جهت انجام اینگونه آزمایشها باید آماده و زبر دست شوند

تابتوانند در ضمن تحصیلات عالی و آزمایشهائیکه بمنظور کشف قوانین جدید انجام میدهند از کارهای خود نتیجه صحیح ومطلوب بدست آرند.

برای انجام این دسته آزمایشها دانش آموز راهنمائی میشود ولی باید کاررا خود انجام دهد. مطالعه ویا ازبر کردن روش کار نتیجه‌نبخشد. مثال دانش آموزی که تصور کند با حفظ کردن دستورات مربوط بآزمایش میتواند آزمایش را انجام دهد مانند شخصی است که فنون شنا و روش حرکت دادن دست وپا را درکتابی مطالعه و ازبر نماید وبتواند با نهایت خوبی آنهارا بیان کند باوجود آن چون درآب افتاد شنا کردن نداند. باید اصول‌وتعلیمات باعمل‌توام گردد ازاینرو است‌که دربرنامه فیزیك کلاسهای متوسطه کار درآزمایشگاه تصریح شده‌است. بدست آوردن نتیجه ازکاریکه در آزمایشگاه انجام میگیرد مستلزم مراعات اصول ونکاتی است که بظاهر ممکن است ساده و بی اهمیت بنظر رسد ولی درحقیقت عامل حقیقی‌نیل بمقصود است. (نمونه این اصول ونکات دربند ۱۵۵ ذکر میشود.)

طرز تقسیم‌بندی دانش آموزان باملاحظه وضعیت آزمایشگاه وتعداد دستگاه هائیکه برای هر آزمایش لازم است وعده دانش آموزان کلاس‌تغییر میکند. بر دبیر است که باملاحظه عوامل مذکور دانش آموزان را بدسته های مناسب تقسیم کند. دراین دسته بندی باید دقت شود که بقدر امکان دسته‌ها کوچك ومجزا باشند. بطور کلی برای انجام هرآزمایش دوتاچهار دانش آموز میتوانند باهم کار کنند وممکن است در هر اتاق شش دستگاه آزمایش مختلف فراهم کرد بدینسان ۲۴ دانش آموز بسهولت میتوانند کارخودرا انجام‌دهند. دبیریامتصدی آزمایشگاه نیزوقت‌کافی برای‌راهنمائی

و رسیدگی بکار هردسته خواهد داشت ودر آخر هرماه کلیه دانش‌آموزان دست کم چهار آزمایش انجام داده اند . چنانچه عده دانش آموزان بیش از ۲۴ تن باشد درصورتیکه وسائل کافی در آزمایشگاه باشد سزاوار است که وسایل آزمایش در دو اتاق برای دو دسته ۲۴ نفری ترتیب داده شود . چنانچه وسیله فراهم نگردد بهتر است که هر ۲۴ تن دو هفته یکبار در آزمایشگاه کار کنند . اجتماع عده زیاد دانش آموز در یك اتاق ولو اینکه وسیع باشد مخل آرامش ومانع پیشرفت کار است .

در جلسه اول دانش آموزان باید روش صحیح بکار بردن وسائل مختلفی را که برای سنجش کمیت ها بکار میرود آموخته وتمرین کنند تا بخوبی از عهده سنجش کمیتهای مورد احتیاج مانند درازا ـ سطح ـ گنج شدت جریان ـ اختلاف پتانسیل .... برآیند سپس بانجام آزمایشهای دیگر که موضوع آنرا قبلا خوانده اند خواهند پرداخت . در فهرستی که در آخر این بخش درج‌شده یکعده آزمایشها که انجام آن ازنظر تهیه برنامه لازم است تصریح شده . درکلاسهای پر جمعیت عملا نمیتوان عده بیشتری آزمایش بادقت مطلوب انجام داد . چنانچه عده دانش آموزان کلاس بیش از ۳۰ نفر نباشند سزاوار است یکعده دیگر از آزمایشهائی که در کتاب درج‌شده ویامربوط بمطالب مقدماتی که درکتاب‌سوم‌مطالعه شده ویادآوری آنها برای تکمیل اطلاعات دانش آموزان لازم است نیز انجام گیرد

۱۵۴ ـ کتابچه آزمایش ـ هردانش‌آموز باید دو کتابچه آزمایش داشته باشد یکی برای پیش نویس ویکی برای پاك نویس . درپیش نویس ضمن انجام آزمایش کلیه مطالب لازم‌را بترتیب یادداشت کنید . درکتابچه

پاکنویس مطالب ذیل را بترتیب بنویسید.

۱ ـ شماره صفحه دفتر و تاریخ.

۲ ـ شماره وعنوان آزمایش (باخط درشت)

۳ ـ منظور از آزمایش ـ در این قسمت ضمن چند سطر منظور آزمایش وروشی را که برای انجام آن بکار میبرید باید نوشته شود.

٤ ـ نام وشماره اسبابهائی که بکار رفته.

٥ ـ از وضع قرار گرفتن دستگاه هنگامیکه برای انجام آزمایش حاضراست طرح ساده‌ای رسم کنید درآزمایشهائی که دستگاه ازقسمتهای مختلف تشکیل شده بهتر است دو طرح تهیه کنید. یکی معرف مقطع دستگاه بوسیله یك سطح قائم و دیگری بوسیله یك سطح ترازی (افقی)

٦ ـ جدول یادداشت نتیجه‌های آزمایش ـ دراین جدول درستون اول نام کمیت مورد سنجش را نوشته ودر ستونهای بعد نتیجه های سنجش که در دفعات اول دوم وسوم . . . بدست آمده یادداشت کنید.

۷ ـ در زیر جدول فرمولهائیکه بکار میرود نوشته ومقادیر عددی حروف را از روی مقادیری که در جدول یادداشت کرده اید بگذارید و محاسبات لازم‌را بطور وضوح انجام داده خلاصه آنرا یادداشت کنید.

۸ ـ نتیجه آزمایش‌راباقلم درشت‌دروسط سطر بطور مجزابنویسید

۹ ـ مطالب لازم دیگر مانند بحث درمیزان دقت نتیجه هائیکه از محاسبات بدست آمده باملاحظه دقت اسبابهای سنجش. توضیح ویا پاسخ بسؤالاتی که مربوط به آزمایش است . . . برطبق دستور دبیر درمحل های مناسب یادداشت کنید.

۱۰ ـ در آخر صفحه برای تذکراتی که ممکن است ازطرف دبیر داده شود جا باز بگذارید .

آزمایش بعد را از اول صفحه آغاز کنید .

۱۵۵ ـ نکاتی که دانش آموزان بایدهنگام کار درآزمایشگاه ملحوظ دارند .

۱ ـ چون وقت کار در آزمایشگاه محدود است پیش از آنکه به آزمایشگاه بروید موضوع آزمـایش را بخوبی مطالعه کرده مطالب و جدول بندی های لازم را درکتابچه پیش نویس درج کنید تابتوانیدهنگام آزمایش تمام وقت را صرف کارهای لازم برای سنجش کرده و نتیجه های صحیح بدست آرید .

۲ ـ آزمایش باید همواره بانهایت آرامی ودقت و خونسردی انجام گیرد عجله وشتاب باعث عدم‌حصول نتیجه صحیح ودرحقیقت باعث تعویق درکار خواهد شد . رمز موفقیت درکار آزمایشگاه داشتن خصائل ذیل است : دقت ـ حوصله ـ باریك بینی ـ مدارا ـ پایداری برای اخذ نتیجه صحیح .

۳ ـ درکار خودنظم وترتیب قائل‌شوید . اسبابهائیرا که بکار میبرید به ترتیب چیده وهنگام پایان‌یافتن آزمایش (پس ازکسب اجازه از متصدی آزمایشگاه) هریك را درقفسه مخصوص جای دهید .

٤ ـ اسبابهائیرا که نمیشناسید پیش از آنکه دبیر طرز بکار بردن آنرا بشما نشان نداده دست نزنید .

۵ ـ چنانچه هنگام بکار بردن اسبابی اشکالی روی دهد مثلا پیچ

یا لولائی بخوبی حرکت نکند برای رفع عیب با زور وتندی رفتار نکنید و چنانچه نتوانستیدبآرامی رفع عیب کنید ازمتصدی آزمایشگاه کسب‌تکلیف کنید. بسیاری از اسبابهائیکه در اختیار شما گذاشته شده منحصر بفرد وچنانچه ازبین‌برود صرف نظر ازاینکه مجبور خواهید شد غرامت بدهید درپیشرفت کارهای تحصیلی شما ورفقایتان لطمه وارد خواهد آمد.

٦ ـ هنگامیکه شروع بکار میکنید بلافاصله نتیجه هر آزمایش را درستون مربوط یادداشت کنید. هرسنجش را دست کم سه بار انجام دهید چنانچه نتیجه سنجشها بهم نزدیك است درموقع محاسبه، عدد میانه آنها را بجای نتیجه سنجش قطعی بکار برید. چنانچه نتیجه سنجش ها خیلی متفاوت است معلوم میشود در یکی از سنجشها دقت کامل بعمل نیامده یا دستگاه میزان نبوده یا اشتباه شده لازم است سنجش را تکرار کنید و درضمن سعی کنید علت اختلاف سنجشها را دریابید تابتوانید درسنجشهائی که بعد انجام میدهید علتی را که باعث اشتباه شده رفع کنید.

٧ ـ درمحاسباتیکه پیکرهای دهدهی (اعشاری) موجود است‌باید متذکر باشید که میزان دقت نتیجه که از محاسبه بدست میاید بیش ازدقت سنجشهای اولیه نتواند بود بنابراین درحسابها باید فقط پیکرهای معنی‌دار بکار آید:

مثال ـ برای سنجش‌سطح یك‌صفحه مستطیل‌شکل خط کشی‌که با میلیمتر زینه بندی شده بکار برده اید و درازی وپهنای مستطیل را بترتیب ١٢٫٥٤ سانتیمتر و ٨٫٤٢ سانتیمتر برآورد کرده اید. دراین دوبرآورد پیکرهای ١٢٫٥ و ٨٫٤ صحیح است ولی دو پیکر اخیر ٤ و ٢ را که

با چشم برآورد کرده اید ممکن است صحیح نباشد . چون فاصله کوچك یك میلیمتر را بانظر نده قسمت میکنیم نمیتوان اطمینان داشت که فاصله که بنظر ٦ر٠ میلیمتر بر آورد شده حتماً ٦ر٠ میلیمتر است و ٥ر٠ نیست گوئیم که پیکر های ٦ و ٢ دراین دوسنجش مشکوکند .

برای محاسبه مستطیل باید درازی رادرپهنا ضرب کنیم . (حرفهای مشکوك را بارقم درشت نمایش میدهیم)

$$
\begin{array}{r}
\mathbf{١٢ر٥٦} \times \\
\mathbf{٨ر٤٢} \\
\hline
\mathbf{٢٥١٢} \\
\mathbf{٥٠٢٤} \\
\mathbf{١٠٠٤٨} \\
\hline
\mathbf{١٠٥ر٧٥٥٢}
\end{array}
$$

در ضربیکه انجام داده ایم در جمله اولی پیکر های ٢٥١٢ همه مشکوکند چه که این پیکرها از ضرب پیکر مشکوك ٢ بدست آمده اند

چنانچه برفرض بجای ٢ هنگام برآورد ٣ بنظر رسیده بود بجای جمله ٢٥١٢ جمله ٣٧٦٨ بدست میامد بنا بر این پیکر های این جمله تمام مشکوکند. درجمله دوم پیکر اول (٤) که ازضرب ٤ در پیکر مشکوك ٦ جمله اول بدست آمده مشکوك است (چنانچه بر فرض در موقع سنجش بجای ٦ر٠ عدد ٥ر٠ میلیمتر برآورد کرده بودیم در حاصل ضرب پیکر اول جمله دوم بجای ٤ صفر میشد)' پس این پیکر نیز مشکوك است .

بهمین طریق پیکر اول جمله سوم (٨) مشکوك است در حاصل ضرب قسمت ٧٥٥٧ که پیکرهای آن ازافزایش پیکرهای مشکوك بدست آمده مشکوك خواهد بود بنابراین پیکر ٧ مشکوك است این پیکر مثلا ممکن

است حقیقتا ٦ یا ٨ باشد بنابراین نگاه داشتن پیکرَ های ٥٥٢ بیِ مورد است و باید بنویسیم ١٠٥٫٧ زیرا چون پیکر ٧ مشکوك است پیکربعد از آن بطریق اولی دارای معنی نخواهد بود .

اینك فرض کنیم میخواهیم گنج مکعب مستطیلی که سطح قاعده آنرا اندازه گرفتیم معلوم کنیم بلندی مستطیل‌را ٣٫٥٧ سانتیمتربرآورد کرده ایم . باید سطح قاعده را دربلندی ضرب کنیم چنانچه بدون ملاحظه پیکرهای معنی دار محاسبه را انجام دهیم خواهیم داشت

$$١٠٥٫٧٥٥٢ \times ٣٫٥٧ = ٣٧٨٫٥٤٦٠٦٤$$

ولی باملاحظه پیکرهای معنی دار خواهیم داشت .

$$\begin{array}{r} ١٠٥٫٧ \times \\ ٣٫٥٧ \\ \hline ٧٣٩٩ \\ ٥٢٨٥ \\ ٣١٧١ \\ \hline ٣٧٧٫٣٤٩ \end{array}$$

و چنانچه فقط اولین پیکر مشکوك رانگاه داشته وبقیه را صرفنظر کنیم باید عدد ٣٧٧ را اختیار کنیم بطوریکه میبینید در پیدا کردن نتیجه در عمل اول صرف نظر از آنکه مقداری وقت بیهوده صرف شده جوابی نیز که بدست آمده صحیح نیست

بنابراین درمحاسباتیکه درآزمایشها انجام میدهید همیشه پیکر های معنی دار را بکار برید این پیکرها عبارتند از پیکر های صحیح با اولین پیکر مشکوك .

٨ ــ نتیجه بعضی از آزمایشها را ممکن است قبلا بدانید . هنگام

ازمایش نباید متوقع باشید که کاملا نتیجه صحیح را بدست آرید زیرا هنوز آزموده نشده اید و اسبابهائیرا که در اختیار دارید نیز زیاد دقیق نیست همیشه باید همان نتایجی را که ازسنجش بدست میاورید درکتابچه یادداشت کنید نه نتائجی که در جدولهای کتاب درج شده است . مثلا میدانید که مقاومت قرقره ای پانصد اهم است ولی در آزمایشی که برای تمرین تعیین مقاومت انجام داده اید مقاومت قرقره مزبور را ٤٩٩ اهم پیدا کرده اید نباید برای اینکه بخیال خود جواب صحیح بدست آورده باشید دراعدادی که یادداشت کرده اید دخل وتصرف کنید تا در نتیجه محاسبه عدد ٥٠٠ را بدست آورید بلکه باید همان عدد ٤٩٩ که بدست آمده بنویسید ولی دقت کرده علت اختلاف را پیدا کنید مثلا خواهید دید که در محاسبه مقاومتهای معلوم اشتباه شده ویا پیچ‌های اتصال سیمهای برق محکم نبوده یا کثیف بوده و جریان بخوبی از مدار عبور نکرده و یا گالوانمتر درست روی صفر میزان نشده . . . . بدیهی است چنانچه جوابی ازخارج تهیه کرده بنویسید بعلل اختلاف پی نخواهید برد و مثل آنست که آزمایشی انجام نداده اید ودر آزمایش دیگرکه نتیجه آنرا نمیدانید نمیتوانید جواب صحیح بدست آرید .

۱۵٦ ـ آزمایشهائیکه لازم است ضمن سال تحصیلی کلاس پنجم انجام گیرد

الف ـ الکتریسته

۱ ـ شناختن وتمرین بکار بردن لوازم واسبابهای الکتریکی مانند کلید های قطع ووصل ساده و دوراه ـ رئوستا ـ جعبه مقاومت ـ پیل ـ انباره ـ آمپرسنج ـ ولتسنج . . . .

۲ ـ مطالعه پیلهای متداولی : ولتا ـ دانیل ـ لکلانشه ـ بیکرمات پیل خشك .

ساختن پیل یا شستشو وتجدید کردن محلول ـ سنجش اختلاف پتانسیل هریك ـ بهم بستن پیلها بطور موازی وبطور متوالی وسنجش شدت واختلاف پتانسیل درهریك از دو حالت .

۳ ـ الکترلیز : مشاهده ومطالعه کنش و واکنش هائیکه حاصل میشود ـ بررسی صحت زینه بندی یك آمپر سنج بوسیله سنجش گنج گازهائیکه متصاعد میشود .

٤ ـ مطالعه یك انباره سربی ـ تمرین شستن و تجدید الکترلیت پر کردن انباره .

۵ ـ سنجش مقاومت یك سیم ومقاومت رشته یك چراغ برق

٦ ـ مطالعه توضیع جریان در مدار های انشعابی ـ اثبات تجربی نتائج حاصل از فرمولهای کیرشهف .

۷ ـ ساختن یك سماور الکتریکی ساده ـ اثبات تجربی قانون ژول

۸ ـ مطالعه تلگراف و زنك اخبار ـ نصب کردن زنك اخبار و برقرار کردن رابطه تلگرافی میان دو اتاق مجاور .

۹ ـ سنجش میزان مصرف انرژی یك چراغ ویك سماور الکتریکی ویك ظرف الکترلیز .

۱۰ ـ مطالعه گالوانمتر و تمرین بکار بردن آن برای سنجشهای دقیق شدت جریان و اختلاف پتانسیل .

۱۱ ـ مطالعه یك دینامو ـ تمرین بکار انداختن دینامو (این

ارمایش باید باحضور دبیر یامصدی آزمایشگاه صورت گیرد ـ دینامواینکه دارای اختلاف پتانسیل زیادی‌استنباید دراختیار دانش آموز گذارده‌شود

۱۲ ـ مطالعه یك موتور ـ راه انداختن ـ تعیین بازده

ب ـ نور

۱۳ ـ قانونهای بازتاب

۱٤ ـ تشکیل نگارها بوسیله آئینه های همگرا و واگرا (تعیین فاصله کانونی آئینه) اثبات تجربی ـ نتائج حاصل از فرمولهای آئینه ها .

۱۵ ـ قانونهای شکست : آزمایش با آب وتیغه موازی

۱٦ ـ ترسیم مسیر پرتو ها در حالت مینیمم کج راهی ـ محاسبه ضریب شکست

۱۷ ـ تشکیل نگاربوسیله عدسیها ـ تعیین فاصله‌کانونی عدسی ـ اثبات تجربی نتائج حاصل ازفرمولهای آئینه ها

۱۸ ـ بکار بردن میکرسکپ : سنجش ستبری یك تار مو ـ مشاهده گلبولهای خون ـ مشاهده مقطع برك گیاه .

گفتار نهم

پرسشها و مسائل

بخش بیست و هشتم

۱۵۷ ـ حل مسائل و تهیه پاسخ پرسشها بهترین تمرین برای فرا گرفتن مطالب تدریس شده است . دانش آموز در صورتی میتواند مسئله را حل کند یا پرسشی را پاسخ دهد که بموضوع احاطه داشته‌باشد وطبیعی است چون چند مسئله راجع بموضوعی حل کرد مطلب کاملا مرکوز ذهن او خواهد شد. بعلاوه چون حل مسائل مستلزم بکار انداختن قوای فکری است وسیله مناسبی برای ورزیده شدن و توسعه یافتن فکر است از اینرو است که در تدریس فیزیك بحل مسائل اهمیت مخصوص داده میشود . در این بخش چندپرسش ومسئله برای نمونه تنظیم شده‌است عده از آنها مسائلی است که در امتحانات نهائی کشور های مختلف داده شده است .

بعضی از پرسشها ساده و مربوط بمطالب اختصاصی هر فصل است. این دسته پرسشها ممکن است هنگام مذاکره در کلاس و ضمن تمرینهای پای تخته مطالعه شود . دسته دیگر که مشکل تر و شامل مطالب عمومی ومربوط بموضوعهای مختلف است باید در خارج حل شده و باوضع مرتبی

در کتابچه پاکنویس نوشته شود.

ذکر کردن مقادیرعددی که باید هنگام‌حل مسئله بکاررود درصورت مسئله های ساده بیشتر وسیله راهنمائی برای حل مسئله است و ممکن است باعث شود که انجام تکلیف بدون بکار انداختن قوای فکری صورت گیرد . در بعضی از پرسشها از ذکر مقادیر مذکور خود داری شده . تا دانش آموز خود اعداد مورد لزوم را از جدولهای کتاب استخراج نماید دانش آموزی که بدینسان بحل مسئله موفق شد آشکار است که کاملا بر موضوع احاطه دارد و برای اینکه از عهده حل این قبیل مسائل برآید ناچار باید موضوع مربوط را بدقت مطالعه نماید .

برای اینکه مسئله کامل و صحیح حل شده ونتیجه مطلوب بدهد سزاوار است نکات ذیل ملحوظ شود :

۱ ــ تمام صورت مسئله را یکی دوبار بدقت بخوانید تا موضوع کاملا درنظرتان مجسم گردد . چنانچه مطلب معرف آزمایشی است طرح ساده‌ای نیز از اسبابهائیکه در آزمایش منظور بکار میرود بکشیداین‌طرح بتجسم مسئله بیشتر کمك میکند .

۲ ــ مقادیر معلومی که برای حل مسئله باید بکار رود اعم ازآنچه در صورت مسئله تصریح شده و آنچه باید از جدولهای اعداد فیزیك استخراج شود دریك طرف نوشته و برای تعیین کمیت های مجهول بعده کافی متغیر مناسب انتخاب نمائید ودرمقابل مقادیر معلوم بنویسد .

۳ ــ قوانین و فرمولهائی که برای حل مسئله لازم است در نظر گرفته ومحاسبات لازم را درپیش نویس انجام دهید .

٤ ـ هنگام پاك نویس سعی کنید که قسمتهای مختلف از یکدیگر مجزا باشد و بانهایت وضوح و اختصار راهی که برای حل هر قسمتی بکار رفته با استناد بقوانین و اصول فیزیکی تشریح و بیان نمائید

٥ ـ در پاك نویس باید تا حدی که از روشن بودن مسئله نکاهد محاسبات مختصر وخلاصه باشد واز نوشتن عملیات فرعی که باعث تطویل است خودداری شود . محاسبات باید همواره روی اعداد معنی دار انجام گیرد

٦ ـ چنانچه درصورت مسئله کمیت های فیزیکی با یکه های دستگاههای مختلف داده شده سزاوار است تمام یکه ها را بیکدستگاه تبدیل نموده و پس از حل مسئله و انجام محاسبات چنانچه لازم باشد نتیجه ها را بایکه‌های دستگاههائی که درصورت مسئله خواسته شده تبدیل نمائید مثلا چنانچه درمعلومات مسئله درازا با سانتیمتر ـ کار با کیلوگرام متر ـ زمان بادقیقه . . . داده شده نخست مقادیر کار و زمان را به ارك و ثانیه تبدیل کرده اعمال را بایکه های دستگاه c.g.s انجام میدهیم پس از پایان محاسبه درصورت لزوم نتیجه ها را بساعت و دقیقه و کیلوگرام متر تبدیل میکنیم .

٧ ـ در توضیح مسائل باید بقدر امکان جمله های ساده و مختصر بکار رود ونتایج حاصل وجوابها بطور واضح ومجزا نمایش داده شود .

١٥٨ ـ پرسش‌ها ومسائل مربوط بمطالبیکه درگفتار نخست مطالعه شده

١ ـ دو آهن ربای میله ای داریم که قطب های شمال و جنوب آنها مشخص نشده برای تعیین قطب شمال این دو میله چه باید کرد ؟

۲ ـ دوآهن ربای مشابه وبرابر را پهلوی یکدیگر بگذاریدبطوری که‌قطب S اولی‌مجاور قطب N دومی وقطب N آن مجاورقطب S دومی قرار گیرد. خط های نیروی مجموع این دو آهن ربا را رسم کنید چگونه میتوانید با آزمایشی صحت شکلی را که کشیده اید ثابت کنید؟

۳ ـ دربعضی ازقطب نماها یك انتهای عقربه را سنگین‌تر ازطرف دیگر میسازند. چرا؟ طرف سنگین تر کدام است.

٤ ـ میخواهیم یك میله آهن نرم را بوسیله میدان مغناطیسی‌زمین آهن ربا کنیم. میله را در چه راستائی نگاهداریم بهتر است؟

٥ ـ یك آهن ربا که در کوره سرخ شده میتواند میخ آهن را جذب کند؟

٦ ـ دو آسه همآرا (محور مختصات) xoy و یك آهن ربا که توده مغناطیسی‌قطبهای‌آن‌برابر ٥٠ + و ٥٠ − است درنظر گیرید. مختصات این دوقطب عبارتند از:

$$N(٣ \text{ و } ٥)\ ,\ S(-٣ \text{ و } ٥)$$

یك توده مغناطیسی $m = +١$ را متوالیاً درنقاط ذیل میگذاریم.

$M_١(+٤ \text{ و } ٠)$ $M_٢(٠ \text{ و } +٥)$ $M_٣(+١٠ \text{ و } ٠)$

$M_٤(-٤ \text{ و } ٠)$ $M_٥(٠ \text{ و } -١٠)$ $M_٦(٠ \text{ و } +٤)$

$M_٧(+٥ \text{ و } ٠)$ نیروئی که بر m در هریك از نقاط مذکور وارد میشود حساب کرده و بوسیله برداری نمایش دهید

۷ ـ میخواهیم یك سوزن خیاطی را آهن ربا کنیم بطوریکه‌چشم

سوزن قطب شمال شود . چه کار باید بکنیم ؟

۸ ـ در نقطهٔ تکه آهن ربائی را ازوسط آن آویزان کرده ایم در راستای شمال وجنوب نمیایستد میتوانید علت را حدث بزنید

۹ ـ چگونه خاصیت مغناطیس یك آهن رُبا را ازمیان میبرید ؟

۱۰ ـ سه‌میله A و B و C که بیك شکل واندازه اند بشمامیدهند یکی از میله ها آهن ربا است یکی دیگر از جسم مغناطیسی ساخته شده وسومی از جسم غیر مغناطیس است . چگونه این سه میله را از یکدیگر تمیز خواهید داد . (براده آهن یاجسم مغناطیسی دیگر دراختیار ندارید)

۱۱ ـ همنه ترازی میدان زمین درنقطهٔ ۱۹۶ر۰ = H وگوشه میل ′ ۳۰ ° ٦٤ = I میدان زمین و همنه شاغولی آنرا با محاسبه و ترسیم پیدا کنید

۱۲ ـ یك قطب که توده مغناطیسی آن ۱۰۰ + = m است قطب دیگری را که در دو سانتیمتری قرار دارد بانیروئی برابر یك گرام جذب میکند توده مغناطیسی قطب اخیر چقدر است ؟

۱۳ ـ دو سر دومیله آهن نرم مشابه را بانخی بسته وبطورشاغولی دو میله را پهلوی یکدیگر آویزان میکنیم هنگامیکه دو میله در حال ترازمندی قرار گرفتند از زیر قطب یك آهن ربای خیلی قوی را بآنها نزدیك میکنیم دو میله از یکدیگر دور میشوند . چرا ؟

۱٤ ـ یك قطب که توده آن ۸۰ = m در فاصله ۲۰ سانتیمتر از قطب همنامی باتوده ۳۰ = m′ قرار دارد نیروئی که بر آنها مؤثر است حساب کنید

۱۵۹ ـ پرسشها و مسائل مربوط بمطالبیکه در گفتار دوم مطالعه شده

۱۵ ـ قطب‌های مثبت و منفی یك انباره الکتریکی تعیین نشده چگونه میتوان آنها را مشخص کرد.

۱۶ ـ درنتیجه الکترولیز ۱۳٫۵۵۶ گرام نقره آزاد شده‌مقدار الکتریسته که عبور کرده چقدر است.

۱۷ ـ فرض کنید آزمایش مسئله ۱۶ نیم‌ساعت‌طول کشیده‌شدت جریان چقدر بوده‌است.

۱۸ ـ چقدر وقت لازم است تا روی قاشقی ۲ گرم نقره اندوده شود. شدت جریان سه آمپز است.

۱۹ ـ شدت‌جریانی که درنیم ساعت ۲۳٫۶۸ گرم مس را آزاد کند چقدر است ؟

۲۰ ـ در الکترولیز آب‌شدت جریان یك‌آمپر و آزمایشی ۲۰ دقیقه طول کشیده گنج گازهای حاصل را حساب کنید.

۲۱ ـ میخواهیم ظرفی را نیکل اندود کنیم بطوری که قطر لایه باندازه $\frac{1}{10}$ میلیمتر باشد. الکترولیت سولفات‌نیکل (SO_4Ni) است شدت روان برای هر دسیمترمربع از سطح کاتد ۰٫۲ آمپر است. سنگینی ویژه نیکل ۸٫۶ وسنگینی اتمی آن ۵۹ است چقدر وقت لازم است.

۲۲ ـ در مداری یك آمپرسنج و یك ظرف الکترولیت (سولفات مسی) گذارده‌ایم آمپرسنج شدت روان را ۱٫۳۵ آمپر نشان میدهد. پس از یکساعت و ۲۰ دقیقه الکترولیز کاتد را کشیده‌اند باندازه ۲٫۰۴ گرم سنگین‌تر شده آمپرسنج درست زینه‌بندی شده یا نه. درصورتیکه صحیح

نیست میزان تصحیح چقدر است. وزن اتمی مس ۶۳٫۶ است

۲۳ ـ میخواهیم بوسیله الکترولیز صد کیلوگرام مس خالص تهیه کنیم شدت جریانی که بکار میرود ۴۰۰ آمپراست چقدر وقت لازم است

۲۴ ـ بایکدستگاه الکترولیز که از آن جریانی با شدت ۱۰۰۰۰ آمپر عبور میکند در هر روز چقدر آلومینیوم میتوان تهیه کرد.

$$Al=۲۷$$

۱۶۰ ـ پرسشها و مسائل مربوط بمطالبی که در گفتار سوم مطالعه شده

۲۵ ـ مقاومت یك تکه از سیمی یك اهم است. مقاومت تکه دیگری از همان جنس سیم با همان درازی و با قطر مضاعف چقدر است؟

۲۶ ـ درمداری اختلاف پتانسیل میان قسمتی ازمدار که مقاومت آن ۱۹ اهم است سه ولت است اختلاف پتانسیل میان دوسرسیمی ازهمان مدار را که دارای سه اهم مقاومت باشد معلوم کنید.

۲۷ ـ برای اینکه اختلاف پتانسیل میان دو قطب پیلی را با یك گالوانمتر اندازه بگیریم باید گالوانمتری که مقاومت آن خیلی زیاد است بکار بریم. چرا؟

۲۸ ـ مقاومت یك سیم تلگراف که درازای آن ۳۰۰ کیلومتر و قطر آن سه میلیمتر است حساب کنید. ضریب مقاومت $k=۱۲\times\overline{۱۰}^{۶}$

۲۹ ـ دوسر آمپرسنجی را بدو قطب یك انباره دو ولتی متصل کرده‌ایم جریانی با شدت ۲۰ آمپر از مدار میگذرد. مقاومت آمپر سنج ۰٫۱ اهم است مقاومت داخلی انباره چقدر است؟

۳۰ ـ یك بخاری الکتریکی دارای ۱۲ سیم است که بطور موازی بسته شده‌اند. مقاومت تمام سیمها برابر و هنگامیکه بخاری گرم است مقاومت هر سیم ۵۰ اهم است. دستگاه با اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت کار میکند. شدت جریان در سیم رابط که جریان از آن وارد بخاری میشود چقدر است؟

۳۱ ـ سه سیم را که مقاومت هریك ۱۰ اهم است بطور موازی بسته و جریانی باشدت سه آمپر وارد آنها میکنیم. اختلاف پتانسیل میان دو سر سیمها چقدر است؟

۳۲ ـ یك ولت‌سنج که مقاوت آن ۲۰۰۰ اهم است باسیمی بمقاومت یك اهم شنت شده از دستگاه جریانی بشدت I میگذرد. شدت جریانرا که از ولت سنج میگذرد حساب کنید.

۳۳ ـ معلوم کنید بخاری که درمسئلهٔ ۳۰ مشخصات آن ذکرشده در هر دقیقه چند کالری گرما ایجاد میکند؟

۳۴ ـ مقاومت سیم یك سماور الکتریکی ۵۰ اهم است. ازسماور جریانی بشدت ۳ آمپر عبور میکند. ۰٫۸ گرمای حاصل صرف گرم کردن آب میشود. در سماور یك لیتر آب ۱۰° ریخته‌ایم. چقدر طول میکشد تا آب بجوش آید؟ (در تهران)

چنانچه آزمایش در بوشهر انجام گیرد تفاوتی پیدا میشود؟

۳۵ ـ سیمی که درازی آن ۱۰ سانتیمتر وقطرش ٤ میلیمتر و ضریب مقاومت آن $۱٫۶ \times ۱۰^{-۶}$ است بدو نقطه A و B مداری اتصال میدهیم از مدار اصلی جریانی بشدت دو آمپر میگذرد. میان A و B یك ولتامتر

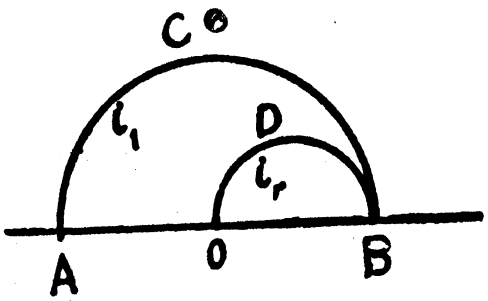
که نیروی ضد الکتروموتور آن E = ۱٫۵ ولت و مقاومت آن r = ۲ اهم است گذارده شده مطلوب است :

الف ـ شدت جریانیکه از هریك از دو انشعاب میگذرد .

ب ـ برای اینکه جریان از ولتامتر بگذرد مقاومتی که در انشعاب گذارده شده از چه میزانی نباید کمتر بشود .

۳۶ ـ میان دونقطه A و B از مداری سه سیم بطورموازی متصل شده‌اند . روی سیم اول چراغی نصب شده که مقاومت آن ۶۰ اهم است روی سیم دوم اتوی الکتریکی گذارده شده که مقاومت آن ۴۰ اهم است روی سیم‌سوم گیرنده الکتریکی است که نیروی ضد الکتروموتور آن ۲۰ ولت و مقاومت آن ۱۰ اهم است .

روی‌مدار اصلی‌یك‌دستگاه زایا گذارده‌شده‌که نیروی الکتروموتورآن ۱۲۰ ولت است . شدت جریان را در مدار اصلی تعیین کنید . دو نقطه A و B با سیمهائی که مقاومتشان خیلی کم و غیر قابل ملاحظه است بزایا متصل شده‌اند .



شکل ۲۲۲

۳۷ ـ مداری مانند شکل مقابل در نظر گیرید که جریان از A وارد شده و از B خارج میشود نسبت‌شدت جریانیکه دردونیمدایره میگذرد حساب کنید . تمام سیمها از یك جنس و قطرشان در تمام نقاط یکسان است .

۳۸ ـ دو قطب یك پیل را با سیمی که مقاومتش غیرقابل ملاحظه

است بیك گالوانمتر که مقاومت آن ۵ اهم است متصل میکنیم عقربه گالوانمتر باندازه ۳۰ زینه منحرف میشود. گالوانمتر را باسیمی که مقاومتش $\frac{۵}{۱۰۰۰}$ اهم است شنت میکنیم انحراف عقربه ۳ زینه میشود. مقاومت داخلی پیل را حساب کنید. انحراف عقربه با شدت جریانیکه از گالوانمتر میگذرد متناسب است.

۳۹ ـ دو سیم با درازی و قطر مساوی یکی از مس و یکی از پلاتین را دنبال هم بسته جریانی از آن عبور میدهیم چون شدت جریان را بتدریج زیاد کنیم دیده میشود سیم پلاتین سرخ‌شده درصورتیکه هنوز آثار گداخته شدن در سیم مسی ظاهر نشده است. علت چیست؟

۴۰ ـ از یك سیم مسی که یکسر آن کلفت تر از سر دیگر است جریانی عبورمیکند میخواهیم بدانیم آیا شدت جریان وزینه حرارت در دو انتهای سیم یکسان است یا تفاوت دارد. چگونگی را توضیح دهید.

۴۱ ـ دوسیم بادرازی وقطرمساوی یکی آهنی ودیگری مسی داریم این دوسیم را یکبار دنباله هم بسته و بدو قطب یك انباره متصل میکنیم و یکبار بطور موازی بدو قطب انباره میبندیم در هریك از این دوحالت کدام سیم بیشتر گرم میشود؟

۴۲ ـ در سیمی جریانی میفرستیم که در هرثانیه ۵۰ کالری گرما ایجاد میشود. شدت جریان را دو برابر میکنیم چند کالری ایجاد خواهد شد؟

۴۳ ـ جریانی باشدت ۵ آمپر ازسیمی که مقاومت آن ۴ اهم است میگذرد اختلاف پتانسیل میان دو سر سیم چقدر است؟

٤٤ـ یك اتوی الکتریکی داریم که برای بکار بردن باجریان ۱۱۰ ولت تهیه شده مصرف انرژی اتو با اختلاف پتانسیل ۱۱۰ ولت ۳۰۰ وات است میخواهیم اتورا بااختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت بکار بریم چگونه دستگاه را تکمیل کنیم ؟ (پاسخ باید با طرح و مقادیر عددی و وسائلی که باید اضافه شود همراه باشد)

٤٥ـ از یك ظرف الکترلیز که مقاومت آن یك اهم است جریانی بشدت ۲ آمپر میگذرد. اختلاف پتانسیل دو قطب دستگاه ٤ ولت است نیروی ضد الکترومتور آنرا حساب کنید.

٤٦ ـ در آزمایشگاه یك عده قرقره هائی که مقاومت آنها هریك ۱۰۰ اهم است دراختیار داریم. برای انجام آزمایشی بیك مقاومت ۱۰ اهمی نیازمندیم. مقاومت های ۱۰۰ اهمی را نمیتوان تقسیم کرد آیامیتوانید آزمایش منظور را با استفاده از مقاومتهای ۱۰۰ اهمی انجام دهید ؟

٤٧ ـ جریان ۱۰ آمپرمیان دو انشعاب که مقاومت یکی ۳ اهم و مقاومت دیگری دواهم است تقسیم میشود شدت جریان را در هریك از از انشعابها (بدوراه) پیدا کنید.

۱۶۱ـ پرسشها و مسائل مربوط بمطالبیکه در گفتار چهارم و پنجم مطالعه شد

٤٨ ـ بالای جریانی که در راستای شمال بجنوب جاری است عقربه مغناطیس میگذاریم قطب شمال عقربه در چه سوئی منحرف میشود.

٤٩ ـ دو آهن ربای الکتریکی مشابه داریم یکی دارای ۲۰۰۰ حلقه از سیم نازك است که از آنها جریانی بشدت ۰٫۲ آمپر عبور میکند

آهن ربای دوم دارای ۱۰۰ حلقه است مطلوبست تعیین شدت جریانیکه باید از آهن ربای اخیر بگذرانیم تاتوانائی دو آهن‌ربا یکی باشد .

۵۰ ـ عقربه مغناطیس روی پایه شاغولی گذارده شده در فاصله ۱۰ سانتیمتر از عقربه سیمی شاغولی قرار دارد که درآن جریانی بشدت ۱۵ آمپر از پائین ببالا جریان دارد همنه ترازی (افقی) میدان زمین ۰٫۲ = H است. راستای قرار گرفتن عقربه را معلوم کنید .

۵۱ ـ دریك قاب دائره شکل بقطر ۱۰ سانتیمتر صد حلقه سیم پیچیده شده . یك‌عقربه کوچك مغناطیسی راطوری میآویزند که درمرکز قاب قرار گیرد . قاب رادر سطح نصف‌النهار مغناطیس قرار میدهند . در نتیجه عبوردادن جریان ازحلقه‌ها عقربه باندازه گوشه یك دقیقه منحرف شده‌است.شدت جریانی‌راکه ازحلقه گذشته‌معلوم کنید . فرض کنیدنخ‌هیچ گونه مقاومتی در برابر چرخش عقربه بروز نمیدهد .

۵۲ ـ برای تعیین مقاومت مجهول یك گالوانمتر دو آزمایش زیر را انجام میدهیم :

الف ـ گالوانمتر رادر مداریکه یك مقاومت R = ۵۰ اهم و یك پیل بامقاومت r = ۳ اهم و نیروی الکترومتور e = ۱ ولت است قرار میدهیم . عقربه گالوانمتر باندازه ۱۰۰ زینه منحرف میشود .

ب ـ گالوانمتررا باسیمی که مقاومت آن ده اهم است شنت میکنیم مشاهده میشود که اگر بجای R مقاومتی برابر ۲۰۰ اهم بگذاریم انحراف باندازه ۹۹ زینه میشود مطلوب است

۱ ـ مقاومت گالوانمتر

۲ ـ شدت جریان مربوط بانحراف هرزینه (فرض میکنیم شدت جریان باانحراف متناسب است)

۵۳ ـ میدان حاصل در داخل مارپیچ الکتریکی که طول آن ده سانتیمتر وعده حلقه هایش ۱۰۰۰ است واز آن جریانی بشدت یك آمپر عبور میکند حساب کنید .

۵۴ ـ داخل مارپیچی یك میله آهنی که ضریب نفوذ آن ۲۰۰ است گذارده‌اند . القاء مغناطیس در داخل میله چقدر است ؟

۵۵ ـ در داخل یك مارپیچ الکتریکی دو میله فولادی پهلوی یکدیگر گذارده‌اند موقعیکه جریان ازمارپیچ عبور میکند دومیله ازهم دور میشوند . علت آنرا توضیح دهید .

۵۶ ـ یك آهن‌ربا را در مدت $\frac{۱}{۱۰}$ ثانیه در قرقره که شامل هزار حلقه است داخل میکنند . درهرحلقه مقدارفلوازصفرتا ۵۰۰ ماکسوئل تغییر میکند . نیروی الکترومتری که در قرقره ایجاد شده چقدر است ؟

۵۷ ـ یك گالوانمتر G راکه مقاومت آن ۳۰۰ اهم است با یك مقاومت ۱۵۰ اهمی شنت میکند این گالوانمتر را (باشنت) در مداریکه یك مقاومت $R = ۲۰۶۰$ اهم ویك پیل بانیروی الکترموتور ۱٫۰۸ ولت است قرار میدهند . عقربه گالوانمتر باندازه دویست زینه منحرف میشود برای اینکه گالوانمتر بجای ولت سنج بکار رود شنت رابرداشته و یك مقاومت $R = ۷۹۷۰۰$ اهم بطور متوالی بآن متصل میکنند . دوسر این ولت سنج را بدو قطب یك انباره الکتریکی متصل کرده‌اند . عقربه

۱۵۰ زینه منحرف شده . نیروی الکترومتور انباره چقدر است .؟

مقاومت داخلی پیل وانباره راغیر قابل ملاحظه وانحراف عقربه گالوانمتر را متناسب باشدت جریان فرض کنید .

۵۸ ـ برای بحرکت انداختن یك موتور دو قطب آنرا بدو قطب A و B یك زایا متصل میکنیم .

موقعیکه هنوزموتور بحرکت نیفتاده اختلاف پتانسیل ۱۶۰ ولت و شدت جریان ده آمپر است

موقعیکه موتور رابکار میاندازند شدت جریان ٤ آمپراست مطلوبست:

۱ ـ مقاومت سیمهای موتور و سیمهای رابط

۲ ـ توانائی که در موتور بظهور میرسد .

۵۹ ـ برای راه انداختن یك دینامو باید ٦ر۵ کیلووات توان مصرف نمود، بازده الکتریکی دینامو ٦۰ ر . است بااین دینامو چهل چراغ راکه بطور موازی نصب شده روشن میکنند مقاومت هر چراغ هنگامیکه روشن است ۲۰۰ اهم و مقاومت داخلی دینامو ۲ اهم است مطلوبست :

۱ ـ انرژی که هرچراغ مصرف میکند .

۲ ـ شدت جریانیکه از هرچراغ میگذرد .

٦۰ ـ درخانه هرشب ۵ چراغ ٦۰ واتی میسوزد اختلاف پتانسیل جریان شهری ۲۲۰ ولت است مطلوبست :

۱ ـ شدت جریانیکه از کنتور میگذرد

۲ ـ مقاومت الکتریکی هریك از چراغها

۳ ـ مخارج ماهیانه برق خانه در صورتیکه فرض کنیم چراغ ها بطور متوسط هر یك شبانه روزی ۵ ساعت کار میکنند و قیمت برق کیلوواتی ۳ ریال است

۶۱ ـ از سیمی که مقاومت آن ده اهم است جریانی میگذرد و در نتیجه در هر دقیقه ۳۲۲۸۰ کالری گرما پدید میشود مطلوبست :

۱ ـ شدت جریان

۲ ـ اختلاف پتانسیل میان دوانتهای سیم

۳ ـ توان لازم برای برقرار داشتن جریان درسیم

۶۲ ـ از گالوانمتر یك پل وستتن (شکل ۶۴) جریانی بشدت ۰٫۲ آمپر میگذرد مقاومت شاخه‌ها بترتیب شروع از A برابر ۴۰ و ۸۰ و ۶۰ و ۳۰ است پیل دستگاه دارای اختلاف پتانسیل دوولت میباشد مطلوبست شدت جریان در هریك از شاخه‌ها و مقاومت گالوانمتر

۶۳ ـ بایك آهن ربای الکتریکی که شامل یك طبقه سیم پیچ با قطر ۰٫۲ سانتیمتر است میخواهیم القاء مغناطیس باشدت ۹۰۰۰ گوس ایجاد کنیم ضریب نفوذ ۲۰۰۰ است چه‌جریانی باید از آهن‌ربا عبور کند .

۶۴ ـ یك مارپیچ الکتریکی بطول بیست سانتیمتر شامل ۷۲۰ حلقه است . ازمارپیچ جریانی بشدت ۱۰ آمپر میگذرد حلقه‌ها دور میله استوانه شکل آهنی که ضریب نفوذ آن ۲۰۰۰ و قطرش چهار سانتیمتر است پیچیده شده ، فلوی مغناطیس که از میله میگذرد حساب کنید چنانچه میله را برد داریم فلوئیکه ازداخل قرقره میگذرد چقدر است؟

۶۵ ـ یك قرقره خیلی درازی راطوری قرار داده‌اند که آسه افقی آن برنصف‌النهار مغناطیس عمود باشد درهرسانتیمتر ازطول قرقره ده‌حلقه پیچیده شده . در مرکز این قرقره یك عقربه آهن ربا گذارده شده که میتواند دور آسه شاغولی بچرخد . اگر جریانی باشدت ۲۵ میلی آمپراز قرقره عبوردهند عقربه باندازه ۶۰° نسبت به‌نصف‌النهار مغناطیسی منحرف میشود . همنه افقی میدان مغناطیس زمین در مرکز قرقره چقدر است ؟

دستگاه فوق رادر مداری که مقاومت آن ۱۰۰ اهم است و شامل یك پیل میباشد قرار میدهند دوسر قرقره را با سیمی که مقاومت آن ۱۰۰ اهم است متصل میکنند . در اینحالت عقربه باندازه ۴۵° منحرف میشود . مقاومت قرقره ۲۵ اهم است نیروی الکترومتور پیل را معلوم کنید .

۶۶ ـ ازدستگاه گیرنده‌ای I آمپر عبور میکند و p کیلووات بظهور میرسد مقاومت مدارR است نیروی ضد الکترموتور E_2 گیرنده و نیروی الکترمتور دستگاه زایا را حساب کنید .

محاسبه عددی : $I=50$ $R=10$ $p=100\ kw$

۶۷ ـ یك‌دستگاه زایارا که نیروی الکترومتور آن $E=300$ ولت است بوسیله سیمی که مقاومتش ۵ اهم است بیك دستگاه گیرنده که نیروی ضد الکترومتور ان $e=200$ ولت است متصل میکنند مقاومت داخلی هریك از ماشینها ۱۰ اهم است توان p و p' دستگاه زایا و دستگاه گیرنده را حساب کنید

۶۸ ـ خانه شامل چهار اتاق و یك آشپزخانه است . درهر اتاق یك‌چراغ ۲۰۰ واتی ویك‌جای اتصال جریان برای جاروی ۳۰۰ واتی و دو اتصال دیگر برای بادبزن یا چراغ فرعی و رادیو و یك اتصال برای بخاری باید پیش بینی شود . درآشپزخانه یك چراغ ۶۰ واتی یك اجاق دو کیلو واتی یك بخاری ـ جای‌اتصالی برای جارو وبادبزن وچراغ‌فرعی باید پیش بینی شود . ابعاد اتاقها بقرار ذیل است .

اتاق پذیرائی ۴ × ۷ × ۵

آشپزخانه ۴ × ۳ × ۳

اتاقهای دیگر هریك ۴ × ۴ × ۳

برای گرم کردن هرمتر مکعب در اتاقها ۴۰ وات ودر آشپزخانه ۲۰ وات لازم‌است. جریان بوسیله دوکنتور یکی‌برای گرم کردن بخاریها و اجاق و مصرف جارو ـ دیگری برای روشنائی و بادبزن و رادیو . وارد میشود .

۱ ـ طرح تفصیلی سیم کشی خانه‌را بکشید . درهرنقطه که فوزیبل میگذارید حد اکثر شدت جریانی را که از آن میتواند بگذرد معلوم کنید

۲ ـ میزان مخارج ماهیانه منزل رادر زمستان برآورد کنید بافرض اینکه بخاریها بطور متوسط هریك درروز ۱۲ ساعت کار میکنند چراغها هریك بطور متوسط پنجساعت و جارو روزی یکساعت و مصرف سایر دستگاهها روهم روزی ۴۰۰ وات است

قیمت انرژی الکتریك برای مصرف گرم کردن و مصرف جارو هر کیلووات ساعت یك ریال وبرای روشنائی کیلووات ساعت سه‌ریال‌است

۱۶۲ - نور

۶۹ ـ دو آئینه را طوری قرار داده‌ایم که بایکدیگر گوشه ۴۵° تشکیل میدهند میان این دو آئینه جسمی نورانی نقطه‌ای شکل گذارده شده . عده نگارها را تعیین کنید و مکان آنها را باترسیم معلوم نمائید . سطحی که از نقطه نورانی و خط فصل مشترك آئینه ها میگذرد بایکی از دو آئینه گوشه ۱۵° تشکیل میدهد .

۷۰ ـ یك آئینه کاواز جسمی نگاری روی پرده‌ای تشکیل میدهد فاصله نگار و آئینه تاپرده بترتیب ۳٫۴ و ۴ متر است . شعاع آئینه را معلوم کنید .

۷۱ ـ یك جسم حقیقی در فاصله ۱٫۲ متر از پرده‌ای قرار دارد آئینه کاوی بشعاع هشتاد سانتیمتر از جسم مزبور نگاری روی پرده تشکیل میدهد فاصله آئینه تاجسم چقدر است .

۷۲ ـ در ظرف آبی مقداری آبگون شفاف دیگری ریخته‌ایم که روی آب قرار گرفته جسمی ته ظرف استمسیر تقریبی پرتوی که ازاین جسم خارج شده و داخل هوا میشود رسم کنید .

۷۳ـ روی کاغذی نقطه‌ای گذارده وشیشه مکعب شکلی بگذارید باترسیم مکانیرا که ظاهراً نقطه دیده میشود معلوم کنید .

۷۴ ـ جز لوازم نقشه کشی مانند کاغذ و مداد و خط کش و سنجاق وسیله دیگری دراختیارندارید میخواهید ضریب شکست تکه‌شیشه را معلوم کنید چگونه آزمایش را انجام میدهید .

۷۵ ـ روی شیشه‌ای که ستبری آن در تمام نقاطش ۳۰ سانتیمتر

است پرتوی با گوشه فرود ۳۰° وارد شده است ضریب شکست شیشه ۱٫۵ است. میزان تغییر مکان پرتو خروجی را بدوراه (ترسیم ومحاسبه) معلوم کنید.

۷۶ ـ گوشه حد برای جسمی ۴۵° است ضریب شکست آنرا تعیین کنید.

۷۷ ـ تکه آئینه که ستبری آن ۱٫۵ سانتیمتراست درظرفی گذارده‌اند بطوریکه قسمت جیوه‌اندود شد آن در پائین قرار دارد. روی آئینه آب ریخته‌اند، ژرفای آب ۲ سانتیمتر است پرتوی با گوشه ۴۵° روی سطح آب وارد میشود، مسیر پرتو را رسم کنید. ضریب شکست آب نسبت بهوا $\frac{۴}{۳}$ و ضریب شکست شیشه نسبت بهوا $\frac{۳}{۲}$ است

۷۸ ـ یك منشورشیشه‌ای رادرظرف شیشه‌پراز آب‌فروبرده‌ایم مسیر پرتوی‌را که ازآب ومنشورمیگذرد رسم کنید. فرض کنید منشورتوخالیست و داخل آن هواست در اینحالت نیز مسیر پرتو را تعیین کنید.

۷۹ ـ یك منشورتوخالی شیشه‌ای را از آبگونی پرکرده‌ایم. گوشه کمترین کج‌راهی (مینیمم‌انحراف) ۳۰° وگوشه منشور ۶۰° است ضریب شکست آبگونه را تعیین کنید

۸۰ ـ یك منشورشیشه‌ای توخالی را پراز گلسیرین کرده‌اند ضریب شکست گلسیرین ۱٫۴ است مینیمم کج راهی پرتوی را که از این منشور میگذرد تعیین کنید ($A=۶۰^\circ$)

۸۱ ـ فاصله کانونی عدسی یك دوربین عکاسی ۱۰ سانتیمتر است

پلاك در سطح کانونی قرار دارد . چنانچه پلاك را تا یك میلیمتر تغییر مکان دهیم در وضع نگار تغییر محسوسی پیدا نشده و میتوان آنرا خوب دانست . شروع از چه فاصله‌ای میتوان تصور کرد که عملاً جسم در بینهایت دور واقع است ؟

۸۲ ـ بایك عدسی نازك که همگرائی آن ۱۰ دیوپتری است میخواهیم تصویر جسمی را روی پرده‌ای بیاندازیم بطوریکه بزرگنمائی ۲۰ باشد . فاصله عدسی و جسم را تا پرده معلوم کنید .

۸۳ ـ **الف** ـ روی یك عدسی هامن گوژ که شعاع خمش آن ۲۵٫۶۰ سانتیمتر است یکدسته پرتوموازی وارد میکنند . پرتوهائیکه روی عدسی میتابد شامل نور ساده قرمز و نور ساده بنفش است . ضریب شکست برای نور قرمز $n_1 = ۱٫۵۱۲$ و برای بنفش $n_2 = ۱٫۵۳۲$ میباشد . فاصله کانونی عدسی را برای هریك از نورهای ساده قرمز و بنفش معلوم کنید .

ب ـ یك عدسی هامن کاو که ضریب شکست آن برای دونورمذکور $n'_1 = ۱٫۶۱$ و $n'_2 = ۱٫۶۵$ است پهلوی عدسی اول میگذاریم . شعاع خمش عدسی اخیر چقدرباشد تا کانون دستگاهی که بدینسان تهیه شده برای هردو نور در یك نقطه قرار گیرد .

۸۴ ـ **الف** ـ بوسیله یك عدسی L_1 نگار یك جسم هامن را روی پرده موازی باجسم که دردومتری جسم قراردارد تشکیل داده‌ایم ، هنگامیکه عدسی را جابجا میکنیم میبینیم چون عدسی در دونقطه که فاصله آنها از یکدیگر ۱٫۴۱ متر است قرار گیرد نگار روی پرده تشکیل میشود . فاصله کانونی عدسی را معلوم کنید .

ب ـ یك عدسی L_2 بعدسی اول میچسبانیم وآزمایش الف را تکرار میکنیم مشاهده میشود که این‌بار فقط یك نقطه موجوداست که چون عدسی مرکب برآن قرار گیرد نگار روی پرده تشکیل میشود مطلوب است فاصله این نقطه تا پرده و فاصله کانونی عدسی L_2

۸۵ ـ دو عدسی همگرای نازك که فاصله کانونی هردو برابر $f=5$ سانتیمتر است بفاصله f از یکدیگر گذارده شده‌اند. آسه دو عدسی روی یك خط قرار دارد جسمی نورانی در فاصله ۱۵ سانتیمتر ازعدسی اول و عمود برآسه اصلی قرار داده ایم.

الف ـ نگار جسم را که بوسیله دستگاه دو عدسی تشکیل میشود رسم کنید.

ب ـ فاصله نگار را تا عدسی دوم تعیین کنید.

ج ـ نسبت ابعاد جسم به نگار را معلوم کنید.

فهرست مندرجات

قسمت اول : الکتریسته

آهن ربا

صفحه

۱- آهن‌ربای طبیعی و مصنوعی ۱
۲- قطب های آهن‌ربا ۳
۳- وضع قرار گرفتن عقربه مغناطیس ٤
٤- تاثیر دوقطب روی یکدیگر ٥
٥- توده مغناطیس ٥
٦- قانون کولمب ۷
۷- یکه توده مغناطیس ۷
۸- جسمهای مغناطیسی ۹
۹- آهن ربائی القائی ۹
۱۰- سازمان داخلی آهن رباها ۱۱
۱۱- خلاصه مطالب بخش نخست ۱٥

میدان مغناطیسی

۱۲- میدان مغناطیس ۱۸
۱۳- خط نیرو ۱۸
۱٤- شدت میدان مغناطیسی ۲۳
۱٥- یکه میدان مغناطیس ۲٤
۱٦- میدان یکنواخت ۲٤
۱۷- خلاصه مطالب بخش دوم ۲٥

میدان مغناطیسی زمین

صفحه

۱۸- میدان مغناطیسی زمین ۲۷
۱۹- انحراف ۲۸
۲۰- میل ۳۰
۲۱- قطب نما ۳۲
۲۲- خلاصه مطالب بخش سوم ۳٦

جریان الکتریسته

۲۳- جریان الکتریسته ۳۸
۲٤- فرض الکترونی ٤۲
۲٥- اجسام هادی و عایق ٤٤
۲٦- مقدار الکتریسته ٤٥
۲۷- بار الکتریکی جسمها ٤٦
۲۸- ترکیب های شیمیائی ٤۷
۲۹- خلاصه مطالب بخش چهارم ٤۸

الکترولیز وقانونهای فاراده

۳۰- تجزیه شیمیائی بوسیله جریان الکتریسته ٥۱
۳۱- توضیح آثارشیمیائی جریان الکتریسته با فرض الکترونی ٥٤

فهرست مندرجات

صفحه

۳۲- قانونهای فاراده ۵۷
۳۳- خلاصه‌مطالب بخش پنجم ٦

مو رد سعمال الکترولیز

۳٤- گالوانو پلاستی ٦٤
۳۵- تصفیه فلزات ٦٦
۳٦- رو شیمی ٦٦
۳۷- سنجش مقدار الکتریسته ٦۷
۳۸- سنجش شدت جریان الکتریسته ٦۸

قانونهای کیر شهف در جریانهای منشعب

٤۰- اختلاف پتانسیل ٦۹
٤۱- تغییر پتانسیل درطول یك مدار ۷۱
٤۲- نیروی الکتروموتور ۷۲
٤۳- رابطه میان شدت‌جریان واختلاف پتانسیل ۷٤
٤٤- فرمول اهم درحالت کلی ۷۷
٤۵- توزیع جریان درمدارهای انشعابی ۷۸
٤٦- شنت ۸۵
٤۷- پل وستتون ۸٦
٤۸- مقاومت الکتریکی و قانون ژول ۸۷
٤۹ خلاصه مطالب بخش هفتم ۸۸

صفحه

آثار مغناطیسی جریان الکتریسته

۵۰- میدان مغناطیسی جریان الکتریسته ۹۲
۵۱- میدان حاصل ازیك‌مدار راست خط ۹۳
۵۲- میدان مداردایره شکل ۹٤
۵۳- مارپیچ الکتریکی ۹٦
۵٤- تاثیر میدان مغناطیس روی‌جریان الکتریسته ۹۷
۵۵- وسائل سنجش شدت جریان واختلاف پتانسیل ۹۹
۵٦- گالوانمتر با آهن ربای متحرك ۹۹
۵۷- گالوانمتر باقاب‌متحرك ۱۰۳
۵۸- آمپرسنج ۱۰۵
۵۹- ولت سنج ۱۰۷
٦۰- خلاصه‌مطالب بخش‌هشتم ۱۰۸

آهن‌ربا شدن دراثر میدان آهن ربائی

٦۱- آهن‌ربای الکتریکی ۱۱۱
٦۲- گشت‌آور مغناطیسی ۱۱۱
٦۳- فلوی آهنربائی ۱۱۳
٦٤- تغییرات‌شدت‌آهنربائی y ۱۱۳
٦۵- هیستر زیس (پس ماند) ۱۱۵
٦٦- آهن‌ربای الکتریکی ۱۱۷

فهرست مندرجات

صفحه

۶۷- میدان مغناطیس در داخل یك آهن ربا ۱۱۸
۶۸- ضریب نفوذ ۱۲۰
۶۹- خلاصه مطالب بخش نهم ۱۲۱

القاء الکترومانیتیك

۷۰- جریان القائی ۱۲۴
۷۱- نیروی الکتروموتور القائی ۱۲۵
۷۲- قانون لنتز ۱۲۸
۷۳- روشهای مختلفی که برای تولید جریان القائی بکار میرود ۱۳۱
۷۴- خلاصه مطالب بخش دهم ۱۳۳

ماشین گرام

۷۵- ماشینهای مولد وموتور ۱۳۵
۷۶- چگونگی برقرار شدن جریان درحلقه ها ۱۳۶
۷۷- یکطرفه کردن جریان ۱۳۸
۷۸- محاسبه نیروی الکترموتور یك دینامو ۱۴۲
۷۹- دینامو‌ی موتور ۱۴۳
۸۰- انواع دینامو ۱۴۴
۸۱- خلاصه مطالب بخش یازدهم ۱۴۴

انرژی الکتریك

۸۲- دستگاههای زایای انرژی الکتریك ۱۴۷
۸۳- انرژی یکدستگاه زایا ۱۴۸

صفحه

۸۴- توان دستگاه زایا ۱۵۰
۸۵- انرژی که دردستگاههای گیرنده مصرف میشود ۱۵۰
۸۶- خلاصه مطالب بخش دوازدهم ۱۵۲

موارد استعمال الکتریسته در کارهای صنعتی و لوازمات خانه

۸۷- اساس ترقیات صنعتی عصر حاضر ۱۵۵
۸۸- وسائلی که برای رفع حوائج کارهای خانه لازم است ۱۵۸
۸۹- وسائل تولید گرما ۱۵۸
۹۰- وسائل تهویه وخنك کردن ۱۶۳
۹۱- وسائل پاکیزه کردن و شستشو ۱۶۳
۹۲- وسائل مکانیکی ۱۶۵
۹۳- میزان تقریبی مصرف دستگاههای الکتریکی متداول در خانه ها ۱۶۶
۹۴- روشنائی الکتریك ۱۶۸
۹۵- نکاتی که هنگام نصب چراغ باید ملحوظ شود ۱۶۹
۹۶- روشنائی مستقیم ۱۷۰
۹۷- روشنائی نیمه مستقیم ۱۷۰
۹۸- سیم کشی داخلی ۱۷۱
۹۹- وسائل ارتباط الکتریکی ۱۷۶
۱۰۰- تلفون ۱۷۶

	صفحه
۱۰۱- میکرفن	۱۷۸
۱۰۲- وسیله احضار	۱۸۰
۱۰۳- مرکز تلفن	۱۸۰
۱۰۴- تلفن خودکار	۱۸۱

قسمت دوم

نور

	صفحه
باز تابش نور بوسیله رویه های هامن	
۱۰۵- کلیات	۱۹۱
۱۰۶- قانونهای بازتابش نور	۱۹۳
۱۰۷- تشکیل نگار بوسیله آینه های هامن	۱۹۵
۱۰۸- تشکیل نگارهای متوالی بوسیله دو آینه	۱۹۷
۱۰۹- آینه چرخنده	۱۹۸
۱۱۰- خلاصه مطالب بخش هفدهم	۱۹۹
زتابش نور بوسیله رویه های گویسان	
۱۱۱- کلیات	۲۰۱
۱۱۲- ترسیم نگارهائیکه از آینه های گویسان بدست میآید	۲۰۶
۱۱۳- فرمولهای آینه های گویسان	۲۰۹
۱۱۴- خلاصه مطالب بخش هیجدهم	۲۱۲
شکست نور (رویه های هامن)	
۱۱۵- کلیات	۲۱۵
۱۱۶- قانونهای شکست	۲۲۲
۱۱۷- ضریب شکست	۲۲۳
۱۱۸- بازتابش کلی	۲۲۴
۱۱۹- فواره های رنگی	۲۲۷
۱۲۰- خلاصه مطالب بخش نوزدهم	۲۲۹
تیغه های موازی	
۱۲۱- کلیات	۲۳۱
۱۲۲- خلاصه مطالب بخش بیستم	۲۳۴
شوشه	
۱۲۳- کلیات	۲۳۶
۱۲۴- فرمولهای شوشه	۲۳۸
۱۲۵- فرمولهای ساده شوشه	۲۴۰
۱۲۶- کجراهی	۲۴۰
۱۲۷- تغییر کجراهی با تغییر گوشه فرود	۲۴۴
۱۲۸- حل مسائل مربوط بشکست نور باروش ترسیمی	۲۴۶

فهرست مندرجات

صفحه

۱۲۹- خلاصه مطالب بخش بیست و یکم ۲۴۸

شکست نور (رویه های گویسان)

۱۳۰- کلیات ۲۵۱

۱۳۱- تشکیل نگار بوسیله عدسیهای همگرا ۲۵۴

۱۳۲- تعین نگار باترسیم ۲۵۵

۱۳۳- تشکیل نگار بوسیله عدسیهای واگرا ۲۵۸

۱۳۴- فرمولهای عدسیها ۲۵۸

۱۳۵- همگرائی عدسیها ۲۶۱

۱۳۶- قضیه همگرائی عدسیها ۲۶۲

۱۳۷- خلاصه مطالب بخش بیست و دوم ۲۶۴

ذره بین

۱۳۸- کلیات ۲۶۷

۱۳۹- توان ذره بین ۲۶۷

۱۴۰- درشت نمائی ۲۶۹

۱۴۱- خلاصه مطالب بخش بیست وسوم ۲۷۱

ریزبین

۱۴۲- کلیات ۲۷۲

۱۴۳- توان ریزبین-درشت نمائی ۲۷۴

۱۴۴- اقسام ریزبین ۲۷۵

صفحه

۱۴۵- خلاصه مطالب بخش بیست و چهارم ۲۷۸

دوربین

۱۴۶- کلیات ۲۷۹

۱۴۷- دوربین اختری ۲۸۰

۱۴۸- درشت نمائی ۲۸۲

۱۴۹- دوربین زمینی ۲۸۲

۱۵۰- دوربین گالیله ۲۸۴

۱۵۱- درشت نمائی دوربین گالیله ۲۸۵

۱۵۲- خلاصه مطالب بخش بیست و پنجم ۲۸۶

کار در آزمایشگاه

۱۵۳- کلیات ۲۸۸

۱۵۴- کتابچه آزمایش ۲۹۰

۱۵۵- نکاتی که باید هنگام کار در آزمایشگاه ملحوظ گردد ۲۹۲

۱۵۶- آزمایشهائی که لازم است در ضمن سال تحصیلی در کلاس پنجم انجام گیرد ۲۹۶

پرسشها و مسائل

۱۵۷- کلیات ۲۹۹

۱۵۸ تا ۱۶۲- پرسشها و مسائل مربوط بفصول مختلف کتاب از ۳۰۱ تا ۳۱۹

پایان

حاری للہ کرے

لائبریری

جامعہ عثمانیہ

۱۔ ارکین مجلس اساتذہ طلبہ مجلس نظار مجلس اشاعت

مجلس تشریحات نصاب پنج کتابیں ایک وقت ایک طالب علم

۲۔ اساتذہ جامعہ عثمانیہ کتابیں ایک وقت ایک طالب علم

اور ارکین دارالترجمہ دس کتابیں ایک وقت ایک طالب علم

۳۔ طلبا جو جرمانہ وہ کتابیں لے سکتے ہیں

طلبا پنج کتابیں ایم اے ال ال بی اور ٹیچرس ٹریننگ

۴۔ مدت توسیع کتابیں دو ہفتہ تک اپنے پاس رکھ سکتے ہیں

۵۔ شرائط توسیع کتابیں کو اجرا کی جائیگی

۶۔ کتب خانہ میں کتاب کا لانا لازم ہے

۷۔ کتابوں کے گم یا خراب ہونے پر قیمت واپس

۸۔ کتابوں کی قسم کا نقصان یا کتاب پیش

۹۔ قلمی نسخے دوسرے لائبریری

جاسکتے ہیں