



## سرکرمیهای فیزیکی

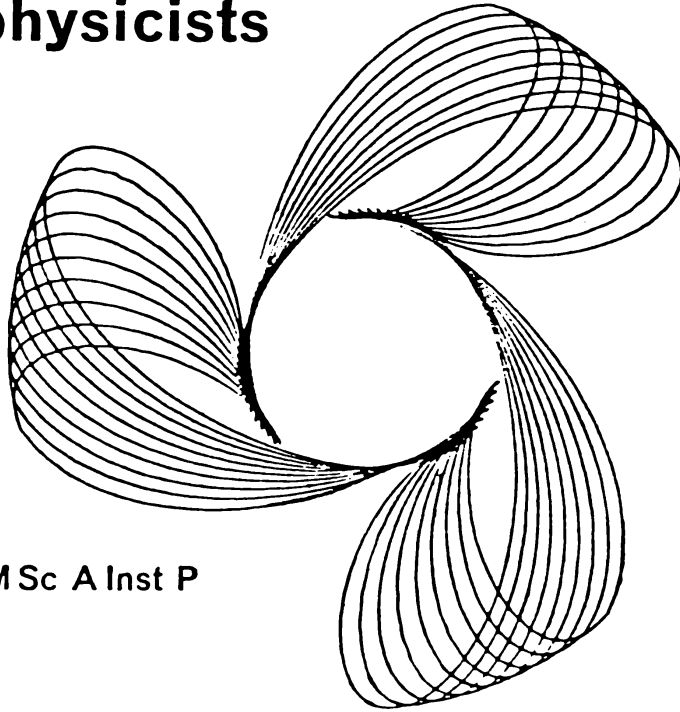
دستور ساخت بیست وسیله فیزیکی و آزمایش با آنها  
تالیف: ا.د. بولیان  
ترجمه: محمد مهدی سلطان بیکی



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# سرگرمیهای فیزیک

Experiments and models for  
young physicists



A D Bulman MSc A Inst P

مترجم: محمد مهدی سلطان‌سیگی

انتشارات پژوهش  
تهران - میدان انقلاب - بازارچه کتاب

تلفن ۶۶۷۵۰۰

---

سرگرمیهای فیزیک جلد اول و دوم

تالیف : ا . د . بولمان

مترجم : محمد مهدی سلطان بیگی

چاپ دوم : ۱۳۶۶ ( چاپ اول انتشارات پژوهش )

تیراژ : ۵۰۰۰ جلد

چاپ : فرهنگ

حق چاپ محفوظ است

## فهرست

صفحه	مطالب
۵	مقدمه مترجم
۶	مقدمه مؤلف
۷	۱- دستگاه‌های تنظیم درجه حرارت
۷	الف - نوار دوفلزی
۱۰	ب - استعاده از انبساط هوا
۱۲	ج - توجیه فیزیکی دستگاه الف و ب
۱۳	۲- رسم خطوط و اشکال
	چرخ دنده و ساختن دنده‌ای که بطور اتصالی تغییر
۱۴	کند
۱۸	حامل کاغذ
۱۹	حامل اکسانتریک
۲۰	میله حامل قلم
۲۲	متغیرها
۲۳	طرز استعاده
۲۴	ملاحظات در باره شکلها
۳۱	۳- موتور آبی
۳۱	موتور آبی
۳۵	مولد برق
۳۸	۴- نور قطبی
۴۳	دستگاه پرسپکس برای مطالعه فشار
۴۵	۵- الکتریسیته ساکن
۴۸	ساختن الکتروفور
۵۰	توزیع بار روی جسم رسانا
۵۱	الکتروسکوپ بسا زید
۵۴	بطری لید

صفحه	مطالب
۶۰	۶- مولدولتا ژزیاد
۷۰	۷- قرقره تسلا
۷۹	۸- تجزیه شیمیایی و آبکاری با برق
۸۸	۹- الکترونیک مقدماتی
۸۹	منبع تغذیه
۹۵	دستگاه‌ها متحان ترازیستور
۱۰۰	۱۰- ساختن نوسان کننده صوتی
۱۰۵	استفاده از سیلوسکوپ
۱۱۰	۱۱- اطاق ابرویلسون
۱۱۹	۱۲- رله وکنترل از راه دور
۱۲۳	دستگاه هدزدگیر
۱۲۴	دستگاه هدزدگیر ترازیستوری
۱۲۸	ضمیمه - شناختن مقدار مقارمتها

استقبالی که هموطنان گرامی از کتابهای قبلی که در این زمینه ترجمه و منتشر نموده‌ام نشان دادند باعث تشویق اینجانب گردید و کتاب حاضر که ترجمه کتاب Experiments and Models For Young Physicist. تألیف A D Bulman تقدیم

علاقه‌مندان نمایم.

در این کتاب دستور ساختن بیست وسیله فیزیکی ضمن ارائه شکل کامل و توضیح کافی داده شده است. آزمایشها و نحوه استفاده از این وسایل نیز عنوان شده است. امیدوارم خوانندگان محترم بتوانند طبق شرایط محلی تغییراتی داده و دستگاها را بسازند، و اگر احیاناً " نتوانستند موادی را تهیه کنند از مواد مشابه استفاده نمایند.

با تمام کوششی که در چاپ و ترجمه کتاب صرف شده ممکن است غلط‌هایی بنظر تیزبین خوانندگان گرامی برسد که معذور میدانم. مترجم

اسفند ۱۳۶۱

هدف عمده از نوشتن این کتاب اینست که دانش آموزان مهارت کافی پیدا کنند و با دست خود وسائلی بسازند و خیلی از آنها با ینکار علاقه دارند. امیدواریم ازین تمایل دانش آموزان استفاده و خلاقیت آنها را بطرفی سوق دهیم که به علوم توجه پیدا کنند و فرصتی پیدا کنند تا از توصیه های این کتاب استفاده ببرند. البته دانش آموزان ممکن است در استفاده از ابزارها و تهیه آنها بمشکلاتی برخورد نمایند. در مدارس درسی فیزیک بصورت تئوری تدریس میشود و دانش آموز نمیتواند استعداد و خلاقیت خود را بکار اندازد. اگر آزمایشگاهی وجود داشته باشد و آزمایشی انجام دهد بنظر او شاید جالب نباشد. همیشه از دانش آموز میخواهند خطای آزمایش را در نظر بگیرد و دقت لازم را در اندازه گیریها رعایت نماید.

بهمین دلیل فکر کردیم دانش آموزان با استفاده از اوقات فراغت بعنوان یک فعالیت جنبی وسائلی بسازند که در عین حال سرگرم کننده بوده و خودشان آزمایش کنند. بهترین دلیل ما در این مورد استقبال زیادی است که نوجوانان از جعبه های علوم تفریحی و مدل قطار برقی میکنند. فصلی درباره مقدمات الکترونیک تهیه شده که حدقا صلی بین دانش فیزیک و الکترونیک است. شاید بعضی قسمتها بنظر شما قدیمی باشد گو اینکه تمام فیزیک همیشه تا زگی داشته و جالب میباشد. گرچه سعی کرده ایم وسائلی طرح کنیم که در عین حال تفریحی و سرگرم کننده باشد و منظورمان طرح یک قانون علمی بوده است که فکر می کنیم خود دانش آموزان تمایل بدانستن این قوانین داشته باشند.

ساختن وسائلی که مطرح شده بعضی خیلی ساده و بعضی مشکل است و انتخاب آنها بخوانندگان واگذار کرده ایم. هدف در بعضی موارد ساختن خود دستگاه و در بعضی دیگر آزمایش و استفاده از وسائلی است. توصیه میکنیم از بهترین جنس ها استفاده کنید تا وسیله ای که میسازید زیبا باشد. تقارن و تعادل را رعایت نمائید. ارزش کار شما تنها ارزش وسیله ای که ساخته اید نیست، بلکه مهارتها و اطلاعات حاصله ارزشمند میباشد. در تدوین کتاب از منابع دیگر نیز استفاده شده که بدینوسیله باید از مؤلفین آنها تشکر کنم.



وسایلهای که با آن درجه حرارت محیطی را ثابت نگاه میدارند، ترموستات نام دارد. از آن دربخاریهای گازی، آب گرمکن، اطو و وسایل دیگر خانگی استفاده میشود. برای ثابت نگه داشتن درجه حرارت از روشهای مختلف استفاده میشود. وقتی در شکل یا اندازه عنصر اصلی دستگاه ترموستات تغییری حاصل شود باعث میشود کلید یا شیر عمل کند و منبع حرارت قطع یا شروع بکار کرده درجه حرارت در میزان معین ثابت میماند. در اینجا دو نوع ترموستات عنوان میشود یکی با استفاده از نوار دو فلزی و دیگری با استفاده از انبساط هوا است.

#### الف - نوار دو فلزی

نوار دو فلزی از دو نوار فلز مختلف با ضریب انبساط متفاوت ساخته شده که در طول رویم پرج یا جوش داده شده است. وقتی به آن حرارت دهیم نوار خم میشود بطوریکه نوار یک طرف فلزی که ضریب انبساط آن کمتر است خم میشود، اگر دو انتهای نوار ثابت باشد در اثر حرارت خم شده به شکل منحنی در میآید. در صنعت از این نوارها که یک طرف از جنس برنج و طرف دیگر آلیاژی بنام انوار invar درست کرده اند و بقیمت ارزان می-توان تهیه کرد. آلیاژ اخیر دارای ضریب انبساط خیلی کم است. چون اختلاف ضریب انبساط آن دو زیاد است در اثر حرارت بمقدار زیاد خم میشوند. در میزان حرارت فلزی از نوار دو فلزی استفاده شده که به شکل حلزونی پیچیده شده است. یک طرف نوار ثابت و یک طرف دیگر عقربه ای وصل شده است که در مقابل قوس مدرج حرکت میکند و درجه حرارت را نشان میدهد. یک نوار آهن و یک نوار آلومینیم بهمان عرض تهیه کنید ضریب انبساط آلومینیم  $0/000026$  و برای برضریب انبساط آهن که  $0/000012$  است میباشد اگر آنها را بهم بچسبانیم و نوار دو فلزی بسازیم حتی اگر طول آن ۱۰ سانتیمتر باشد وقتی صد درجه گرم شود انحنا نوار بخوبی با چشم دیده میشود. نمونه ای را که میسازید میتوانید با برق شهری ولتاژ کم بکار اندازید. اول برق ۱۲ ولت از باتری یا ترانسفرماتور بکار برید و بعد با برق شهر آزمایش کنید.

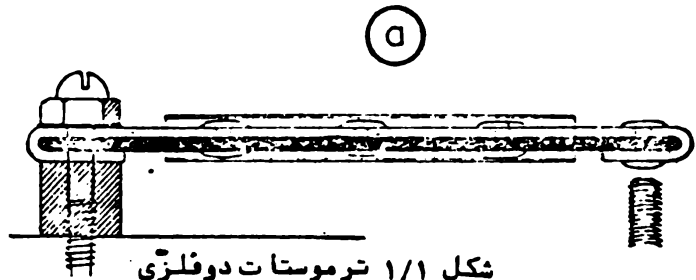
به تربیت زیر عمل کنید یک نوار آلومینیم بعرض  $1/5$  سانتیمتر و به

ضخامت یک میلیمتر و طول ۱۰ سانتیمتر تهیه کنید. نوار مشابیها ز حلبی به طول  $12/5$  سانتیمتر بهمان عرض تهیه کرده روی هم قرار میدهیم و دو طرف حلبی را روی نوار آلومینیم خم میکنیم. طبق شکل ۱/۱ الف ۵ سوراخ در فواصل مساوی روی دونوار درست می‌کنیم. چهار سوراخ وسط را پرچ کرده در سوراخ یک طرف یک پیچ  $A$  قرار میدهیم که بتوانیم نوار را روی پایه نصب نمائیم. پنج سانتیمتر از نوار را با ورقه میکا یا کاغذ نسوز یا عایق دیگر که در اثر حرارت خراب نشود میپوشانیم و روی آن را سیم نیکل کرم به قطر  $0/2$  و بطول ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر می‌پیچیم.

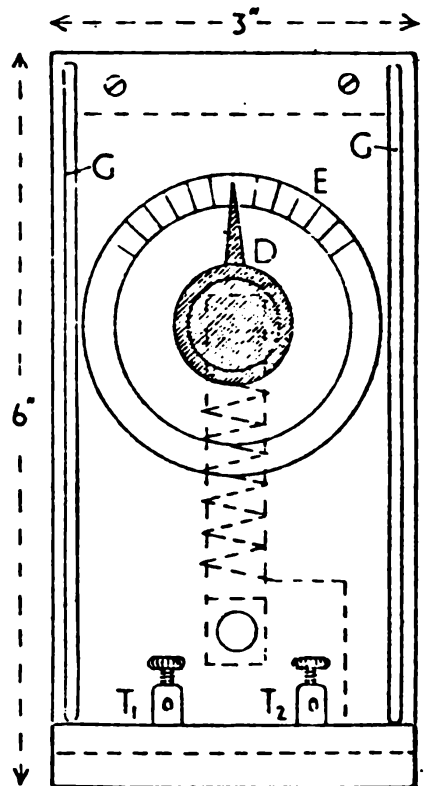
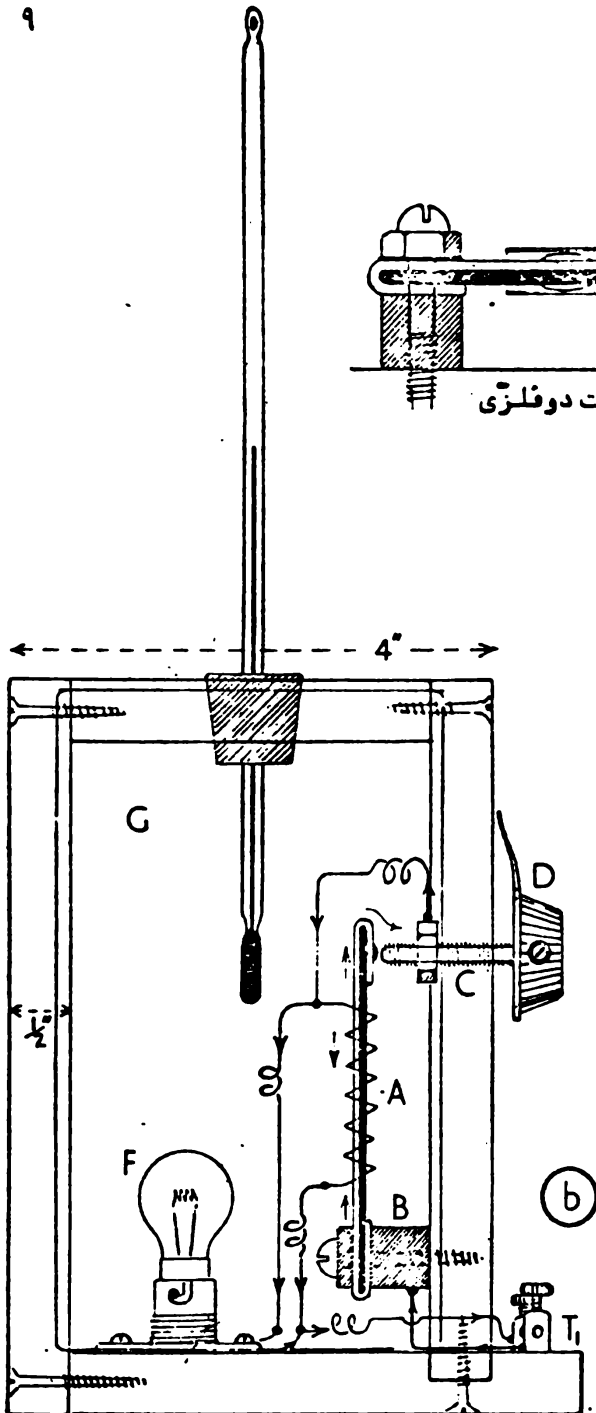
ابعاد بدنه در شکل ۱/۱ ب داده شده است ممکن است تغییر دهیــــد .  
پائین نوار  $A$  را روی جدا رجعه پیچ کنید. بین آن وجعه  $B$  یک مکعب فلزی با بعد  $1/5$  سانتیمتر قرار داده و یک واشار یا مهره زیر پیچ بگذارید تا نوار محکم روی بدنه قرار گیرد. نوار آلومینیم بطرف جعبه باشد. در مقابل طرف دیگر نوار یک پیچ برنجی  $C$  بطول ۴ سانتیمتر روی سوراخی در جعبه محکم کنید که با نوار تماس داشته باشد. میتوان یک دکمه روی پیچ برای تنظیم نصب کرد. میتوانی دکمه را دیوا استفاده کنید. یک عقربه  $D$  به دکمه بچسبانید.

مقابل عقربه یک قوس مدرج رسم کنید که بعداً "میتوانید آنرا بر حسب درجه حرارت مدرج نمائید.

یک لامپ  $F$  دوازده ولتی در سر پیچ مناسبی به بندید و آنرا بطور موازی با سیم نیکل کرم در مدار وصل نمائید، چنانچه از شکل ۱/۱ ب پیدا است جریان وارد اتصال  $T$  شده از نوار عبور میکند و توسط پیچ  $C$  به سیم نیکل کرم میرسد، در عین حال از لامپ میگذرد و به اتصال  $T$  میرسد. وقتی درجه حرارت زیاد شود نوار خم شده اتصال قطع میگردد. وقتی نوار سرد شود و با راه اتصال برقرار و نوار گرم و عمل ادامه پیدا میکند. اگر دکمه را در جهت عقربه ساعت بچرخانیم زمان وصل طولانی تر میشود و درجه حرارت بالاتر میرود. پشت و روی دستگاره را میتوان با شیشه مسدود نمود و میزبان لحراره‌ای داخل آن قرار داده متوسط درجه حرارت را اندازه بگیرد و روی قوس مدرج یا دداشت کنید. اگر دکمه را در خلاف جهت حرکت عقربه ساعت به پیچید بطوری که فاصله پیچ تا نوار کم باشد در آن صورت مدار زود قطع میشود. سپس از مدت زیاد در نقاط قطع و وصل مدار در اثر جرقه اکسید تولید میشود و دیگر قطع و



شکل ۱/۱ ترموستات دوفلزی

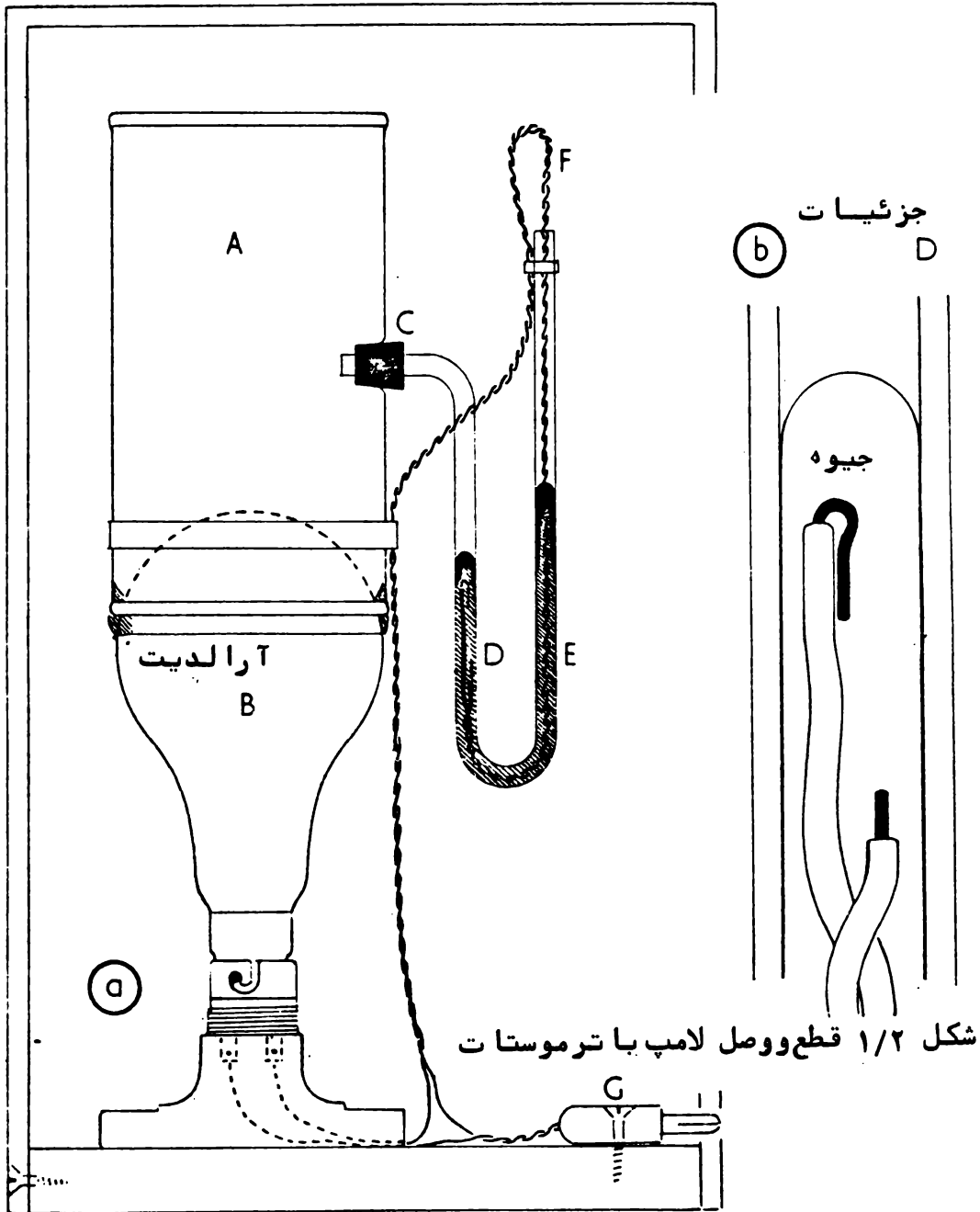


وصل خوب انجام نمیشود. پس باید از فلزی که اکسید نمیشود استفاده کرد. اگر بخوانید دستگاره را با برق شهر بکارانید بجای سیم نیکل کرم با یک از سیم‌های لامپ ۱۲ ولتی یک چراغ خواب بکار برید. عایق‌ها باید کاملاً با شدت اتصالی پیش نیاید.

ب- استفاده از انبساط هوا

در این نمونه از خاصیت انبساط هوا در اثر استفاده شده است که یک کلید مخصوص جیوه‌ای را بکار می‌اندازد. در شکل ۱/۲ الف یک قوطی حلبی A گرفته در آن را با قوطی با زکن بردارید و بطور معکوس روی یک لامپ معمولی قرار داده و آن را با چسب خمیری به لامپ بچسبانید. چسب باید در اثر حرارت خراب نشود تا هوا از اطراف لامپ نفوذ نکند. یک سوراخ در کنار قوطی درست کنید و یک چوب پنبه در آن فرو برده درون چوب پنبه یک لوله‌ی شیشه‌ای بشکل L قرار داده در لوله جیوه بریزید. سیم روپوش دولا- داخل لوله قرار دهید سرسیم‌ها را لخت کرده بطوریکه در قسمت D لوله قرار گیرند، سرسیم‌ها باید طبق شکل ۱/۲ ب یکی در بالا و دیگری در پایین قرار گیرد. یک سرسیم به دوشاخه برق و سرسیم دیگر بیک طرف لامپ وصل شود. طرف دیگر لامپ را به طرف دیگر دوشاخه برق وصل کنید. اگر دوشاخه را به برق وصل کنید لامپ روشن میشود در اثر حرارت هوای داخل قوطی منبسط میشود. اگر دستگاره درست ساخته شده باشد، هوا روی جیوه شاخه D فشار وارد کرده، جیوه پایین میرود و اتصال سیم‌ها قطع میشود و لامپ خاموش و در نتیجه هوا سرد و فشار کم شده جیوه در لوله D با لامپ متصل برقرار و دوباره لامپ روشن و عمل تکرار میگردد. با بالا و پایین بردن سیم‌ها در لوله میتوان درجه حرارت داخل قوطی را تنظیم کرد.

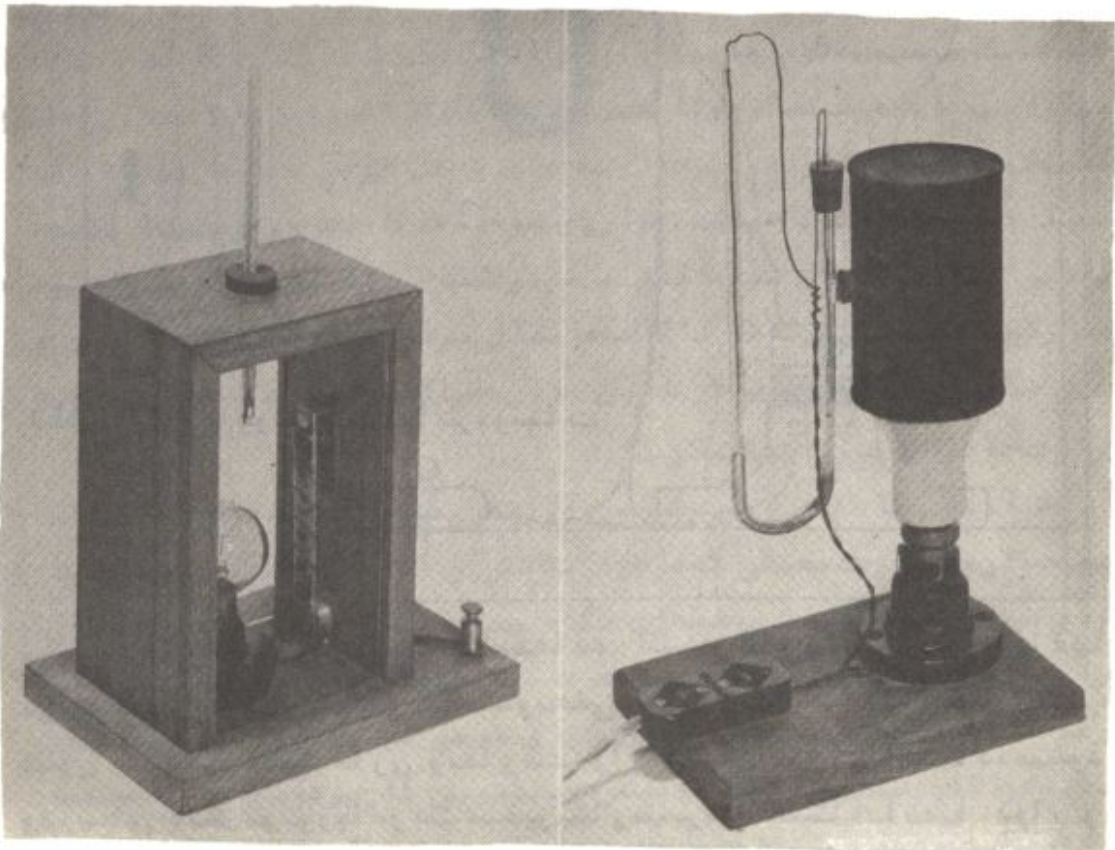
در آزمایشگاه‌های زیست‌شناسی از تنظیم خودکار درجه حرارت استفاده میشود و درجه حرارت محیطی که موجود زنده در آن قرار داده شده تنظیم میگردد برای مثال ملخ‌ها را در محفظه‌ای نگاه میدارند تا زاد و ولد کنند و انتقال خواص را در صورت مطلقه نمایند. در ماهی‌های جوجه‌کشی نیز از ترموستات استفاده میشود. در آزمایشگاه‌های شیمی فیزیک از ترموستات برای تنظیم هواکش و بهم‌زن استفاده میشود و بیشترین کاربرد آنها در خانه‌ها برای تنظیم درجه حرارت داخلی است، برای خاموش و روشن کردن چراغ‌های درخت کریسمس نیز استفاده میشود. ممکن است در چراغ‌های تنظیم عبور و



مرور چهار راهها از ترموستات استفاده کنند. گرچه بعضی از این چراغها در اشعور تومبیل بکار میافتد و بعضی دیگر از مدار تاء خیر زمان لامپ نئون یا لامپی که یک خازن و مقاومت در آن کار گذاشته اند استفاده میشود و در بعضی دیگر موتور با سرعت متغیر بکار میبرند. دستگاه باید با دوام و محکم باشد و در محل جرقه از آلیاژ نقره و نیکل مثل رله های تلفن استفاده شود.

دستگاه الف - ضریب انبساط آلومینیم که برابر با ضریب طول واحد - وقتی درجه حرارت یک درجه تغییر کند میباید مساوی  $0/000026$  است یعنی یک متر آنرا وقتی یک درجه گرم کنیم  $0/0026$  سانتیمتر بطول آن اضافه میشود و اگر صد درجه گرم شود  $0/26$  سانتیمتر افزایش طول پیدا میکند.

دستگاه ب - هوای داخل قوطی در اثر حرارت منبسط میشود ضریب انبساط هوا  $\frac{1}{273}$  است که برابر  $0/00366$  است. ضریب انبساط تمام گازها همین مقدار است. یعنی اگر هوا را یک درجه گرم کنیم با اندازه  $0/00366$  حجم اولیه منبسط میشود بشرطی که فشار ثابت باشد. قانون چارلز چنین است اول: حجم گاز در فشار ثابت متناسب با درجه حرارت است، دوم: فشار گاز وقتی حجمش ثابت باشد متناسب با درجه حرارت گاز است. در این دستگاه هم حجم و هم فشار گاز تغییر میکند. اختلاف سطح جیوه در دوشاخه لوله در دو حالت اختلاف فشار را نشان میدهد، واضح است حجم هوا نیز تغییر میکند که اگر لوله با ریک باشد کم است.



عکس یک - ترموستات  
سمت چپ جزء دو فلزی دیده میشود ولی تنظیم درست راست دیده نمیشود  
سمت راست - یک کلید جیوه ساده در اثر انبساط هوای داخل قوطی سیاه به  
کار میآفتد.

با این دستگاه بطور خودکار اقسام مختلف اشکال را میتوان رسم کرد. با تغییراتی در دستگاه میتوان انواع شکلهای را رسم کرد. این دستگاه را شما توگراف نامند. شما در یونانی بمعنی شکل و گراف بمعنی رسم است و شکلهای رسم شده را شما توگرام نامند. هنرمندان بیشتر به این دستگاه توجه دارند. چون شکلهای آن شبیه منحنیهای لیساجوست که بسادگی دستگاهها رمونوگراف میتوان رسم کرد، دانشمندان هم با این دستگاه توجه دارند. دستگاه شما توگراف شکلهای سه پر و چهار پر و اشکال دیگر تکراری رسم میکند که جالب و مورد توجه هنرمندان میباشد و در هر حال حیطة کار فیزیکدانان و هنرمندان خیلی از هم جدا نیست.

علت عمده طرح دستگاه در این کتاب اینست که ناچار با یداد دستگاه تراش خراطی و ابزار دیگر استفا ده کرد. خیلی از جوانان به خراطی چوب و کارهای دستی دیگر مثل سفالگری علاقه دارند که ممکن است با این علت باشد که با آسانی هر طور میل دارند اشکال مختلف را با دست خود بسازند. فیزیکدانانی که خودشان وسائلی که خود را میسازند و با ابزار کار میکنند کمتر به تکنیسین احتیاج دارند. مبتدیان میتوانند از دریل برقی استفاده و تراشکاری نمایند. بادی ریلهای ساخت کارخانه بلاک اند دکروبرچو ولف وسائلی اضافی برای خراطی نیز عرضه میکنند. کارخانه ما یفرد وسائلی سنگین تر میفروشند که برای آما تورهایی ما هر خوبست.

با وجود اینکه برای اطمینان از حصول نتیجه در یک آزمایش فیزیک باید بتوانیم اجزاء آنرا با سرعت ترکیب کنیم و برای اینکه بدانیم طرحی را میشود پیاده کرد یا نه باید زیاد زحمت بکشیم، اگر در ساختن دستگاه دقت نکنیم بعداً "نواقصی پیدا میشود که برای اصلاح آن وقت و انرژی زیادی بایدمصرف کرد و بهتر است در طرح اولیه حوصله زیادی بخرج داده و بعد اجزاء لازم را با دقت ساخت در این صورت نتیجه خوب و بزحمتش میارزد و بجای صبری را که طبیعتاً "عارض میشود خنثی میکند. دستگاه ساخته شده اگر بخوایم جالب و تمیز باشد باید صبر و حوصله زیاد بخرج دهیم، احتیاجی به تزئین ظاهر آن نیست گرچه در قدیم وسائلی که میساختند مثل دوربین و ساعت و اسطرلاب و ماشینهای حساب بخصوص آنها که در آلمان ساخته شده

باشد تزئینات زیادی روی آنها انجام داده اند که باعث تعجب است و نشان میدهد هنرمندان در سابق ذوق بیشتری داشته اند، وقت آزاد و فرصت و فراغت بیشتری داشته اند ولی امروزه با کمال تأسف با وجودیکه فیزیک با سرعت زیاد روبه تکامل و پیشرفت است آن فراغت حاصل نیست. با وجود این فنون جدید ظرافت خاص خودش را دارد مثلاً "خطوط زیبایی که در ساختمان هواپیمای جت رعایت شده یا جله و صیقل اجزاء موتورکشتی ها و مقاطع موتور توربو جت درخشندگی خاصی دارند.

وسائلی که میسازیم ممکن است موارد استعمال عملی نداشته باشند خود ساختن وسیله ارزش دارد با ضافه همیشه انجام کاری مستلزم حصول فایده نیست برای مثال با زیبایی سرگرم کننده فایده عملی ندارد و فقط خود - بازی و فعالیت آن ارزش دارد. در ساختن شما توگرافاضافه بر لذتی که از ساختن دستگاه میبریم طرحهای رسم شده جالب و ارزش تربیتی دارد.

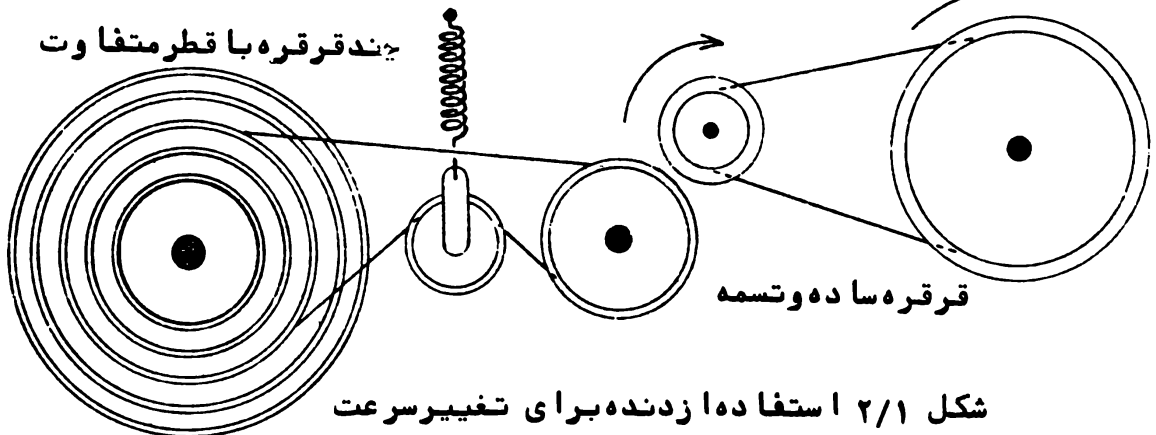
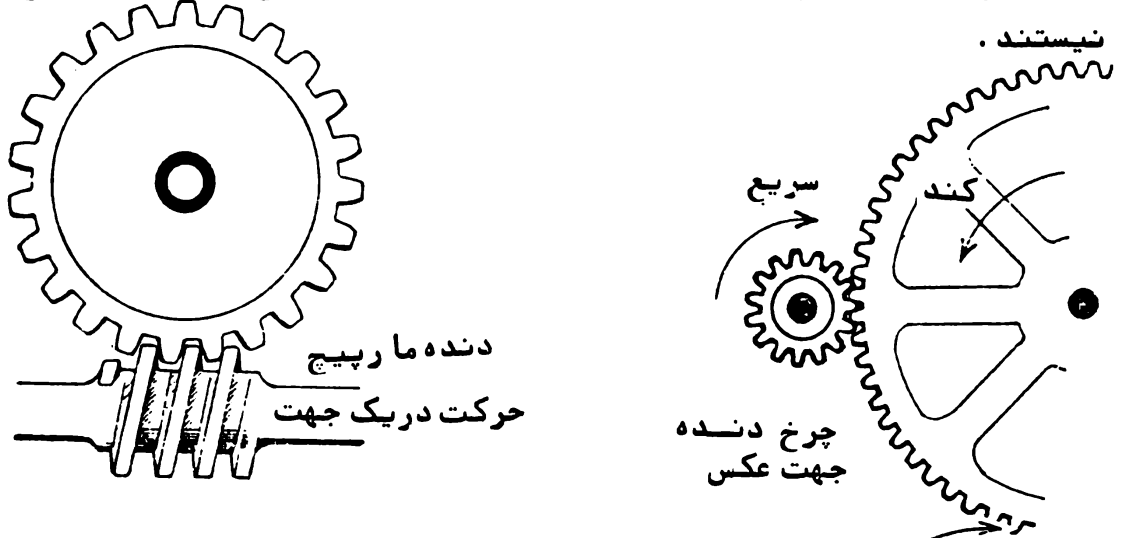
چرخ دنده و ساختن دنده ای که بطور اتصالی تغییر کند

دنده و وسیله ای است که با استفاده از آن چرخ دیگری بدون درمیاورد. یک نمونه ساده آن چرخ دنده متصل به پائین دو چرخ معمولی است که توسط زنجیری چرخ دنده کوچک تر روی چرخ تاپر را با سرعت بیشتری به حرکت درمیاورد. در اتومبیل ها جعبه دنده عمل عکس انجام میدهد یعنی سرعت زیاد محور موتور را کم کرده و میل گاردان با سرعت کمتر میچرخد نسبت دنده ها مختلف است و چرخهای مختلف با دنده های متفاوت به نسبت های ۳ یا ۴ میباشند. کسانیکه بساختن وسائل مکانواشتغال دارند بخوبی با چرخ دنده ها آشنائی دارند ما نیز در شکل ۲/۱ الف توضیح بیشتری داده ایم. اگر بخواهیم سرعت خیلی تغییر کند باید از چرخهای متعدد استفاده کرد یا چرخ و ما رپیچ که در مدل های قطار آهن مصرف میشود بکار میبرند، سرعت موتور برقی زیاد و وسیله چرخ و ما رپیچ قطار را با سرعت کم به حرکت درمیاورد که در شکل ۲/۱ ب نشان داده ایم و یک دور حرکت ما رپیچ فقط یک دنده چرخ دنده دار را میگرداند و نسبت سرعتها برابر تعداد دنده چرخ است. در نمونه های کوچک ممکن است از قرقره و تسمه استفاده کرد. در شکل ۲/۱ ج از تسمه استفاده شده اگر تسمه را عکس به بندیم جهت دوران عوض میشود. ممکن است قرقره با قطرهای مختلف بکار برد که بتوان



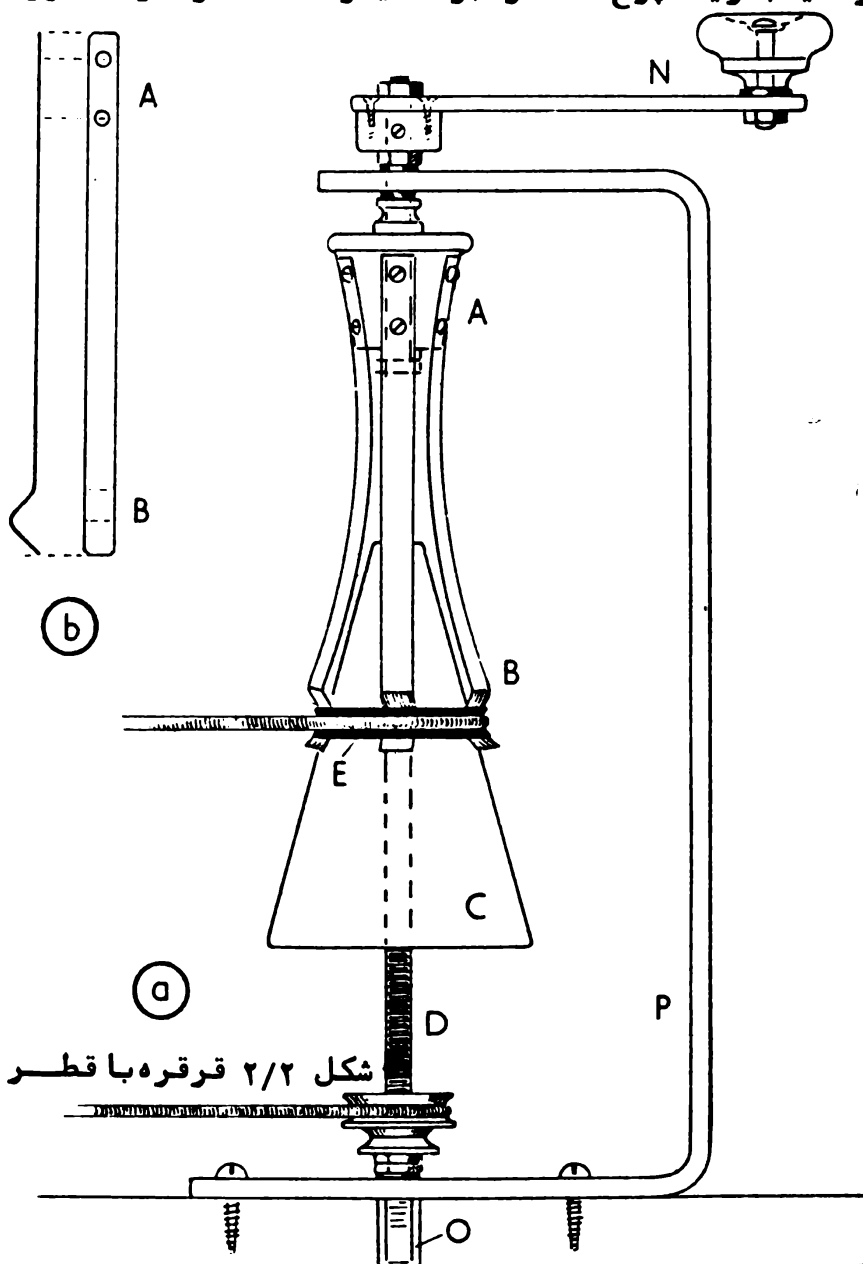
سرعت را تغییر دادا دوچون طول تسمه با یدکم وزیا دشودیک قرقره سوم که بعنری وصل است طبق شکل ۲/۱ د بکا رمیبریم . اگر تغییر طول تسمه زیادنبا شداحتیاجی به قرقره سوم نیست وبجای تسمه معمولی از تسمه های فنری که در پروژکتور فیلم مصرف میشودا ستفا ده کنید تسمه فنری باریکتر از فنرهای پرده است . در اینجا میتوان از فنرهای فولادی پایه پرده استفاده کرد اخیرا "فنرهای پرده را با پلاستیک میپوشا نند که خیلی قابل ارتجاع

نیستند .



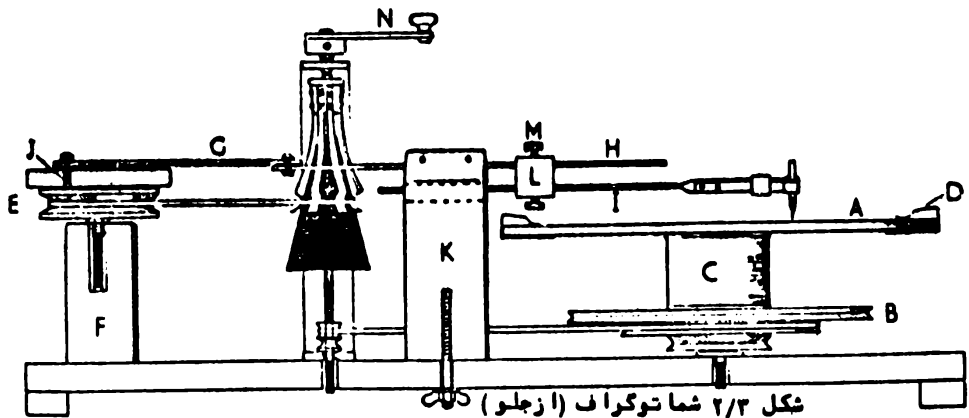
در اینجا باید بطور اتصالی نسبت دوران را تغییر داد . روشی ارائه میشود که مهمترین جزء آن یک قرقره است که قطر آنرا بطور اتصالی میتوان تغییر داد . برای ساختن محور آن یک پیچ فولادی بطول ۴۵ سانتیمتر و قطر ۵/۶ سانتیمتر تهیه کنید . ۶ عدد مهره و وا شرا مناسبت نیز آماده کنید . ممکن است یک میله برنجی پیچ دار بهمان قطرا ز فروشندگان لوازم را دیو بخرید و بجای آن بکار برید . در شکل ۲/۲ الف یک قه چوبی A نشان

داده شده است. میتوانید یک قرقره نخ چوبی بزرگ تهیه کرده و آنرا بتراشید و بشکل قبه درآورید، بطوریکه بشکل مخروط ناقص کوچک درآید. قرقره چوبی را اول روی یک پیچ محکم ببندید و روی دستگاه خراطی محکم نمائید و آهسته بتراشید. اگر چوب نرم و تیغه تراش کند با شدنتیجه مطلوب نخواهد بود. با کاغذ سنباده آنرا صاف کنید. یک فنر کوچک ساعت رومی می تهیه کنید عرض آن  $\frac{5}{6}$  سانتیمتر باشد. از تعمیرکنندگان ساعت فنر را میتوانید بخرید. چرخ دنده و اجزاء دیگر ساعت نیز بخرید میخورد.

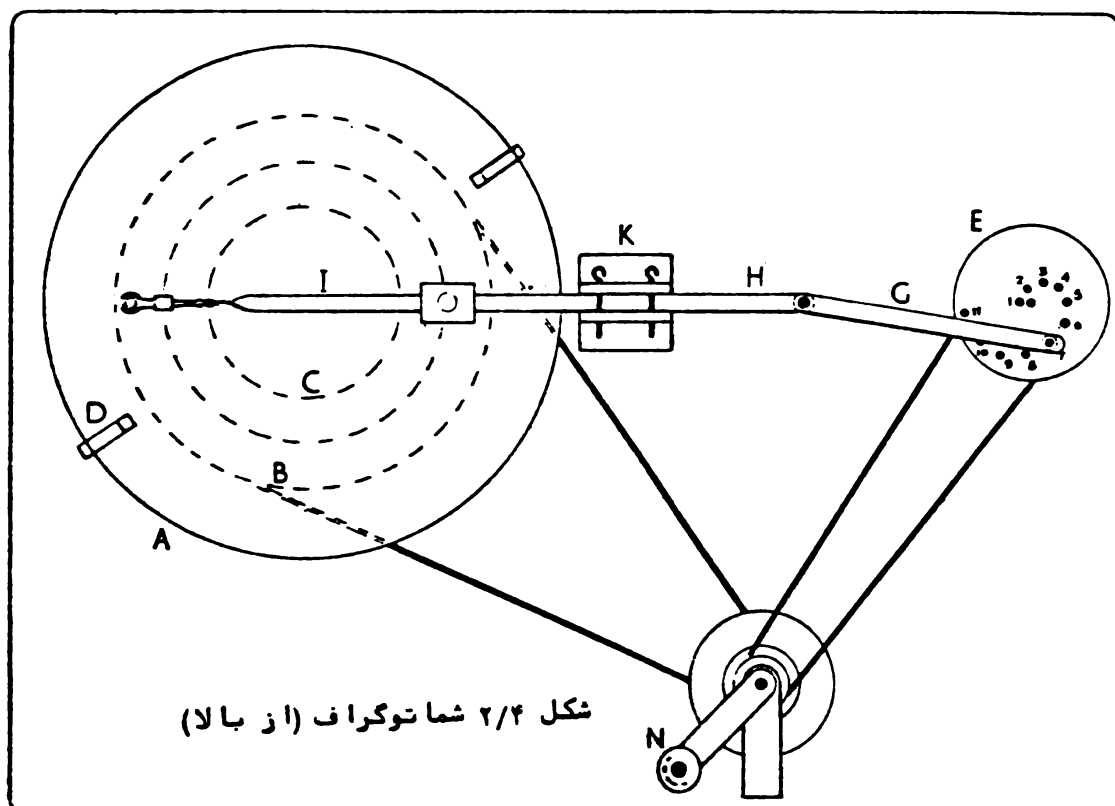


شکل ۲/۲ قرقره با قطر متغیر

ابتدا فنر را راست کنید و ۶ تیکه بطول ۱۵ سانتیمتر ببرید. دو طرف هر تیکه را با اندازه ۲/۵ سانتیمتر در چراغ گاز نگاه داشته وقتی سرخ شد بگذارید کم کم سرد شود، آب آن گرفته میشود. در شکل ۲/۲ ب شش تیکه فنر نشان داده شده است. *A* محل سوراخ را با سنبه نشان کنید و بعد با مته سوراخ نماید تا بتوانید آن را با پیچ چوبی یک سانتیمتری روی مخروط ناقص چوبی نصب کنید. طرف *B* را بشکل ۷ در آورده تیکه های فنر با یکدیگر "ملا" هم شکل باشند. طرف *B* فنر روی مخروط چوبی *C* طبق شکل ۲/۲ الف قرار گیرد. روی سطح جانبی مخروط ناقص شش خط درفاصله های متساوی بطور قائم رسم کنید. بعداً "محل سوراخ ها را مشخص کرده با مته سوراخ کنید و فنرها را روی آن پیچ نماید. یک مخروط *C* از استوانه چوب سخت به دستگاه تراش خراطی بسته طول آن باید ۷/۵ سانتیمتر باشد، قطر طرف باریک آن یک سانتیمتر و طرف دیگر مخروط ۶ سانتیمتر باشد. وسط



مخروط را با مته سوراخ کنید. قطر سوراخ کمی کوچکتر از قطر پیچ *D* باشد. اگر در انتهای پیچ در طول با سوهان مثلث شکل شکافی درست کنید خود پیچ در مخروط چوبی قلاویز میشود. مخروط روی پیچ داخل ۶ فنر قرار میگیرد. تسمه قرقره روی انتهای فنر که بشکل ۷ در آورده اید قرار گرفته وقتی مخروط را روی پیچ با لولپائین ببرید قطری که تسمه روی مخروط تکیه میکند تغییر مینماید. همانطور که گفته شد جای تسمه از فنر پر شده استفاده کنید، یک نوار حلقه لاستیکی از تیوب تا ببرد و چرخه بریده زیر آن روی مخروط قرار دهید تا دوران خیلی روان صورت گیرد.

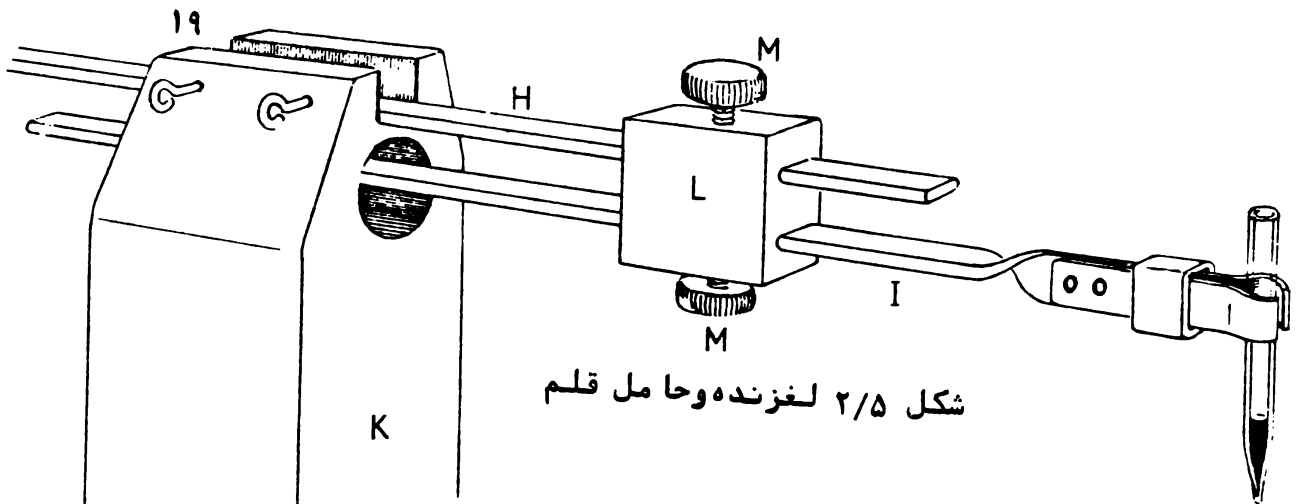


شکل ۲/۴ شماتوگراف (از بالا)

دسته  $N'$  از یک نوار پلاکسولین درست شده و یک دکمه که از قرقره نخ درست شده روی آن با پیچ نصب شده که بدو آن نمیتواند بچرخد. اجزائی که لازمست روی میله محکم نصب شوند مثلاً "دسته  $N$  و قپه و قرقره باید بوسیله مهره قفل یا پیچ گیره دار سفت شده امکان لغزش نداشته باشند. تیکه های کوتاه لوله  $O$  روی پیچ بلند قرار دهید تا براحتی حول تکیه گاهش بتوانند بگردند. این واحد را روی یک نوار فولاد نرم سوار کنید، نوار  $P$  بعرض  $۲/۵$  سانتیمتر و ضخامت  $۵$  میلیمتر که طبق شکل خم شده و با مته سوراخ کنید و با پیچ روی بدنه نصب کنید.

حامل کاغذ

دستگاهی که طبق شکل ۲/۳ و ۲/۴ ساخته اید صفحه گردان را از یک ورقه تخته ب ضخامت  $۰/۶$  سانتیمتر بسازید. میتوانید از تخته فیبر یا سه لائی به



شکل ۲/۵ لگزنده و حامل قلم

ضخامت  $0/6$  سانتیمتر استفاده کنید. دایره‌های بقطر  $30$  سانتیمتر بریده اطراف آن را با کاغذ سنباده صاف کنید. در زیر تخته دویا سه قرقره بزرگ **B** از تخته فیبر به ضخامت  $0/6$  سانتیمتر درست کنید. اول دایره‌های بریده و بعد شیاری در قرقره ایجاد کنید. قرقره‌ها را روی پیچ برنجی  $6$  میلی‌متری قرار دهید. ابتدا دندان پیچ را با سوهان صاف کنید. پیچ را داخل یک لوله فولادی که روی بدنه چوبی محکم شده قرار دهید که کل تکیه‌گاه را تشکیل می‌دهد. روی قرقره بالا در وسط آن یک قوطی حلبی **C** دایره شکل بچسبانید و قرص حامل کاغذ را بنوبه خود روی قوطی حلبی بچسبانید. باین ترتیب قلم در ارتفاع لازم قرار گرفته و اصطکاک قلم باعث انحراف آن از حالت قائم نمیشود. کاغذ باید در حالت تخت بچرخد پس باید دقت شود که قرص حامل کاغذ بخوبی روی تکیه‌گاه پائین بتواند بچرخد. از گیره‌های فنری تخته رسم معمولی **D** برای نگاهداری کاغذ روی قرص استفاده کنید. کاغذ کلفت تر باشد بهتر است.

حامل وسیله خارج از مرکز (اکسانتریک) شکل ۲/۳ و ۲/۴ و ۲/۵

دو قرص چوبی ب ضخامت  $1/5$  سانتیمتر را بهم بچسبانید. این قرصها و قرقره‌ها چرخ اسباب بازی است که از فروشگاههای لوازم کارهای دستی میتوانید بخرید. قطر آنها  $7/5$  سانتیمتر و  $10$  سانتیمتر است. بدین ترتیب احتیاجی ببریدن نیست ولی لازم است در کنار قرصها شیارد درست کنید. در قرص  $7/5$  شیارد در قرص  $10$  سانتیمتری سوراخ ایجاد کنید تا بتوانید میله دست را در آن فروبرید. سوراخها بقطر  $0/5$  سانتیمتر و روی

یک منحنی حلزونی ایجاد کنید تا میله بتواند در امتداد شعاع حرکت کند. (شکل ۲/۴ و ۲/۵) بجای اینکه سوراخها را در امتداد منحنی حلزونی ایجاد کنید میتوان سوراخها را روی یک میله چوبی مستقیم درست نموده و میله را روی چرخ قرقره نصب نمایید. روی منحنی حلزونی سوراخها را نزدیک تر بهم میتوان درست کرد. اگر سوراخها را شماره گذاری کنید بعداً "میتوانید مراجعه کرده و به بینید کدام منحنی با کدام سوراخ درست شده است، مثل تمام واحدهای چرخنده دیگر مدل، تکیه گاه آن یک میله برنجی بقطر ۵/۶ سانتیمتر است که داخل لوله‌ای که روی مکعب چوبی  $F$  نصب شده است و  $F$  روی بدنه اصلی با پیچ محکم شده است. ارتفاع مکعب چوبی  $F$  طوری است که سطح این قرقره با قرقره فنر فولادی روی مخروط همتراز باشد. چون سرعت دستگاره زیاد نیست بجای روغن میتوان از گریس گرافیت استفاده کرد تا مالش کم شود.

میله حامل قلم

برای ساختن میله حامل قلم از سه میله برنجی یا چوب پرده  $G$  و  $H$  و  $I$  طبق شکل ۲/۳ و ۲/۴ استفاده کنید. قطعه  $G$  یک میله اتصال است که پیچ کوتاه  $J$  قائم در سوراخ ته میله با مهره محکم شده است. تعدادی زدنانه‌های پیچ را صاف کرده اند و بصورت یک میله  $۵/۵$  سانتیمتری درآورده اند. این میله را در یکی از سوراخها ثیکه قبلاً گفته شد قرار میدهم و میله عمل دسته یا اکسانتریک را انجام میدهد و یک حرکت رفت و آمد به میله کشویی قلم  $H$  میدهد.

طرف دیگر  $G$  توسط یک پیچ و مهره و واشار به  $H$  وصل میشود پیچ را روی زائده پرچ کرده اند تا لوله را وقتی روغن بزنیم آزاد حرکت کند البته نباید بازی کند. طول میله  $G$  را نباید کوتاه کرد با میدا. اینکه حجم دستگاره کوچک شود زیرا اگر طول آن کوتاه باشد  $H$  زاویه بزرگی طی میکند و این کشورش را رگیر میکند.

نوار  $H$  با دیدیک حرکت رفت و آمد داشته و با طرف حرکت نکند. زیرا وقتی این حرکت بقلم منتقل میشود خیلی زیاد انحراف آن میدهد. پس  $H$  باید با رمی و آزادانه در شکافی که بالای قطعه حامل  $K$  کنده شده رفت و آمد کند. تهیه شکافی با عرض مناسب و موازی تا آخر آن کار ساده‌ای نیست

و با یددقت زیاد بخرج داد. با استفاده از چوب پرده  $H$  عرض شکاف را بسا چاقوی تیز علامت زده و با اره دندان ریز داخل خط ها را بطور قائم برش دهید. با اسکنه داخل شکاف را خالی کنید و با سوهان صاف کنید تا چوب پرده با آرامی داخل آن بتواند حرکت کند. آخر سرب آن گرافیت مالیده با خود چوب پرده آنرا صاف کنید. دو عدد میله در بالای چوب پرده نصب کنید تا نتوانند بالا بروند و هر وقت لازم باشد میله ها را بتوانیم در آوریم. مؤلف در نمونه ای که ساخت داخل شکاف را با ماهوت پوشانید. میتوان از قطعات آلکاتن استفاده کرد. در این صورت چوب پرده بدون اصطکاک و درست به اندازه شکاف میباید قطع  $K$  را روی بدنه پیچ کنید. یک پیچ در وسط آن و از مهره پرده را استفاده کنید تا بتواند دور آن کند و نسبت بقرص گردونه بطور مایل محکم شود.

نوار  $I$  حامل قلم را میتوان روی  $H$  و در امتداد آن بسته و جابج کنید  $H$  و  $I$  را بوسیله قطعه ای از پاکسولین ( $L$  طبق شکل ۲/۵) که دوشکاف دارد بهم متصل کنید. با یک مته سوراخ ایجاد کرده و با سوهان دم موشی شکاف درست کنید. یک سوراخ بطور قائم در قطعه درست کرده و قلاویز کنید. تا بتوانید پیچهای  $M$  را در آن قرار دهید و با آنها دو میله  $H$  و  $I$  را محکم کنید.

انتهای  $I$  که حامل قلم است ۹۰ درجه پیچ داده و یک نوار برنجی با آن پرچ کنید. یک حلقه فلزی روی آن قرار دهید تا بتوانید کمک آن قلم را محکم بطور قائم نگاهداشت، قلم باید در تمام جهات بر احوال بتواند بنویسد. قلم را با مرکب چین پر کنید. مرکب زود خشک میشود، بهتر است بجای قلم از لوله شیشه بقطر ۵/۶ سانتیمتر استفاده کنید. لوله شیشه ای در شعله چراغ نرم کنید و بکشید تا نوک آن باریک شود. نوک تیز آنرا با سنگ سنباده صاف کنید. با یدگای نوک آنرا تمیز کرد. خطی که رسم میکنند ازک و صاف است. در خیلی آزماینها میتوان از خود کا را استفاده کرد. در نمونه هایی که طول  $I$  بطور خود کا تغییر میکند استفاده از خود کا رنتایج جالبی میدهد. با انواع قلمها و مداد دنتایج حاصله رضایت بخش است. احتیاجی نیست وزنه ای به قلم به بندید تا فشار روی آن وارد شود. چون میله  $H$  خاصیت فنری دارد، فشار لازم روی قلم اعمال میشود. اگر سرعت کمتر باشد خطها پررنگ تر میشود. بدنه دستگاه از یک تخته مربع با بعد ۲۴ سانتیمتر یا بیشتر است

میتوان سه واحد دستگاره را مجاور هم قرار داده و حدود بدنه را تخمین بزنید.  
متغیرها

در اینجا چند متغیر را مورد توجه قرار میدهیم:

الف - قطر دایره را میتوان با تغییر فاصله قلم از مرکز دوران قرص تغییر داد که بدین وسیله انداز شکل رسم شده تغییر میکند.

ب - دامنه حرکت قلم را میتوان با انتخاب مناسب سوراخ خروج از مرکز تغییر داد، طول حلقه‌ها بدین وسیله تنظیم میگردد.

ج - تواتر قلم که جلو و عقب میرود نسبت به تعداد دوران بوسیله چرخ دنده تغییر میکند، تنظیم دقیق تر آن با مخروط انجام میشود. بدین وسیله تعداد امواج یا پرک‌ها در هر دور تبیین میشود.

د - حد حرکت قلم ممکن است از مرکز دورتر باشد تا فقط تا مرکز بوده یا تا مرکز فاصله داشته باشد که اشکال مختلف مثل امواج یا حلقه‌ها یا حلقه‌های مضاعف تولید میکند.

ه - حرکت قلم ممکن است مایل بوده یا از مرکز قرص نگذرد.

و - وقتی نسبت تواتر ثابت بماند قلم همان مسیر اول را طی میکنند و اگر کمی تغییر کنند خطوط متوالی کمی از هم فاصله دارند و شبیه یک سبد میشود.

بطور کلی با حرکت قلم و حرکت کاغذ را ترکیب کرده خطوطی میسازد میتوان اشکال مختلف رسم کنید ولی تعداد آنها نامحدود نیست. میتوان آنها را طبقه‌بندی کرد. در هر حال حرکت دورانی قرص با حرکت رفت و آمد قلم که مستقیم است ترکیب میشود. اگر قلم ساکن باشد یعنی میله‌دسته در سوراخ وسط میله با شدیک دایره کامل رسم میشود که شعاع آن برابر تغییر مکان قلم تا مرکز قرص است.

آنها شبکه اطلاعاتی در مورد منحنی‌های لیساجوس دارند بخوبی می‌دانند از ترکیب دو حرکت نوسانی ساده عمود بر هم یک دایره بدست می‌آید. اختلاف فاز بین دو حرکت ۹۰ درجه است. در اینجا نیز ما یک حرکت کاساغذ داریم که با حرکت نوسانی ساده قلم ترکیب میشود. اگر دایره و تواتر آنها برابر باشد، یک حرکت ساده نوسانی حذف میشود و مؤلفه دیگر که خط مستقیم می‌باشد باقی میماند. البته تنظیم آن در عمل غیر ممکن است و در نتیجه



یک بیضی بدست می‌آید و چون فاذ کمی تغییر میکنند بیضی دوران مینماید. اگر دستگاه را با آونگ ثبات نوسان بین مقایسه کنید. زمان تناوب دوران قرص و توا تر قلم در اینجا بستگی بسرعت دوران دسته دار دو اگسر دوران یکنواخت نباشد حرکت رفت و آمد قلم نوسانی ساده نیست. که البته در ترکیب شکل حاصله تاء ثیری ندارد. حرکت دسته هر جور باشد نسبت زمان تناوب دوران قرص و حرکت رفت و آمد قلم مقدار ثابتی است. فرق مهمی که با آونگ ثبات دارد اینست که منحنی مکرر رسم میشود. فقط در حالیکه ارتفاع مخروط بدقت تنظیم شود و ثابت بما نزدیک شکل بیشتر نخواهیم داشت. اگر ارتفاع کمی تغییر کند منحنی ها رویهم نمیافتد و نتیجه حاصله بشکل سبد خواهد شد. در مورد آونگ دامنه بتدریج کم میشود در مورد شما توگراف دامنه ثابت و فقط تغییر فاذ خواهد داشت.

طبق شکل ۲/۶ و ۲/۶ ل منحنی ها بشکلی نوار و پیچیده است. اگر قلم نوک تیز باشد منحنی ها نزدیک هم و زاویه بین خطوط اگر کم باشد پدیده مواره *Moiré* شبیه آنچه در آونگ دیده میشود بدست می‌آید. در اینجا در کتاب برای اینکه بتوانیم فیلم تهیه کنیم و چاپ کنیم مجبور شدیم از شکلهای با خطوط ضخیم عکس برداری کنیم. اختلاف دیگر در اینجا اختلاف فاذ بین حرکت کاغذ و قلم مفهومی ندارد، بنا بر این نمی‌توانیم اشکالی شبیه منحنی های لیساجوس رسم کنیم. در عوض در هر دو رگمی اختلاف فاذ وجود دارد، در نتیجه منحنی با شکل پیچیده ایجا میشود، اگر دو دور اختلاف فاذ وجود داشت قلم همان مسیر قبلی را طی میکرد و خط قبلی پر رنگ تر میشد. اشکال ۲/۶ الف، ج، و. ح چنین است.

### طرز استفاده

طرز استفاده از دستگاه روشن و ممکن است از روشهای زیر نیز استفاده

کرد:

الف - مخروط را وسط فنرها قرار داده از قرقره پائین استفاده کنید حرکت رفت و آمد قلم تقریباً " مساوی یک دوران قرص است.

ب - قرص را یک دور بچرخانید و تعداد دورهای اکسانتریک را شمار کنید

روی قرصها علامت بگذارید و تعداد دور را بشمارید. اگر حرکت رفت و

آمد قلم خیلی آهسته یا سریع است و نسبت دورها عدد صحیح مورد نظر

است با ید مخروط را تنظیم کرد تا سرعت قلم متوسط باشد. در نظر داشته باشید که مخروط را اگر بالا برید حرکت قلم سریعتر میشود و تعداد حلقه‌ها بیشتر میگردد و مخروط را اگر پایین برید حرکت قلم آهسته تر میشود و تعداد حلقه‌ها کمتر میگردد.

ج - مقدار طول / را تنظیم کنید که در آن صورت وضع قلم نسبت به مرکز دایره وقتی قلم در وسط مسیر رفت و آمد است تنظیم میشود اندازه شکل تغییر میکند.

د - اندازه حلقه‌ها را با تغییر محل میله دسته در سوراخ‌های روی منحنی حلزونی تغییر دهید.

ه - اول با خود کا روکا غذا رزان قیمت کار کنید و وضع شکلها را امتحان کنید.

و - اوضاع مختلف میله‌ی دسته و مخروط را یادداشت کنید و در ارتفاع مناسب قرار دهید تا شکل صحیح بدست آید.

ز - اوضاع مختلف میله‌ی دسته و مخروط را یادداشت کنید تا بتوانید بعداً دوباره آنها را تهیه کنید.

جوانانی که دستگاره شما توگراف میسازند، خیلی علاقمندند انواع مختلف منحنی رسم کنند. افرادی نیز میخواهند قبل از اینکه بوسیله دستگاره طرحی رسم نمایند، شکل منحنی را پیش‌بینی نمایند. کسانی که آونگ دوتائی که در کتاب اول طرح آن داده شده ساخته‌اند با مفاهیم اصلی دامن و تواتر و نسبت تواتر و اختلاف فاز آشنائی دارند.

ملاحظات در باره شکلها که در شکل ۲/۶ نشان داده شده است. چند فرم اصلی در پائین و انواع اصلی را بدون توجه به زیبا بودن آنها نشان میدهد الف - نسبت تواتر در این مثال ۴ به ۱ است و چهار پرک کوچک دارد. ب - نسبت تواتر در این مثال ۳ به ۱ است و سه پرک دارد. پرک‌ها بزرگتر و اختلاف فاز نسبتاً "زیاد است".

ج - نسبت تواتر ۴ به ۱ است و چهار پرک دارد و پرک‌ها بزرگ است.

د - نسبت تواتر ۴ به ۱ است و پرک‌ها کوچکتر از الف و اختلاف فاز در اینجا کم است.

ه - دارای سه پرک و حرکت قلم زیاد است.

و - نسبت تواتر ۷ به ۱ است و دندانها خوب نمایان است.

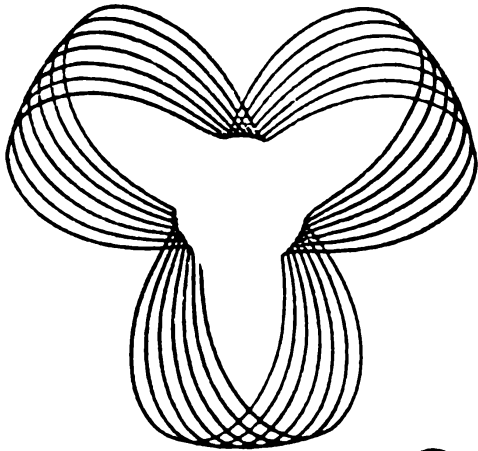
ز - نسبت توأتر ۹ به ۱ است و حرکت مایل قلم شکلی شبیه به دندان‌ه‌اره درست کرده است .

ح - نسبت ۴ به ۱ است و قلم به مرکز میرسد و شکل پرک‌ها کامل و حرکت خطی کامل در مرکز قطع نمیکنند ،

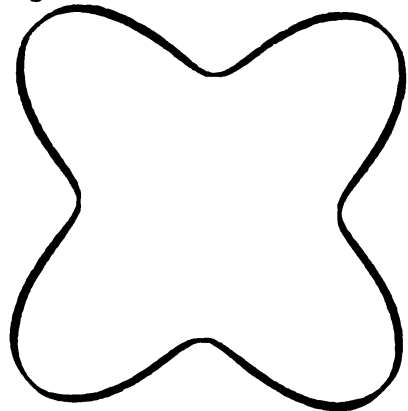
ط - از نقطه نظر هنرمندان شکل ۵ پرک از چهار پرک قشنگ تر است و شاید از این جهت گل پا مجال از گل خشخاش بهتر باشد .

ی - در اینجا نسبت ۴ به ۱ است ، فقط دو دور نشان داده شده و حرکت قلم از مرکز بیشتر می‌باشد و تشکیل دو حلقه میدهد .

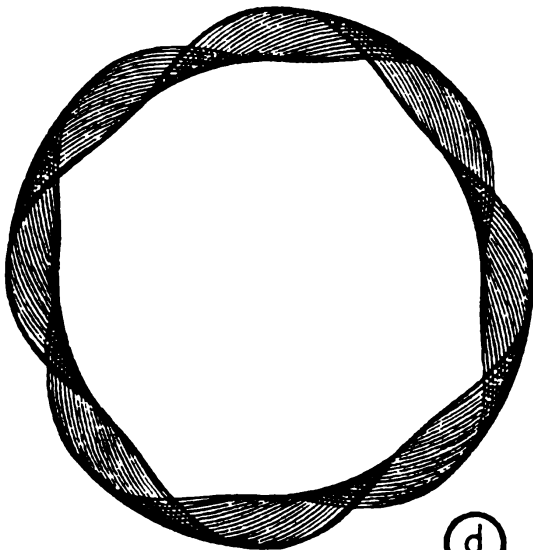
ک - نسبت ۵ به ۱ است و حرکت قلم از مرکز عبور نمیکنند و اختلاف فاصله کم است و خط‌ها جدا دیده نمیشود .



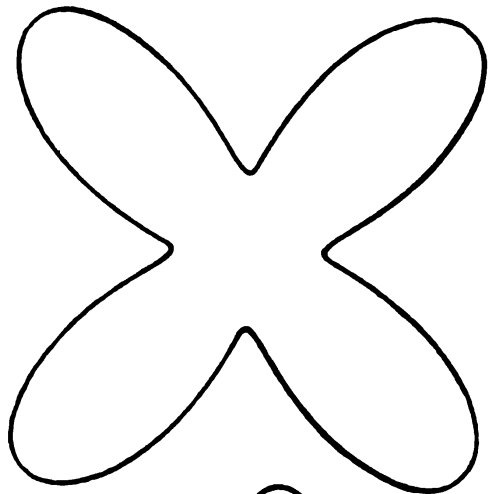
b



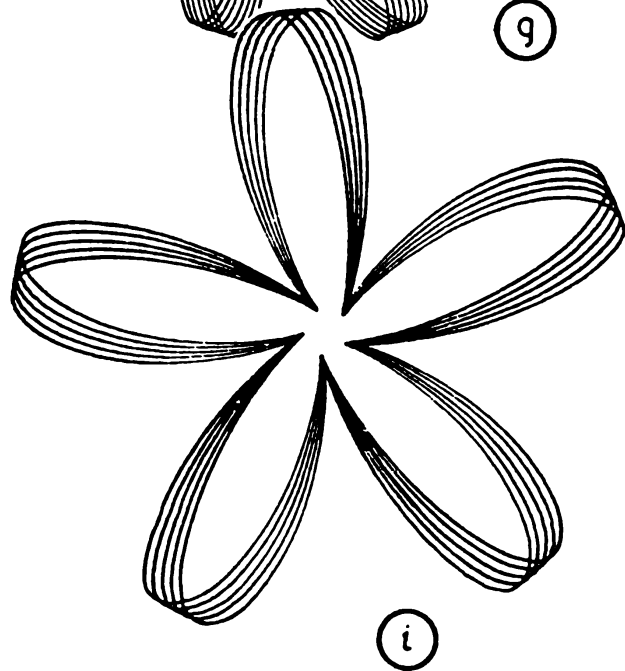
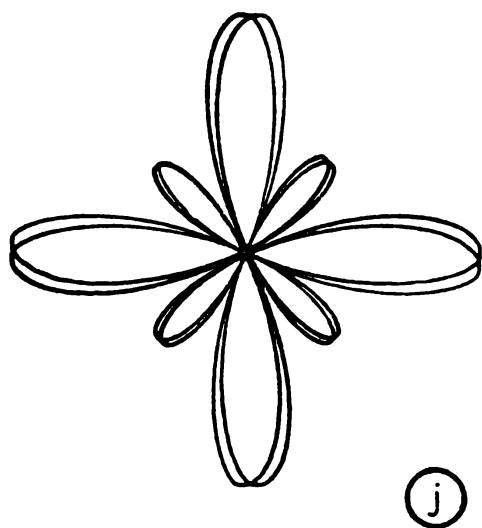
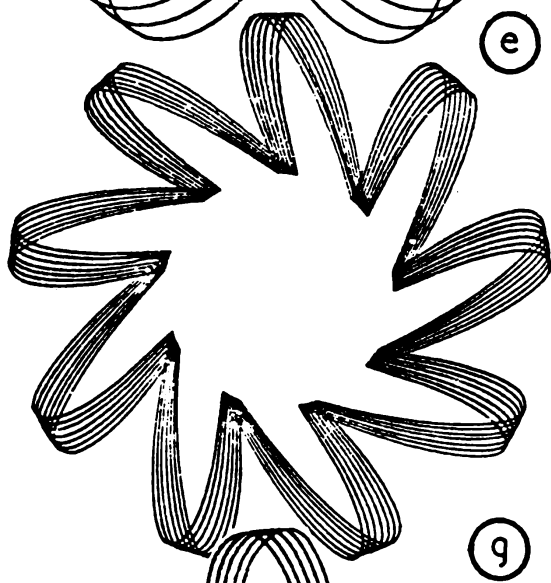
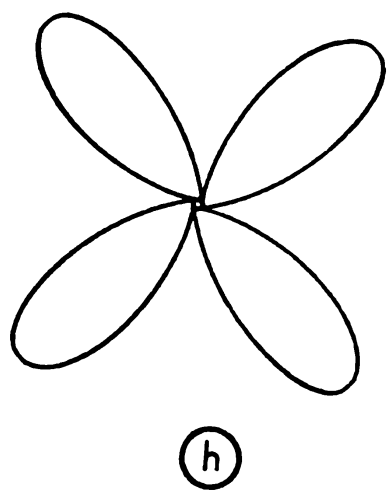
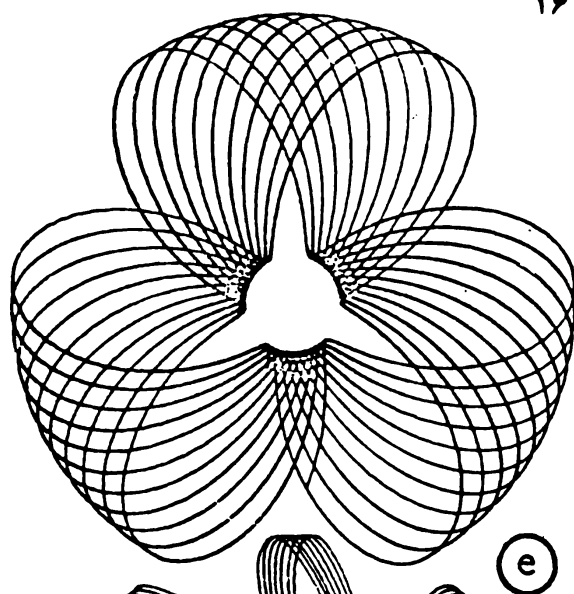
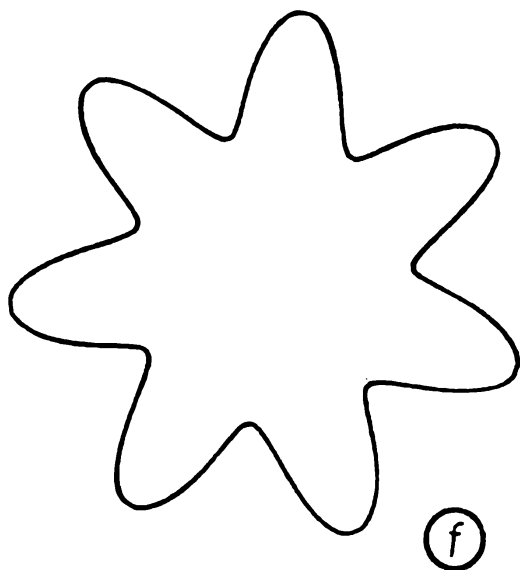
a



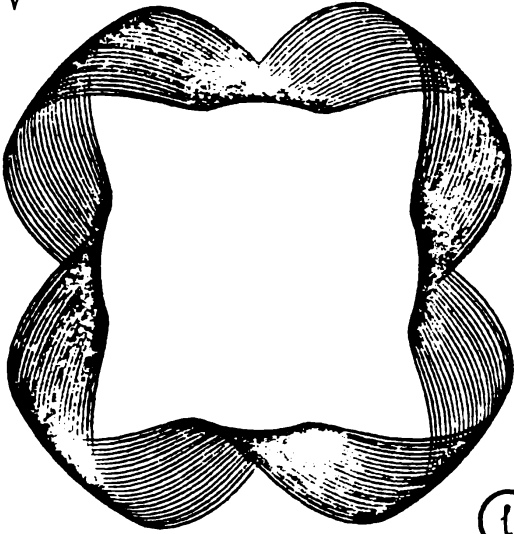
d



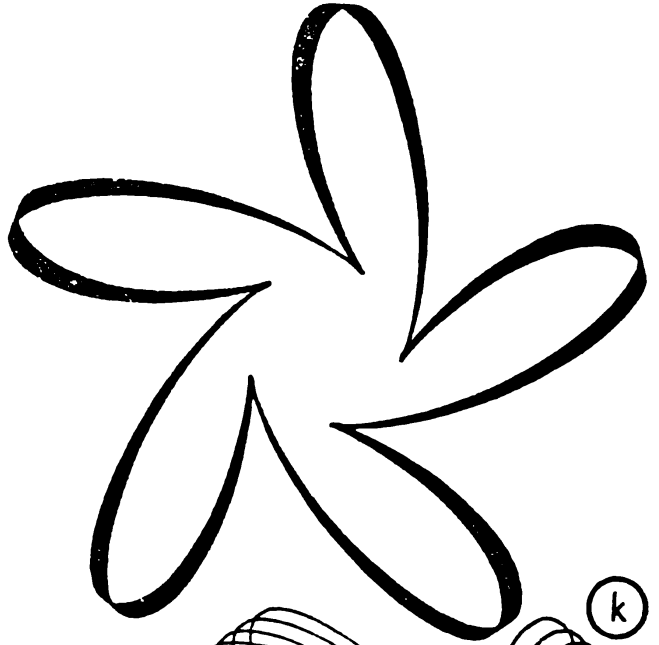
c



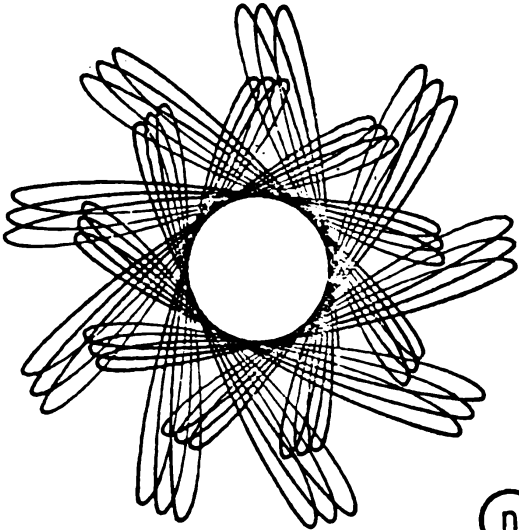
24



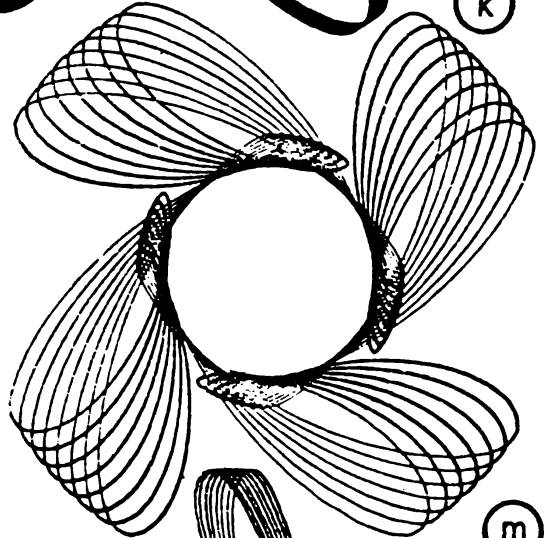
l



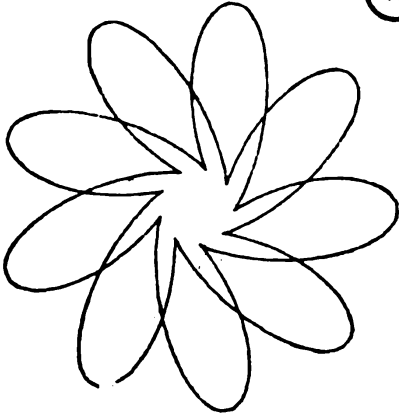
k



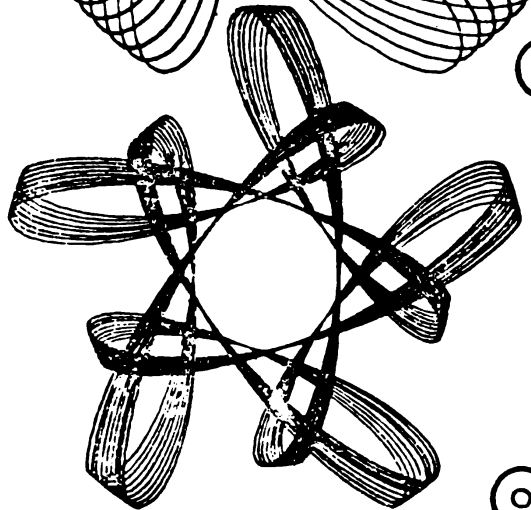
n



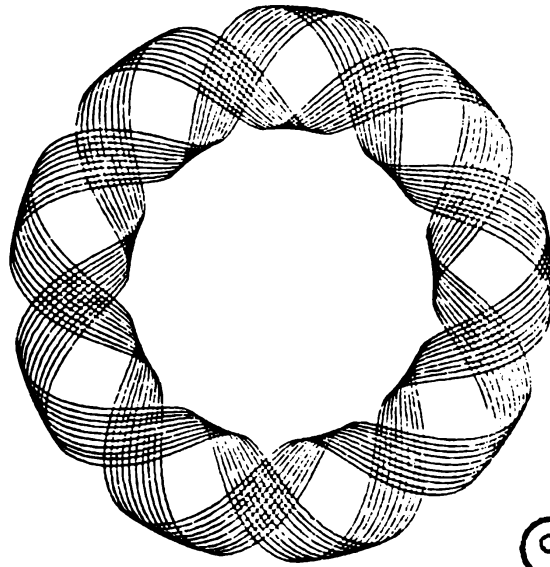
m



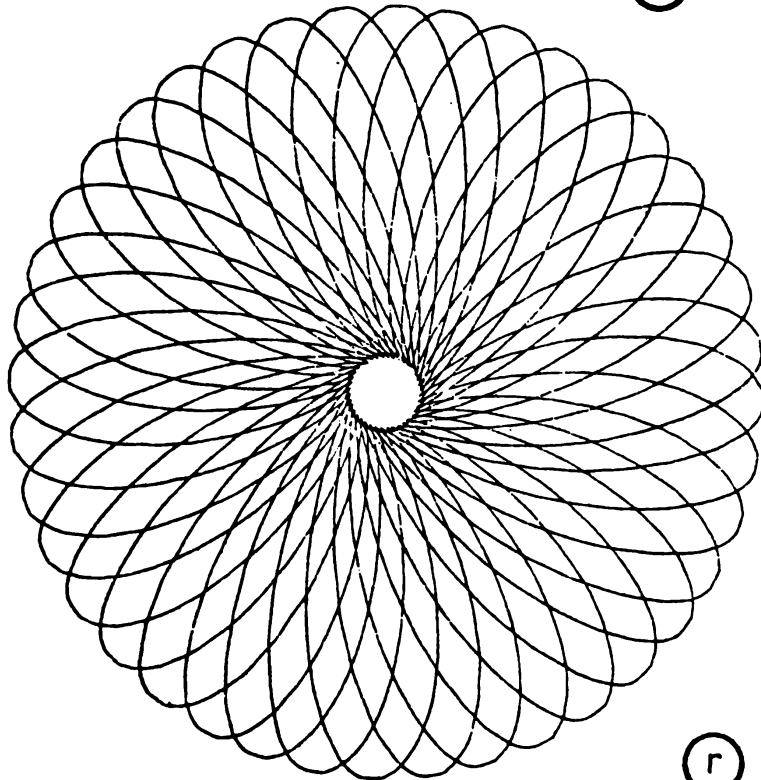
p



o

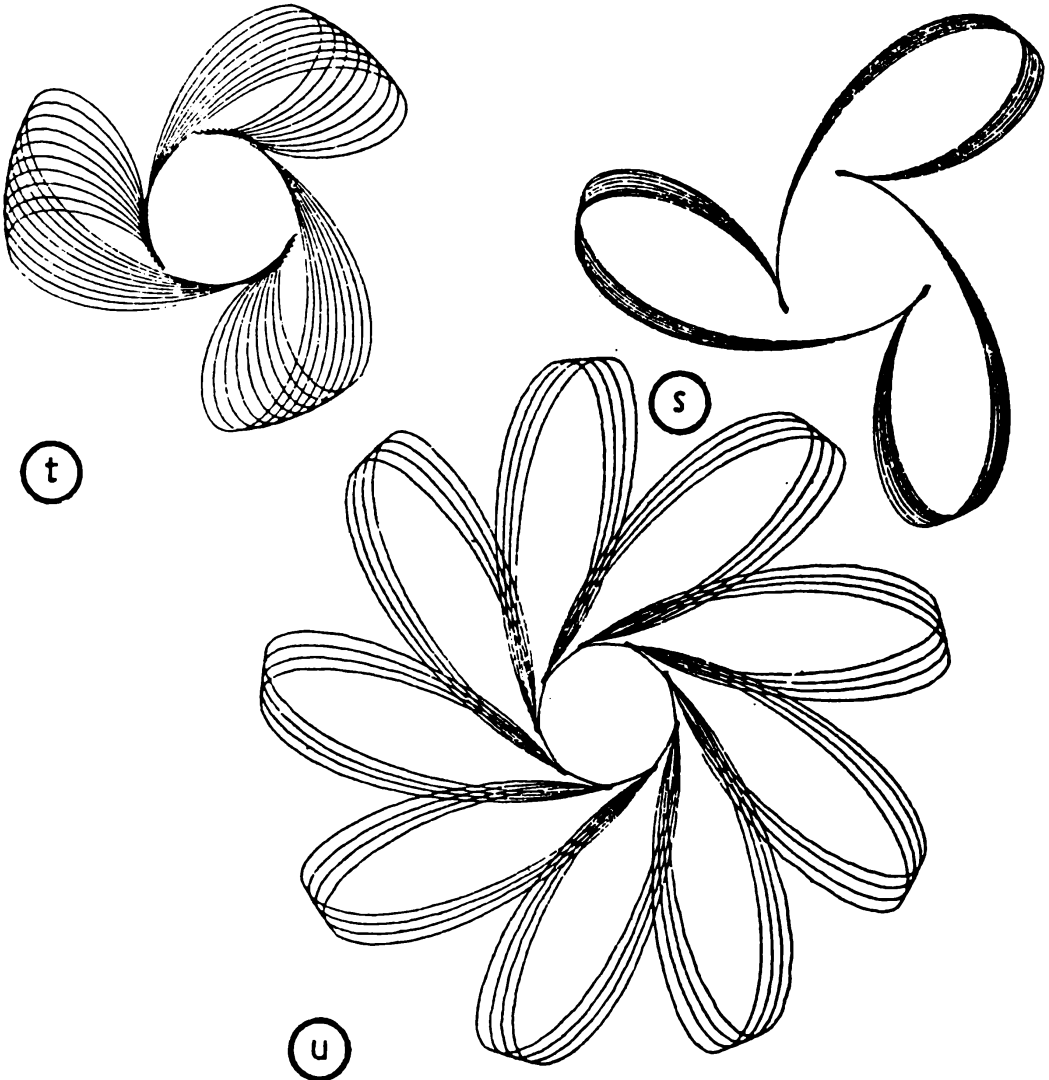


۹



۲

- ل - نوار پیچیده‌ای اکثرا "تولید میشود".  
 م - نسبت ۴ به ۱ است و حرکت قلم از مرکز نمیگذرد.  
 ن - مثل بالا فقط نسبت در اینجا ۹ به ۱ است.  
 ح تا آخر - شرایط حدی در این شکلها ثابت است و طرحها مختلف میباشند.

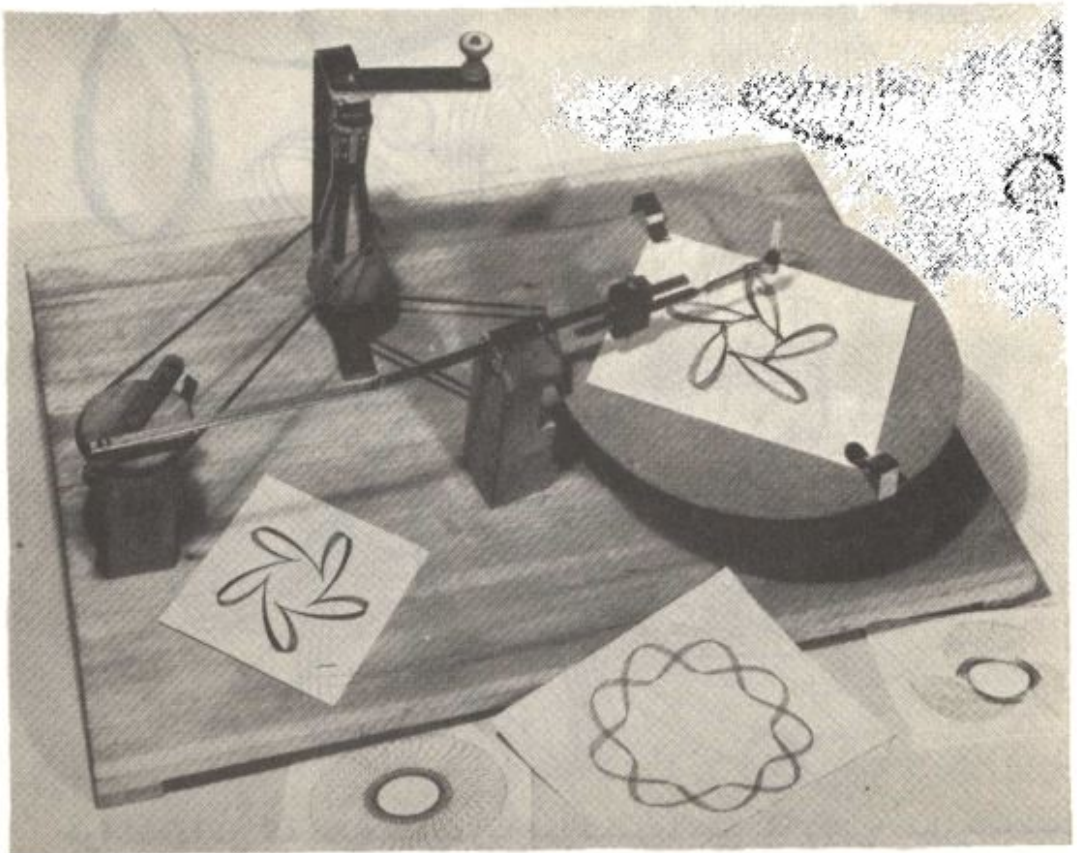


خوانندگانی که علاقه مند به ریاضیات میباشند، شاید بی میل نباشند معادله ریاضی این منحنی‌ها را که متفاوتهند بدانند، برای بیضی و هیپو-سیکلوئید و اپی سیکلوئید و شبیه آنها فرم ریاضی وجود دارد، در اینجا چون متغیرها زیاد است را بطه ریاضی پیچیده میباشند، در مختصات قطبی نیز معادله آنها ساده نیست، با وجودیکه دستگاه محدودیت‌های خاصی دارد میتوان با آن انواع شکلها رسم کرد، با تغییر اختلاف فاز نیز وضع پیچیده تر میشود و نمیتوان معادله ریاضی برای آنها نوشت.

خوانندگانی که مایلند را بطه ریاضی منحنی‌ها را پیدا کنند به کتابها زیر

1. *A Book of Curves*, E. H. Lockwood (C.U.P. 1961).

مراجعه کنند :  
2. *Mathematical Models*, 2nd edn, Cundy and Rollett (Oxford, 1957).



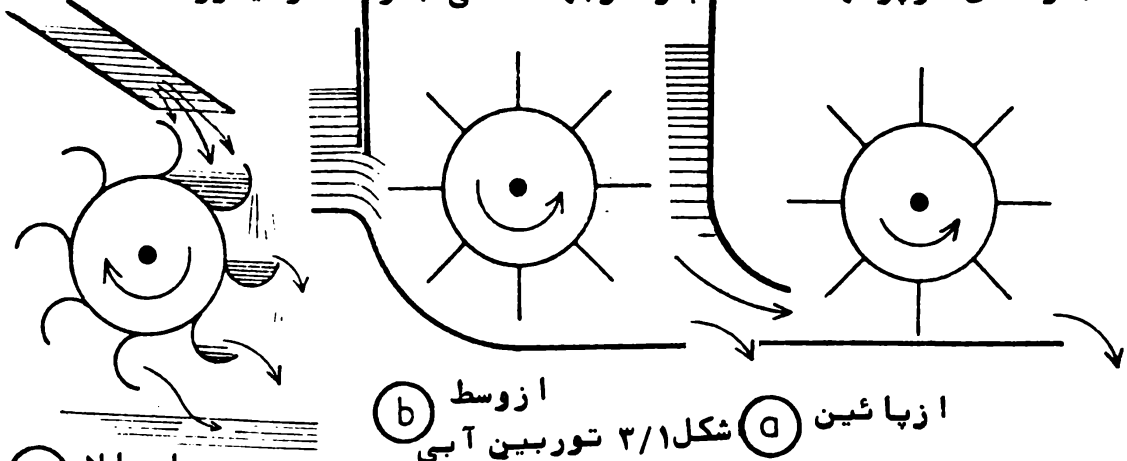
عکس ۲ شما توگراف



موتور آبی

سابقاً "از یک قرفره آبی یا پرک برای حرکت در آوردن آسیاها و ماشین های دیگر استفاده میشد. امروزه نیز در محلها نیکه نفت و ذغال در دسترس نیست از آن استفاده میشود. بیشتر دانش آموزان با چرخ پره دار آشنائی دارند و میدانند که استفاده از چرخ های شکل الف و ب دارای بازده بیشتری است (شکل ۳/۱). بیشتر بجای چرخ پره دار امروزه از توربین استفاده میشود و در کارخانه های برق آبی نیز توربین بکار میبرند و انرژی آب را به انرژی برق تبدیل میکنند. امروزه دو نوع توربین میسازند یک نوع آن برای استفاده از آب با ارتفاع کم و حجم زیاد است و آنرا توربین عکس العمل نامند. آب از روتور توربین خارج میشود و آنرا در جهت عکس میچرخاند. در ماشین بخار هرون که خیلی قدیمی است از خاصیت عکس العمل استفاده میشود.

وقتی فشار آب زیاد باشد از توربین نوع پلتون استفاده میشود. پرکها در اینجا نیز در اثر نیروی عکس العمل حرکت در میآیند. در اثر ضربه ای که آب با سرعت زیاد روی پرکها وارد میکند حرکت در میآید. مجموعه ای از پرکها در آنجا آب را در جهت خاصی حرکت در میآورند تا



از بالا (c)

از پائین (a) از وسط (b) شکل ۳/۱ توربین آبی

بتوانند انرژی آنرا جذب نمایند. Sir Charles Parsons اولین رتوربین "ضربه عکس العمل" ساخت و تکمیل کرده با زده آنرا بالا برد. در مولدهای توربین جدید بخار حداکثر قدرت ممکن تولید میشود که با

طرح شکل پرک ها و تعداد آنها و تعبیه مراحل که بخا ربتواند انبساط پیدا کند سرعت توربین خیلی زیاده است در بعضی جاها مثل کشتی ها توسط چرخ - دنده سرعت خیلی کم میشود .

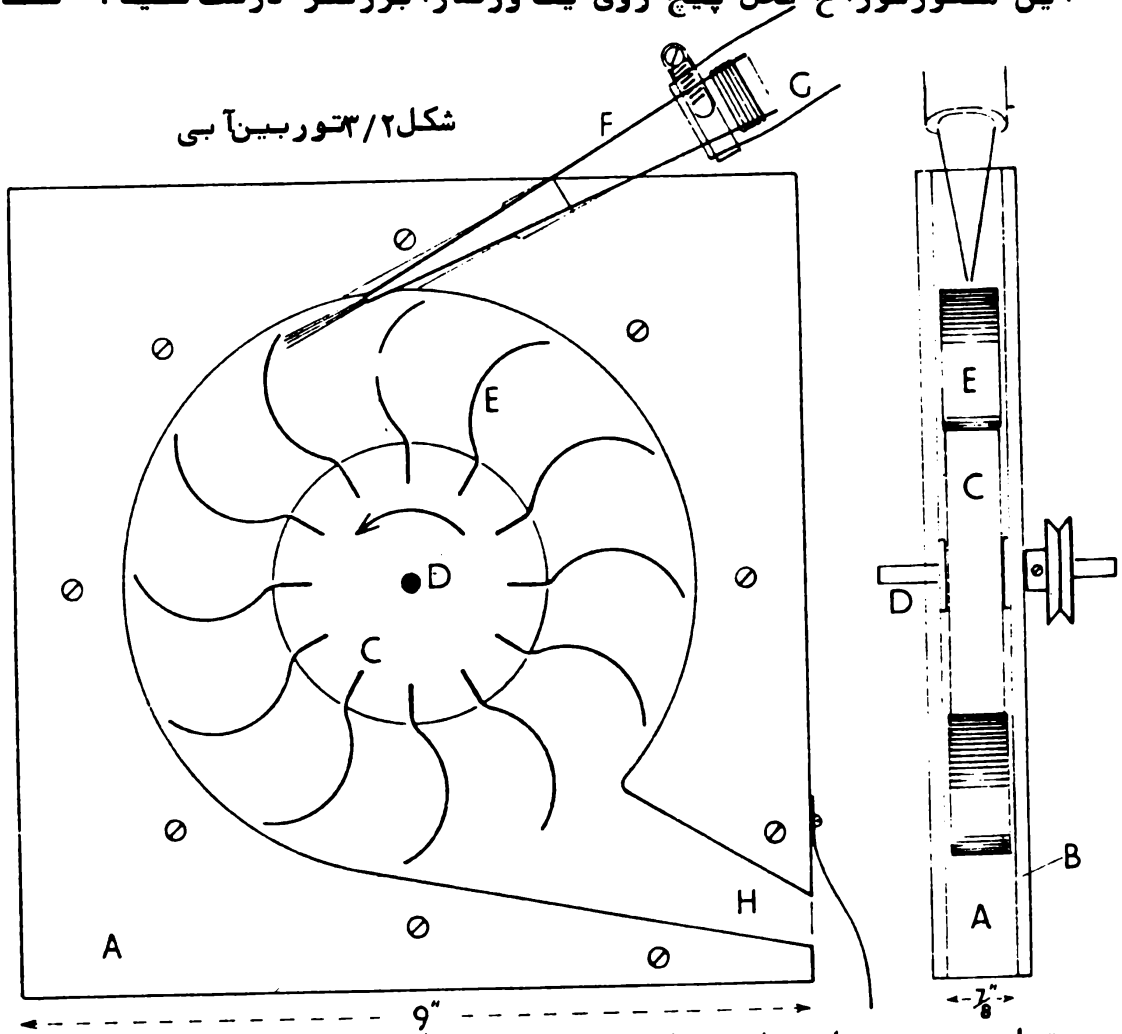
نمونه ای که در اینجا مطرح شده هیچ تناسبی با توربین های واقعی ندارد ولی بخوبی نشان میدهد که باعث حرکت پرکها ضربه عکس العمل است که بآن ها وارد میشود و انرژی مکانیکی آب به انرژی الکتریکی تبدیل میشود . البته با زده آن کم است ولی ساختن آن ساده میباشد و با وسایل قابل دسترس میتوان آنرا ساخت .

برای ساختن توربین یک قطعه چوب بشکل مربع بضامت  $2/5$  سانتی متر و با بعد  $24$  سانتی متر طبق شکل  $A$   $3/2$  تهیه کنید . با استفاده از اره موئی یک دایره با شکاف  $H$  بقطر  $15$  سانتی متر در آن ببرید . اگر دقت نشود ممکن است زبانه آن بشکند ، بنا براین باید رگه های چوب موازی زبانه باشد . در چوب نبادپیچیدگی موجود کوملا" صاف و مسطح باشد ، داخل قسمت بریده شده را با سوهان چوب صاف کنید . دو طرف چوب را با تخته سه لائی یا پرسپکس یا پکسولین بپوشانید .

برای ساختن فواره  $F$  از یک لوله مخروطی شکل از جنس حلبی و برنج استفاده کنید . درز آنرا الحیم و یک حلقه سیم مسی در کنار و دریا لطبق شکل الحیم نمائید . قطر طرف عریضتر لوله فواره باید باندازه ای باشد که بتوان لوله لاستیکی آب را بآن بست . طرف باریکتر  $3/5$  سانتی متر باشد . جای لوله فواره در چوب یک سوراخ بطور مایل در وسط بدنه در دو مرحله با قطرهای متفاوت ایجاد کنید . لوله فواره را با چسب خمیری در سوراخ محکم کنید . صفحات دو طرف دستگه را با پیچ و مهره های  $4$  سانتی متری به بندید . و قبلا" چوب بدنه را در شمع مذاب فروبرید تا چوب غیر قابل نفوذ باشد و پیچیده نشود .

برای ساختن چرخ پرک دار از یک قرص چوبی بقطر  $6/5$  سانتی متر از چوب سخت استفاده کنید . بدقت محیط آنرا به  $12$  قسمت کرده بطوریکه زاویه بین آنها  $30$  درجه باشد و در امتداد شعاع با اره شکاف ایجاد کنید . ارتفاع شکافها یک سانتی متر باشد . پرکها را از آلومینیم یا ورقه برنج درست کنید بشکل قاشق  $E$  آنها را خم کرده و با چسب در شکاف محکم نمائید . یک میله فولادی بقطر  $6/5$  سانتی متر  $D$  از وسط آن عبور دهید اگر سفت

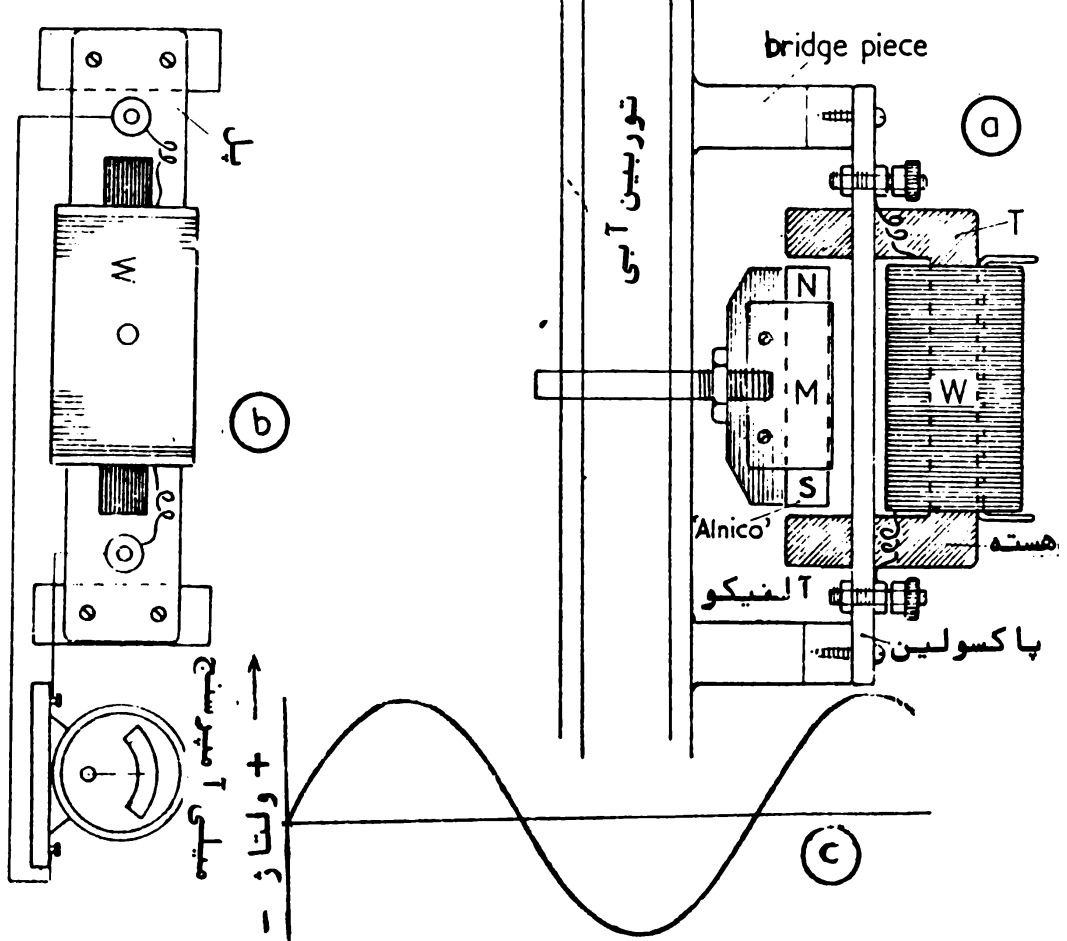
باشد احتیاج به چسب ندارد، چرخ را نیز با پارافین مذاب آغشته کنید. چرخ باید حول محور تعادل داشته باشد، اگر لازم شد برای اینکار پرکها را کمی کوتاه کنید. وقتی چرخ را در تکیه گاه روی ورقه پرسپکس در محل خود قرار دادید باید مطمئن شوید ضمن گردش با کنا ر دستگا ه ونوک لولسه فواره گیر نکند. سوراخهای تکیه گاه روی ورقه پرسپکس باید درست به اندازه قطر میله محور و خود محور با یدکا ملا" افقی قرار گرفته باشد. برای این منظور سوراخ محل پیچ روی یک ورقه را بزرگتر درست کنید، تا



بتوانید محور را میزان نماشید، محور باید به آرا می تواند دور آن کند. در دو طرف قرص و اشار بزرگ بگذارید تا آب نتواند از لایه محور خارج شود که باید خوب گریس کاری شود. با یک لوله لاستیکی TG براه لوله فواره F وصل و با گیره لوله محکم کنید. آب که از نوک لوله با فشار خارج میشود روی پرکها بر می خورد و آنها را می چرخاند. سرعت گردش بستگی به فشار

آب لوله کشی دارد. اگر فشار آب کم باشد توربین خوب کار نمی کند. روی - محور می توانید قرقره های با قطرهای مختلف نصب کنید و دستگاهای دیگر را با آن بگردش در آورید. توربین را در جایی قرار دهید که آب خروجی بفاضلاب یا محل دیگر برود.

می توان با تغییر شکل پرکها و اندازه قطر نوک لوله فواره بسازده توربین را زیاد کرد. فشار آب را کم و زیاد کنید و با سرعت های مختلف وضع کار توربین را مطالعه نماید. اگر آب بطرف راست پرکها می رود گردش پرکها بهم خورده و اگر فشار آب در طرف راست پائین پرکها کم باشد سرعت کم و در این صورت باید مقداری هوا وارد توربین نمود تا عیب برطرف شود.



شکل ۳/۳ الف آلترنا تور ساد در کنا رتوربین آبی - توربین آبی - پل  
 ب - آلترنا تور به میلی آمپر سنج جریان مستقیم مفروض وصل شده است  
 ج - منحنی جریان متناوب

یک مولد برق متناوب بسا زید که بکمک توربین آبی بچرخد. وقتی شدت میدان مغناطیسی که از داخل مداری میگذرد تغییر کند، نیروی محرکه القائی در مدار ایجاد میشود، اگر مدار بسته باشد جریان برقرار شده، شدت و جهت جریان ممکن است تغییر کند که آنرا برق متناوب مینامند. فقط در وقتی که میدان مغناطیسی تغییر کند نیروی محرکه تولید میشود که آنرا بطور ساده القاء الکترومغناطیسی نامند. و تمام برق شبکه توزیع کشور به همین ترتیب تاءمین میشود. در شکل ۳/۳ الف یک آهنربای  $M$  نسبت به سیم پیچ  $W$  حرکت میکند یا بعکس اگر سیم پیچ نسبت به آهنربای  $M$  حرکت نماید، در هر حال نیروی محرکه در سیم ایجاد میشود. اگر آهنربای  $M$  بطوریکه خواست با سرعت ثابت بچرخد نیروی محرکه القائی در سیم پیچ  $W$  متناوب سینوسی است (شکل ۳/۳ ج) که دستگاه را آلترنا تور مینامند.

شاید دینام دو چرخه خودتان را بررسی کرده باشید. در شکل ۳/۴ یک نوع معمولی آن نشان داده شده است. گردونه آن یک آهنربای کوچک دائمی قوی است که از جنس تیکونال یا آلایژ مناسب دیگری ساخته شده است. بشکل استوانه و قطب های آن در امتداد یک قطر استوانه میباشند. وقتی چرخ کوچک انتهایی محور دینام بوسیله چرخ دو چرخه بدوران درمیآید آهنربا با سرعت زیاد میچرخد. سیم پیچ را روی آهن نرم مطابق شکل پیچیده اند، میدان مغناطیسی که از درون سیم پیچ عبور میکند تغییر کرده و جریان القائی تولید میشود. در صنعت آلترنا تورهای بزرگ روی همین اصل ساخته شده فقط فرقی که دارند اینست که آهنربای آنها دائمی نیست و از آهنربای الکتریکی استفاده میشود. بازده آلترنا تور بستگی به فاصله هوا بین گردونه و قطب های هسته ثابت سیم پیچ دارد. با استفاده از چرخ تراش میتوان آلترنا تورهای خیلی دقیق ساخت. بهمین علت است که ساختن آلترنا تور خوب مشکل تراز ساختن موتور خوب است. خیلی از آنها تورها زود خسته و کارها میکنند.

واضح است وقتی فاصله هوا بین گردونه و قطب های ثابت هسته سیم پیچ کمتر شود انرژی مکانیکی بیشتری برای حرکت درآوردن آلترنا تور لازم است ولی چون میدان کمتر هد می رود بازده بیشتر میباشد. در مورد

جریان مستقیم می‌توان موتور را بچرخش درآورد و جریان برق تولید کرد و ولی بعکس در مورد جریان متناوب این چنین نیست.

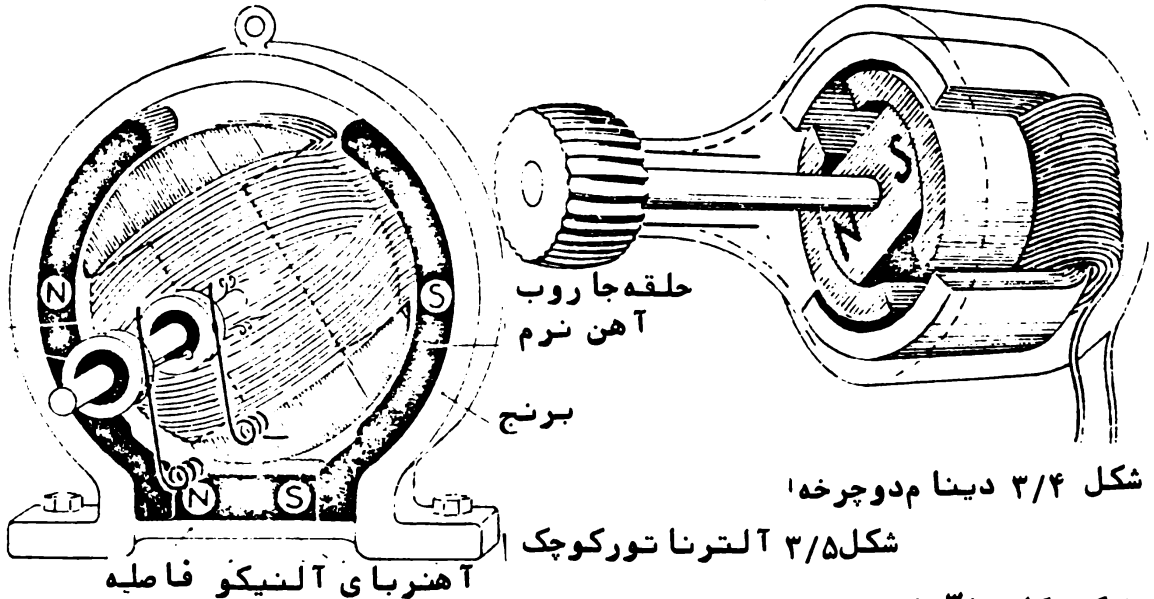
ابتدا از ورقه‌های آهن ترانسفرما تورسوخته استفاده و آنها را طبق شکل ۳/۳ الف به دونیم کرده  $T$  و آنها روی هم قرار داده و با نوار چسب بچسبانید. از سیم قطر  $5/0$  میلی‌لاکی شش لایه بطور منظم روی آنرا سیم پیچ کنید. طول آهن ربا که از جنس آلنیکو یا الکوما کس است طوری باشد که فاصله کمی بین گردونه و قطب‌های هسته آهن نرم وجود داشته باشد. امروزه آهن ربا از جنس الکوما کس به شکل واندازه ساخته می‌شود. اگر بشکل استوانه و قطب‌های آن در امتداد قطر استوانه باشد بهتر است. در شکل ۳/۴ آهن ربا بشکل میله است که خوب نیست زیرا فاصله هوا بزرگتر است و یکنواخت نمی‌باشد.

آهن ربا را توسط یک نوار آلومینیم به قطعه چوبیکه سوراخ شده و با پیچ بمیله توربین وصل است می‌بندید. و تنها عیب اینست که سیم پیچ‌ها ثابت و آهن ربا متحرک باشد، این است که در اثر ارتعاشات حرکت ممکنست آهن ربا ضعیف شود و معمولاً "سیم پیچ را متحرک و میدان را ثابت میگیرند. برای اینکه از برق استفاده کنند از دو جا روب که روی دو حلقه تماس دارد استفاده می‌نمایند. دو حلقه بدو سر سیم پیچ وصل است و روی محور دوران و همراه با گردونه میچرخد. در شکل ۳/۵ یک نوع دینام موباستفاده از میدان مغناطیسی دائمی ثابت نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود یک آهن ربای قوی روی پایه سوار شده و قطب‌های روی بدنه خارجی محکم شده است. حلقه‌ها را از قرقره‌های برنجی که روی محور نصب شده و نسبت به آن عایق میباشند انتخاب کنید. جا روب‌ها سیم‌های فنری که داخل شیار قرقره‌ها می‌افتند میباشند. یک دینام که توسط توربین آب میچرخد و ولتاژ کمی میدهد و لامپ را روشن میکند. اگر فشار آب کم باشد لامپ ممکن است روشن نشود ولی با آن آزمایش‌های زیر را می‌توان انجام داد:

دو سر آلترناتور را به دو سر میلی آمپرسنج جریان برق مستقیم وصل کنید (شکل ۳/۳ ب) اگر فشار آب کم باشد عقربه میلی آمپرسنج بطور متناوب از یک طرف دیگر می‌رود. کم کم که فشار آب را زیاد کنیم در ابتداء آن حرکت عقربه زیاد می‌شود و بتدریج بجائی میرسیم که عقربه دیگر نمیتواند تغییر جریان را تعقیب نماید و در نقطه صفر مانده ارتعاش

مختصری میکند. اگر بجای میلی آمپرسنج جریان مستقیم یک میلی آمپر-  
سنج جریان متناوب قرار دهید عقربه مقدار ثابتی نشان میدهد. هرچه  
سرعت توربین زیاد شود مقداری که نشان میدهد بیشتر است.

اگر آلترنا تور را به لامپ ۲/۵ ولت وصل کنید سرعت که کم باشد لامپ  
روشن نمیشود سرعت که بیشتر شود اول نور لامپ در هرتناوب کم و زیاد می-  
شود و وقتی سرعت با زهم زیادتر شود لامپ بطوریکه نواخت روشن میماند و



شکل ۳/۴ دینام دو چرخه

شکل ۳/۵ آلترنا تور کوچک

آهنربای آلنیکو فاصله

(تکیه گاه و اتصالیها و پوشش آنها برداشته شده است.)

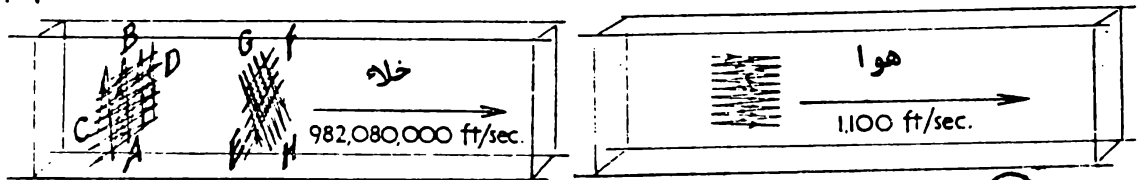
سرعت ممکن است بحدی برسد که لامپ بسوزد.

مقداری که میلی آمپرسنج جریان متناوب نشان میدهد جذر متوسط  
مربع جریان است و آنرا جریان مؤثرنا مند، بدین معنی که اگر جریان  
مستقیمی عبور دهیم که در همان مدت همان مقدار حرارت تولید شود. همین  
مقدار را اگر در این فصل یا دبگیرید وقتی که مصرف کرده اید رزش آنرا دارد.

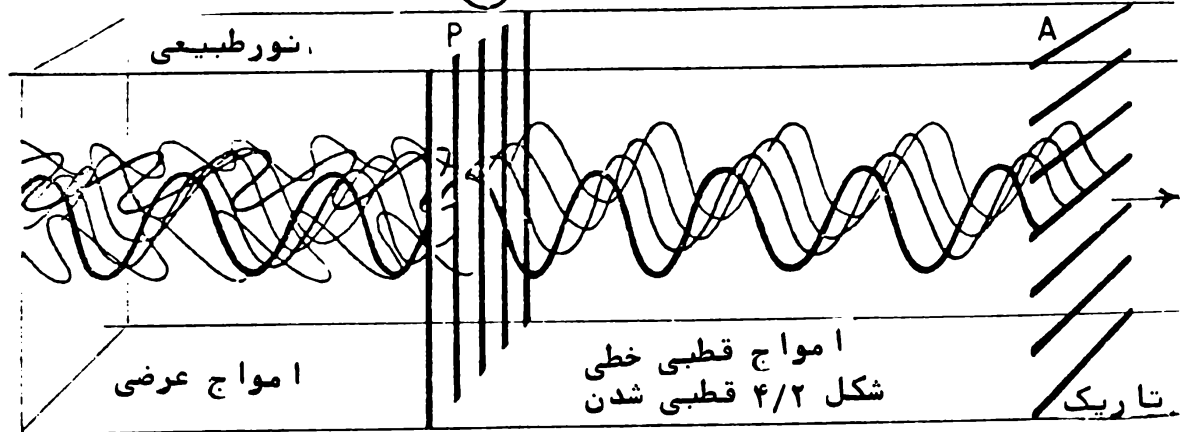
در این فصل راهنمایی لازم برای ساختن یک وسیله جالب در مورد نور قطبی داده شده است در ابتداء توضیح مختصری درباره نور قطبی خواهیم داد .

چند اختلاف اساسی بین امواج صوتی و نور وجود دارد که باید بخوبی آنها را مورد بررسی قرار داد، اختلاف اول اینست که صوت در ماده منتقل میشود ولی نور در خلا نیز منتشر میشود و احتیاج به ماده ندارد. اختلاف دوم اینست که سرعت آنها اختلاف زیادی با هم دارد صوت و نور هر دو بصورت موج منتشر میشوند، امواج صوت در هوا یا جسم دیگر و نور بصورت امواج الکترو مغناطیسی پخش میشود. پس هر دو ارتعاش میباشند و اختلاف دیگری نیز با هم دارند، در ارتعاشات صوت ذرات در امتداد پخش موج صوت مرتعش میشوند (شکل ۴/۱ الف). در نور ارتعاشات عمود بر امتداد انتشار موج است. (شکل ۴/۱ ب). در امواج صوتی تغییر فشار در نتیجه حرکت ذرات حاصل میشود ولی امواج نور در خلا یا ماده شفاف منتشر میشود. تصور اینک که امواج نورانی تغییر فشار نیست و تغییر میدان الکتریکی و مغناطیسی است مشکل است. فعلاً در اینجا بحث ما اینست که امواج نورانی امواج عرضی است که در جهات مختلف  $AB$  و  $CD$  و  $EF$  و  $GH$  و غیره پخش میشود. با تشبیه انتشار نور با امواج مکانیکی مطلب واضحتر فهمیده میشود. طبق شکل ۴/۲ فرض کنید در لوله ای چند ریسمان در جهات مختلف ارتعاش میکنند. ارتعاش بصورت موج در طول ریسمان منتشر میشوند. امواج عرضی میباشد. یک شانه یا شبکه در مسیر امواج بصورت قائم  $P$  در لوله قرار دهید فقط امواج قائم عبور میکند و امواج دیگر عبور نمیکند. یک شعاع نورانی که در یک سطح فقط ارتعاش داشته باشد گویند قطبی خطی است زیرا فقط در امتداد یک خط میتوانند نوسان کند. اگر شانه دیگری بطور افقی  $A$  قرار دهید، ارتعاشات دیگر عبور نمیکند. اگر این کار را در مورد نور قطبی خطی انجام دهید تا ریک میشود. اگر دو شانه  $P$  و  $A$  موازی باشند ارتعاشات قطبی از هر دو عبور میکنند ولی اگر برهم عمود باشند از دومی نوری عبور نمیکند و تا ریک میشود. چون عین مطلب بالا در مورد نور صادق است پس معلوم میشود نور یک موج عرضی است. امواج صوتی چنین نیست. وسائلی که





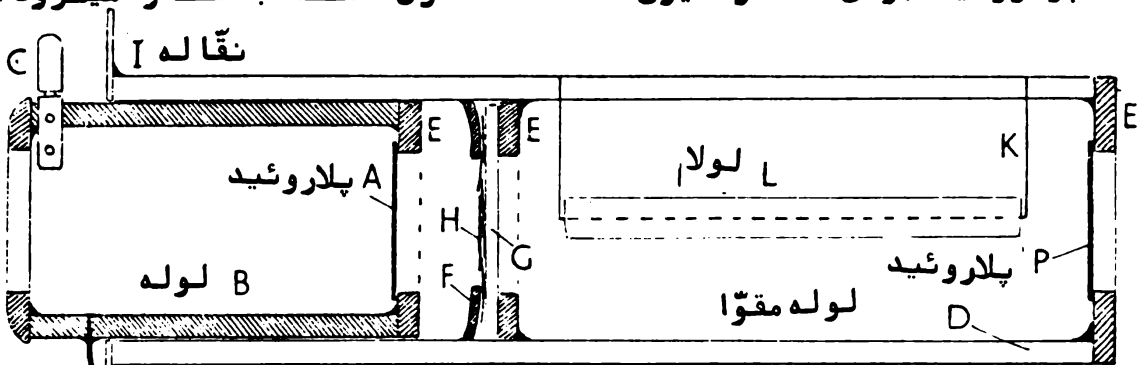
صدا (c) شکل ۴/۱ امواج طولی و عرضی (b) نور



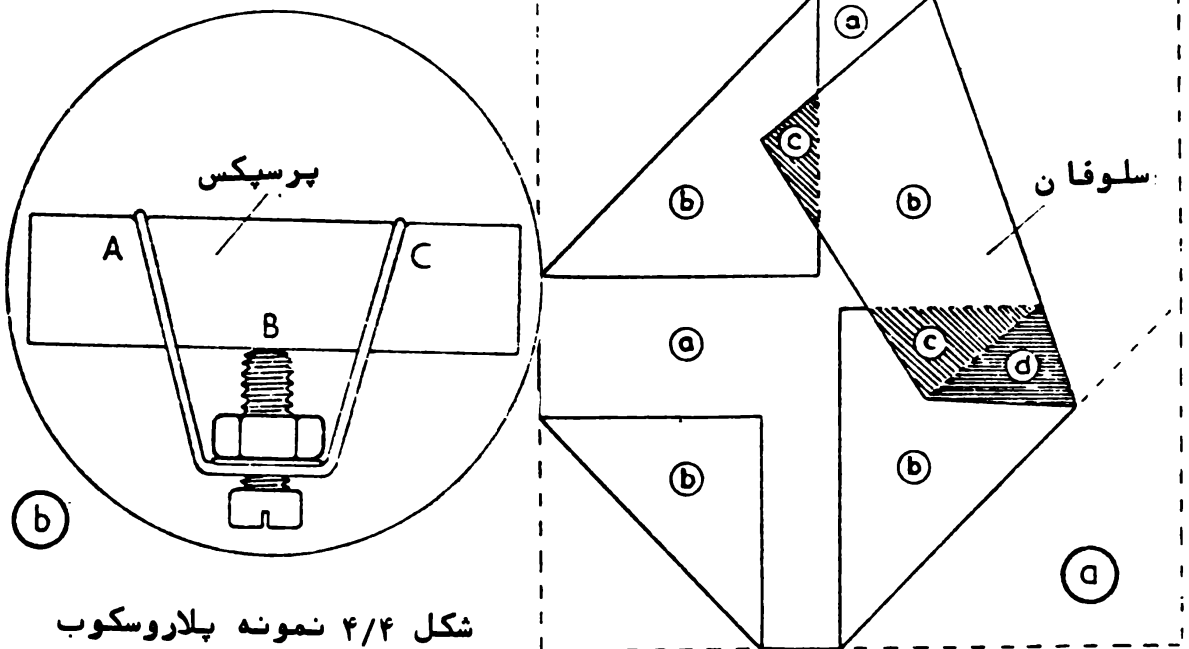
نور را قطبی میکنند فراوانند یکی از آنها بلور تورمالین است . بلورهای کلسیت را اگر بطرز خاصی برش دهند نور را قطبی میکنند . نور وقتی بسطح شیشه بتابد و منعکس شود مقداری قطبی میشود . نور ماه و خورشید وقتی به آب بتابد یا از سطح دریا چه یا قسمتها ی صیقلی تا مبیمل منعکس شود قطبی میباشد ، چشم ، بین نور قطبی و غیر قطبی فرقی نمیگذارد و هر دو را یکسان درک میکند .

در بلورها بسته بوضع قرار گرفتن محورها نور در امتداد خاصی قطبی میشود . در حال حاضر ما دهی که پولاروئیدها میدهند میشود میسازند که نور را قطبی میکنند . عینک های مخصوص آفتابی و عینک های سینمای سه بعدی از این نوعند . یک فیلم نازک که روی آن را بلورهای کوچک دیکروئیک با نظم خاصی پوشیده شده است نور را قطبی میکند . جنس این ماده یدو فسفات کینین است . نور وقتی از پولاروئید عبور کند و قطبی میشود شدت و رنگ نور کمی تغییر میکند . وقتی نور طبیعی را از دو پولاروئید عبور دهیم وقتی یکی از آنها را دوران دهیم شدت نوریکه از آنها خارج میشود تغییر میکند . اگر شدت نور جدا کثرتا شد وقتی یک پولاروئید را ۹۰ درجه دوران دهیم شدت نور جدا قل میشود . البته کاملاً تاریک نمیشود بلکه نور را رغوانی کم رنگی عبور میکند . ورقه اول را قطبی کننده و ورقه دوم را تجزیه کننده نامند .

چون بعضی اجسام مثل محلول قند را اگر بین دو ورقه پولاروئید قرار دهیم سطح قطبی نور را دور آن می‌دهد و مقدار زاویه انحراف به غلظت محلول و جنس آن بستگی دارد. دستگاہهایی با نام پلاریمتر مرکب از دو ورقه پولاروئید برای اندازه‌گیری غلظت محلول قند بکار می‌رود.



شکل ۴/۳ مقطع پلاروسکوپ



شکل ۴/۴ نمونه پلاروسکوپ

اگر لایه‌های نازک سلولوئید یا سلوفان یا میکا را بین لایه‌های پولاروئید قرار داده و نور سفید عبور دهیم شکل‌های رنگی جالبی تشکیل می‌شود. اگر فشار روی شیشه یا پرسپکس وارد شود و نور سفید عبور داده و بین دو ورقه پولاروئید قرار دهیم باز هم اشکال رنگی دیده می‌شود. بعضی طول موج‌ها بسته به ضخامت لایه حذف می‌شود. اگر یک رنگ بطور کامل حذف شود، بقیه نور سفید که رنگ مکمل آن را تشکیل می‌دهد دیده می‌شود. وقتی ورقه پولاروئید تجزیه‌کننده را دور آن دهیم رنگها به ترتیب جا بجا شده و منظره بسیار زیبا و جالبی مشاهده

خواهیم کرد. بهمین منظور بر آن شدم تا پلاریمتری ساخته و آزمایش های جالبی با آن انجام دهم، دو ورقه پولاروئید لازم داریم که ارزان و فراوان یافت میشود.

در مدلی که نویسنده کتاب ساخته است یکی از پولاروئیدها  $A$  در شکل  $۴/۳$  در انتهای لوله پلاستیک  $PVC$  بطول  $۷/۵$  سانتیمتر نصب شده است. از این لوله ها که خیلی محکم است و براحتی میتوان آنها رااره کرد با مته سوراخ نمود و تمیز است در موارد زیادی میتوان استفاده نمود و وسائلی ساخت. قطر لوله در خارج  $۵$  سانتیمتر و در داخل  $۴$  سانتیمتر است نتیجتاً "ضخامت جدار لوله  $۵/۵$  سانتیمتر میباشد. لوله  $B$  را با دسته  $C$  که روی لوله پرچ شده میتوان دوران داد. ورقه پلاروئید دیگر  $P$  در طرف دیگر لوله ای که کمی بزرگتر از لوله اول است نصب کنید. لوله دوم باید طوری باشد که لوله اول را کاملاً "براحتی داخل آن بتوان حرکت داد، البته بین آن دو نباید فاصله باشد و مقدار اصطکاک لازم است. لوله دوم از جنس مقوا که برای حمل و نقل پوستریکا می رود انتخاب و مقدار لازم را ببرید. اگر لوله مناسبی در دسترس ندارید با کاغذ و چسب چینی لوله ای درست کنید و هم چنین بجای لوله ها میتوانید از دو عدد قوطی حلبی استفاده کنید و قوطی داخلی را با ماهوت بپوشانید. از چسب استفاده کنید بطوریکه دو قوطی براحتی داخل یکدیگر بتوانند حرکت کنند. در شکل  $۴/۳$  اجزائی که با حرف  $E$  مشخص شده است حلقه مقوای کلفت است که سوراخهایی بشکل مربع در آن درست کرده اند. و ورقه های پولاروئید را با چسب بآن چسبانیده اند. این حلقه ها را به لوله ها چسبانیده اند. قرص نازک شیشه  $G$  را بهمان ترتیب بچسبانید و یک حلقه لاستیک  $F$  داخل لوله  $D$  روی قرص شیشه ای نمونه شفاف  $H$  را نگاه میدارد. در دستگاه پیشرفته تر وسائل دیگری در نظر گرفته ایم که بتوان زاویه دوران را نیز اندازه گرفت.

وسط یک نقاله پلاستیکی  $۳۶۰$  درجه ای  $I$  یک دایره بقطر  $D$  بریده لوله را داخل آن قرار دهید. یک سنجا  $J$  بزرگ در لوله  $B$  فرو برده که مانند عقربه ای زاویه را با آن بتوان اندازه گرفت و دوران پلاروئید  $A$  را بدست آورد.

برای اینکه بتوان آزمایشهایی با آن انجام داد دستگاه را باید محکم روی پایه ای نصب کرد. یک مقطع نیمه استوانه  $K$  از تیکه ای لوله

شبهه  $D$  بریده و توسط نوار چسب  $L$  روی آن لولا کنید. دستگاره را رنگ بزنید. بدین ترتیب میتوان پشتک شیشه‌ای را پرازمایع کرده بین دو پلاروئید قرار دهید. اگر بخواهید آزمایش ساده تر باشد کافی است دو ورقه پلاروئید را روی دوسوراخ روی درپوش و بدنه یک قوطی توتون چسبانیده و آزمایش کنید. یک لامپ مات روبروی پلاروئید قطبی کننده  $P$  قرار داده و پلاروئید تجزیه کننده  $A$  را دوران دهید تا حداقل نور عبور کند که در این صورت دو پلاروئید عمود بر همند. وقتی  $A$  را  $90^\circ$  درجه بچرخانید نور از  $A$  عبور میکند با دوران  $180^\circ$  درجه باز هم تاریک میشود. آزمایش بعدی را بترتیب زیر انجام دهید: یک مربع سلوفان با بعد  $6/5$  سانتیمتر (لغاف شفاف) طبق شکل  $4/4$  الف تا کنید بطوریکه ضخامت آن همه جا یکسان نباشد و آنرا در  $B$  طبق شکل  $4/3$  وارد کنید بطوریکه روی شیشه  $G$  قرار گیرد و رنگهای حاصله را مشاهده کنید. وقتی پلاروئید  $A$  را دوران دهید رنگها تغییر میکنند. مثلاً "تغییر رنگها در نواحی  $a$  و  $b$  شکل  $4/4$  الف چنین است:

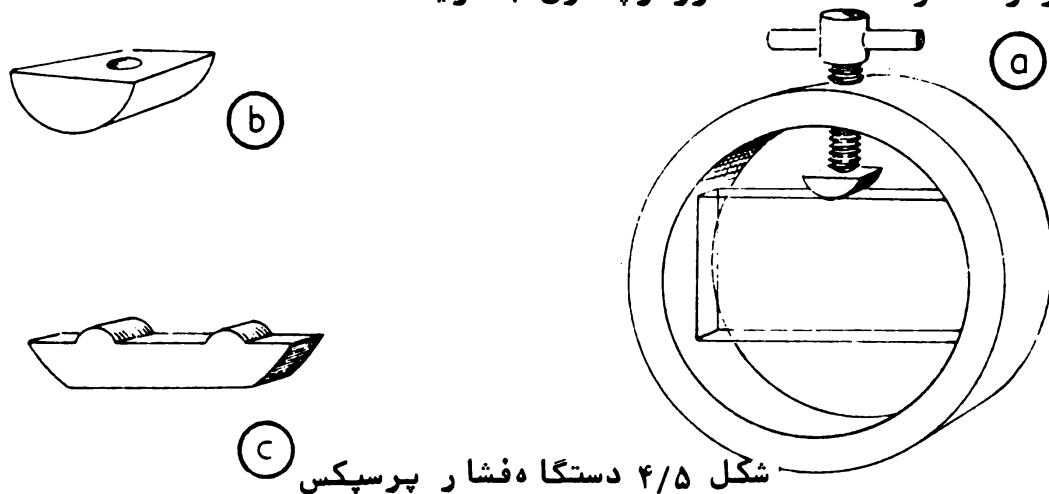
الف - زرد - سبز - آبی تند - فیروزه‌ای - نارنجی - لیمویی  
ب - خاکستری - قرمز - ارغوانی - آبی - سبز روشن - سفید

خیلی از اجسام شفاف را میتوان با پلاریمتر امتحان کنید بعضی از اجسام شفاف فقط وقتی با آنها فشار وارد شود قطبی میشوند. لایه میکا و بلورهای دیگر را نیز بترتیب با لامپالعه مشاهده کنید. میله‌های پرسپکس و صفحات آن در اثر فشار قطبی شده و رنگهای جالبی تولید میشود. خطوط هم‌رنگ نشان میدهند فشار در آن خطوط یکسان است. وقتی فشار تغییر کند (پیچ را محکم تر کنید) رنگها تغییر میکنند. (شکل  $4/4$  ب) یک تیکه پرسپکس را که با پیچ و مهره و یک حلقه سیم فولادی تحت فشار قرار داده ایم نشان میدهد. پرسپکس با دیدن با شد که بتوان در پلاریمتر قرار داد. عرض آن  $1/5$  سانتی متر و ضخامت آن  $0/5$  سانتیمتر میباشد. در نقاط  $A$  و  $B$  و  $C$  فشار وارد شده رنگها ظاهراً میشوند. برای مطالعه واحدهای بزرگ مهندسی یک نمونه کوچک از پرسپکس ساخته و با دستگاره‌های خاص قطبی شدن نور را مطالعه کنید. دامنه مطالعه در این زمینه خیلی وسیع است و کتابهای زیادی در این باره وجود دارد که با ایستی بخوانید و در صورت تمایل نمونه‌های ساخته‌وا متحسان کنید.

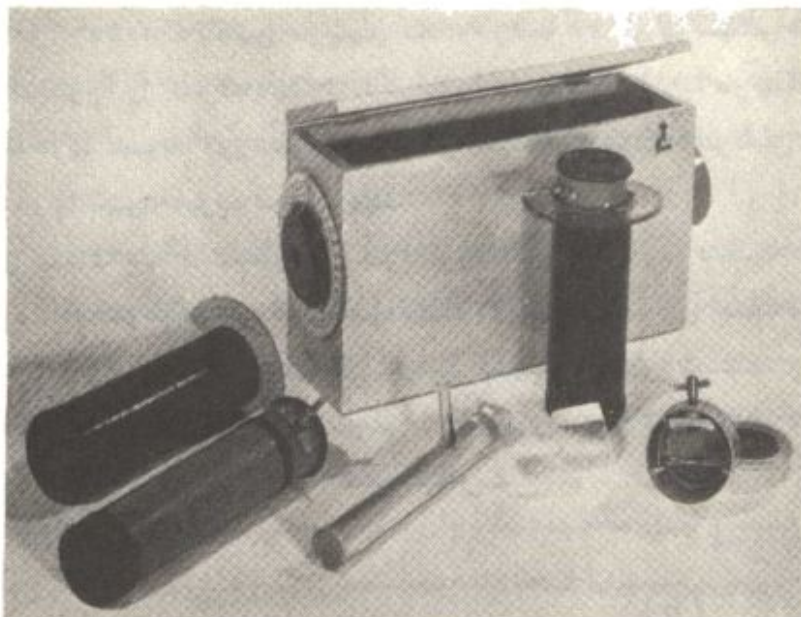
## دستگاهی برای مطالعه فشار پرسپکس

یک تیکه لوله آهنی بقطر ۵ سانتیمتر و طول ۲/۵ سانتیمتر بریده و حلقه آهنی تهیه کنید. سوراخی در یک طرف آن ایجاد کرده و قلاویز نمائید. بطوریکه یک پیچ ۰/۶ سانتیمتری را طبق شکل ۴/۵ بتوان در آن پیچ کرد. یک مستطیل پرسپکس بضامت ۰/۶ سانتیمتر و عرض ۲ سانتیمتر و طول آن بقدری باشد که داخل لوله جا بگیرد. وقتی پیچ را محکم کنید ممکن است پرسپکس خورد شود، پس لازم است یک تیکه فلز طبق شکل ب در نوک پیچ قرار دهید که بدین ترتیب فشار در تمام عرض پرسپکس تقسیم میشود و مانع دوران نمونه میشود. اگر بخوایم شرفشار را در نقاط دیگر غیر از گوشه‌های نمونه مورد بررسی قرار دهید یک تیکه فلز طبق شکل ج تهیه کرده در پائین نمونه قرار دهید.

بجای دستگاه بالا میتوان آنرا طور دیگر ساخت و با دستگاه جداگانه مطالعه کرد. یک قوطی حلبی گود تهیه کنید که بتوانید روی حلقه قرار دهید در بالا و پائین قوطی سوراخهایی درست کنید و دو پلار وئید روی آنها چسبانیده بطوریکه پیچ در کنار قوطی از بیرون نصب شود و روی نمونه فشار وارد کند و دستگاه ساده تر و کوچکتری بسازید.



شکل ۴/۵ دستگاه فشار پرسپکس



عکس سوّم - قطبی سنج  
 در طرف چپ استوانه داخلی و خارجی  
 همین اجزاء بطور قائم در جلوجعبه دیده میشود  
 ظرف شیشه ما بع را به درپوش جعبه که روی بدنه لولا میشود نصب کنید .  
 بلووشکست مضاعف در طرف راست  
 سمت راست مدل فشار رپرسیکس و درپوش قوطی با ورقه قطبی

وقتی از الکتریسیته صحبت میشود همه فکر میکنند منظور جریان برق است که چراغها را روشن میکند و حرارت ایجاد مینماید. جریان برق دائمی از باتری، دینامو و آلترنا تور بدست میآید.

در سال ۱۸۰۰ Alessandro Volta جریان برق را کشف کرد. قبل

از او در زمان الیزابت اول Dr William Gilbert درباره

الکتریسیته ساکن که معمولاً "روی اجسام هادی و عایق ساکن میماند مطالعه میکرد. مطالعه تاریخچه آن چند فایده دارد. اخیراً "تدریس الکتریسیته ساکن دوباره مورد توجه قرار گرفته زیرا در فیزیک جدید آن زیاد بحث میشود و یک زیربنای طبیعی برای ساختمان عظیم دانش الکترونیک و فیزیک ذرات بنیادی است.

بیشتر دستگا‌های الکتریسیته ساکن که آزمایشهای اساسی را میتوان با آن انجام داد خیلی بسادگی میتوان ساخت و فیزیک دانان آینده باید این دستگا‌ها را بسازند که بعداً "مورد استفاده قرار دهند.

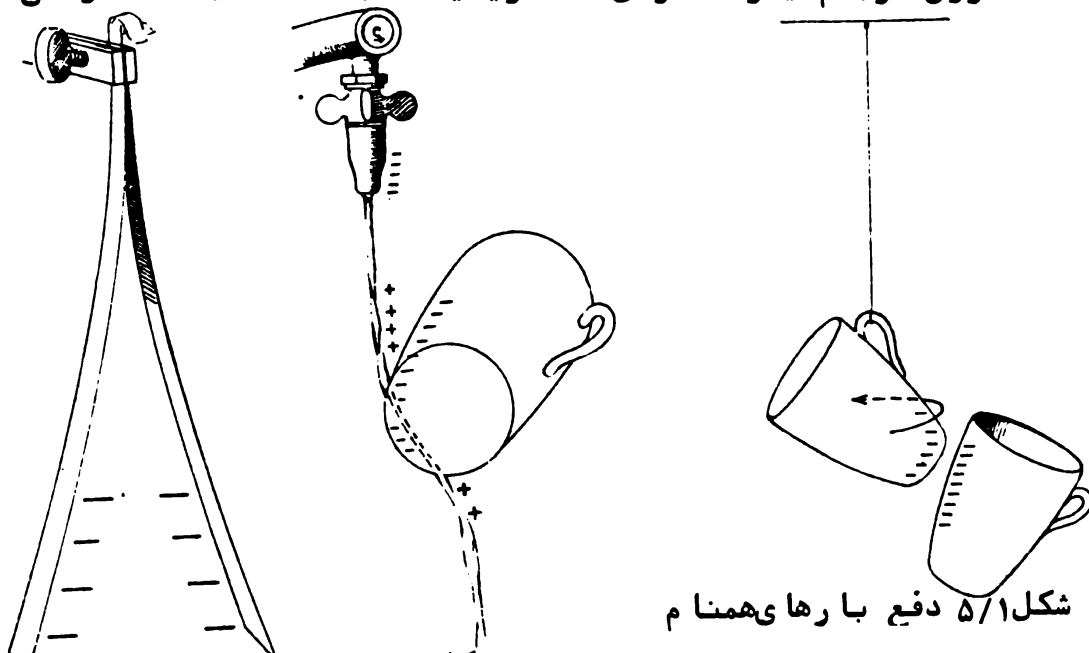
واضح است با این آزمایشهای اساسی نمیتوان نحوه انتقال الکترونها را در مالش و در القاء نشان داد. توجیه دقیق مفاهیم عملی مثل خاصیت عایقها و هادیها و میزانشدن بار در روی عایقها احتیاج به بررسی عمیق دارد که در کتابهای درسی کمتر وجود دارد.

بیشتر مواد مورد احتیاج در دسترس قرار دارد و بخصوص مواد پلاستیکی کمک زیادی میکند و عایق بسیار خوبی است و بار الکتریکی روی آن مدتها باقی میماند و سابقاً "تهیه موادی نظیر آنها امکان نداشت. حتی شیشه بعلاوه اینکه رطوبت در سطح آن جمع میشود با مثبت رانگانه نمیدارد.

بهمین دلیل لازم بود شیشه را خشک و گرم نمایند تا آزمایش نتیجه دهد. نوار پرسیکس را اگر با ابریشم مالش دهیم مدت زیادی با مثبت رانگانه میدارد. سطح آلکاتن نیز رطوبت نمیگیرد و با آن میتوان الکتریسیته منفی تهیه کرد که مدتها باقی میماند. بطور کلی امروزه بجای شیشه از پرسیکس و بجای ایونیت از پلی تن استفاده می‌کنیم. با آزمایشهای زیر اصول اساسی و مهم الکتریسیته ساکن را میتوان مطالعه کرد.

الف - قانون جاذبه و دافعه الکتریکی

دانشمندان در قدیمی پی برده بودند که بعضی اجسام را که مالش میدهند  
 دو نوع الکتریسیته در آنها یکی مثبت و دیگری منفی ظاهر میشود.  
 الکتریسیته مثبت را الکتریسیته شیشه که در اثر مالش شیشه با ابریشم  
 پدید می آید و الکتریسیته منفی را الکتریسیته لاک که در اثر  
 مالش لاک، کهربا یا با کلیت با پشم تولید میشود. بدین ترتیب پرسپکس  
 مثل شیشه و پلی تن مثل لاک عمل میکند. امروزه میدانیم این بارها از جمع  
 شدن تعدادی الکترون در جسمی که دارای الکتریسیته منفی میشود و کمبود  
 الکترون در جسم دیگر که دارای الکتریسیته مثبت است می باشد. وقتی دو



شکل ۵/۱ دفع بارهای همنام

شکل ۵/۳ دونوار پلی تن با رداز

شکل ۵/۲ جذب بار مخالف القائی

جسم را مالش دهیم الکترونها از روی یکی کنده شده و روی دیگری جمع میشود.  
 پس قاعدتا "با دیدبار دو جسم مختلف علامه و مساوی باشد. اگر الکترونها  
 فرصتی پیدا کنند و بتوانند دوباره بحالت اول و تعادل برگشته و جسم  
 خنثی میشود. البته این عمل در مورد عایق ها خیلی کند و در مورد اجسام  
 رسانا فوری انجام میشود.

عبور الکترون همان جریان برق میباشد که شبیه جریان برق باطری  
 است و نظیر سنگی است که از کوه پائین می افتد و بسطح انرژی پائین تر  
 میرود.



یک تکه پرسپکس مثل چوب لباس پرسپکس را بوسیله نخ ابریشمی یا ابریشم مصنوعی آویزان کنید و با مالش با ابریشم با ردا رکنید. تکه دیگر پرسپکس مشابه آن را با ابریشم مالش دهید و نزدیک اولی بیاورید، ملاحظه می‌کنید همدیگر را دفع میکنند، نتیجه می‌گیریم "بارهای مثبت همدیگر را دفع میکنند"، همین آزمایش را با پلی‌تن تکرار کنید آنها را با پشم مالش دهید. این آزمایش را می‌توانید با دولیوان پلاستیک نرم که از دسته آویزان شده و با دست مالش می‌دهید انجام دهید، در اینجا نیز دو جسم همدیگر را دفع میکنند، نتیجه می‌شود: "بارهای منفی همدیگر را دفع میکنند"

در آزمایش بعدیک جسم از جنس پرسپکس که آویزان شده با جسم پلی‌تن نزدیک هم بیاورید. بارها در اینجا مخالف یکدیگر و همدیگر را جذب میکنند پس نتیجه کلی چنین است: "بارهای همنام همدیگر را دفع و بارهای غیر همنام همدیگر را جذب میکنند".

#### ب - القاء الکتریسته مخالف

یک نوار پلی‌تن بطول ۳۰ سانتیمتر و عرض ۲ سانتیمتر تهیه کنید مثلاً "زپرده پلاستیک نوار را تهیه کنید. آن را با پارچه خشک با ردا رکنید یا بین انگشتان چند بار بکشید تا باردار شود. آن را نزدیک دیوار نگه دارید ملاحظه می‌کنید نوار جذب دیوار می‌شود. علت اینست که در قسمت مجاور جسم روی دیوار الکتریسته مخالف القاء شده و دوبار غیر همنام همدیگر را جذب میکنند. نیروی جاذبه و دافعه الکتریکی را با خطوطی نشان می‌دهند که بین دو جسم رسم میکنند. این خطوط وقتی دو جسم همدیگر را جذب میکنند و بیشتر بهم نزدیک شوند متراکم‌تر میشوند. ورقه لاستیک نازک نیز مانند پلی‌تن است و با دکنک را اگر مالش دهیم و نزدیک دیوار ببریم در اثر القاء جذب دیوار می‌شود.

یک لیوان یا میله‌ی پلی‌تن را مالش دهید و نزدیک جریان بار یک آب شیر قرار دهید. جریان آب بطرف جسم کشیده می‌شود و ممکن است طبق شکل ۵/۲ مقدار زیادی بطرف جسم منحرف شود که بعلة القاء در آب الکتریسته مخالف تولید شده است، الکتریسته همنام جسم از طریق لوله‌کشی آب دور شده بزمین می‌رود.

دو نوار پلی‌تن طبق شکل ۵/۳ که دارای بارهای مشابه هستند از یک نقطه آویزان شده‌اند. مدت مدیدی در حال دفع باقی میمانند و وقتی

با رها بتدریج کم شود نو رها کم کم بیکدیگر نزدیک میشوند. هوای اطاق هر چه خشک تر باشد با رها دیرتر از زمین میروند.

شکل ۵/۴ الکتروفور



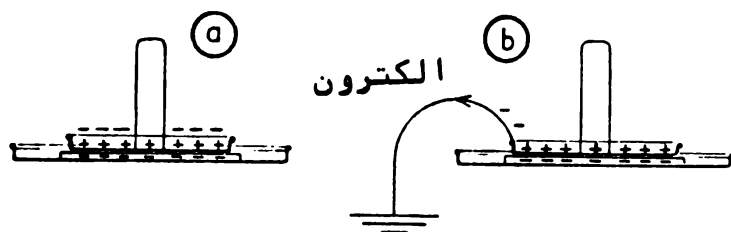
ورقه پلی تن در جعبه حلبی

ساختن الکتروفور

الکتروفور وسیله ساده ایست که بدفعات مکرر میتوان در جسم رسانائی در اثر القاء با الکتریکی مخالف با ریکه در ابتدا با مالش روی جسم عایق بوجود آمده است تولید نمود. دو قوطی حلبی تخت با عمق کم طبق شکل ۵/۴ تهیه کنید. یکی بزرگتر از دیگری باشد مثلاً "اولی قوطی با قلسوا بشکل مربع و دومی کوچکتر بشکل دایره باشد، عمق آنها یک سانتیمتر باشد کافی است. بالای لبه قوطی ها نباید تیز باشد تا با رها بسرعت در هوا پخش شود.

نوشته روی یک بطری پلی تن (ظرف مایع ظرفشویی) را پاک کنید، کمی پودر سنباده روی آن بریزید و با پارچه نرم داربمالید تا پاک شود. بالای درب پیچ دار بطری را صاف و با چسب بمرکز قوطی دایره شکل بچسبانید، بطری را وارونه کرده روی درب بطری به پیچید. بطری دسته خوبی برای الکتروفور میباشد. هر وقت بخواهید میتوانید بطری را از درب آن باز کرده کنار بگذارید.

یک ورقه عایق لازم دارید که داخل قوطی بزرگ بچسبانید از ورقه پلی تن استفاده کنید. ته پشتک لباس شوئی از جنس الکا تن و خیلی خوبست. جنس ظرف های مایع سفید کننده و مایع ظرفشویی از پلاستیک عایق است که برای آزمایش خیلی مناسب میباشد. بالای و پائین بطری را ببرید و در طول قیچی کنید و آنرا گرم کنید که براحتی میتوانید مسطح کنید و یک مربع مستطیل تهیه کرده با چسب داخل قوطی بزرگ بچسبانید الکتروفور کامل شده است ( شکل ۵/۴ )



شکل ۵/۵ طرز کار الکتروفور



ابتداءً تمام اجزاء را گرم کنید و ورقه ته قوطی بزرگ را با پارچه پشمی مالش دهید. میتواندید با مایهوت پاک کن خشک یا پوست خز بشدت مالش دهید تا باردار شود. قوطی دایره شکل را با دسته برداشته روی اولی قرار دهید. دست خود را روی فلز بزنید و بردارید تا الکتریسیته مخالف وارد بدن شما شده دور شود، با دسته بگیرید و آنرا بردارید و وقتی نزدیک انگشت خود بگیرید جرقه‌ای مشاهده میکنید. اگر بار آن زیاد و در شرایط خوب طول جرقه ممکن است تا ۳ سانتیمتر برسد. معلوم میشود فشار الکتریکی بار چند هزار ولت است و با وجودیکه فشار الکتریکی زیاد است مقدار بار کم است. مقداری از انرژی جرقه صرف تولید صدا و بقیه صرف حرارت و سوزش دست میشود. میتوان با استفاده از حرارت این جرقه الکتریکی اجاق گاز را روشن کرد، بشرطی که جرقه را در محل مناسب در مجاور فلز کنا را اجاق ایجاد شود. انرژی جرقه از کجا تاء مین میشود؟

انرژی جرقه از کجا تاء مین میشود؟ از کاری که انجام میدهید و با دسته فلز الکتروفور را دور می‌کنید، بار تولید میشود و انرژی در آن ذخیره میگردد (شکل ۵/۵).

نکته مهم در الکتروفور اینست که وقتی صفحه عایق آن باردار شود هر چند دفعه هم که صفحه فلزی را باردار کنیم بار صفحه عایق روی آن باقی میماند. در هر مرتبه که فلز باردار شود بار آن ثابت است و در حقیقت در الکتروفور از خاصیت القاء استفاده میشود.

## ۵۰ توزیع بار روی جسم رسانا

آزمایش نشان میدهد الکتروسیسته روی سطح خارجی جسم رسانا پخش میشود. اگر یک بادکنک لاستیکی را با پودر آلومینیم (اکلیل سفید) به پوشانید یا روی گلوله چوبی ورقه آلومینیم بگیریم عیناً "مثل جسم رسانای توپر وقتی دارای بار الکتریکی میشود میباشد و خیلی سبکتر است. اگر جسم شکل منظم نداشته باشد بار الکتریکی یکسان روی آن توزیع نمیشود و در جاهای نوک تیز بیشتر با جمع میگردد. در جاهای مسطح که شعاع انحنا خیلی کم است بار خیلی کمتر پخش میشود. چون بار در محلهائی که شعاع انحنا بیشتر است بیشتر دوام پیدا میکند، از این جهت برای ماشین وان دوگراف کره‌های بزرگ فلزی میسازند. بعکس در نقاط نوک تیز که شعاع انحنا کم است بار زیاد جمع میشود و بار از نوک تیز بهوا پخش میشود و با چند آزمایش میتوان آنرا نشان داد.

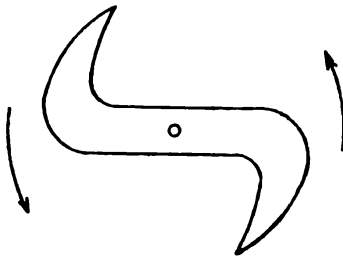
الف - با استفاده از خمیر مجسمه سازی یک سوزن را بطور افقی روی کره ماشین وان دوگراف یا قرقره تسمه نصب کنید. شعله یک شمع را که نزدیک آن بیاورید، منحرف میشود (شکل ۵/۶). مثل اینکه از نوک تیز یک جریان هوا خارج میشود. مولکولهای هوا و گردوغبار به علت خاصیت القاء بطرف نوک تیز جذب میشود و وقتی بآن میچسبند دارای الکتروسیسته هم نام شده بشدت دفع میشود (شکل ۵/۷) و در واقع در نتیجه جریان هوا شعله شمع منحرف میگردد. برای توجیه دقیقتر "بار الکتریکی" باید مفهوم ایونی شدن یا تجزیه آنها و مولکولها را که بدو قسمت با ردا تقسیم میشوند مورد توجه قرار داد. ایون‌ها همان آنها هستند که الکترون از دست داده اند یا الکترون اضافی گرفته اند و جریان هوا از نوک تیز از این ایونها تشکیل شده است. هوای ایونی شده رسانا و پدیده تخلیه بار در جا روبها نیز بهمین علت است. اگر در تاریکی ناظر آزمایش بالا باشیم اطراف نوک تیز نور ارغوانی رنگی مشاهده میکنیم.

ب - باقیچگی شکلی طبق آنچه در شکل ۵/۸ الف یا ب نشان داده شده است از حلبی نازک (مثل درپوش قوطی شیر خشک یا قهوه یا توتون پیسپ) ببرید. مرکز ثقل شکل را با نوک قلم خود کار یا سوزن تعیین کنید و در مرکز ثقل بدون اینکه سوراخ شود یک فرورفتگی کوچک ایجاد کنید. حلبی را روی سنجاق قائم بگذارید و آنرا با ماشین مولد الکتروسیسته ساکن وصل

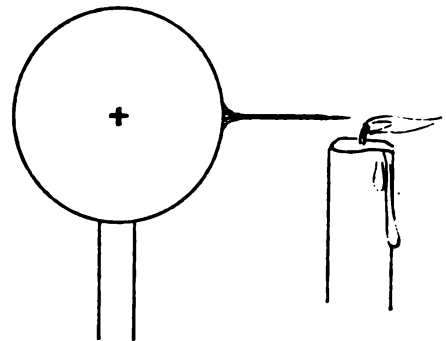
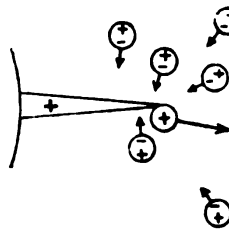
نمائید، مشاهده می کنید قرقره میچرخد که علت آن عکس العمل جریا ن هوا است که از نوک ها دور میشود (شکل ۵/۸)، میتوان قرقره با چند نوک ساخت . در تاریکی یک حلقه نورانی ارغوانی رنگ اطراف قرقره دیده میشود که همان تخلیه الکتریکی جاروب میباشد .

الکتروسکوب بسا زید

با الکتروسکوب میتوان وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی را تشخیص داد . الکتروسکوب در حقیقت یک ولت متر ولتا ژزیا د است . یک نوع ساده آن دو گلوله سبک است که توسط ریسمان ابریشمی از یک نقطه آویزان شده است . وقتی دارای بار الکتریکی شوند همدیگر را دفع و هر چه ولتاژ ساده (a)

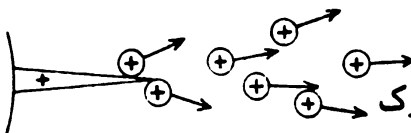
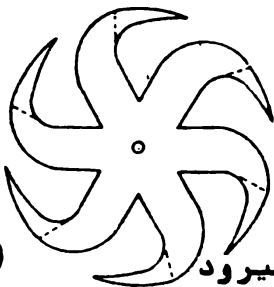


جاذبه آرام (a)



شکل ۵/۶ بار الکتریکی

دافعه شدید (b)



شکل ۵/۷ اثر نوک

شکل ۵/۸ قرقره الکتریکی

نوکها بسمت پائین باشد قرقره بالا میرود (b)

بیشتر باشد بیشتر از هم دور میشوند . دستگاه دیگری که اهمیت تاریخی دارد الکتروسکوب با زورق میباشد . الکتروسکوب های دقیق که میتوان فشار الکتریکی را با آن بدقت اندازه گیری کرد و الکترومتر نام دارد کار کردن با آنها چون زیاد حساس هستند مشکل است فقط در شرایط خاص آزمایشگاهی امکان دارد .

در قدیم از الکتروسکوب در تحقیقات الکتریسیته استفاده میشد . در اندازه گیری اختلاف پتانسیل و بار الکتریکی و میزان تخلیه بار و مقدار ایونی شدن و حالت را دیواکتیو تماما ماینها را با الکتروسکوب تحقیق

۵۲ میگردند. بنا براین باید در ساختن و کار با آن دقت زیادی بخرج داد ، ولی چون ساده است ما در اینجا طرز ساختن آنرا توضیح میدهیم :

معمولا" یک زرورق بطول ۳ سانتیمتر و عرض ۶/۰ سانتیمتر را به بالای یک نوار فلزی نصب میکنند. نوار فلز و زرورق را درون یک جعبه فلزی قرار داده بطوریکه نوار فلزی جدا و عایق از جدار جعبه باشد. ابتدا وسط جعبه در بالا یک سوراخ درست کرده و یک عایق خیلی خوب در سوراخ فرو ببرید و نوار را از آن عبور دهید، جنس عایق مثلا" ا بونیت باشد. در جلو جعبه شیشه بگذارید تا داخل آن دیده شود. در بعضی الکتروسکوپها دو زرورق میگذارند، در بعضی یک نوار فلزی با روپوش نیکل براق و یک زرورق کار میگذارند. وقتی الکتریسیته به آن بدهیم زرورق ها دور میشوند. دو سراختلاف پتانسیل را یکی به زرورق و دیگری را به جعبه وصل کنید که معمولا بزمین وصل شده است .

زرورق بقدری نازک است که اگر آنرا جلوی چشم بگیرید از پشت آن یک منبع نور قوی را با رنگ سبز میتوانید به بینید و چون خیلی ظریف است باید با دقت با آن کار کرد. معمولا زرورقها را روی کاغذ میچسبانند که با کاغذ باید آنرا قیچی کرد و بعد کاغذ را جدا کرد که با مختصر جریان هوا پرتاب شده و له و لورده میشود. بهمین جهت زرورق های ضخیم تر درست کرده اند که با آن الکتروسکوب نسبتا "حساس میتوان ساخت و ما طرز ساختن آنرا در اینجا توضیح میدهیم :

یک جعبه پلاستیکی A طبق شکل ۹/۵ الف تهیه کنید، در حال حاضر در بعضی فروشگاههای مواد غذایی جعبه های بیسکویت بابعاد ۶ x ۸ x ۱۴ سانتیمتر از جنس پلی استرن یا پرسپکس وجود دارد که خیلی خوبست . چون جعبه عایق است احتیاجی به چوب پنجه عایق در بالای جعبه ندارید تا پیچ فلزی B را از آن عبور دهید. B یک پیچ برنجی است که در بالای آن یک قرص فلزی نصب شده است، بجای قرص فلزی C میتوان از قوطی کوچک واکس یا پودرا استفاده کنید. لبه های تیز را با یدما ف کرد تا با رمدت بیشتری روی آن دوام کند. در وسط جعبه پلاستیکی یک سوراخ توسط نوک هویه یا سیم داغ درست کنید بطوریکه پیچ را بتوان در آن قرار داد. اگر با مته سوراخ کنید چون پلاستیک شکننده است اطراف سوراخ ترک بر میدارد

یک نوار برنجی  $D$  بعرض  $1/5$  سانتیمتر و بطول  $7/5$  سانتیمتر ببرید و خم کنید و صقل دهید و در پائین با پیچ نصب کنید. اگر بتوان نوار را از پیچ جدا کرد نصب زر ورق راحت تر است. داخل جعبه در کنار روتنه آن ورقه نازک آلومینیم  $F$  بپوشانید و وقتی جعبه را با پیچ به بدنه چوبی  $G$  محکم کنید اتصال داخل جعبه بزمین راحت تر است. میتوان یک اتصال  $H$  درست کرد و اتصال زمین کاملی تهیه کرد. البته خود چوب بدنه به اندازه کافی رسانا است. میتوان از نوارهای کاغذ چسب دار که روپوش فلزی دارند و برای تزئین بکار میرود استفاده کرد و جعبه را پوشانید. یک طرف جعبه باید با شدت بتوان انحراف زر ورق را مشاهده کرد. نوار چسب نقره به پلاستیک خوب میچسبد و اگر جعبه بزمین وصل نباشد در اثر تماس با دست ممکن است جعبه دارای بار الکتریکی شده در نتیجه زر ورق به بدنه جعبه بچسبد، ولی اگر جعبه بزمین وصل باشد این اشکال پیش نمیاید.

ممکن است بخواهید بجای زر ورق از ورقه نازک آلومینیم استفاده کنید و الکتروسکوب بسازید. در این صورت انحراف کم است. شاید ورقه آلومینیم از زر ورق سبک تر هم باشد ولی مشکل عمده لولاکردن بالای ورقه است که حساسیت دستگاه را خیلی کم میکند.

طبق شکل  $5/9$  با این مشکل را میتوان بنحوی حل کرد. یک نوار ورقه آلومینیم با قیچی ببرید که طول آن  $3/5$  سانتیمتر و عرض آن در قسمت بالا هشت میلیمتر است. یک نخ پنبه یک لای نازک بطول  $5$  تا  $10$  سانتی متر تهیه کنید. ورقه را روی نوار برنجی قرار دهید و نخ را ترک کنید و روی ورقه طبق شکل قرار دهید و یک نوار چسب بعرض  $3$  میلیمتر ببرید و روی نخ و ورقه و نوار چسبانید. بجای نخ پنبه از ابریشم یا نایلون استفاده نکنید که عایق هستند. بهمین علت بجای نوار چسب از خمیر چسب نیز برای چسبانیدن استفاده نکنید. نوار چسب رسانا تر است. قسمتهای اضافی نخ را با قیچی ببرید. پشت ورقه باید تمیز بوده و چسب روی آن نباشد. بطوری که اگر دستگاه را کمی منحرف کنیم ورقه منحرف شود. این قسمت را بتفصیل توضیح داده ایم زیرا اساس دستگاه است. الکتروسکوب با نوار آلومینیم از زر ورق محکم تر میباشد، البته ساختن آن دقت و حوصله زیاد میخواهد که فیزیک دانها باید داشته باشند.

اجسامی مثل پلی تن را گرم و خشک نموده با پارچه پشمی گرم و خشک بشدت مالش دهید و نزدیک قرص وسط دستگاره بیاورید. ورقه حدود ۶۰ درجه باز میشود، اگر آنرا دور کنید ورقه پائین میافتد. هنوز میله به قرص نجسبیده فقط در اثر القاء الکتریسیته در الکتروسکوپ جا بجا میشود و طبق شکل ۵/۱۰ الف ورقه و میله هر دو با رمنفی داشته و ورقه باز میشود.

ضمن آزمایشهای زیر الکتروسکوپ دارای بار مثبت میشود:

الف - میله را نزدیک قرص بیاورید (شکل ۵/۱۰ ب)

ب - انگشت خود را بقرص بزنید الکتریسیته منفی دور شده و وارد بدن میشود و الکتریسیته مثبت روی قرص میماند. البته ورقه میافتد (شکل ۵/۱۰ ب)

ج - انگشت خود را بردارید (شکل ۵/۱۰ ج)

د - میله را دور کنید الکتریسیته مثبت در تمام نقاط پخش شده و ورقه باز میشود (شکل ۵/۱۰ د)

با الکتروسکوپی که بدین ترتیب دارای بار مثبت شده آزمایشهای زیر را میتوان انجام دهید و نوع الکتریسیته را تشخیص دهید:

اگر بار منفی به آن نزدیک کنید میله ورقه میافتد.

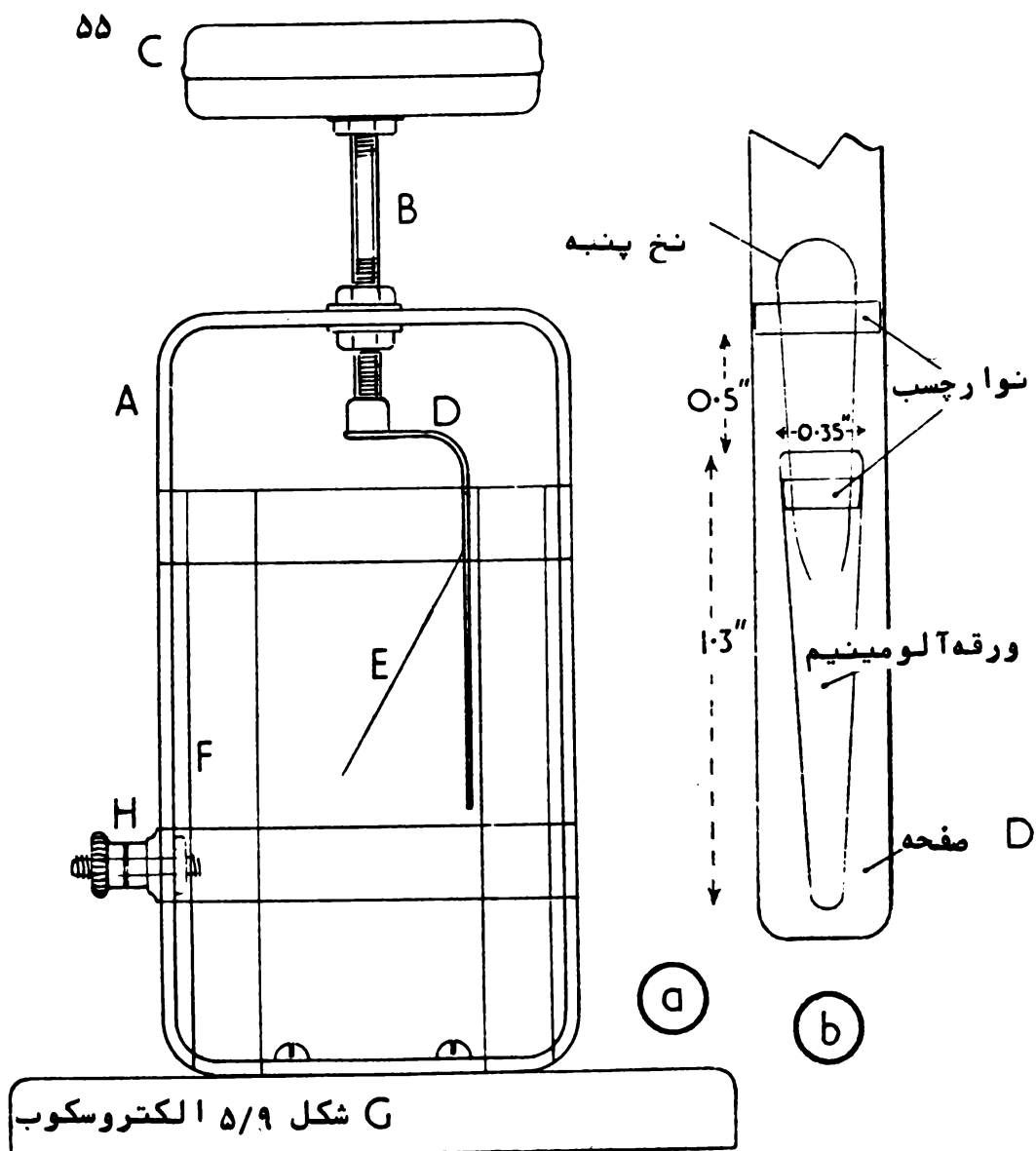
اگر بار مثبت به آن نزدیک کنید ورقه بیشتر باز میشود.

حدود یک ساعت یا بیشتر بار روی الکتروسکوپ باقی میماند. اگر هوا مرطوب باشد زودتر خالی میشود، اگر هوا ایونی شود ورقه میافتد مثلاً "اگر جسم رادیواکتیو نزدیک الکتروسکوپ ببرید یا نور ماوراء بنفش بدستگاه بتا با نید ورقه میافتد.

بطری لیمد

هر خازن از دو صفحه رسانا تشکیل شده است که بین آنها یک ورقه نازک عایق بنام دی الکتریک قرار دارد. مثلاً "ممکن است خازن دو ورقه نازک فلزی و بین آنها هوا یا کاغذ مومی یا میکا باشد. خازن الکتریسیته را جمع میکند و ذخیره مینماید. اگر یکی از ورقهها بار الکتریکی با پتانسیل زیاد وصل کنیم. لایه عایق بین آنها تحت فشار الکتریکی قرار میگیرد. و اگر دو ورقه را بهم وصل کنیم فشار از روی ورقه عایق برداشته میشود. اگر فاصله هوای بین دو اتصال ورقهها با اندازه کافی کم شود جرقه میزنند و



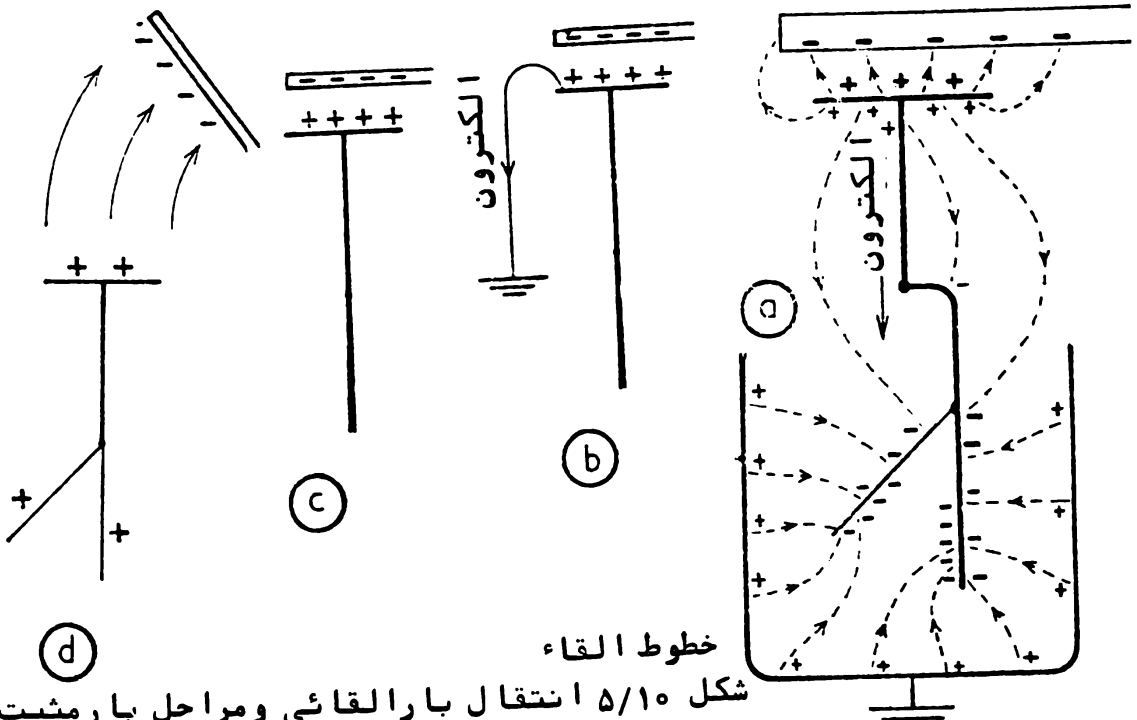


تخلیه الکتریکی نوسانی با توان زیاد ایجاد میگردد.

بطری لیدکه اهمیت تاریخی دارد، یک نوع خازن است از آنرو واحد ظرفیت را در او اشل بنا مبطری میخوانندند.

شهر لید هلند آزمایشهای خود انجام میداد. و در سال ۱۷۴۶ ضمن آزمایشها تصادفاً این وسیله را درست نمود. و در یکی از آزمایشها شدیداً "دچار برق گرفتگی شده خیلی خطرناک بود ولی نجات پیدا کرد.

شکل بطری در طول این ۲۰۰ سال تغییری نکرده است که میتوان با وسائل ساده یک نمونه خوب ساخت. خازنها تیکه در را دیوبکا میروند - فراوان و ارزان است که با ظرفیت های مختلف میتوان تهیه کرد. آنچه



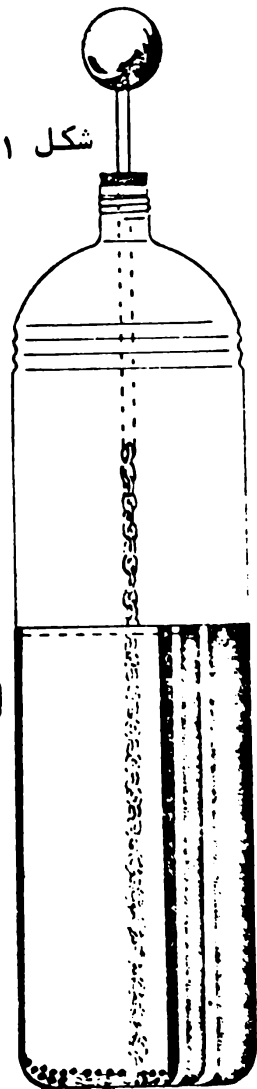
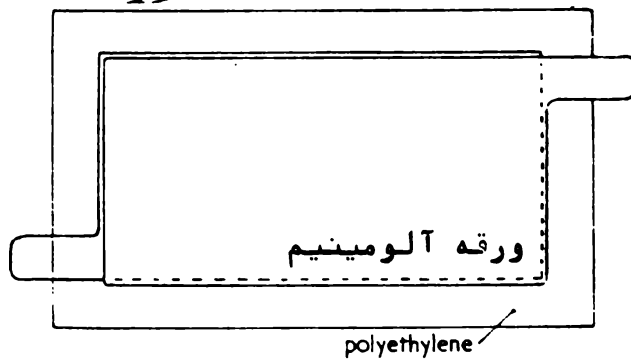
شکل ۵/۱۰ انتقال بار بالقائی و مراحل بار مثبت فعلا" مورد توجه است ولتاژی است که خازن میتواند تحمل کند، بطری لید نسبت به سایر خازنها بخصوص خازنها ی الکترو لیت ظرفیتش کم است ولی میتواند ولتاژهای زیاد را تحمل کند.

عایق بطری لید چون شیشه است زود میشکند و کار کردن با آن مشکل است. برای آنکه ظرفیتش زیاد باشد ضخامت شیشه هرچه کمتر باشد بهتر است، البته گاهی در اثر جرقه بطری لید خراب میشود. در اینجا بجای شیشه از پلی اتیلن استفاده کنید، ظرفهای پلی اتیلن مایع سفید کننده نوع بلند آن در همه جا یافت میشود. آنرا بدقت شسته و خشک میکنیم و نوشته روی بطری را پاک کنید، سطح هادی داخل بطری را بترتیب زیر از لایه گرافیت درست کنید.

مقداری گرد واکس بخاری ('Zebo') (یا پودر گرافیت) با محلول چسب مخلوط کرده و مایع نسبتاً غلیظی درست کنید، یک قاشق شربت خوری داخل بطری طوری بریزید که دهانه آن آلوده نشود. بطری را خم کنید و بگردانید تا یک لایه با ارتفاع بیشتر از نصف بطری را بپوشاند. با استفاده از لوله ای مایع اضافی را بیرون بکشید، در بطری را با زبگذا رید و در گوشه ای بگذارید



شکل ۵/۱۱ بطری لید



تا خشک شود. وقتی که هنوز خوب خشک نشده مقداری گلوله سربی آلوده بچسب در بطری بیاندازید تا هدایت آن زیادتر شود و در ضمن تعادل آن پایدارتر شود.

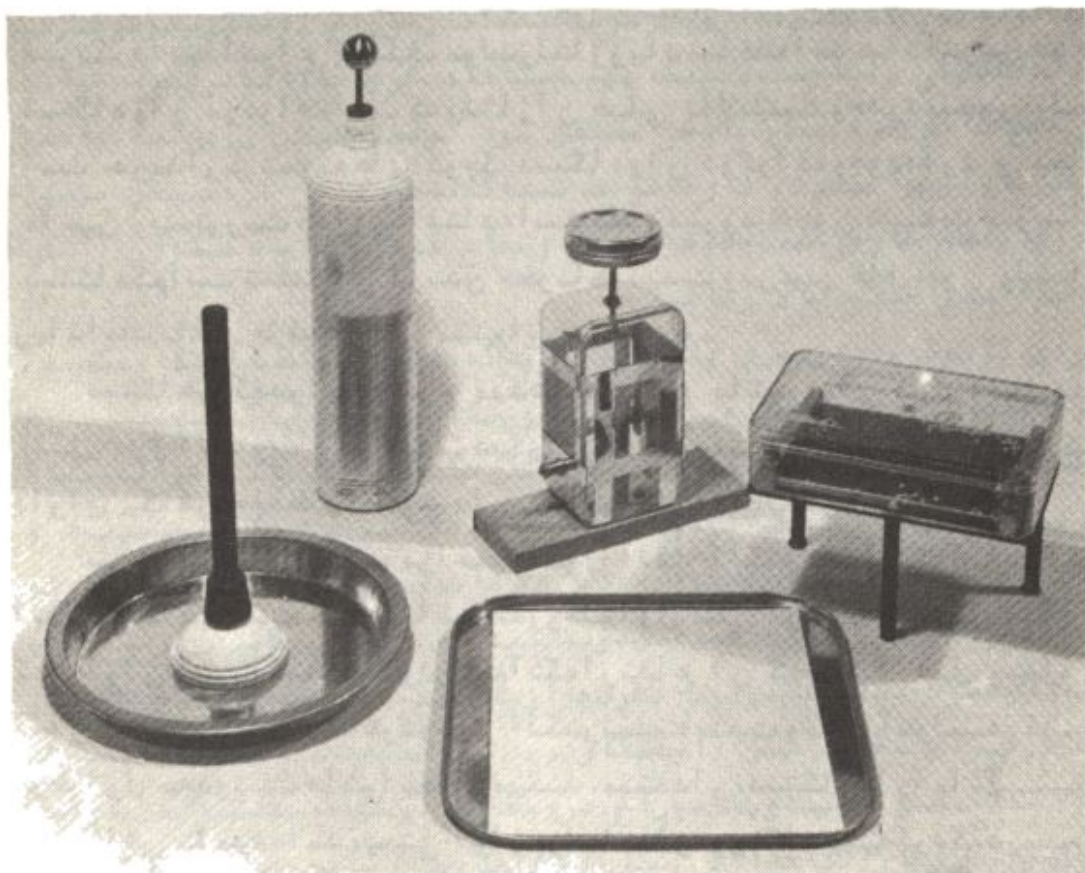
روی بطری را تا نیمه با ورقه آلومینیم بپوشانید و با نوار چسب دو طرف ورقه آلومینیم را بطور قائم بهم بچسبانید. ورقه با ید محکم روی بطری پیچیده شده باشد. با چند نوار چسب دیگر در بالا و پایین آنرا محکم کنید. روی آن مقداری از ورقه که در پایین بطری تا کرده اید چسب نگیرید. یک میله برنجی تهیه کنید و یک گلوله برنجی در بالای آن محکم کنید میله را از چوب پنبه عبور دهید و با انتهای میله زنجیری از نوع زنجیر دست شویی به بندید که با لایه گرافیت اتصال پیدا کند بطری لید کامل است (شکل ۵/۱۱).

چون ضخامت بطری پلی تن کم است ظرفیت آن زیاد است و مشکلی که در بطری شیشه وجود دارد که رطوبت روی آن مزاحم است در اینجا نیست . استفاده از بطری لید در قرقره تسلا که در فصل هفتم خواهیم گفت بسیار مناسب است . اگر قاعده دو عدد بطری را بهم وصل و بزمین به بندید و با ماشین ویمچورست یا وان دوگراف آنها را پر کنید میتوان جرقه ای به طول ۳ سانتیمتر ایجاد کرد .

جرقه دستگاره ممکن است خطرناک باشد با ید مواظبت کرد . طبق شکل ۵/۱۲ میتوان سیم تخلیه ساخت . از یک تیکه سیم دو عدد بطری پلی تن کوچک بجای دسته استفاده کنید . که میتوان با آن بطری را خالی کرد . باید انگشتان را از سیم دور نگا داشت وقتی دوسر بطری را بهم چسبانید جرقه ایجا میشود دو دقیقه بعد با زهم بطری را خالی کنید . در بار اول بطری کاملاً خالی نمیشود بهمین جهت در دفعه بعد با زهم جرقه تولید میشود .

نوع دیگر خازن یک ورقه نازک پلی تن است که بین دو ورقه آلومینیم قرار میدهند . طبق شکل ۵/۱۳ ورقه ها را ببرید . اندازه ورقه پلی تن باید ۵ سانتیمتر بزرگتر از ورقه آلومینیم باشد . آنها را دوریک بطری پلاستیکی به پیچید . ورقه عایق از نوع ضخیم تر که وقتی دست میمالیم مثل موم میماند بهتر از نوع شفاف می باشد و ولتاژ بیشتری را تحمل میکند . ظرفیت خازن بحسب میکرو فاراد و بسطح ورقه آلومینیم بستگی دارد . مواظب باشیید دست شما بخازن وقتی پر است تماس پیدا نکند .

بعضی افراد قسمتهائی از منحنی ها را بر رنگهای مختلف در آورده و چون طرح تکرار میشود میتوان اصالت هائی را حفظ کرده با استفاده از رنگهای هم آهنگ طرحهای جالبی ساخت . بعضی قسمتها را با رنگ های مکمل رنگ زده و مثل شیشه های رنگی پنجره ها شکل های زیبا خلق کرد . امکانات زیاد وجود دارد . شکلها و طرحها و رنگها تهیه کنید و مجموعه جالب تهیه نمائید .



عكس چهار وسائل الكتریسیتہ ساكن  
سمت چپ و جلو صفحہ و عایق الكتروفور  
بطری لید و الكتروسكوب و مدل حرکت مولكولى در عقب

در تحقیقات فیزیک ذرات بنیادی و مطالعه این ذرات که کوچکترین خشتهای بنای طبیعت اند بمولدهای ولتاژ زیاد احتیاج داریم. برای شتاب دادن به ذرات ایون هلیوم (ذرات آلفا) میدان قوی لازم است. تا این ذرات انرژی زیادی پیدا کرده و هسته‌ها را بشکنند. مهندسی و فیزیک دانها انواع مختلف مولد ولتاژ زیاد ساخته‌اند. ساده‌ترین آنها دستگاه وان دوگراف است که ولتاژ آن خیلی بالانگیز و حدود میلیون ولت است. در مدارس نمونه‌های کوچک دستگاه وان دوگراف وجود دارد و بجای ماشین ویمچورست که از مدافته‌هاست بکار می‌رود. چون شدت جریان دستگاه کم است تخلیه آن در بدن خطرناک نیست و در عین حال چون ولتاژ زیاد است با آن جرقه طولانی میتوان تهیه کرد.

دستگاهی که در اینجا شرح میدهم یک نوع ماشین وان دوگراف است (شکل ۶/۲ الف و ب) در کتاب دیگر دستگاه ساده‌تری توضیح داده‌ایم که دارای یک کره و فقط یک نوع بار میتوان با آن تهیه کرد.

بهتر است بآن کتاب مراجعه و اصول القاء الکتریکی را که اساس کار این دستگاههاست مرور نماید. در حله اول سعی کردیم از وسایل ساده که فراوان است استفاده شود و دوم آنکه ارتفاع آن کم باشد تا حمل و نقل آن آسان گردد و سوم اینکه هر دو نوع الکتریسیته مثبت و منفی تولید کند شرط اول محدودیت‌هایی ایجاد میکند. منتقدان، دستگاه ما را ماشین فروشگاهی نامیده‌اند، یعنی لوازم را باید از فروشگاه تهیه کرد که درست است و ما شمارا برای تهیه میله و نوار پرسپکس بمراجعه به فروشگاه لوازم کار دستی توصیه میکنیم. تهیه کره‌های بزرگ فلزی ماشین وان دوگراف برای شاگردان مدارس مشکل است، بنا بر این تصمیم گرفتم بجای آنها از حبیب شیشه‌ای چراغ بقطر ۲۵ سانتیمتر که دارای سوراخهایی بقطر ۱۰ سانتیمتر است استفاده که روی آنها را با ماده رسا نابپوشانید، بطوریکه بتوان بجای کره‌های فلزی توخالی بزرگ آنها را بکار برد ( مترجم - میتوانیدا ظرفهای آلومینیم دیزی آبگوش استفا ده کنید).

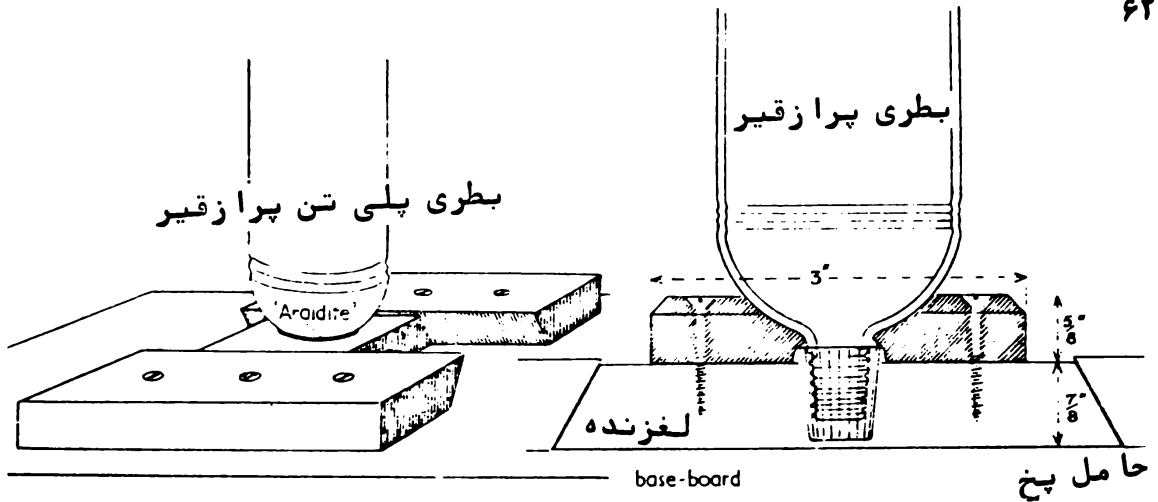
میتوانید کره‌های شیشه‌ای را با لاک پوشانیده و گردگرافیت روی آن بپاشید و صیقل دهید. این کره‌ها خوب کار نمی‌کند شاید بدین علت است که

بلورهای گرافیت مسطح میباشند. طریقه دیگر اینست که سطح کره‌ها را کمی لاک بزنید و با لاک غلیظی که اکلیل آلومینیم در آن ریخته‌اند پوشانیده بگذارید خوب خشک شود آنرا با کاغذ سنباده خیلی نرم بمالید و بعداً "رنگ آلومینیم بزنید".

کنا رسوراخ نباید رسا نا با شد چون از نوک تیز برق خارج میشود. با یک لوله لاستیک ضخیم که از وسط بریده شده کنا رسوراخ را بگیرد و دو طرف لوله لاستیکی را با چسب لاستیک بهم بچسباند. گرچه با الکتریکی میتواند از سطح داخل کره بسطح خارجی منتقل شود، لوله لاستیکی روی لبه مانع پخش بار در هوا میشود. بارها توسط تسمه که بسطح داخل کره منتقل میشود فوری بسطح خارجی میرود و چون سطح و شعاع کره زیاد است میتواند آنرا به پتانسیل خیلی بالا رساند.

برای پایه کره از دو بطری پلی تن بزرگ که عایق میباشند استفاده کنید. ظرف‌های مایع سفیدکننده را تمیز شسته و رنگ روی آنرا پاک کنید. مقداری قیر ذوب کنید. مواظب باشید آتش نگیرد. ظرف بالا را در آب سرد فروبرید و قیر ذوب شده را در آن بریزید تا کاملاً پر شود. باین ترتیب دو پایه محکم بقطر ۷ سانتیمتر و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر درست کرده یک طرف آنرا بیک الکتروسکوب بچسبانید و ببینید چقدر طول میکشد ورقه‌های الکتروسکوب بپافتد. درپوش بطریها از پلاستیک سخت است که طبق شکل آنها را برای نگاه داشتن پایه بکار برید. یک بدنه تخته‌ای مربعی با بعد ۷/۵ سانتیمتر بریده و یک سوراخ در وسط آن درست کنید بطوریکه بتواند درپوش بطریها را نگاهدارد. (شکل ۱/۶ الف و ب) باین ترتیب میتوانید درپوش را بچرخانید تا بالا بیاید و کره‌ها در یک سطح تراز قرار گیرد. فاصله بین مرکز دو درپوش حدود ۷۵ سانتیمتر است، طول میله پرسپکس B حامل قرقره‌ها همین مقدار باید باشد. چون تهنه بطریها نیز گوداست میتواند کره‌ها را روی آن قرار داد و با چسب خمیری دو قلو 'Araldite' محکم کرد. باید سه روز فرصت داد تا خوب محکم شود و شیشه پلاستیک بچسبد. هر کره را طبق شکل ۶/۲ الف میتواند از روی تسمه برداشت و براحتی قرقره‌ها و جاروب‌ها را میزان کرد.

تسمه را میتواند از جنس لاستیک یا ماده دیگر ساخت مثلاً "ممکن است از ابریشم یا ورقه پولی تن یا حتی پارچه استفاده کرد. دروساثل کوچک بهتر



شکل ۶/۱ الف پایه عایق قابل تنظیم شکل ۶/۱ ب پایه عایق روی لغزنده است لاستیک بکاربرده که مزایای زیادی دارد، برای مثال از لاستیک مرغوب یا نوار لاستیک کمکهای اولیه بعرض ۶ سانتیمتر که برای بستن شریان بکار میروند بسیار مناسب است، دو طرف آنرا پخ کرده و با چسب لاستیک بهم بچسباند و تسمه‌های با طول مناسب که روی قرقره‌ها بیافتد بسازید. با مراجعه بشکل ۶/۲ الف اضافه بر قرقره‌های  $A$  و  $B$  در فاصله ۷۵ سانتیمتر دو قرقره دیگر  $C$  و  $D$  در وسط بطوریکه محور قرقره  $D$  مستقیماً به محور موتور برق وصل است و توسط آن میچرخد بکار می‌رود قرقره  $C$  بمنظور ازدیاد سطح تماس تسمه لاستیکی با قرقره  $D$  بکار می‌رود. و نیز توسط قرقره  $C$  کشش تسمه را تنظیم میکنند. زیرا ممکن است محور قرقره دیگری به موتور وصل نمود (بشکل ۶/۳ مراجعه شود).

قرقره‌ها را با دقت زیاد بسازید. یک میله پرسپکس بقطر ۲ سانتیمتر گرفته تیکه‌هایی بطول ۷ سانتیمتر ببرید، در ماشین تراش بسته دو طرف آنرا بتراشید و وسط آنرا در امتداد محور سوراخ کنید. قرقره‌ها را روی میله براق فولادی بقطر ۳ میلیمتر محکم نصب کنید. اگر میله پلی تن پیدا نکردید بجای آن استوانه کوچک پلی تن از دو خانه تهیه نمایید. دهانه آنرا صاف کنید و داخل آن میله چوبی با قطر مناسب قرار دهید و روی میله فولادی بهمان ترتیب بالا بطور محکم نصب نمایید.

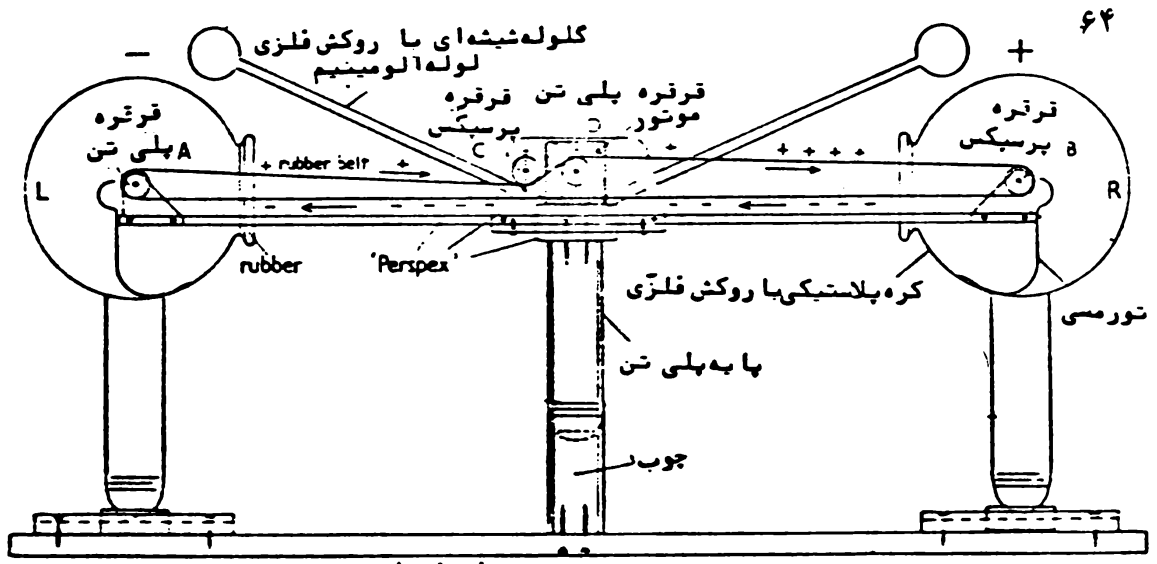
قرقره  $B$  (شکل ۶/۲ الف) در کره دست راست  $R$  از جنس پرسپکس و قرقره  $A$  در طرف دیگر کره  $L$  از جنس پلی تن است. انتقال بار از تسمه



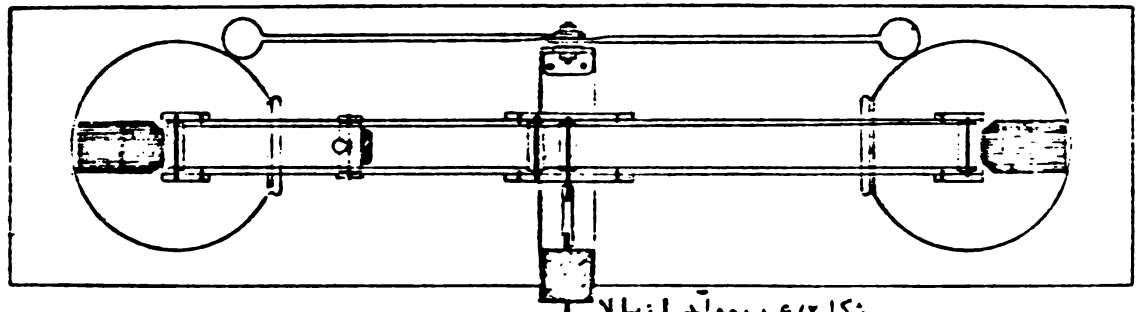
توسط جا روب بداخل کره انجا م میشود. یک تیکه تورسیم مسی بعرض ۵ سانتی مترطوری نصب کنید که نوک سیم ها در بالا بطرف تسمه و در فاصله ۳ میلیمتری آن قرار گیرد. تور را با پیچ با انتهای نوار پرسپکس محکم کنید. طول تور بقدری باشد که بداخل کره تماس پیدا کند. داخل کره نیز با یدرنگ آلومینیم زده باشید.

ملاحظه میشود که تسمه گاهای از روی قرقره پلی تن و گاهای از روی قرقره پرسپکس عبور میکند. در نتیجه الکترون کلا" از  $R$  به  $L$  منتقل میشود. خود توجیه دقیق مکانیسم انتقال الکترون اساسا " یک طرح تحقیقی جالب است. موه لف معتقد است که در تولید بار اولیه اصطکاک مقداری نقش دارد و بعدا " در اثر القاء بار بیشتری تولید میشود. در دستگای که ساختار ایدابتدا با یک تیکه ماهوت که داخل شکاف میله ای میچسبانید در اثر اصطکاک بار اولیه تولید میشود، طبق شکل ۶/۵ در شروع آزمایش تیکه ماهوت را بر گردانیده و روی تسمه مالش دهید. خیلی به تیکه ماهوت احتیاج نیست فقط در شروع کار بار با سرعت بیشتری روی تسمه ایجاد میشود. در ماشین های بزرگ تر بروس دیگر توسط تعدادی سیم های نوک تیز در یک ردیف بار الکتریکی با ولتاژ زیاد که توسط ترانسفرما تور خاصی تهیه میشود روی تسمه پخش میگردد.

وقتی تسمه لاستیکی روی قرقره  $C$  و  $D$  حرکت میکنند در اثر کشیده و فشرده شدن آن در تسمه تنش داخلی تولید میشود (شکل ۶/۲۰ الف) و بین لایه های آن انتقال انرژی انجا مود در اثر تنش حاصله و جدا شدن تسمه از قرقره پلی تن الکترون به قرقره منتقل میشود. تسمه که الکترون از دست داده و دارای الکتریسیته مثبت است وارد کره دست راست  $R$  شده در اثر تخلیه الکتریکی بین تورسیمی و تسمه نور بنفشی پدید می آید و الکترونها ئی از کره توسط تورسیمی به تسمه منتقل شده آنرا خنثی میکند. بدین ترتیب سطح خارجی کره  $R$  دارای بار مثبت میشود. در عین حال وقتی تسمه با سرعت از کره خارج میشود در اثر القاء دارای بار منفی میگردد و وقتی از مقابل تورسیمی  $L$  میگذرد بار خود را به آن میدهد. کره  $L$  دارای بار منفی در سطح خارجی میشود. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین  $L$  و  $R$  بالا میرود و حد آن بستگی بظرفیت آن دو دارد که به شعاع کره ها بستگی دارد. البته اگر پایه عایق خوبی نباشد بار الکتریکی پخش شده ولتاژ پائین می آید. در هر



شکل ۶/۱ الف مولدولتاز زیادونوع بار از جلو

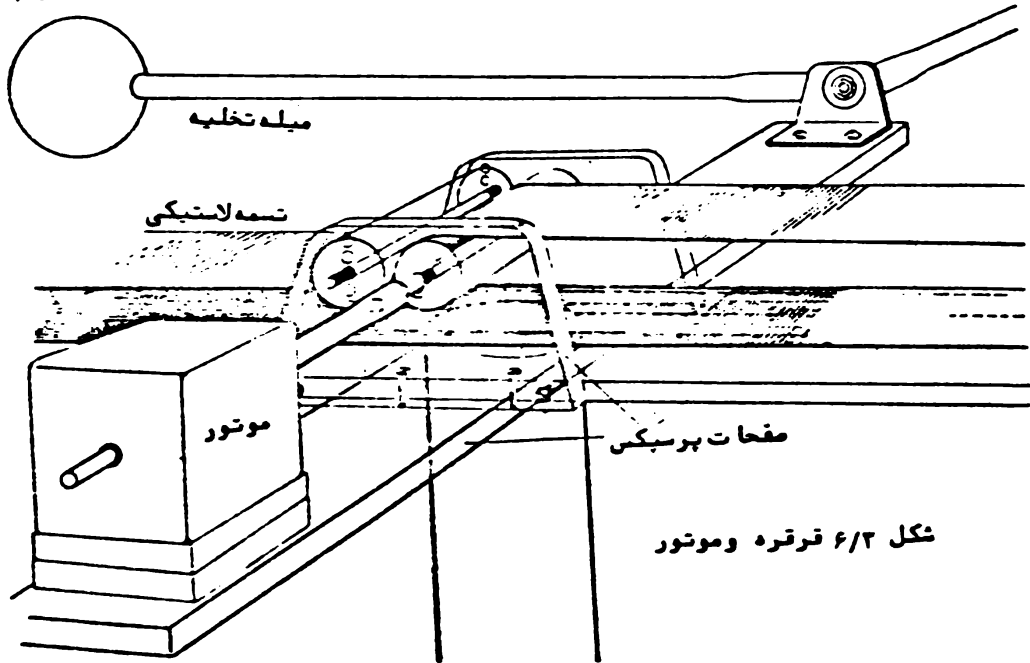


شکل ۶/۲ ب مولد از بالا

حال انرژی الکتریکی بعلت مقاومت مکانیکی درمقابل حرکت تسمه و آنهم بنوبه خودبوسیله موتورا الکتریکی تاء مین میشود. درحقیقت دستگاه مانندیک ترانسفرماتور است که ولتاژ کم برق شهر را به الکتریسیته ساکن با ولتاژ زیاد تبدیل میکند.

ممکن است خیال کنید با تجزیه وتحلیل دقیق دستگاه بتوان بهره دستگاها را بالا برد و حداکثر انرژی الکتریکی را با مصرف انرژی مکانیکی بدست آورد و طرح دستگاه را بهبود بخشید که با مولد برق معمولی رقابت کند. ولی چنین نیست و امروزه اگر شدت جریان دستگاه یک میکروآمپر باشد سرعت حرکت تسمه در هر ثانیه با ۳۱۲ سانتیمتر مربع باشد که البته بهره آن پائین است.

اگر دستگاهی نظیر آنچه گفتیم بسازید یا خودتان طرح دیگری داشته و بسازید میتوانید آزمایشهای زیادی با آن انجام دهید. بعضی آزمایشها تفریحی و تعدادی نیز جدی است. در مجله دوره علوم دبیرستان شماره ۱۴۱



و ۱۵۳ چند آزمایش جدی با ماشین وان دوگراف نوشته شده که چندان از آنها را در اینجا ذکر نمیکنیم:

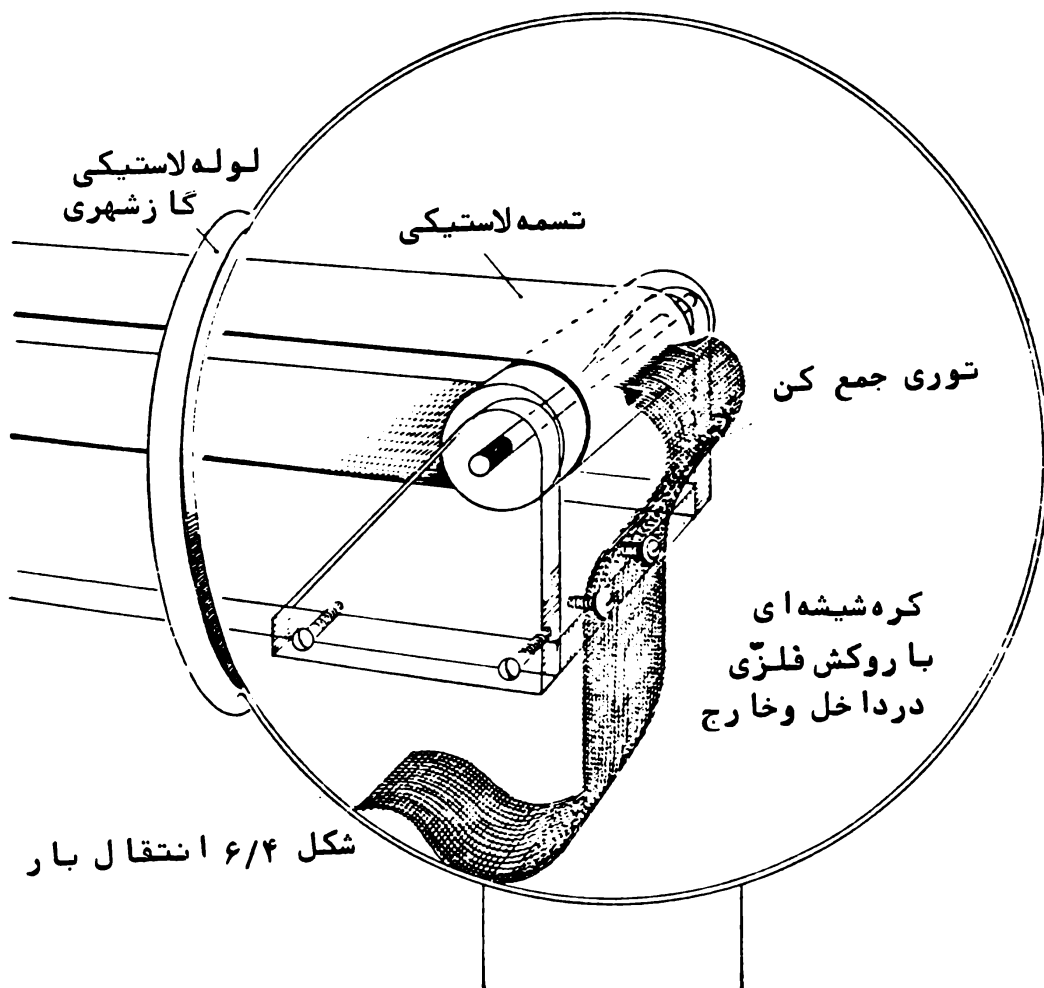
الف - دست خود را نزدیک کره بیا و رید جرقه ای تولید میشود که دردناک نیست  
 ب - اگر هوا خشک باشد حد اکثر فاصله ای را که ممکن است جرقه ایجا دکنند اندازه بگیرید. اگر گلوله های تخلیه را در زیر سطح کره ها قرار دهید طول جرقه بیشتر می باشد، زیرا خطوط نیرو بین کره ها و زمین بیشتر از تعداد خطوط نیرو بین کره ها و سقف است.  
 ج - دستگاه را در تاریکی بکارانند از زید و محل پخش بار را با دیدن نور تخلیه تشخیص دهید که بیشتر از نوکها می باشد که سعی کنید آنها را اصلاح نمایید.

د - دست خود را نزدیک کره ببرید ملاحظه میکنید ناخن انگشتان شدیداً روشن میشود.

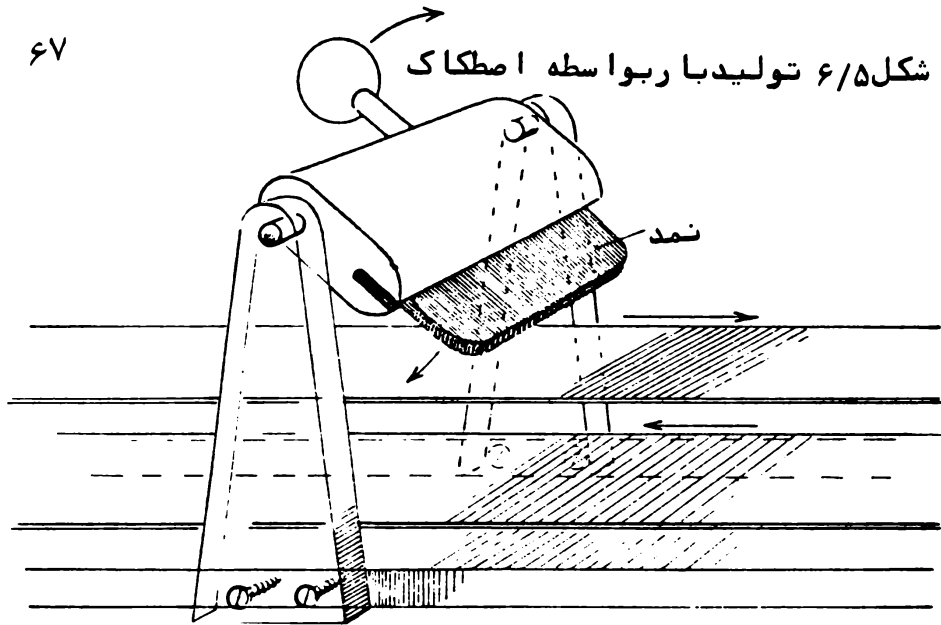
ه - روی یک ورقه لاستیک یا تخته که روی چند لیوان معکوس قرار داده شده نزدیک کره بایستید. اگر موی سر شما خشک باشد از هم دور میشوند.

و - یک میخ یا سوزن بطرف کره با دست بگیرید. نوک میخ و سوزن روشن میشود و جرقه بین دو کره دیگر ایجا دنمیشود.

ز - یک قوطی حلبی بزرگ بیسکویت بدون درپوش را عمودی در مسیر جرقه



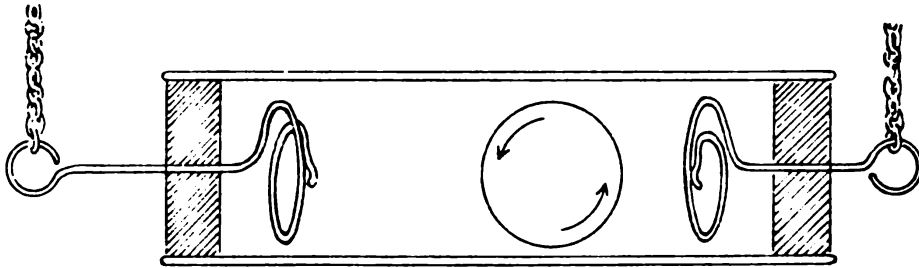
- قرار دهید، هر وقت جرقه میزند مداتی از حلبی شنیده میشود. قبل از اینکه جرقه بزند ملاحظه می‌کنید حلبی اول جذب و بعد دفع میشود.
- ح - اگر سوزنی روی هر کدام از کره‌ها نصب کنید شعله شمعی را که نزدیک آن قرار گرفته منحرف میکند (شکل ۵/۶)
- ط - چند رشته نخ پنبه به کره وصل کنید نخ‌ها از هم دور میشوند و در امتداد شعاع کره قرار میگیرند. در حقیقت خطوط نیرو در نزدیکی کره‌ها در امتداد نخ‌ها میباشند.
- ی - انگشت خود را نزدیک یکی از نخ‌ها بگیرید که به طرف انگشت متمایل میشود. ممکن است بجای نخ نوارهایی از دستمال کاغذی بریده و بکار برید.
- ک - یک گلوله لاستیکی بگیرد و روی آن را رنگ آلومینیم بزنید. روی آن



شکلکی بکشید و بجای موی سر رشته‌های کا موا بچسبانید. گلوله را روی کره بگذارید و دستگاه را بکار اندازید، رشته‌های کا موا از هم باز و دور میشوند.

ل - یک توپ پینگ پونگ را رنگ آلومینیم بزنید و بانخ نایلون وسط گلوله‌های تخلیه نگاه دارید، وقتی دستگاه بکار بیافتد، توپ بین دو گلوله مثل آونگ نوسان میکند.

م - از یک لوله شیشه مثل لوله چراغ نفتی بقطر ۴ تا ۵ سانتیمتر و طول ۱۵ سانتیمتر یا از یک بطری شیرکه ته آنرا با سیم داغ بریده و با سنبا ده کنار آن را صاف کرده‌اید یا یک ورقه پلی استرن و یا Melinex یا سلوفان که بصورت استوانه در آورده و با نوار لاستیکی مانع باز شدن آن شده‌ایم استفاده و طبق شکل ۶/۶ از چوب پنبه‌های دو طرف سیم مسی عبور داده و یک توپ پینگ پونگ که روی آن رنگ آلومینیم زده شده در فاصله ۱۰ سانتیمتر بین سیم‌ها قرار دهید. دو سیم را بدوسر دستگاه به بندید و دستگاه را بکار اندازید. توپ با سرعت زیادی شروع بچرخیدن میکند، بطوریکه محو دیده میشود. گاهی هم از یک طرف رانده شده بطرف دیگر میرود و جهت چرخش آن عوض میشود. اگر روی توپ را با نوارهای رنگی بپوشانیم آزمایش قرقره رنگی را میتوان تکرار نمود. میدانی با قرص نیوتون نیز میتوان ترکیب رنگهای قوس و قزح را نشان داد که سفید میشود.

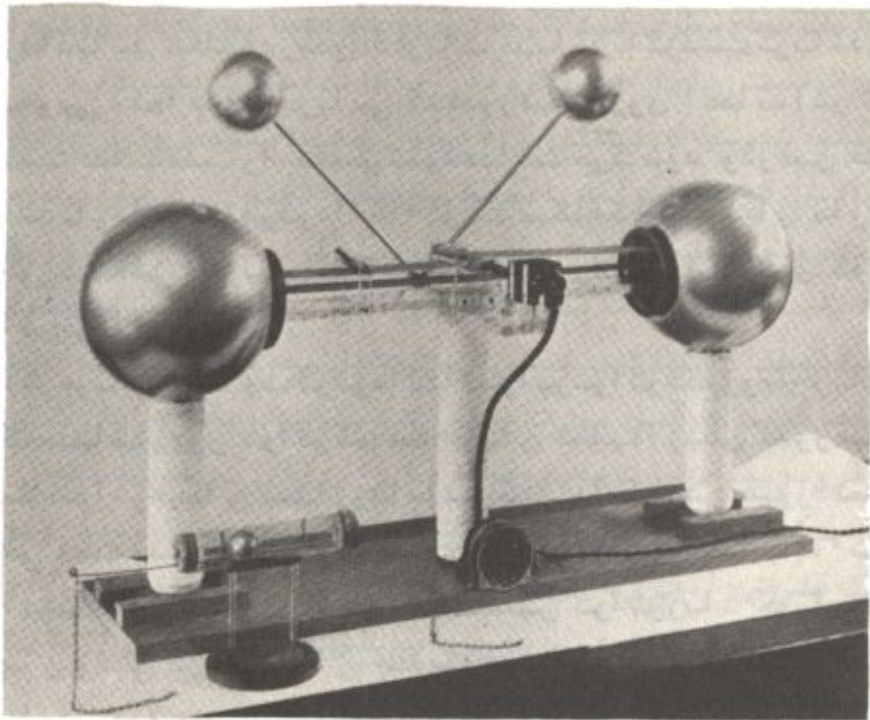


شکل ۶/۶ آزمایش توپ چرخنده

ن - یک لامپ فلورسان که ۹۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر طول دارد (از لامپ سوخته میتوان استفاده کرد) در امتداد گلوله‌های تخلیه قرار دهید کم‌روشن میشود و البته نور آن کم است. اگر یک طرف لامپ را در دست گرفته و طرف دیگر را نزدیک یکی از گلوله‌ها بپرید اگر در امتداد شعاع گلوله با شد روشن میشود و اگر عمود بر آن با شد روشن نمیشود. پس معلوم میشود پتانسیل در امتداد شعاع گلوله کم میگردد و سطوح هم پتانسیل عمود بر شعاع است، یعنی کروی میباشند.

از حرکت الکترون همانطور که میدانیم جریان برق تولید میشود و الکتریسیته ساکن نیز در اثر انتقال الکترون پیدا میشود. در ماشین وان دوگراف ما با پدیده انتقال الکترون سروکار داریم.

با اطلاعاتی که از ماشین وان دوگراف دارید با استفاده از یک میلی آمپر سنج وساعت میتوان ثابت کرد که پدیده‌های الکتریسیته ساکن و جریان برق مشابه‌همند، فرق آنها اینست که در الکتریسیته ساکن ولتاژ بالاست. امیدواریم با ساختن دستگاه اضافه برای اینک هیسه وسیله مفید آزمایشگاهی ساخته‌اید، سرگرمی خوبی پیدا کرده و آزمایشهای جالبی انجام دهید.



عکس ۵ - مولّد ولتاژ زیاد و نوع بار  
در جللوله محتوی توپ پینگ پنگ با روکش فلزی چرخنده

گاهگاهی نمایشی با ماشین های ویمجورست ، قرقره القاء یا ماشین وان دوگراف ترتیب میدهند و علاقه ای که تماشاچیان در مشاهده آزمایش های نمایش فوق نشان میدهند، باعث تعجب است. جرقه و صدای آن که شبیه رعد و برق آسمان است برای آنها جالب است. شاید علت توجه آنها احساس خطری باشد که ناخودآگاه از مشاهده جرقه دارند و همین برایشان جالب است. خطرکاملاً "وجود دارد که در اثر ولتاژ زیاد نیست بلکه اگر شدت جریان زیاد باشد تخلیه در بدن خطرناک می باشد. اگر دست تر باشد و هدایت در بدن بخوبی انجام شود جریانی که عبور میکند روی اعصاب اثر گذاشته و ممکن است عضلات قلب را منقبض نموده باعث مرگ شود و درعین حالت نیز کم باشد. آزمایش با قرقره القاء ثابت میکند که جریانی با ولتاژ زیاد در صورتیکه شدت جریان کم باشد خطری ندارد و عامل دیگری که مؤثر است تواتر جریانی می باشد.

تواتر جریانی متناسب با قرقره القاء برابر تواتر قطع و وصل جریانی اولیه است که کم می باشد و چون تواتر کم است جریانی تخلیه از بدن عبور میکند. در قرقره تسلا تواتر جریانی بسیار زیاد است که از داخل بدن عبور نمی کند بلکه سطحی است و باعث انقباض عضلات نمیشود و روی اعصاب تأثیر ندارد. اهمیت دستگاه قرقره تسلا بعلمت همین تواتر زیاد جریانی است. بدن انسان وقتی تواتر جریانی چندمگا هرتز باشد مثل خازن عمل میکند و جریانی از داخل آن عبور نمی کند. بهمین مناسبت خیلی افراد علاقه مندند قرقره تسلا بسازند و بدون اینکه احساس خطری کنند با آن آزمایش های انجام دهند.

قبل از سالهای ۱۸۸۷ نیکلا تسلا در آمریکا موتورهای القائی طرح میکرد و میساخت. او قرقره ای ساخت که بنام خودش معروف شد که حدود ۳ ملیون ولت برق تولید میکند که ممکن است امروز قدیمی تلقی میشود. این دستگاه از لحاظ تاریخی اهمیت زیادی دارد و Cockroft and Walton در کامبریج انگلستان و Sloan and Lawrence در آمریکا مدارهای طرح و در تحقیقات هسته ای مورد استفاده قرار دادند. قرقره تسلا در حقیقت یک ترانسفرما تور با هسته هوا است که در ثانویه آن ولتاژ زیاد



با تو اتر بسیا رزیا دتهیه میشود .

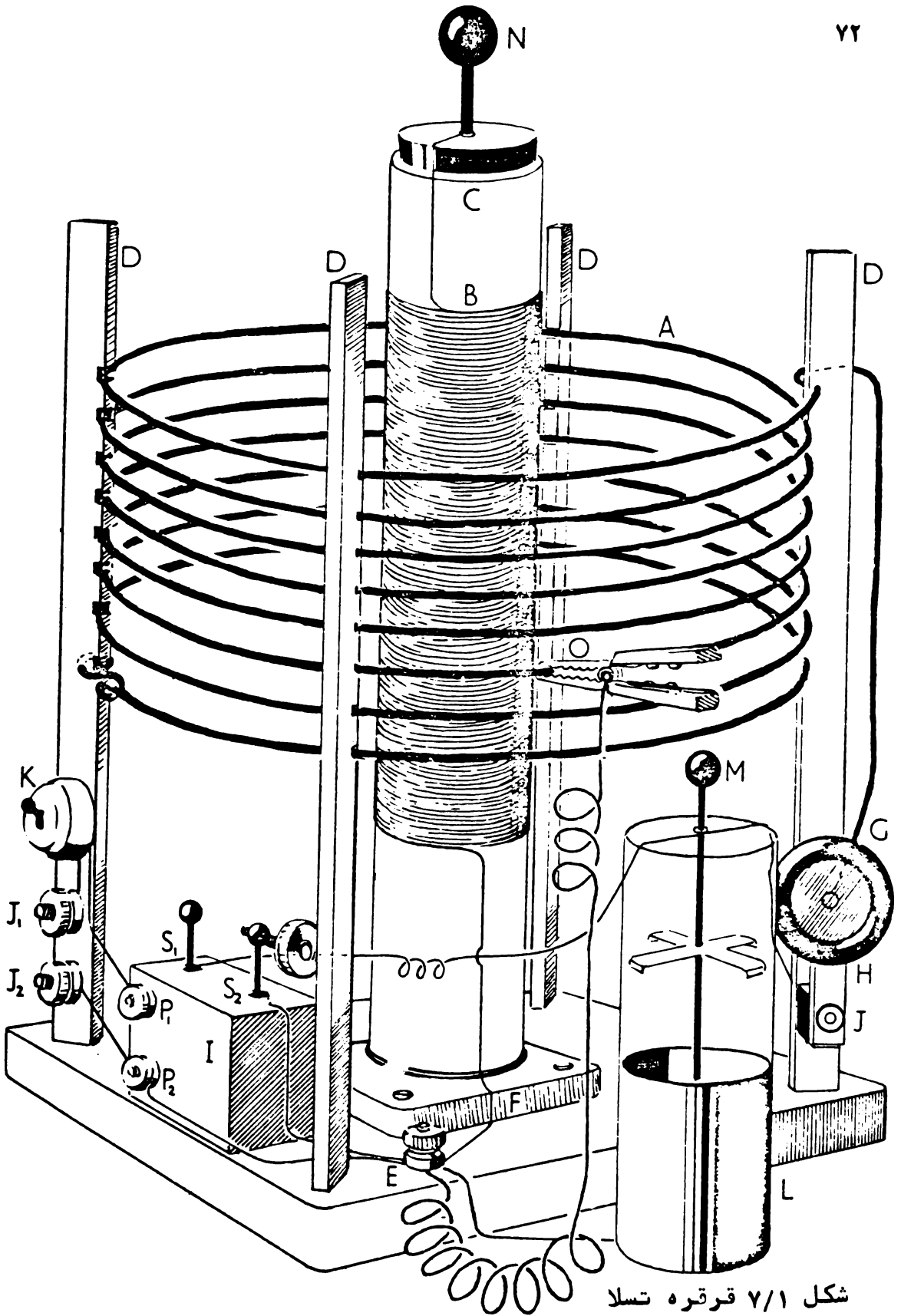
دستگا هی که در اینجا دستور ساختن آن داده شده است کوچک وبا بطری لید ویک قرقره خودا لقا که خودما ساخته ایم مناسب وجور درمیآید . هرچه ظرفیت بطری لید و خودا لقا قرقره بیشتر باشد ولتا زخروجی قرقره تسلا بیشتر خواهد بود . اگر حجم بطری لید نیم لیترا باشد خوبست .

ابعاد دستگا ه ممکن است بزرگتر یا کوچکتر از دستگا هی که موء لف ساخته است باشد . نتایج آزما یشها با دستگا ه ساخت موء لف رضایت بخش است . ممکن است بجای بطری لید از خازن مسطح یا عایق کاغذ روغن اندود - ضخیم که ظرفیتش حدود ۴ میکرو فاراد باشد استفاده کنید .

استوانه وسط C در شکل ۷/۱ بطول ۴۰ سانتیمتر و قطر ۶/۵ سانتیمتر از شیشه است که ته استوانه را بوسط یک بدنه تخته ای E بشکل مربع با بعد ۳۰ سانتیمتر و ضخامت ۲/۵ سانتیمتر محکم کرد . برای اتصال زیک مکعب چوبی F با بعد ۱۲/۵ سانتیمتر که سوراخی بقطر ۶/۵ سانتیمتر در آن درست کرده اید استفاده نماید . ممکن است نتوانید استوانه شیشه ای با بعد بالا پیدا کنید . در این صورت میتوانید یک لوله مقوای نازک گرفته خوب در لاک فرو برید و حرارت دهید و قرقره B را روی آن به پیچید . بعضی مایعات مثل سفید کننده ها را در ظروف پلاستیک خیلی بلند میفروشند و چون جنس پلاستیک پلی تن است و عایق خوبی است از آن استفاده و قرقره را روی آن به پیچید . بطری های محتوی مایون مایع پلن تن نیز برای آزما یشهای الکتروستاتیک خوبست .

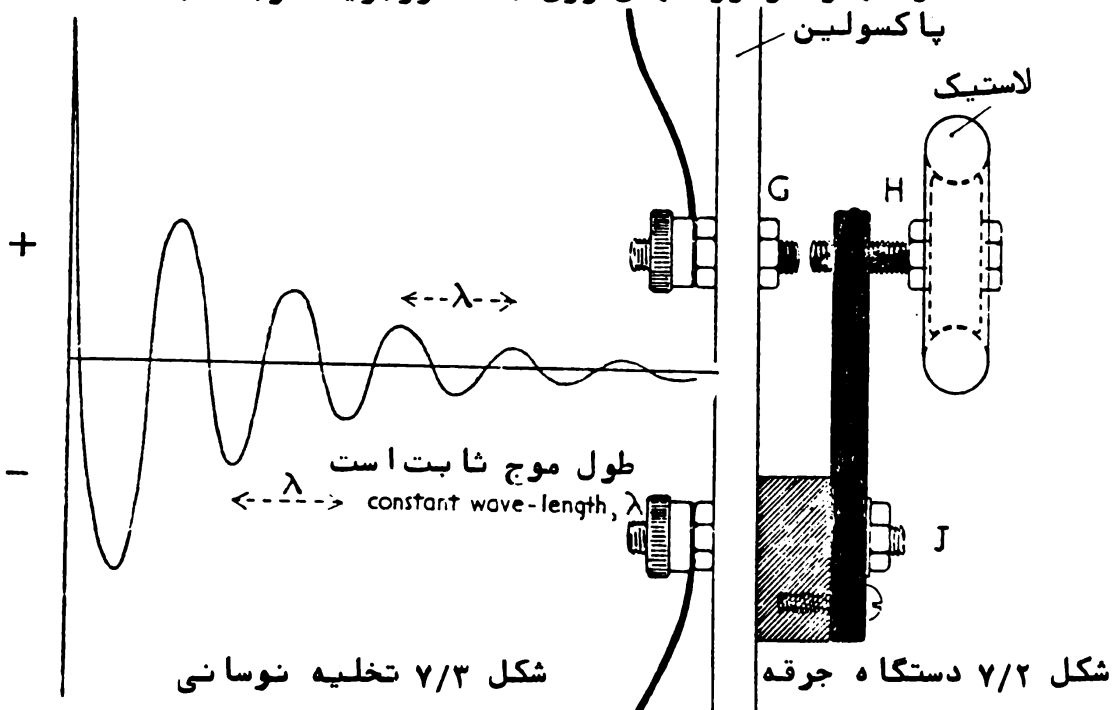
سیم پیچ B حدود ۴۰۰ دور در یک لایه از سیم مسی شماره ۲۴ لاک (۰/۵mm) درست کنید . و آن قسمت مرکزی دستگا ه بطول ۳۰ سانتیمتر را تشکیل میدهد . سربالای سیم را به گلوله ای N بقطر ۴ سانتیمتر برنجی وصل کنید . گلوله برنجی روی پایه ای بالای چوب پنبه لاستیکی نصب شده و آن نیز بالای استوانه قرار گرفته است . سیم پیچ B در وسط دستگا ه ها نوید دستگا ه است که تو اتر زیاد با ولتا ژ بالا در آن القاء میشود . گلوله بالای آن برای تخلیه بکار میرود .

همانطور که از شکل پیدا است . سیم پیچ اولیه بر باید بخوبی عایق کاری شده باشد و از چند دور سیم با فاصله زیاد تشکیل شده است و آنرا طبق دستور زیر بسازید :



شکل ۷/۱ قوتروه تسلا

چهار نوار پاکسولین بطول ۳۰ سانتیمتر بعرض ۲/۵ سانتیمتر و ضخامت ۰/۶ سانتیمتر تهیه کنید (در شکل ۷/۱) . هشت نقطه با فاصله ۲ سانتیمتر از یکدیگر در یک طرف نوار علامت بگذارید . دو عدد تیغه آره روی هم بگذارید و روی هر کدام از این نقاط شکاف عمیقی درست کنید . در این شکافها باید بتوانید یک سیم مسی لخت شماره ۱۲ (قطر ۲ میلیمتر) جا بدهید اگر نوار پاکسولین پیدا نکردید میتوانید از پرسیکس یا آلکاتن استفاده کنید . آلکاتن کمی نرم است . میتوانید از میله های پلی تن بقطر ۲ سانتیمتر استفاده کنید و آنها را در سوراخهای روی بدنه فرو برید . در بدنه با استفاده

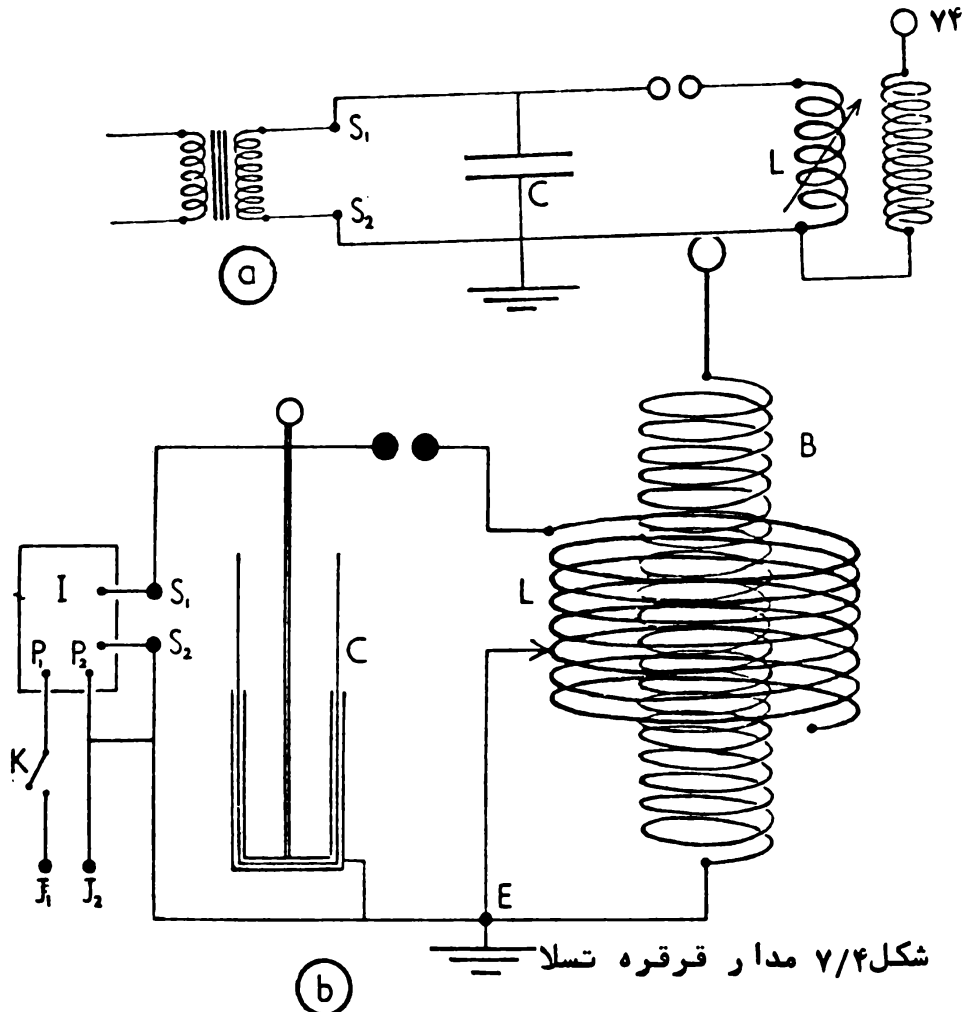


شکل ۷/۳ تخلیه نوسانی

شکل ۷/۲ دستگاه جرعه

از اسکنه یا مته تا نصف ضخامت بدنه در گوشه ها سوراخ یا شکاف ایجاد کنید تا بتوانید ۴ میله یا نوار را در آن با چسب محکم کرد . با استفاده از سیم مس کلفت روی این چهار نوار یا میله عایق سیم پیچ 4 را به بندید . سیم کلفت مسی فراوان یافت میشود .

در قسمت پائین دو عایق قائم کلید قطع و وصل  $K$  و پیچ و مهره های اتصال  $J_1$  و  $J_2$  و پیچ  $H$  و پیچ  $G$  را نصب کنید بین  $G$  و  $H$  جرعه ایجاد میشود و فاصله آن قابل تنظیم است . در شکل ۷/۲ جداگانه ساختمان فاصله جرعه  $G-H$  نشان داده شده است . دکمه تنظیم پیچ قطع و وصل با یداز جنس عایق خوب باشد . روی دکمه را با یک حلقه لاستیک ضخیم بپوشانید تا برق با نگشتن



شکل ۷/۴ مدار قرقره تسلا

(b)

نرسد. پیچ  $H$  را در داخل یک مهره روی یک نوار ضخیم برنجی سفت می‌توانید به پیچید. طرف دیگر نوار روی یک مکعب عایق که با پیچ اتصال  $T$  محکم شده قرار دارد. طرف بالای سیم کلفت سیم پیچ  $A$  را دور از حلقه‌های بالای سیم پیچ برده به مهره  $G$  وصل کنید. فاصله بین پیچ  $G$  و پیچ  $H$  فاصله جرقه و قابل تنظیم است که فاصله باید حدود یک تا ۲ میلی‌متر است.

قرقره القاء اولیه را در یک جعبه مکعب مستطیل  $I$  قرار داده و آن را روی بدنه محکم کنید. دوسرا اتصال آن که  $P_1$  و  $P_2$  است توسط کلید  $K$  به دوسرا اتصال  $J_1$  و  $J_2$  وصل کنید و به برق ۶ ولت مستقیم به بندید. خود قرقره القاء دارای فاصله جرقه ثانویه  $S_1 S_2$  میباشد که فاصله آن خیلی بیشتر از فاصله  $G-H$  است پس بین  $S_1 S_2$  جرقه نمی‌زنند.

$S_1$  اتصال فعال قرقره القاء  $I$  است و به پیچ تنظیم  $H$  وصل است و از آنجا بسطح داخلی  $M$  بطری لید  $L$  متصل میشود.  $S_2$  به اتصال  $E$  زمین

روی بدنه وصل میشود. سرپا ئین سیم پیچ ثانویه  $B$  بهمان نقطه وصل میشود پوشش فار جی بطری لید و نقطه  $O$  روی سیم پیچ  $A$  نیز بهمان نقطه متصل شده است .

توسط یک گیره نقطه  $O$  را میتوان تغییر داد و دستگا ه را هم آهنگ کرد. نقطه  $O$  بزمین وصل شده است با وجود این به دو دسته گیره دو تکه فیبر قرمز چسبانیده اند که وقتی با دست بگیرد خطری نداشته باشد .

طرز کار دستگا ه با این نحو است که قرقره القاء  $I$  ولتاژ زیاد تولید و خازن  $L$  را پر میکند و  $L$  جریانی در قسمتی از سیم  $A$  عبور داده در فاصله  $G-H$  جرقه میزند که به نقطه  $O$  میرود. هر بار که جرقه میزند یک جریان با تواتر زیاد میگذرد که از سیم پیچ  $A$  که اولیه قرقره تسلا است عبور کرده در ثانویه جریانی القاء میکند .

با یاد خاطر نشان کرد که نوسانات جریان سیم پیچ  $A$  برابر با تواتر قطع و وصل  $L$  نیست. زیرا ویبراتور دارای تواتر زیاد نبوده نوسانات جریان بستگی به خود القاء سیم پیچ  $A$  و ظرفیت خازن بطری لید  $L$  دارد و جرقه در فاصله  $G H$  میزند .

در سیم پیچ  $B$  ثانویه نوسانات با تواتر زیاد القاء شده و ولتاژ آن متناسب با تعداد دور  $B$  به تعداد دور  $A$  زیاد میشود. برای اینکه القاء بخوبی انجام شود باید مدار  $B$  با نوسانات مدار  $A$  در حال تشدید باشد بنا بر این باید خود القاء  $A$  را تنظیم نمود که با تغییر مکان گیره نقطه  $O$  روی حلقه های  $A$  تنظیم میشود .

یک تکه فلز در دست بگیرد که بین آن و گلوله  $N$  جرقه میزند و وقتی مدار در حال تشدید باشد جرقه خیلی طولانی ترمی باشد. ابتدا حلقه مناسب و سپس بهترین نقطه روی آن حلقه را پیدا کنید. این نحوه هم آهنگ کردن مدارها شبیه هم آهنگی مدار آنتن را دیو با دستگا ه فرستنده است. دستگا ه را در اطاق تاریک بکار اندازید. نور تخلیه را در بعضی نقاط مشاهده میکنید که با ید عایق بندی شوند. فرق بین نور تخلیه و جرقه را در جاروب بسادگی میتوان دید نشان دهید .

با ید دقت کرد تخلیه قرقره تسلا با تخلیه قرقره القاء تفاوت کلی دارد و هم چنین با جرقه ماشین وان دوگراف و ماشین ویمچورست فرق دارد .

ماشین ویمچورست را اغلب بدوسریطری لیدوصل میکنندکه پتانسیل زیادمیشودوپتانسیل یکطرف منفی وپتانسیل طرف دیگرمثبت میباشد . باوجودیکهبرقمثبت ومنفی جداست ولیجرقه متناوب میباشد (شکل ۷/۳) . درقرقره القاء تخلیه بین دوگلوله شبیه ماشین ویمچورست ولی مقدارآن خیلیتغییرمیکند . وقتی درویبراتور جریان قطع میشودجریان القائی در ثانویه خیلی شدیدترازوقتی است کهویبراتورجریان راوصل میکنند . تخلیه درماشین وان دوگراف شبیه تخلیه درماشین ویمچورست است بشرطی کهخازن ها قطع باشند .

جریان درقرقره القاء باتواترزیادوتغییراتدائما "تکرار میشود (شکل ۷/۳) ، قطبها متناوبا "مثبت ومنفی میشوندوتواترآن زیاداست که از شکل ظاهری جرقره میتوان فهمید . جرقره درامتداد شاخه های بیشماری ایجادمیشود ، درصورتیکه درماشین ویمچورست جرقره درامتداد یک خط در هوای یونی شده منتشرمیشود . تواتر جریانی متناوب قرقره تسلا بظرفیت بطری لید C و خودالقاء قسمتی ازسیم پیچ که درمداراست L بستگی دارد (شکل ۷/۴) . هرچه C ظرفیت خازن کمتر باشد تواتر f بیشتر است ، رابطه

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

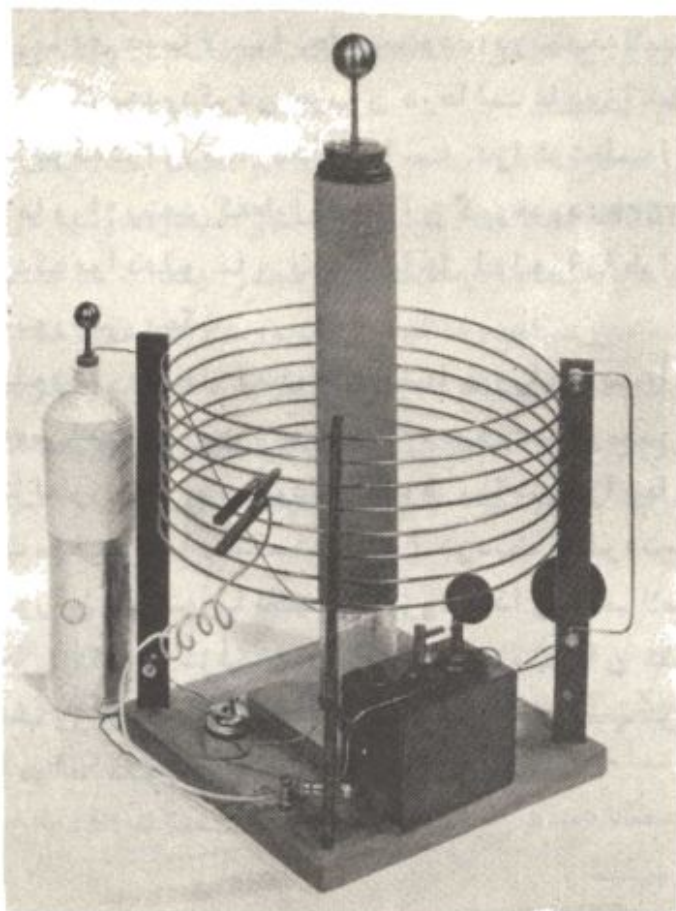
آن چنین است

L برحسب هانری و C برحسب فاراد وتواتر برحسب هرتز است . دستگاه ممکن است روی رادیویا تلویزیون های مجاور اثر بگذارد که البته این تداخل غیرقانونی است و باید مواظب بود . توصیه ما این است که روی دستگاه سیم اضافی نصب نکنید که در آن صورت مثل آنتن نرژی را در فضا پخش میکند .

اگر یک چراغ نئون نزدیک گلوله قرقره تسلا بگیرید روشن میشود که البته نور آن کم است ، تمام لوله های تخلیه با این ترتیب روشن میشوند . با قرقره تسلا میتوان لوله های ژسله را روشن کرد . این لوله ها را بشدت تخلیه کرده اند و اگر دوسر آنها را به ولت زیاد وصل کنید ، جدا ر شیشه و مواد فلورسان داخل آنها با رنگهای جالبی روشن میشود . چون ممکن است لوله های ژسله در دسترس نباشد از لامپ مهتابی استفاده کنید . لامپ های سوخته بطول یک متر تا ۱/۵ متر فراوان است ، باید خاطر نشان کرد که اگر لامپ شکسته شود باید مواظب ت کرد زیرا که مواد سفید داخل آن بشدت سمی است

طرز کار این لامپ‌ها بطور صحیح در کمترکتابی نوشته شده در اینجاست بی‌مناسبت نیست ذکر بی‌میان آوریم: فشار گاز داخل لامپ خیلی کم است در دو طرف لامپ دورشته قرار داده‌اند. در شروع کار رشته‌ها جریان عبور میکنند که گرم شده و مقدار کمی جیوه که داخل لوله است بخار میشود و یونی شده جریان را هدایت مینماید. در اینجا جریان رشته‌ها بطور خودکار توسط استارتر قطع شده و در اثر وجود خودالقاء بنا مچک که بطور زنجیره‌ای در مدار قرار دارد ولتاژ زیادی دوسر لامپ ایجاد میشود. در نتیجه لامپ به کار می‌افتد. عمل دیگر چک محدود کردن جریان در حالت عادی است. لامپ مهتابی خیلی با صرفه‌تر از لامپ رشته‌ای است. در اثر تخلیه الکتریکی در داخل لامپ نور ماوراء بنفش که طول موج آن کم و حدود ۲۵۳۷ انگستروم است تولید میشود که مواد فلورسان پوشش داخل لوله را با طول موج بیشتر که نور مرئی است نورانی میکند.

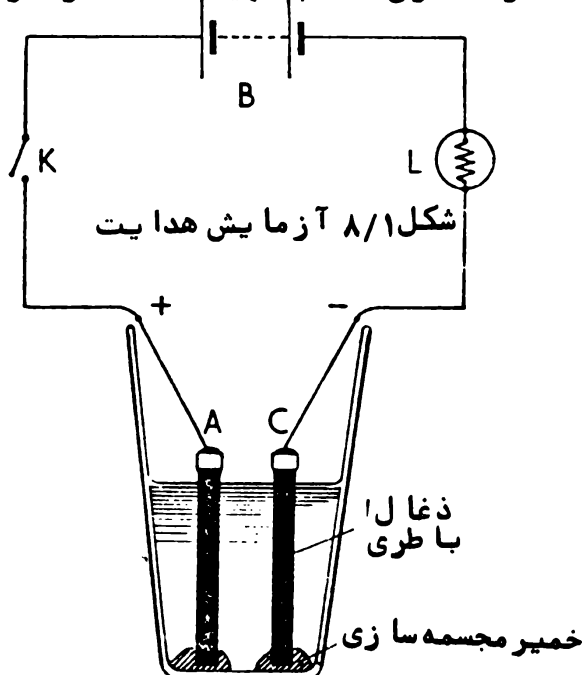
روی مواد فلورسان داخل لامپ‌ها مطالعات زیادی شده است مثلاً "تنگستات کلسیم و سیلیکات روی و بورات کادمیوم بکار می‌برند منیزیم نیز بعنوان کاتالیزر مصرف میشود که مخلوط مناسبی از آنها نور سفید میدهد. یک لامپ سوخته (نباید شکسته باشد) نزدیک قرقره تسلا بیاورید روشن میشود که نور آن البته زیاد نیست. لزومی ندارد قطب لامپ مجاور قرقره باشد هر جای لامپ را نزدیک قرقره بگیرید بین آن نقطه و محلی که در دست دارید لامپ روشن میشود. گاز با فشار کم داخل لامپ نور میدهد که پس از برخورد با مواد فلورسان آنها را نورانی میکند.



عکس ۶ فرقره تسلا  
تنظیم جرقه سمت راست پشت حامل قاشم قرار دارد. ۷۸



بیشتر قسمت‌های فلزی اتومبیل و سایر وسایل در خانه و اداره را آبکاری کرده و روی آنرا صیقل داده و براق کرده اند. اضافه بر اینکه سطوح آبکاری شده زیبا میباشند، آبکاری مانع اکسید شدن و زنگ زدن فلز است و ارزش قیمت میشود. از تجزیه الکتریکی استفاده و حل‌بندی های قوطی کنسرو را آب قلع میدهند. بوسیله تجزیه الکتریکی خیلی از مواد شیمیائی را تهیه میکنند، یا مس و فلزات دیگر را تخلیص و قسمت‌های از قطعات ماشین که خورده شده دوباره ترمیم و از صفحات گرامافون قالب تهیه میکنند و موارد استعمال بسیار دیگر نیز دارد.



در اینجا چند آزمایش ساده درباره تجزیه الکتریکی ذکر میشود. به دو علت این آزمایشها را مستقیماً "توسط مبتدیان توصیه نمی‌کنیم؛ اول اینکه مواد شیمیائی مصرف شده سمی بوده و تهیه آن مشکل است. دوم اینکه نمک‌های محلول‌ها بیشتر از فلزات گرانبها و قیمتی میباشد. گوا اینکه با نمک‌های ارزان ترمثل نمک‌های مس و نیکل و کرم میتوان آزمایش کرد و آبکاری نمود و با این صنعت مهم‌آشنائی پیدا کرد. البته باید شرایط ایمنی را رعایت کرد.

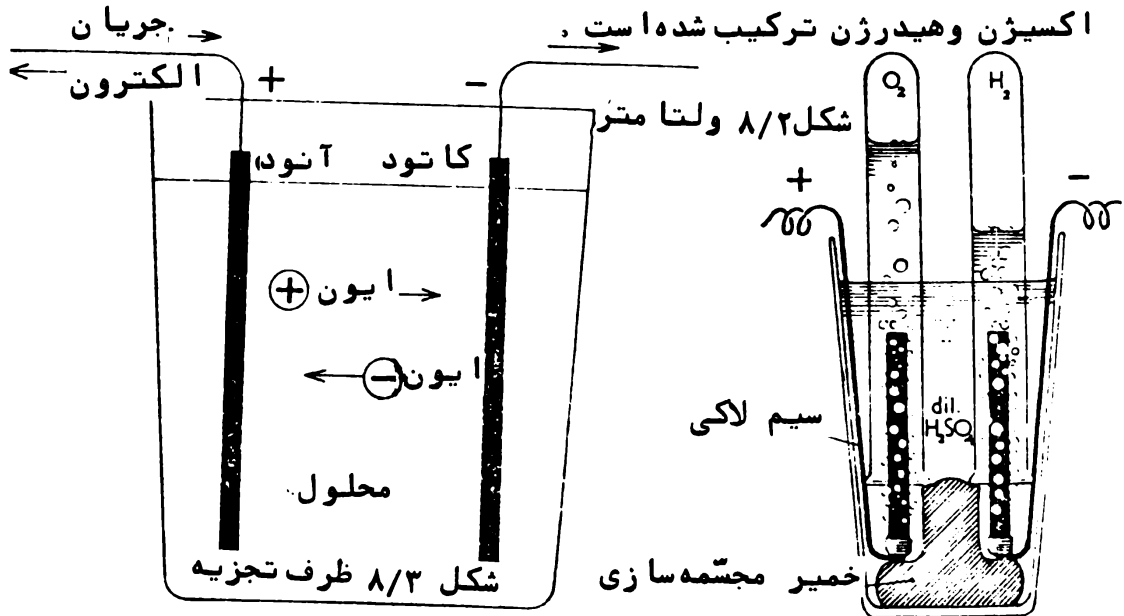
ابتدا عبور جریان برق را در آب بررسی میکنید و بعد ضمن آزمایشها ساده مفهوم تجزیه الکتریکی را سعی میکنیم توجیه نمائیم.

چند میله ذغالی از باطری خشک مصرف شده در بیا ورید بطوریکه اتصال بالای ذغال سالم بماند. می توانید با اسکنه یا اهره پوشش باطری را پاره کرده و ذغال را سالم بیرون آورید. ممکن است دستهای شما کثیف شود که بزحمتش میارزد. با ضافه می توانید ساختمان داخلی باطری خشک را مطالعه و بررسی نمایید. پس از پوشش خارجی که از جنس روی است یک زنگ سفید مشاهده می کنید که کلرید روی است و از ترکیب روی با نوشادر حاصل شده است در ماده سیاه بی اکسید منگنز وجود دارد که برای جلوگیری از قطبی شدن بکار می رود. میله ذغال را با سنباده خوب پاک کنید و به اتصال بالای آن سیمی لحیم کنید.

مقداری آب مقطر که برای باطری اتومبیل مصرف می شود تهیه و در لیوانی بریزید و دو میله ذغال در آن قرار دهید. فاصله آنها سه سانتیمتر یا کمتر باشد. آنها را با خمیر مجسمه سازی در داخل لیوان ثابت کنید. طبق شکل ۸/۱ دو میله را بطور زنجیره ای با مولد ۱۲ ولت مستقیم و یک لامپ ۱۲ لامپی و کلید بهم به بندید و اگر آمپرسنجی در اختیار دارید در مدار قرار دهید. وقتی مدار را وصل کنید لامپ روشن نمی شود. معلوم می شود آب مقطر رسانا نیست. اگر کمی اسید باطری در آب بریزید چراغ روشن می شود معلوم می گردد که جریان عبور می کند. بجای اسید ممکن است مقداری نمک طعام، سود یا سولفات سدیم بریزید که با زهم لامپ روشن می شود. پس آب اسیدی محلول نمک یا سود رسانا است. بعداً "خواهیم دید که ایونهای آزاد اکسیژن یا هیدروژن باردار جریان برق را داخل محلول هدایت می کنند. فارادی پدیده تجزیه الکتریکی را مورد بررسی دقیق قرار داده و اصطلاحاتی که امروزه بکار می بریم همانها هستند که فارادی وضع کرد و قوانین تجزیه الکتریکی را بدست آورد. دستگاه بالا را (شکل ۸/۲) ولت آمتر و دو میله ذغال را قطب و آنکه بقطب مثبت وصل شده آنود و آنکه به قطب منفی وصل می شود کاتود نامید. در شکل ۸/۳ جهت جریان را در خلاف جهت الکترون ها در نظر گرفته ایم.

وقتی از محلول جریان عبور می کند و لامپ روشن می شود، اطراف دو میله ذغال حبابهائی مشاهده می کنید، در کاتود گاز هیدروژن و در آنود اکسیژن آزاد می شود که از تجزیه آب حاصل می گردد.

دستگاه را میتوان طوری بسازید که گازها را جمع آوری کنید. روی سیم مس و اتصال بالای میله ذغال را با لاک عایق کنید. میله ها را معکوس به طرف بالا قرار دهید (شکل ۸/۲). محلول آب و اسید در آن بریزید (سرکه خوبست) و دولوله آزمایش پراز آب نموده و ارونه روی میله ها قرار دهید. در اثر تجزیه شیمیائی گازهای حاصله در لوله آزمایش جمع میشود. حجم هیدرژن که در کاتود جمع میشود دو برابر حجم اکسیژن است که در آنود وجود دارد. با آزمایشهای شیمیائی میتوان فهمید جنس گازها هیدرژن و اکسیژن است، چوب نیم فروخته در اکسیژن شعله ور و هیدرژن در مجاورت شعله میسوزد. هیدرژن و اکسیژن را مخلوط نکنید و آتش نزنید که منفجر میشود و خطرناک است. وقتی هیدرژن با اکسیژن هوا ترکیب شود کمی بخار آب حاصل میشود که مایع میشود و روی لوله مینشیند، معلوم میشود آب از اکسیژن و هیدرژن ترکیب شده است.



(مترجم - میتوانید بجای میله های ذغال داخل باطری خشک، زنونار استیل ضد زنگ استفاده کنید. سیم های حامل جریان به داخل لامپ روشنائی نیز خوبست و میتوانید سرپیچ لامپ شکسته که دارای دوسیم است بکار ببرید) اگر بجای جریان مستقیم از جریان متناوب استفاده کنید، مثلاً "از یک ترانسفرما تور استفاده و جریان برق شهر را به ۱۲ ولت تبدیل کنید و مدار سابق را بکار اندازید. در اینجا چون جهت جریان عوض میشود در هر کدام از قطب ها هیدرژن و اکسیژن آزاد میشود که دوباره با هم ترکیب میشود و گاز متصاعد نمیشود، ولی لامپ روشن است. یکی از روشهای تشخیص جریان مستقیم یا متناوب همین است. اگر ترانسفرما تور نداشتید می توانید

مستقیماً از برق شهر استفاده و بجای لامپ ۱۲ ولتی یک لامپ معمولی ۶۰ شم بکار برید، البته در اینجا رعایت نکات ایمنی لازم تر است و باید تحت نظارت بزرگتران کار کنید.

بعد از آزمایش بالا آزمایش زیر را که تجزیه نمک فلزات است انجام

دهید:

میدانید که وقتی فلزی را در اسید حل کنیم نمک آن فلز بدست می آید که ممکن است در آب حل شود، وقتی محلول را بوسیله جریان برق تجزیه کنید فلز خالص روی قطب منفی رسوب میکند. اگر مخلوط مناسب نمک بکار بریم آلیاژی مثل برنج نیز میتوان رسوب داد. این عمل را آبکاری با برق نامند. روی اجسام هادی که قطب منفی را تشکیل میدهند یک ورقه فلز رسوب میدهند که قطب مثبت با یداز جنس فلز نمک محلول باشد. طبق شکل ۸/۴ اگر دو طرف جسم دو قطب مثبت قرار گیرد آبکاری یکنواخت تر میشود. برای اینکه آبکاری با موفقیت انجام شود رعایت نکات زیر لازم است:

۱- برق باید مستقیم باشد، از باطری سربی یا باطری خشک معمولاً امروزه استفاده میشود. از شارژر باطری برای پرکردن باطری میتوان استفاده کرد.

۲- شدت جریان باید کم باشد تا رسوب فلز یکنواخت بوده و خوب روی جسم بچسبد. یک آمپرسنج در مدار شدت جریان را نشان میدهد برای تنظیم شدت جریان از مقاومت متغیر (رئوستا) استفاده کنید. یک ولت متر اگر بدو سر قطبها به بندید مفید است.

۳- جسم را باید کاملاً تمیز کرد و مخصوصاً "باید زنگ نداشته و چربی روی آن نباشد. پس از پاک کردن جسم با دست نزنید.

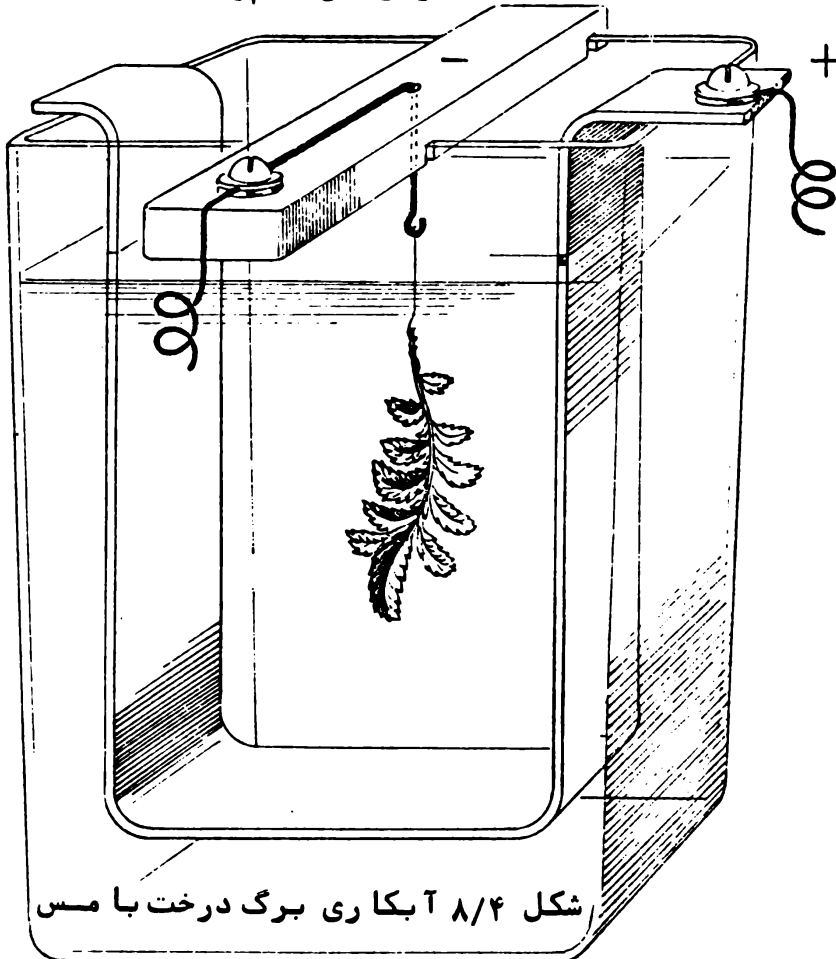
۴- باید دقت مواد شیمیایی محلول را اندازه گرفت و ترکیب کرد.

۵- درجه حرارت محلول باید بسته به جنس محلول ثابت بماند.

همانطور که گفته شد فرمولهای خاصی برای آبکاری بکار میرود.

صنعتگران در طی سالهای دراز فرمولهای پیدا کرده اند که توضیح دقیق آن همیشه ساده نیست. امروزه در این صنعت دقت زیادی اعمال و تنظیم عوامل مختلف کنترل میشود.

اجسامی را که می‌خواهید آبکاری کنید معمولاً "فلزی و رسانا هستند و یکنواخت می‌باشند. قبلاً" باید با سنباده و سوهان جسم را آماده کرد. اگر



شکل ۸/۴ آبکاری برگ درخت با مس

جسم دارای سطح صاف نباشد وقتی آبکاری کنیم بیشتر نا صاف می‌شود. باید قبل و بعد از آبکاری جسم را صیقل داد. برای پاک کردن چربی از سود یا آمونیاک استفاده کنید.

آهن و فولاد را با اسید سولفوریک رقیق به نسبت یک به ۷۵ شستشو دهید و مس و برنج را با اسید نیتریک رقیق به نسبت یک به ۱۰ آب پاک کنید. نکته مهم که باید رعایت کنید اینست که اسید سولفوریک را کم کم به آب اضافه کنید و بهم بزنی تا حرارت حاصل پخش شود و هیچوقت آب به اسید اضافه نکنید که بخار می‌شود و ممکن است اسید با طرف پاشیده شود.

شاید تا بحال یک تیغه آهن مثلاً "چاقو را در محلول سولفات مس فرو برده باشید و دیده‌اید که بجای مس آهن در سولفات مس جا نشین شده است. مس آزاد و روی تیغه آزاد می‌شود که بقدری نازک است که فقط رنگ تیغه

تغییر کرده و کا ملا" روی تیغه پوشیده نشده است .

ابتدا یک پیچ یا میخ آهنی را آب مس دهید. یک ظرف پلاستیک مکعب مستطیل پیدا کنید، از ظرف شیشه‌ی بزرگ نیز ممکن است استفاده کرد. یک نوار مس پاک در ظرف قرار دهید و ممکن است تیکه‌های لوله مس را در طول برش دهید و تخت کرده به عنوان آنود بکار ببرید، روی ظرف را با یک ورقه عایق یا چوب پارافین زده بپوشانید. جسمی را که می‌خواهید آبکاری کنید از آن آویزان کنید، در محلول قرار دهید و بقطب منفی وصل نمائید (شکل ۸/۴). اگر نتوانستید جسم را با سنباده پاک کنید آن را در محلول اسید فروبرید تا پاک شود. غلظت محلول تجزیه مهم نیست می‌توانید غلظت را به نسبت زیر تهیه کنید: ۴ قسمت سولفات مس یک قسمت اسید سولفوریک در نیم لیتر آب بریزید، وقتی دوسریک باطری به آن به بندید در چند دقیقه رسوب را می‌توانید به بینید. ولی اگر بخواهید دقیق تر عمل کنید حدود سطح جسم را باید حساب کنید، مثلاً " سطح پیچ مورد نظر ۸ سانتی متر مربع باشد، برای هر دسی متر مربع باید یک آمپر جریان مصرف کرد، پس شدت جریان لازم ۰/۰۸ آمپر باید باشد. اگر باطری ۶ ولت باشد مقاومت مدار باید طبق قانون اهم برابر باشد با ولت بر شدت جریان یعنی

$$\text{ولت} = \frac{\text{مقاومت}}{\text{شدت جریان}} = ۷۵ \text{ پس } \frac{۶}{۰/۰۸} \text{ اهم میشود. مقاومت}$$

داخلی باطری خشک چند اهم و باطری اتومبیل خیلی کم است، پس مقاومت داخلی ظرف تجزیه و مقاومت متغیر باید ۷۵ اهم باشد. اگر آمپرسنجی را در مدار قرار دهید می‌توان بارثوستا جریان را تنظیم کرد. اگر فاصله بین قطبها در داخل ظرف تجزیه را تغییر دهید مقاومت داخلی ظرف تغییر میکند هر چه بهم نزدیکتر باشد مقاومت کمتر است. شدت جریان اگر زیاد باشد درست است که وزن جسم آزاد شده بیشتر است ولی خوب نمی چسبد و بزودی پاک میشود. پس باید عمل آبکاری در مدت زیاد مثلاً "یک شب ادا مه داشته و با اندازه کافی رسوب روی جسم به نشیند.

می‌توانید روی جسم نارسانا مثلاً " برگ درخت آب مس دهید. برگ ممکن است خشک یا تازه باشد، مقداری لاک در الکل حل کنید و برگ را در آن فروبرید و بیرون آورده تکان دهید تا مقدار اضافی بچکد. چند دقیقه

صبر کنید تا خشک شود. تا وقتی هنوز تر است مقداری پودر گرافیت یا گرد آلومینیم یا اکلیل روی آن بپاشید. ممکن است برگ را در ظرفی که پودر دارد فرو برده و تکان دهید.

میتوانید رنگ سیاه گرافیت روی آن بزنید. باید دقت کنید سطح جسم رسانی شده باشد. سطح جسم را با برس پاک کنید. طبق شکل ۸/۴ جسم را با استفاده از سیم نازک مسی آویزان کرده بقطب منعی به بندید. مدار را طبق شکل ۸/۵ بسته و جریان را بارئوستا تنظیم کنید.

چون شدت جریان کم است ممکن است آبکاری چند روز ادامه یابد. اگر ضخامت لایه مس کم باشد. عمل را ادامه داده تا ضخامت لایه زیاد شود. رنگ آب مس قرمز است که در مجاورت هوا تیره میشود و برای اینکه رنگ اصلی تغییر نکند آن را در آب گرم فرو برید و بدون اینکه حرارت دهید خشک نمائید و در محلول استات سلولز در استون یا روغن جلا فرو برید بگذارید خشک شود، رنگ خود را حفظ خواهد کرد. میتوان آن را آب نقره دهید. یک تکه سیم برنجی به پشت آن لحیم کنید که بوسیله آن میتوانید برگ را بهر جا بخواهید آویزان کنید. ممکن است آن را سیقل دهید و مروارید یا سنگ روی آن بچسبانید و آن را تزئین کنید. البته زحمتی که برای آب دادن جسمی میکشید ممکن است زیاد باشد به اطلاعاتی که در این زمینه بدست می‌آورد می‌آورد.

خیلی از لوازم حمام و دست شویی و بعضی قسمتهای اتومبیل را آبکاری میکنند تا زیبا باشند. در پوش ظرفهای کوچک عطرها نیز آبکاری میکنند. آبکاری یک صنعت پیشرفته و وسیعی است و در هر زمینه مواد لازم تهیه شده به فروش میرسد.

تهیه این مواد آسان نیست و چون سمی هستند باید خیلی احتیاط کرد اگر باین صنعت علاقه پیدا کرده‌اید بهتر است کتابهای پیشرفته‌تری را مطالعه و معلومات خود را توسعه دهید.

در زیر فرمولهای نوشته شده که ممکن است تغییراتی داد و آبکاری با رنگهای متفاوت بدست آورد.

شدت جریان برای هر دسی متر مربع	درجه حرارت	محل	فلز
یک تا ۱/۵ آمپر	۱۵	۲۰ گرم سولفات مس ۳۰ سانتی متر مکعب اسید سولفوریک یک لیتر آب	مس
۵/۵ تا یک آمپر	۲۰ تا ۳۰	۱۲۰ گرم سولفات نیکل ۱۵ گرم نوشادر ۱۵ گرم اسید بوریک یک لیتر آب	نیکل
۳/۵ تا ۳۳/۵ آمپر	۱۷ تا ۲۰	۳۸ گرم سیانور نقره و پتاسیم ۲۴ گرم سیانور پتاسیم یک لیتر آب مقطر	نقره سطح جسم باید صیقل داده شود
۵/۵ آمپر	۱۵	اسید کرومیک ۲۵۰ گرم در لیتر سولفات کرومیک ۳ گرم در لیتر آب مقطر یک لیتر	کرم محلول باید گرم و قطب مثبت سرب باشد
۵/۵ آمپر	۱۵	محلول اول سولفات مس ۱۱۲ گرم سیانور پتاسیم ۱۱۲ گرم نمک طعام ۶۰ گرم پتاس ۵ گرم آب ۶۶۰ سانتی متر مکعب	برنج قطب مثبت برنج باشد



محلول دوم

سولفات روی ۳۷ گرم

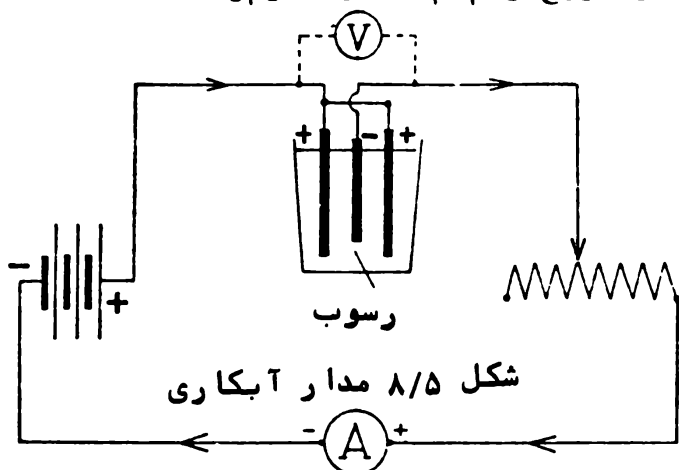
سیانورپتاسیم ۲۵ گرم

نمک طعام ۲۵ گرم

کربنات پتاسیم ۶ گرم

آب ۳۳۰ سانتیمتر مکعب

ابتدا در محلول اول آبکاری را شروع و کم کم محلول دوم را اضافه کنید



شکل ۸/۵ مدار آبکاری

معمولاً "دوستاناران فن الکترونیک مجلات الکترونیک را مطالعه میکنند و دستگا‌ه‌های پیچیده الکترونی می‌سازند. برای مثال دستگا‌ه‌های گیرنده را دیو درست میکنند. در اینجا نمی‌خواهیم جزئیات رادیو یا فرستنده را شرح دهیم، فقط مقدمات این علم را توضیح داده تا معلومات کافی پیدا کنید و بتوانید بعداً " این صنعت را ادامه دهید.

برای مبتدیان یک اطلاعات عمومی از باطری و مقاومت و خازن لازم است و قانون اهم را باید بلد باشد که چنین است :

$$\text{ولت} = \frac{\text{شدت جریان}}{\text{مقاومت}}$$
 . در این فصل دستور ساختن چند واحد داده

شده است . طرز کار آنها را فرا گرفته و تاء شیر هر جزء را در مدار بررسی کنید اجزاء لازم را براحتی می‌توانید بخرید یا از دستگا‌ه‌های کهنه‌ای بردارید. امیدوارم مبتدیان با ساختن این وسائل ساده اصول این علم را فراگیرند که با فرا گرفتن اصول این علم براحتی طرز کار وسائل پیچیده‌تر را یاد بگیرند .

غیر از گیرنده‌های رادیوئی گیرنده‌های موج کوتاه علاقه‌منندان زیادی دارند و بهمین لحاظ خیلی‌ها به الکترونیک روی می‌آورند. وسائل دیگری مثل آنچه با نوربکار می‌افتد از قبیل دزدگیرها و دستگا‌ه‌های محافظت بجه‌ورله‌های راه دور و کنترل مدل‌ها با امواج رادیوئی وجود دارد که جالبند. اگر دیده‌باشید چگونه با امواج مختلف مدل‌ها را در مسیرهای گوناگون در فاصله دور ب حرکت در می‌آورند که خیلی جالب توجه می‌باشد. هواپیما و قایق و تانک و قطار مدل که با بیسیم هدایت میشود می‌توان آنها را بچپ و راست هدایت کرد و سرعت آنها را کم و زیاد کرد و اگر تفنگی روی آن باشد شلیک کرد، چراغهای آنها را میتوان خاموش و روشن کرد یا دود واقعی بیرون داد. در این اسباب بازیهای جالب آنچه مهم است مکانیسم تنظیم حرکت است که با بیسیم انجام میشود و سعی میشود در اینجا آنرا توضیح دهیم.

وسائلی که با اراده ما ب حرکت درآمده اعمالی انجام میدهند جالب‌ترند خود وسائلی که در اینجا توضیح میدهم هدف نیست بلکه از آنها میتوان

استفاده نمود و وسائل پیشرفته‌تر در الکترونیک ساخت .

با بهره‌گیری از اجزاء محدودی مثل تلفون و بلندگو و لامپ که باید خریداری کرد و وسائل زیادی میتوان ساخت و آزمایشهای زیادی میتوان انجام داد. یکی از وسائل لازم هم متر است و سیله دیگر تشخیص سیگنال و دیگر اسیلوسکوپ است که برای کارهای سطوح بالاتر معیاد است. در مراحل اولیه اجزاء را از رادیو اسقاطی جدا کرده جمع‌آوری نمائید، مقاومت‌ها و خازن‌ها را جداگانه مرتب کنید و روی یک مقوا نصب نمائید که هر وقت لازم باشد بسادگی پیدا کنید و از روی رنگها تشخیص داده و جدا نمائید .

در سالهای اخیر از ترازیستور بجای لامپ استفاده شده که جای کمتری میگیرد و احتیاج ببرق ولتاژ کم دارد. امروزه دانش الکترونیک ترازیستور جدا از الکترونیک لامپ تدریس میشود. دستگاهاها ترازیستوری چون کوچک و سبک هستند مزایای دارند. ممکن است شما اهمیتی به حجم دستگاها ندهید و چون کاریا لامپ سودمند است بنا بر این با آن شروع میکنیم. منبع تغذیه مدارهای لامپی - رادیوهای لامپی احتیاج به منبع تغذیه جریان مستقیم با ولت زیاد دارد که قطب مثبت آن را به صفحه وصل میکنند با ضافه جریان ولتاژ کم برای گرم کردن رشته لازم دارد که حدود  $6/3$  ولت است. میتوان مجموعه‌ای ساخت که هم ولتاژ زیاد و هم ولتاژ کم را تاءمین نماید. ولتاژ خروجی را اگر بتوان متغیر ساخت معیاد تراست. یک بدنه تخته‌ای بابعاد  $20 \times 30$  سانتیمتر تهیه کنید. مدارها را میتوان روی بدنه فلزی سوار کرد. زیرا اجزاء عایق و سیم‌ها نیز روپوش عایق دارند، خود بدنه اتصال زمین مدار را تشکیل میدهد. بهتر است منبع تغذیه را روی پایه عایق و محکم سوار کرد که بتواند ترانسفر ما تئور سنگین را تحمل نماید. میتوان پایه را از جنس پاکسولین یا با کلیست انتخاب کرد.

توصیه میشود اجزاء لازم دستگاها را قبل از اینکه پایه را ببرید روی آن سوار کنید. مواد لازم را در زیر آورده‌ایم. میتوانید بجای آنها از نظیر آن استفاده کنید، البته باید مطمئن باشید مواد جدید شما به آنها کار میکند یا

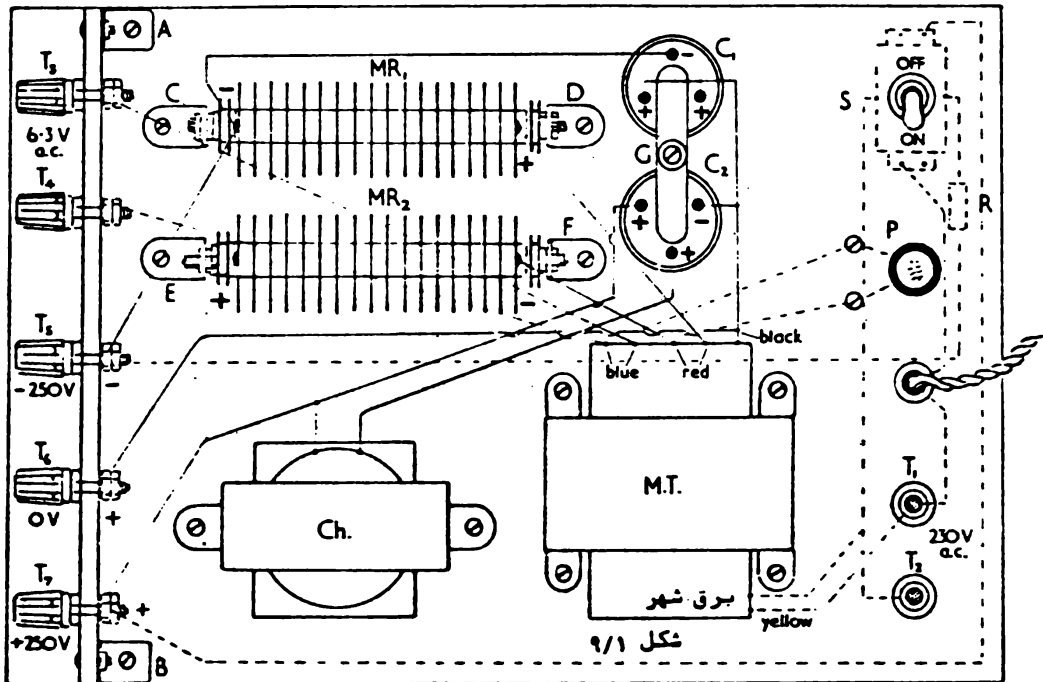
نه؟

- ۱- ترانسفرماتور با اولیه ۲۰۰ تا ۲۵۰ ولت و ثانویه ۲۵۰-۰-۲۵۰ ولت و ۷۵ میلی آمپر و یک ولتاژ ۶/۳ ولت ۲ آمپر.
- ۲- یکسوکننده دو عدد ۲۵۰ ولت ۲۵۰ میلی آمپر.
- ۳- خازن الکترولیت دو عدد ۵۰ میکرو فاراد ۳۵۰ ولت.
- ۴- خودالقاء ۱۰ هانری ۹۰ میلی آمپر ۲۸۵ اهم.
- ۵- کلید دو قطبی دو طرفه.
- ۶- مقاومت ۲ وات ۲۷۰ اهم.
- ۷- لامپ کوچک ۶/۵ ولت و ۰/۳ آمپر.
- ۸- ۷ اتصال عایق دار.
- ۹- نوار اتصال با کلیت ۴x۲۰ سانتیمتر.
- ۱۰- سیم و دوشاخه.
- ۱۱- ۱۴ عدد پیچ و مهره و واشار.
- ۱۲- نوار آلومینیم.

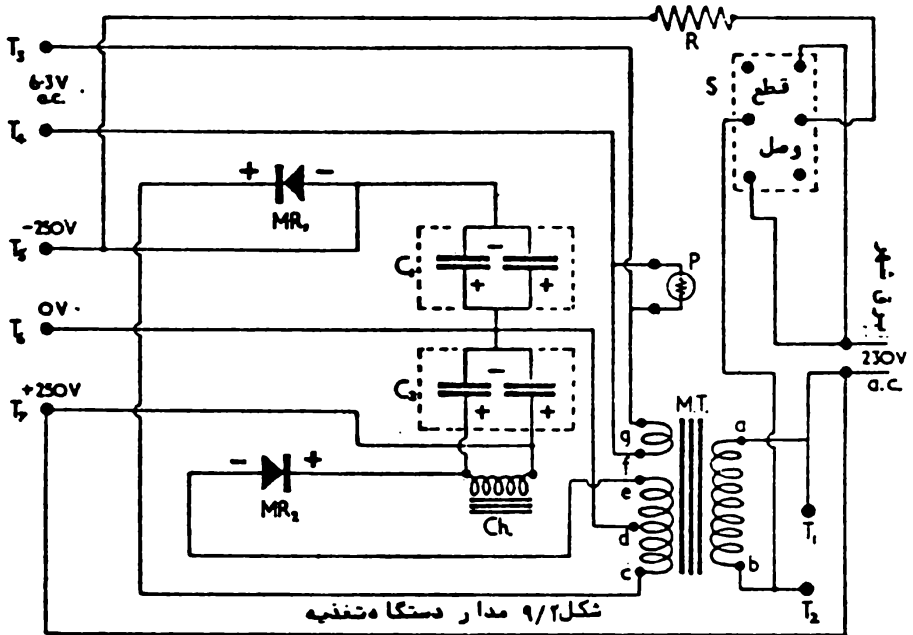
در مدارهای رادیو ترتیب اجزاء بطرز خاصی صورت میگیرد. زیرا ممکن است رویهم اثر کنند و کار دستگاه مختل شود که در مورد منبع تغذیه مهم نیست بهتر است آنها را بترتیب مناسبی روی بدنه سوار کنید.

در شکل ۹/۱ طرح دستگاه داده شده که توضیح داده میشود و سپس وارد توجیه الکترونی آن میشویم.

۶ عدد پایه آلومینیم بشکل  $L$  بعرض ۱/۵ سانتیمتر و طول هر قسمت آن ۲/۵ باشد، از یک نوار آلومینیم بعرض ۱/۵ سانتیمتر ببرید. آنها را سوراخ کنید بطوریکه پیچ در آن جا بگیرد. در نوار اتصال همانطور که نشان داده شد ۵ سوراخ درست کنید. دو عدد آن برای ولتاژ ۶/۳ ولت و سه تای دیگر برای ولتاژ بالای مستقیم مصرف میشود. تمام اتصالات باید خوب عایق باشد. اتصالات ممکن است از نوع اتصالاتیکه روی بدنه فلزی نصب میکنند باشد که عایق دارند قطر سوراخها ۰/۶ سانتیمتر باید باشد. بعضی افراد از پریز و شاخه استفاده میکنند. اتصال خروجی باید طوری باشد که دوشاخه ۴ میلیمتری



نیز بتوان بکاربرد. با استفاده از پایه‌های  $A$  و  $B$  نواراتصال رادر -  
 فاصله  $2/5$  سانتیمتری از انتهای بدنه با کلیت سوار کنید. در زیر بدنه  
 دو نوار چوبی بطول  $30$  سانتیمتر و عرض  $4$  سانتیمتر بعنوان پایه پیچ  
 کنید. ممکن است در ترانسفرماتور و خودالقاء سوراخ وجود داشته باشد که  
 محل آن را روی تخته علامت بگذارید و سوراخ کنید. یکسوکننده‌ها را روی  
 پایه‌های باقیمانده نصب کنید. خازن  $C_1$  و  $C_2$  با یک پیچ  $6/8$  سانتی  
 متری و نوار عایق  $G$  که در روی آن می‌گذارید روی بدنه نصب کنید.  
 میتوانید خازن‌ها را با گیره بطور افقی روی بدنه نصب کنید. یک سوراخ به  
 قطر  $1/8$  سانتیمتر برای کلید و یک سوراخ دیگر برای لامپ  $P$  درست کنید.  
 یک حلقه لاستیک در سوراخ قرار دهید و لامپ را در آن فروبرید. اتصال لامپ  
 از یک حلقه و یک نوار فنی که در زیر بدنه نصب شده تا مین میشود. لامپ چراغ  
 دستی میتواند بکار برید. از اتصال  $T_1$  و  $T_2$  وقتی کلید بسته باشد  
 میتوان استفاده کرد و برق  $220$  ولت گرفت. وقتی کلید را قطع کنید یک  
 مقاومت تخلیه  $R$  در مدار خازنهای باردار  $C_1$  و  $C_2$  را تخلیه میکند.  
 طبق شکل  $9/2$  اجزاء را بهم وصل کنید. روی سیم‌ها با اگر لخت است با غلاف  
 عایق P.V.C. بگیرید. هویه باید دارای نوک تمیز باشد تا لحیم روان و  
 اتصالها خوب بهم لحیم شوند. احتیاط لازم در لحیم کردن یکسوکننده‌ها



و خازن الکترولیت باید رعایت شود زیرا قطب منفی و مثبت آنها فرق دارند اگر اشتباه بسته شوند میسوزند. باید بتوانید نقشه مدار را تشخیص بدهید. علامات اجزاء را که در شکل ۹/۲ نشان داده شده بشناسید. شکل ۹/۱ نقشه مدار نیست بلکه یک طرح است که اجزاء و سیم‌ها را روی بدنه نشان میدهد که وضع نسبی کلید و ترانسفرما تور و خودالقاء و غیره را نشان میدهد. شکل ۹/۲ نیز نقشه کاملی نیست باید ساده‌ترین نقشه را رسم کرد و فقط وضع نصب اجزاء را نشان میدهد. با مراجعه به شکل ۹/۲ ملاحظه میکنید مقاومت را با یک خط شکسته  $R$  نشان داده‌ایم و خازنهای  $C_1$  و  $C_2$  را با دو خط موازی و ترانسفرما تور دارای چند سیم پیچ است که سه تای آن در اینجا نشان داده شده است. خودالقاء دارای هسته آهنی است که با خطوط موازی و سیم پیچ نشان داده شده است. یکسوکننده‌ها دارای قطب مثبت و منفی است که معمولاً روی شکل نوشته نمیشود. اتّصال سیم‌ها را با نقطه و جا شیکه اتّصال نباشد بدون نقطه نشان میدهند.

از پیچیدگی مدار هراس نداشته باشید اگر با علائم اختصاری اجزاء آشنا شده باشید میتوانید نقشه را با سرعت بخوانید.  $S$  کلید دو قطبی دو طرفه است که دارای شش اتّصال میباشد. وقتی کلید بسته باشد نقاط پائین بهم وصل و وقتی کلید قطع باشد نقاط بالا بهم وصل میشوند. خطوط نقطه چین حدود اجزاء را نشان میدهد. فقط چهار نقطه از شش

کلید را به بندید، یک سیم برق شهر به  $T_f$  و به سیم پیچ اولیه ترانسفر ما تور وصل میشود. سیم دیگر برق شهر به  $T_r$  و به اولیه ترانسفر ما تور وصل میشود.  $T_f$  و  $T_r$  اتصالاتی برق شهر روی بدنه است. وقتی میگوئیم برق شهر ۲۳۰ ولت است که ولتاژ مؤثر است و حداکثر ولت نمی باشد که حدود ۱/۴ برابر بیشتر از این است. چون ولتاژ بالا است رعایت نکات ایمنی و عایق بندی لازم است. دستور این است که هر وقت دستگا هی را که با برق شهر کار میکنند میخواهید دستکاری کنید، باید کلید آنرا قطع نمائید و دوشاخه را بیرون آورید. همیشه دوشاخه را قبل از اینکه ببُرُق وصل نمائید بررسی کنید. با رعایت این احتیاط ها هم دستگا ه سالم میماند و هم خودش ما دچار برق گرفتگی نمیشوید .

سیم پیچ مهم ترانسفر ما تور، خروجی ولتاژ زیاد است سه اتصال دارد که به ترتیب ۲۵۰ ولت و صفر و ۲۵۰ ولت است. دوطرف آن قرمز و سیم وسط که صفر است سیاه میباشد. بین اتصال اول و آخر ۵۰۰ ولت و شدت جریان مجاز ۷۵ میلی آمپر میباشد. سیم پیچ دیگر ترانسفر ما تور، ولتاژ ۶/۳ ولت متناوب میدهد که برنگ آبی مشخص شده است. تعداد دور آن خیلی کم و نسبت به تعداد دور اولیه ۳۳ بار کمتر است، سیم آن کلفت تر و ۲ آمپر برق میکشد. سیم پیچ ولتاژ زیادنازکتر است. از ۶/۳ ولت برای گرم کردن رشته استفاده میشود. لامپ کوچک نیز به ۶/۳ ولت وصل است که وقتی روشن باشد معلوم میشود جریان برق برقرار میباشد. در بعضی ترانسفر- ما تورها یک سیم پیچ دیگر با ولتاژ ۵ ولت ۲ آمپر اضافه بر ۶/۳ ولت وجود دارد که رنگهای سیم آن به ترتیب قهوه ای، سفید، نارنجی و بنفش است از این سیم پیچ استفاده نمیشود و سیم های آنها را با چسب بگیرد و تا کنید. اگر بآن احتیاج داشتید دوسر آنرا بدو پیچ اتصال روی بدنه وصل کنید .

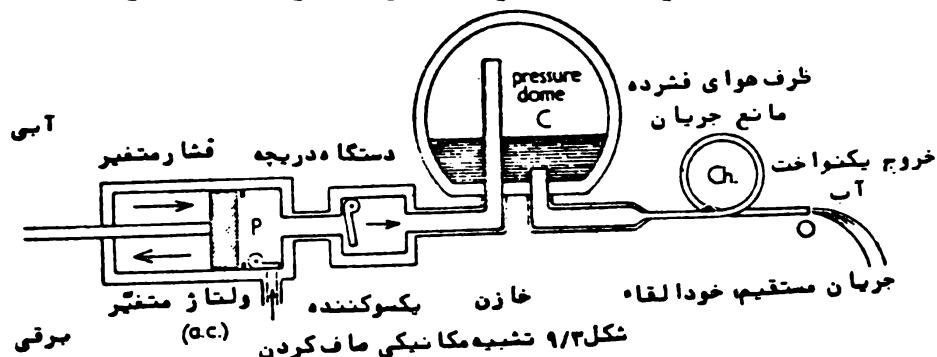
از اصول یک طرفه کردن جریان نیم موج و تمام موج در کتاب دیگر بحث شده است. در اینجا بیشتر توضیح میدهم. سیم قرمز ۲۵۰ ولت را به قطب مثبت یکسو کننده وصل کنید. سیم دیگر قرمز منقطب منفی یکسو کننده دیگر متصل میشود. یکسو کننده ها فقط جریان را در یک جهت عبور میدهند. پس از هر کد ام نصف جریان متناوب عبور میکند. در نتیجه جریان حاصله یک طرفه

ولی متناوب است و بکمک خازن و خودالقاء آن را صاف میکنیم. در شکل ۹/۳ مشابه مکانیکی آنرا نشان داده ایم.

فرض کنید پیستون یک تلمبه آب با حرکت رفت و آمد آب را از نقطه  $O$  خارج نماید. در یک مخزن  $C$  هوای فشرده وجود دارد. وقتی پیستون به عقب برمیگردد آب بعلت فشار مخزن خارج میشود.

عمل لوله با ریک شبیه خودالقاء است و مانع جریان زیاد آب میشود و فشار مخزن بالا میرود و باین ترتیب خروج آب از  $O$  یکنواخت میباشد. سعی نکنید بیشتر از این اجزاء را با هم مقایسه کنید. فقط تذکر میدهیم مخزن شبیه خازن آب را ذخیره مینماید که در آنجا نیز، عمل خازن و خودالقاء برای صاف کردن جریان است. یکسوکننده ها در مشابه مکانیکی نظیر دریچه ها هستند.

خازن اقسام مختلف دارد. عایق آن ممکن است میکا یا کاغذ مومی و خازن با شکل مختلف مسطح یا استوانه ساخته شود که قطب های آن فرق ندارند ولی در خازن الکترولیت قطب های مثبت و منفی جدا است و در مواقع اتصال باید دقت کرد اشتباه وصل نشود. ظرفیت آنها زیاد است و



ممکن است به ۵۰۰۰ میکروفاراد برسد و کمترین آنها ۲۰۰ میکروفاراد است که میتواند ولتاژ چند صد ولت را تحمل نماید.

خازنی که در اینجا بکار برده ایم از دو خازن تشکیل شده که در یک قوطی قرار دارد و سه اتصال دارد، یک اتصال مشترک برنگ سیاه و یک اتصال قرمز و یک اتصال بیرنگ است. در شکل ۹/۲، دو خازن است که بطور موازی بسته شده و میتوان بجای آنها یک خازن ۱۰۰ میکروفاراد بست  $C_1$  خازن دیگری است که بین دو سر مثبت این خازن و خازن  $C_1$  یک خودالقاء قرار داده ایم. اتصال مثبت خازن  $C_1$  را بولتاژ ۳۵۰ ولت و اتصال



منفی خازن منفی نیز به ۳۵۰ ولت بسته ایم که کلا "۷۰۰ ولت میشود و وقتی از برق آن استفاده شود پتانسیل افت میکند. اگرچه خازن طبق شکل بهم به بندید، احتمال جرقه کمتر شده و وقتی مصرف زیاد شود خازن نمیسوزد مدار دارای دو خروجی است و یکسوکننده تمام موج نمی باشد. اگر بخواهیم تمام موج باشد چهار عدد یکسوکننده باید بکار ببریم. خروجی آن خیلی صاف است و منبع تغذیه مناسبی است که در آزمایشهای الکتریسته بکار میرود.

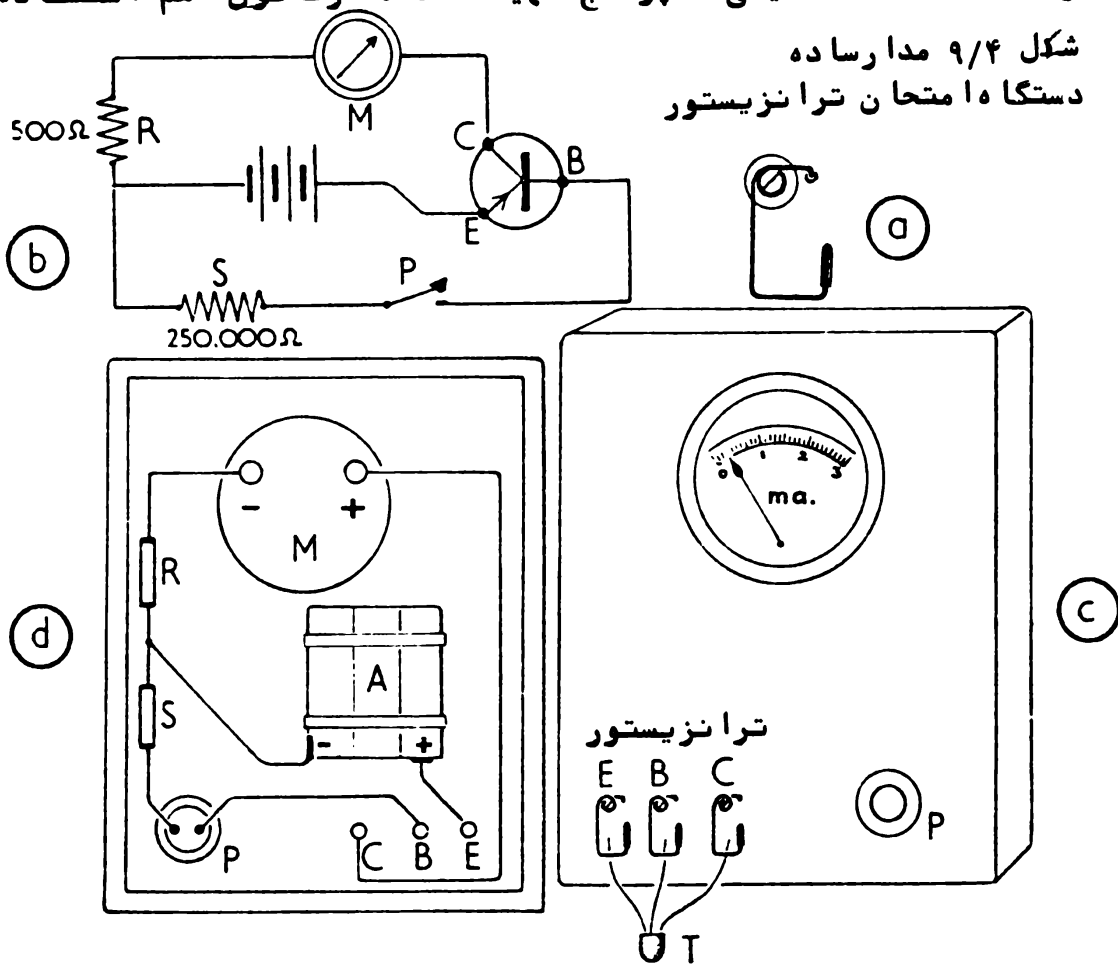
### دستگاه امتحان ترانزیستور

از بیشتر وسائل اسقاطی میتوان ترانزیستور جدا کرد و برداشت. همینطور گاه گاه در فروشگاهها ترانزیستور با قیمت ارزان میفروشند که ممکن است سالم نباشند و وقتی با آنها دستگاهی میسازید ممکن است کار نکند. بنا بر این دستگاه امتحان ترانزیستور خیلی مفید واقع میشود که بسادگی میتواند بسا زید و عیب ترانزیستور را پیدا کنید. کارخانه های مختلف انواع دستگاههای امتحان ترانزیستور ساخته اند که بسیار متفاوت اند. امروزه بجای لامپ از ترانزیستور استفاده میشود. ترانزیستور در مصارف مختلف تقویت ونوسان کن و یکسوساز بکار میرود. ضریب تقویت بعضی از ۱۰۰ بیشتر است. ولتاژ ترانزیستور نباید از آنچه توصیه شده بیشتر باشد که معمولاً حداکثر ۱۵ ولت میباشد، تا ۳۲ ولت را نیز تحمل میکند. جریان کلکتور  $I_{C0}$  و ضریب تقویت جریان و میباشد. که اهمیت خاصی دارند. ترانزیستورهای قدرت دارای  $I_{C0}$  زیاد و در ترانزیستورهای سیلسیم کم تر است. مقاومت اهمی ترانزیستور نوع  $PNP$  مثلاً "OC۷۱" خیلی زیاد است. اگر بخواهید یک جفت ترانزیستور متناسب در مداری بکار ببرید باید جریان کلکتور و ضریب تقویت جریان آنها مشابه باشد. با دستگاه امتحان ترانزیستور دو مشخصه آنها میتواند تعیین کرد.

مدار دستگاه زیر خیلی پیشرفته نیست که با آن بتوان مشخصات ترانزیستور را دقیقاً اندازه گرفت فقط با آن ترانزیستور نوع  $PNP$  با قدرت کم را امتحان میکنیم، اگر بخواهیم نوع  $NPN$  را مورد بررسی قرار دهیم قطبها را باید عوض کنیم.

دروحه اول یک میلی آمپرسنج با برد یک تا ۵ میلی آمپر لازم دارید که می‌توانید از فروشگاه لوازم الکترونی تهیه کنید. اندازه مقاومت‌ها را بسته به مشخصات میلی آمپرسنج تهیه کنید. از قانون اهم استفاده

شکل ۹/۴ مدار ساده دستگاه امتحان ترانزیستور



و مقدار آنها را تعیین کنید.

فرض کنید مقاومت بین کلکتور و امیتور یک ترانزیستور ۴۰۰۰ اهم باشد که جریان کلکتور زیاد است. اگر باطری ۴/۵ ولت و مقاومت میلی آمپرسنج ۷۵ اهم و مقاومت زنجیره‌ای همراه آن ۵۰۰ اهم باشد، طبق قانون اهم که  $\text{ولت} = \frac{\text{جریان است پس جریان}}{\text{مقاومت}}$  حدود  $\frac{۴}{۵}$  یک میلی آمپر می‌شود. پس اگر مقاومت ۵۰۰ اهم را بطور زنجیره‌ای به بندیم میلی آمپرسنج می‌تواند جریان را نشان دهد. اگر برد میلی آمپرسنج کمتر باشد با پدشنت مناسب با آن بکاربرد.

اجزاء دستگاه را در یک جعبه پلاستیک قرار دهید یا روی یک تخته

عایق نصب نمائید و آن را روی یک جعبه قرار دهید. ترتیب محل اجزاء مهم نیست. یک نوع آن در شکل ۹/۴ ج و د نشان داده شده است. خود مدار در ب داده شده که  $A$  باطری  $4/5$  ولتی که بتوسط یک فنریا نوار لاستیکی نصب میشود.  $P$  یک کلیدشستی است و  $R$  مقاومت  $500$  اهم است که رنگ آن سبز و سیاه و قهوه‌ای است و  $S$  برابر  $0/25$  مگا اهم است و رنگ آن قرمز و سبز و زرد است. دستگاره را طوری درست کنید که بتوانید بسادگی و سریعتر ترانزیستور را روی آن سوار کنید. میتوان از گیره فنی سیمی استفاده کرد و میتوانی از سنجاق قفلی بطول  $2/5$  سانتیمتر که طبق شکل ۹/۴ الف آنرا خم کرده‌اید استفاده نمائید. سرتیز سنجاق را از سوراخ تخته عبور دهید و مقدار زیادی آنرا ببرید. و حلقه سنجاق را توسط پیچی روی تخته محکم کنید. سنجاق‌های آمیتور و کلکتور و پایه‌ها با علامت‌های  $A$  و  $B$  و  $C$  مشخص کنید. فاصله آنها مساوی نباشد.  $B$  نزدیکتر به  $E$  باشد تا امکان اشتباه کمتر باشد. روی بیشتر ترانزیستورها در طرف کلکتور یک نقطه قرمز گذاشته‌اند. پس اگر روی سنجاق کلکتور یک لکه قرمز بالک ناخن بگذاریم خوبست.

اگر یک ترانزیستور سالم و یک ترانزیستور ناقص در اختیار دارید به ترتیب زیر امتحان کنید :

۱- سیم‌های ترانزیستور را به سنجاق‌ها بطور صحیح وصل کنید. میلی آمپرسنج باید  $0/2$  تا  $0/5$  میلی آمپر نشان دهد که هر چه کمتر باشد ترانزیستور بهتر است. اگر صفر نشان داد اتصال در یک نقطه قطع میباشد که شاید ترانزیستور سوخته باشد. ممکن است جریان زیاد و حدود  $1/25$  - میلی آمپر بود، ترانزیستور ضعیف میباشد. اگر اتصال کوتاه باشد عقربه تا انتها حرکت میکند که البته مقاومت  $500$  اهم مانع سوختن میلی آمپر سنج میشود.

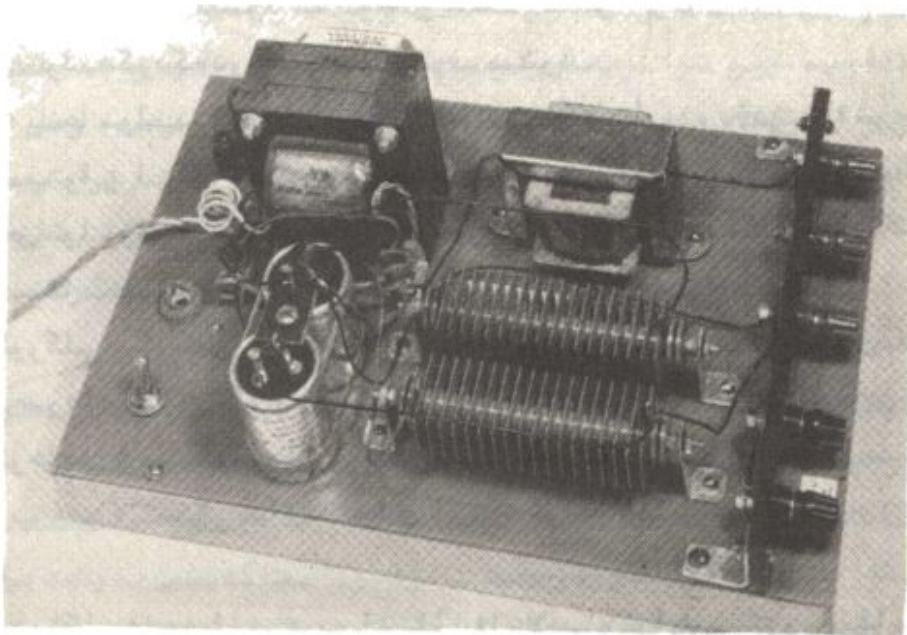
۲- ترانزیستور را بین انگشت سبابه و شست بگیرید تا گرم شود مقاومت آن کم میشود، اگر پوشش ترانزیستور فلزی باشد با سرعت گرم میشود و اگر شیشه باشد دیرتر گرم میگردد. وقتی گرم شود جریان کلکتور یک میلی آمپر و بلکه بیشتر میشود. مدتی بگذارید سرد شود، میلی آمپرسنج کمتر نشان میدهد که معلوم میشود مقاومت ترانزیستور زیاد شده بحالت عادی بر میگردد.

با این آزمایش مشاهده میکنید ترانزیستورها نسبت به حرارت حساس اند و لازم است بنحوی حرارت آنها پخش شده و سرد شوند، اگر درجه حرارت ترانزیستور از ۲۵ درجه به ۴۵ درجه برسد، شدت جریان هفت برابر میشود و درجه حرارت ترانزیستور رژمانیوم اگر زیاد شود میسوزد.

۳- در آزمایش دیگر شستی  $P$  را فشار دهید که پتانسیل منفی به پایه وارد شده و ولتاژ باطری که  $4/5$  ولت است از مقاومت  $250$  اهم  $S$  به پایه میرسد. جریان پایه خیلی کم و حدود  $0/02$  میلی آمپر است ولی اثر آن در جریان کلکتور زیاد است و میلی آمپرسنج جریان زیادتری نشان میدهد و اگر جریان یک میلی آمپر باشد ضریب تقویت  $50$  میشود. معمولاً "جریان که در ابتدا  $0/2$  و بعد  $1/5$  میلی آمپر است نشان میدهد که تقویت شده است. شستی را نباید مدتی طولانی فشار داد زیرا ترانزیستور گرم میشود.

ضریب تقویت  $1/5$  مساوی است با تغییر جریان آمیتور  
تغییر جریان پایه

ترانزیستورهای صوتی دارای ضریب  $30$  میباشند و ضریب تقویت  $OCV$  حدود  $50$  است. پس میتوان از ترانزیستورها در تقویت جریان رادیو استفاده کرد. گاهی از ترانزیستور خراب بعنوان دیود استفاده میشود. واضح است ترانزیستور خیلی ارزان و فراوان است.



عکس ۲ - دستگاه تغذیه این دستگاه را با نمودار شکل ۹/۱ و ۹/۲ مقایسه کنید

## ۱۰- ساختن نوسان کننده صوتی

بلندگو و تلفون نمیتوانند با تواتر ملیون هرتز نوسان کنند، اگر هم با چنین تواتر بتوانند نوسان کنند گوش، قادر بشنیدن صدای آنها نیست نوسان کننده صوتی جریانهای با تواتر کم تولید میکنند که وقتی به بلندگو و گوشی تلفون وصل کنیم آنرا بصدا در میآورد، اگر تواتر کمتر از ۲۰ هرتز یا بیشتر از ۵۰۰۰ ۳۰ هرتز باشد صدای آنها را نمیتوانیم بشنویم. نوسان کننده ها - ثی که جریان با تواتر خیلی زیاد تولید میکنند در رادیو و بیسیم مصرف میشود که امواج الکترومغناطیسی با امواج رادیویی تولید میکنند که بفاصله زیاد منتقل میشود. با نوسان کننده ها تواترهای خیلی کم تیز میتوان تولید کرد که در متریونوم مصرف میشود.

در اینجا تولید نوسانات صوتی که بین ۲۰ تا ۳۰۰۰۰ هرتز را شرح میدهم. میتوان از مدارهای مختلف لامپی یا ترانزیستوری استفاده کرد. حدود خاص تواتر لازم بستگی با جزاء مصرف شده که متناسب با لامپ یا ترانزیستور انتخاب میشود دارد.

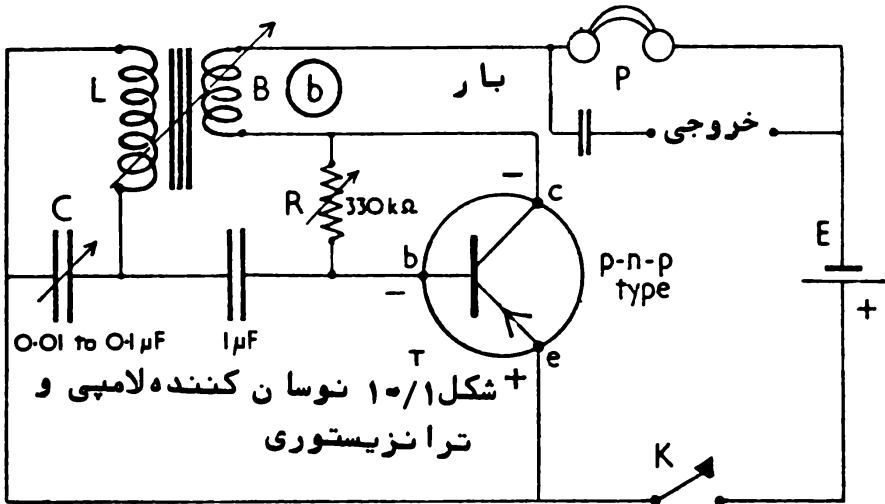
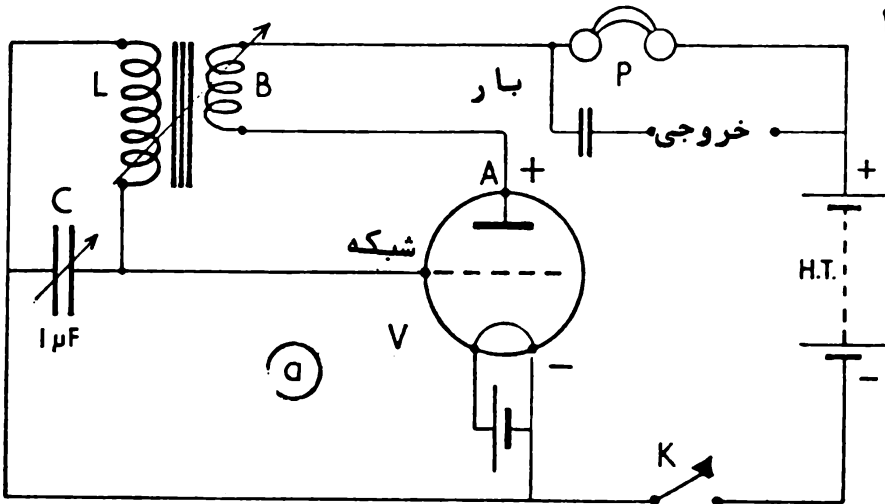
بطور کلی یک سیم پیچ که دارای ضریب خودالقاء  $L$  و خازن  $C$  که بطور زنجیره ای طبق شکل ۱۰/۱ الف بهم وصل شده اند دارای نوسان طبیعی با تواتر خاصی است که در حالت تشدید میباید شد. تواتر مدار به عکس جـذـر حاصل ضرب  $L$  و  $C$  بستگی دارد. برای اینکه تواتر کم باشد باید  $L$  و  $C$  بزرگ باشند.

در دو شکل ۱۰/۱ الف و ب استفاده از لامپ و ترانزیستور را مقایسه کرده ایم. در شکل ۱۰/۱ الف مدار یک لامپ معمولی سه قطبی بنام نوسان کننده *Meissner* نشان داده ایم. در هر مدار شامل  $L$  و  $C$  نوسان میسرا میباید و باید بنحوی به آن انرژی داد تا پایدار شود. همانطور که نوسان آونگ میرا است مگر اینکه در لحظات کاملاً مشخص ضربه هائی توسط دندان رقصک بآن وارد شود. در این مدار تغییرات پتانسیل بشبکه لامپ وارد شده مدار کنترل میشود. انرژی لازم از باطری با پتانسیل زیاد تامین میشود تغییرات پتانسیل تقویت شده در دو طرف با رماشده میشود. مقدار کمی از این انرژی از طریق سیم پیچ عکس العمل  $B$  به خودالقاء  $L$  القاء میشود انرژی تغذیه برگشت با نوسانات موجود همفا زمیبا شدن نوسانات را پایدار میسازد. مقدار انرژی برگشت را با میزان مزودج بودن سیم پیچ  $B$  و  $L$

تنظیم نمود تغییر میزان مزدوج بودن دوسیم پیچ با پیکانی که روی <sup>۱۰۱</sup> ترانسفرما تورکشیده ایم. اگر ترانسفورما تورمدا رلامپ کوچک و نسبت تعداد دور ۳ به ۱ باشد مقدار مزدوج بودن ثابت است تنظیم آن با دور کردن  $B$  یا حرکت سلاح آهن نرم روی هسته انجام میشود. از همین روش برای تقویت جریان ورودی بشبکه لامپ کاشف در تنظیم حجم صدا در بعضی گیرنده ها استفاده میشود. غیر از سیم پیچ  $B$  تنها با زمقاومت گوشی ها است. گوشی بصدا در میآید وقتی کلید  $K$  را باز کنیم صدا قطع میشود که بتوان با آن علائم مورش را تمیز می کرد. در مدار شکل ۱۳/۱ ب ترانزیستور بجای لامپ و مدار تقریبا "شبه  $a$  و مقداری اختلاف وجود دارد. در اینجا با طری ولتاژ زیاد نداریم. چون ترانزیستور از نوع  $PNP$  است، امیتور  $e$  ولتاژ مثبت و کلکتور  $C$  ولتاژ منفی دارد در مدار لامپ قطب منفی بزمین وصل شده است در مدار ترانزیستور قطب مثبت بزمین وصل میشود، بیشتر ترانزیستور نوع  $PNP$  بکار میبریم که در شکل ۱۳/۱ ب کشیده ایم. اگر ترانزیستور بود کلکتور مثبت و امیتور منفی میبود که بیشتر مدار آن با مدار لامپ شباهت داشت.

در لامپ از کاتود الکترون خارج شده ب صفحه میرسد در ترانزیستور حرکت الکترونها پیچیده تر است. میتوانید برای توضیح بیشتر ب کتاب *Introduction to Wireless* (Bell) تالیف *W. E. Pearce* مراجعه کنید.

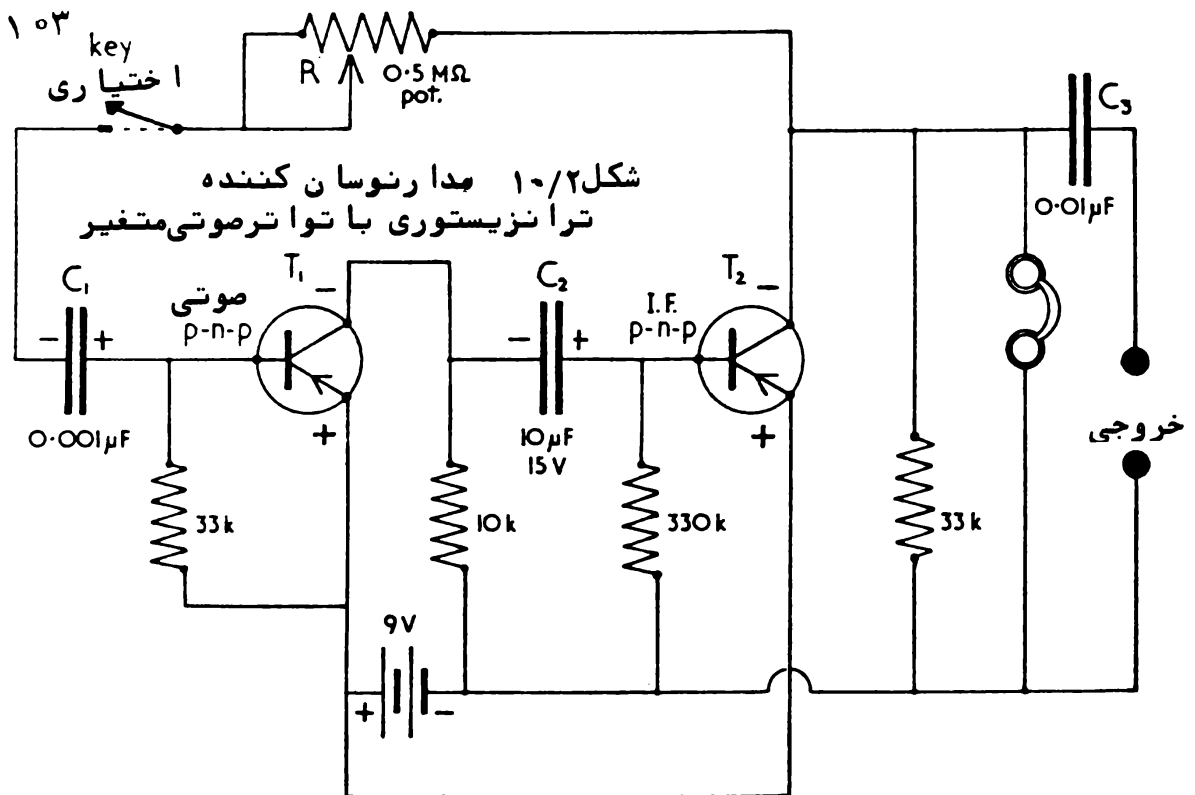
بطور خلاصه ترانزیستور در حقیقت دو دیود است که پشت به پشت بهم چسبیده اند. در وسط دو لایه ژرمانیوم یک لایه نازک ژرمانیوم با سم پایه قرار گرفته است. حرکت الکترون و حفره توسط ناخالصی های آرسنیک یا ایندیم یا بور و غیره تامین میشود. این ناخالصی ها به لایه های خارج اضافه شده است. تمام موارد استعمال لامپها مثل یکسوسازی، تقویت، نوسان سازی را میتوان با ترانزیستور انجام داد و چون خیلی کوچکنند اهمیت زیادی در ساختن ماشین های حساب و دستگا های الکترونی دارد. تعیین قطب های ترانزیستور اهمیت زیادی دارد. باید قطب های ترانزیستور را بدقت شناسائی کرد. اگر پیکانی از امیتور به پایه روی ترانزیستور دیدید علامت اینست که ترانزیستور نوع  $PNP$  است و  $NPN$  بعکس است. دستور بستن ترانزیستور چنین است در  $NPN$  امیتور منفی و کلکتور مثبت است و در  $PNP$  امیتور مثبت و کلکتور منفی است.



شکل ۱۰/۱ نوسان کننده لامپی و ترانزیستوری

از شکل ۱۰/۱ ب می بینید که پایه منفی است و رئوستای  $R$  جریان آنرا تنظیم میکند که در نتیجه جریان که به کلکتور میرسد کنترل میشود. مدار شکل ۱۰/۱ با درست کنید تعجب میکنید نوسان نمیکند. ممکن است علت آن این باشد که جریان  $B$  جریان  $L$  را تقویت نکرده بلکه خنثی میکنند. پس باید دوسر  $B$  را عوض کرد. مدار نوسان کننده دیگر که خیلی شبیه مدار چند نوسانی لامپی است در اینجا توضیح میدهم. در مدار شکل ۱۰/۲ دو ترانزیستور  $T_1$  و  $T_2$  که اتصال بین آن دو توسط یک خازن و مقاومت انجام میشود.  $T_2$  تغذیه برگشت به  $T_1$  داده و بترتیب هر کدام انرژی متناوباً دریافت میکنند. چند عا مل و بخصوص ظرفیت خازن  $C_1$  در تواتر نوسان تاثیر دارد، با تغییر رئوستای  $R$  تا حدودی میتوان تواتر را تغییر داد. اگر  $C_1$  برابر  $0.001$  میکرو فاراد باشد و  $R$  کمترین مقدار را داشته باشد تواتر مداری که مؤلف ساخته بود از حد شناختی بیشتر بود.



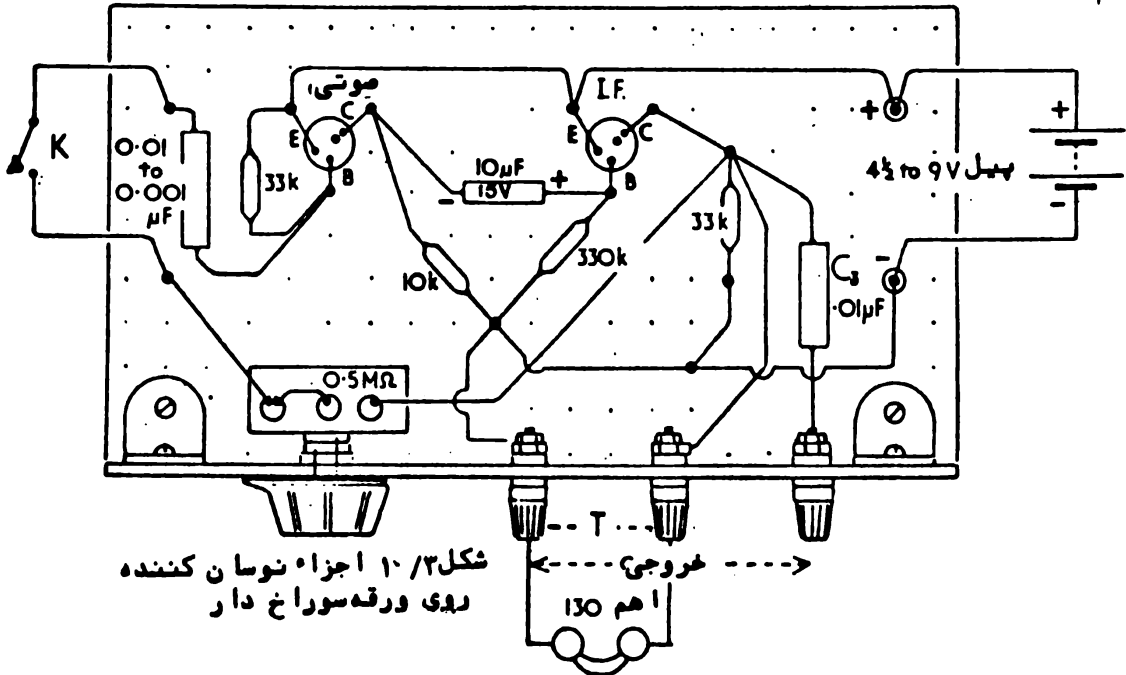


شکل ۱۰/۲ مدار نوسان کننده  
ترانزیستوری با تواتر صوتی متغیر

در شکل ۱۰/۳ و عکس مربوطه اجزاء مدار را که در روی تخته سوراخ دار، سوراخ شده نشان داده ایم، اجزاء در شکل با لاگسترده سوار شده تا مدار واضح باشد میتوان آنها را جمع و جور تر و خیلی کوچکتر ساخت.

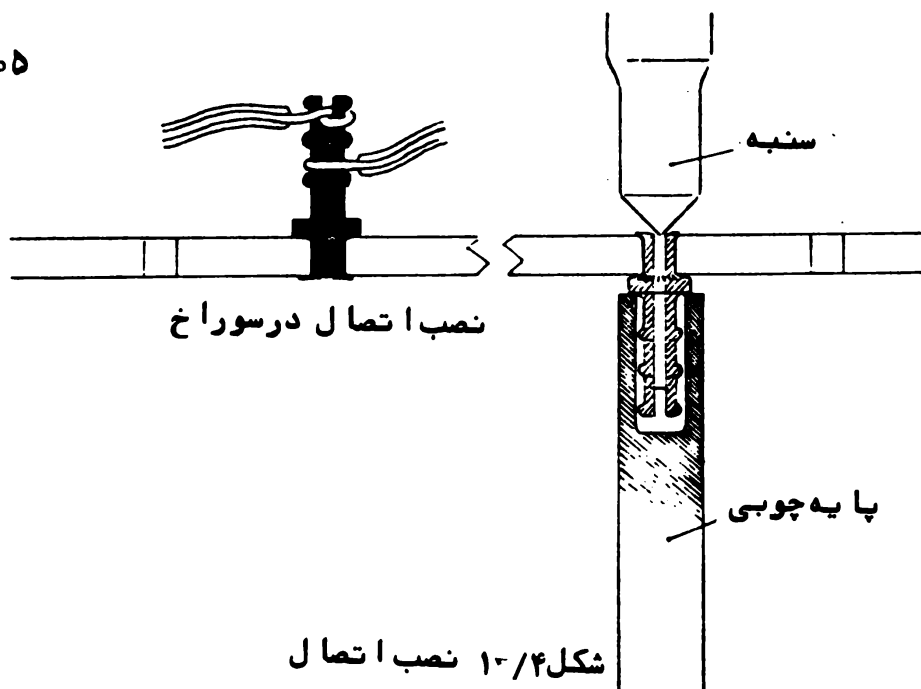
یک باطری ۴/۵ ولت مدتی دوام میکند شدت صدا بستگی بولتاژ باطری دارد، از این وسیله خیلی استفاده میتوان کرد، اگر یک کلید اضافه کنیم میتوان علائم مورس را تمرین کنیم. کلید ممکن است کلید مورس یا شستی ساده باشد.

میتوان بجای گوشی بلندگو بکاربرد بشرطی که ولتاژ باطری بایسد ۹ ولت باشد، میتوان از آن برای امتحان تقویت کننده ها استفاده کرد، در تعمیر رادیو و تلویزیون آن را بکاربرد در اینجا با یک خازن  $C_3$  به ظرفیت ۰/۰۱ میکرو فاراد برای جلوگیری از ورود جریان مستقیم دستگاه استفاده کرد، میتوان روی دسته رثوستا عقربه ای قرار داده و آنرا مدرج کرد، در آن صورت با یک ولتاژ باطری و مقاومت گوشی ثابت بماند، اجزائی که



شکل ۱۰/۳ اجزاء نوسان کننده روی ورقه سوراخ دار

مولف بکاربرد بشرح زیر است ممکن است اجزاء دیگر بکاربرد. بدنه تخته‌ای دستگاہ، نواراتصال، اتصال قطب‌ها، باطری ۴/۵ ولت یا ۹ ولت، گوشی (۶۰ تا ۲۵۰ اهم) خازن ۰/۰۰۱ میکروفاراد، خازن ۰/۰۱ میکروفاراد، دو عدد مقاومت ۱/۳ وات ۳۳K و یک مقاومت ۱/۳ وات ۳۳۰K و یک مقاومت ۱/۳ وات ۱۰K - پتانسیومتر ۰/۵ مگا اهم - خازن الکترو لیت کوچک ۱۰ میکروفاراد ۱۰۵ ولت از شکل ۱۰/۳ استفاده و دستگاہ را سوار کنید. بدنه یک تخته سوراخ دار ۲۰x۱۰ سانتیمتر در قسمت جلوی یک نوار - پلاستیک با ارتفاع ۵ سانتیمتر وصل میشود. در جلو دو قطب خروجی و رئوس تان تنظیم توازن نصب میشود. رئوس تان همان پتانسیومتر ۰/۵ مگا اهم است طبق شکل نصب میشود. در شکل نقطه سیاه محلی است که باید لحیم شود، در این نقاط اتصال‌های مخصوص قرار دهید. این اتصال‌ها را بسا دگی در سوراخ بدنه قرار داده با سنبه پرچ کنید خود اتصال را داخل حفره قرار دهید. (شکل ۱۰/۴). چون این اتصال‌ها قلع اندود شده اند پراحتی میتوان سیمها را بآن لحیم کرد. حتما "لحیم سیم‌های ترانزیستور را خیلی سریع انجام دهید و طول ندهید و نوا یک دم با ریک مانع رسیدن حرارت به ترانزیستور شوید. مدار بخوبی کار میکند با تغییر دو جزء مدار میتوان توازن را دلخواه را بدست آورد. مؤلف از دو ترانزیستور و ترسوتی ۷۱۰/۳۰ استفاده



کرده است ، ترانزیستور دست راست OC 45 با شد خیلی مناسب است . و ترا-  
 نزیستور OC 71 سمت چپ بکار برید ، اگر عین اجزاء بالا را پیدا نکرده اید  
 از انواع دیگر استفاده کنید . میتوانید انواع دیگر ترانزیستور از رزان -  
 قیمت بکار برید .

### استفاده از اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ یک وسیله مفید در الکترونیک است . در بیشتر رشته های  
 صنایع الکترونیک از این وسیله استفاده می شود . برای نشان دادن نوع  
 برداری پدیده ها بکار میرود . لامپ اسیلوسکوپ شبیه لامپ تلویزیون است  
 یک دسته اشعه الکترونی تحت تاثیر دو میدان الکتریکی عمود بر هم یکی  
 افقی و دیگری قائم است حرکت میکند . اسیلوسکوپ انواع مختلف دارد که  
 میتوانید نوع ساده آن را بسازید کسی که بتواند نمودار مدار را بخواند و  
 مهارت کافی در لحیم کاری داشته باشد بسازدگی میتواند اسیلوسکوپ بسازد  
 میتوان از تلویزیون اسقاطی استفاده کرد ، میتوان از کیت های موجود  
 استفاده کرد و اسیلوسکوپ ساخت اضافه بر اینکه از رزان تراست مدار -  
 داخلی را نیز یاد میگیرید .

۱۰۶ روی سیلوسکوب با دکمه‌های شدت و میزان و حرکت قائم و عمودی و توا تروجا روب افقی زمان و غیره را میتوان تنظیم کرد. برای مطالعه پدیده الکتریکی آنرا به سیلوسکوپ وصل میکنیم. دست‌آشعه‌الکترونی بالا و پائین رفته منحنی مشخصه پدیده را نشان میدهد. اگر نوسان کننده ای که ساخته ایم به سیلوسکوپ وصل کنیم و دقیقاً "آنرا آزمایش کنیم و طبق دستورهای زیر وضع آنرا بررسی کنیم اگر سیلوسکوپ نداشتیم میتوانیم از سیلوسکوپ موء سسات دیگر استفاده کنید. در اینجا جزئیات را شرح داده ایم میتوانیم بعضی را انجام ندهید:

کلید سیلوسکوپ را روشن کنید چراغ آن روشن میشود مدتی صبر کنید تا گرم شود مثل تلویزیون یک دقیقه یا بیشتر طول میکشد یک نقطه روشن روی صفحه دیده میشود. با تنظیم افقی و قائم نقطه را میزان کنید. بسا دکمه شدت و میزان دست‌آشعه را تنظیم کنید. ابتدا پالس افقی را که مربوط بزمان است با توا ترخیلی کم بگیرید. نقطه از چپ با هشتگی بر است میسرود دوباره بعقب بر میگردد همان مدار را میپیماید. بین مدار نوسان کننده و ورودی سیلوسکوپ بهتر است خازنها ی  $0.01$  میکروفا را دبگذارید. بخصوص اگر از ولتاژ برق شهر استفاده میکنید. ابتدا نوسانات برق شهر را که  $50$  هرتز است بوسیله ترانسفورما تور به ولتاژ کم تبدیل و به سیلوسکوب بدهید (شکل ۱۰/۵) اگر سیگنال زمان  $25$  هرتز باشد، روی پرده دو منحنی کامل سینوسی ملاحظه میکنید (شکل ۱۰/۵ ب) هرچه توا ترسیگنال زمان کمتر باشد منحنی‌ها با ریکتر میشود (شکل ۱۰/۵ ج) شدت را تنظیم کنید تا برگشت دست‌آشعه الکترون دیده شود. اگرها رمونیک‌های ورودی تصادفا "وارد"، شود شکل موج بهم میخورد (شکل ۱۰/۵ د) نوسانات مدار خودالقاء و خازن با توا تر صوتی امواج سینوسی میباشند و شبیه ارتعاشات دیپازون است وجودها رمونیک‌ها منحنی را پیچیده ترمیکند. وطنین میسازد (شکل ۱۰/۵ د). اگر دامنه پالس زمان را وسیع بگیرید و یک موج را فقط نشان دهیدها رمونیک‌ها را ملاحظه میکنید. اگر اتصال ورودی روی  $\gamma$  را عوض کنید شکل مسوج معکوس میشود. باید با تغییرات بشکل موج آشنا شد. اگر فالت تغییرکنند تغییر شکل موج را مشاهده کرده، که یک موج تک در شکل ۱۰/۵ ه و ووزشان داده ایم.

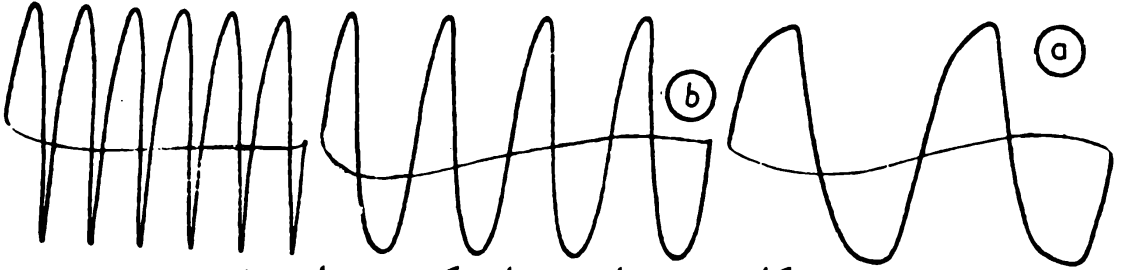
خروجی نوسان کننده را به ورودی اسیلوسکوپ به ببینید که روی محور قائم  $Y$  وارد می شود، تو اتر محور زمان را تنظیم کنید که روی محور  $X$  است تا دویا سه موج بدست آید. با تنظیم دقیق شکل را پایدار کنید، اگر دگمه همزمانی روی اسیلوسکوپ گذاشته باشند همزمانی خیلی راحت تر تنظیم می شود. در اولین آزمایش نوسان کننده آرا وقتی بیک گوسی  $۱۳۰$  اهم وصل کرده اید. بدوسرا اسیلوسکوپ به بندید (شکل ۱۰/۳). وقتی دوسرا نرا به اسیلوسکوپ وصل کنیم پتانسیل مشابهی توسط خازن  $۰/۱$  میکرو فاراد به نوسان کننده اعمال می شود.

در شکل ۱۰/۲ خازن  $C_1$  بظرفیت  $۰/۰۰۱$  میکرو فاراد تو اتر زیر ا د ترا ایجاد میکند، و شکل نوسانات روی اسیلوسکوپ دیده می شود. درجه آنرا که زیسا د کنیم امواجی طبق شکل ۱۰/۶ طبق الف و ب وج دیده می شود. وقتی خازنی بظرفیت  $۰/۰۱$  میکرو فاراد موازی  $C_1$  به بندیم، تو اتر کم تر وها رمونیک های بیشتر در اشکال ۱۰/۷ الف و ب دیده می شود. با یسد دانست که مقاومت خودگوشی ترکیبی از خودالقاء و مقاومت اهمی است و پرده گوشی با تو اتر خاصی (تشدید) به ارتعاش در می آید. دو قسمت گوشی روی هم اثر کرده و بشرطیکه آنها را از هم دور کنیم اثرشان روی هم خنثی می شود. وقتی روی هم تا شیر کنند تو اتر جدیدی تولید می شود، اگر یک مقاومت اهمی طبق شکل ۱۰/۳ در  $T$  اضافه کنیم اثر بالا خنثی می شود. مقاومت را کم کم به  $۵۰۰۰$  اهم میرسانیم، دامنه موج از مقدار کم وقتی  $۳۰$  اهم باشد بیک حداکثر در تو اتر  $۲۰۰۰$  اهم میرسد که دوباره دامنه کم می شود. وقتی مقاومت حدود  $۲۰۰۰$  اهم باشد موج مربع که زمان تناوب آن کوتاه است دیده می شود امواج مربع بهتری میتوان از نوسانات بین کلکتور ترا نزیستور سمت چپ و اتصال چپ گوشی (شکل ۱۰/۳) گرفت مثلاً از دو طرف مقاومت  $۱۰۰۰۰$  اهم استفاده کرد. با استفاده از این مقاومت و مقاومت  $۲۰۰۰$  اهم یک مسوج مربع با پیک تیز که شبیه دیفرانسیل موج مربع می باشد که نصف مثبت در موج حذف شده است (شکل ۱۰/۷ ج و د).

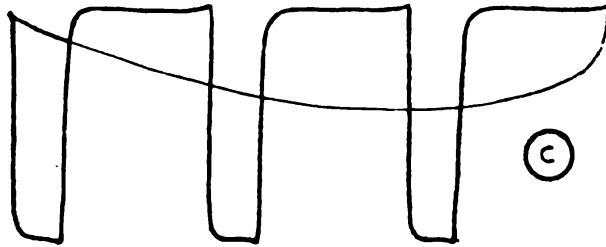
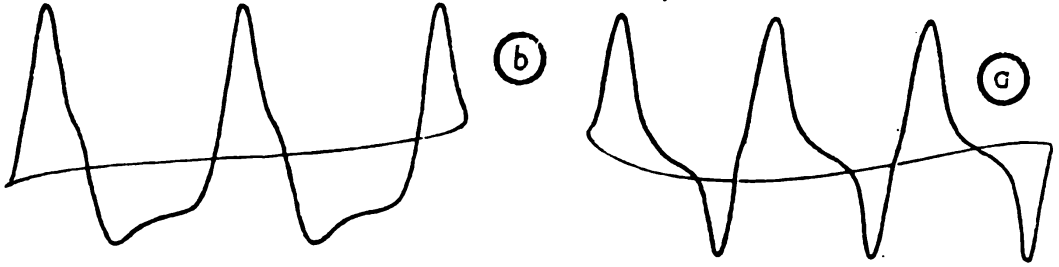
با امتحان دستگانه نوسان کننده که ساختیم بوسیله اسیلوسکوپ نشان میدهد که این دستگانه چقدر مفید است. علائمی که از نقاط مختلف دستگانه الکترونی گرفته به اسیلوسکوپ بدهیم. شکل های حاصله متفاوت

میباشند. چون موارد استعمال اسیلوسکوپ خیلی زیاد است، آشنائی و کار با آن بصری در آزمایش هرچه باشد میسر است.

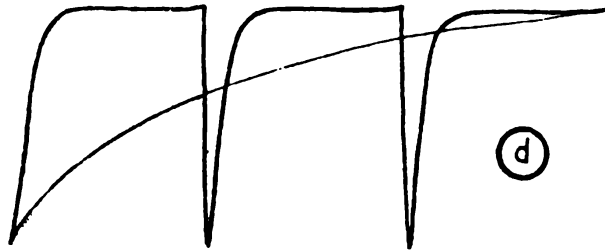
(c)



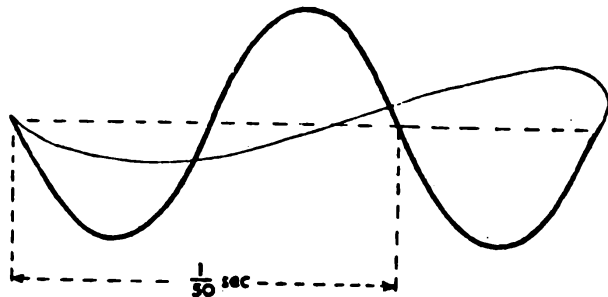
شکل ۱۰/۶ تواتر نوسان کننده زیاد میشود

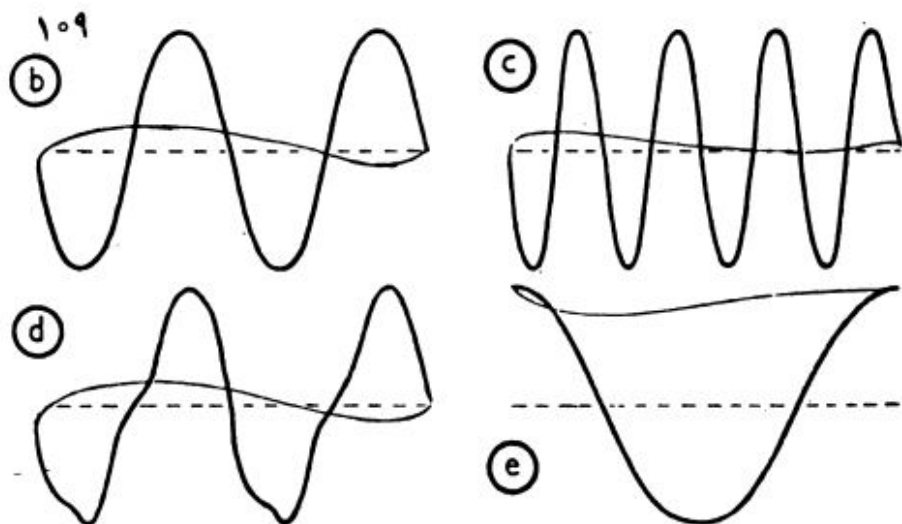


شکل ۱۰/۷ چند منحنی از نوسان کننده

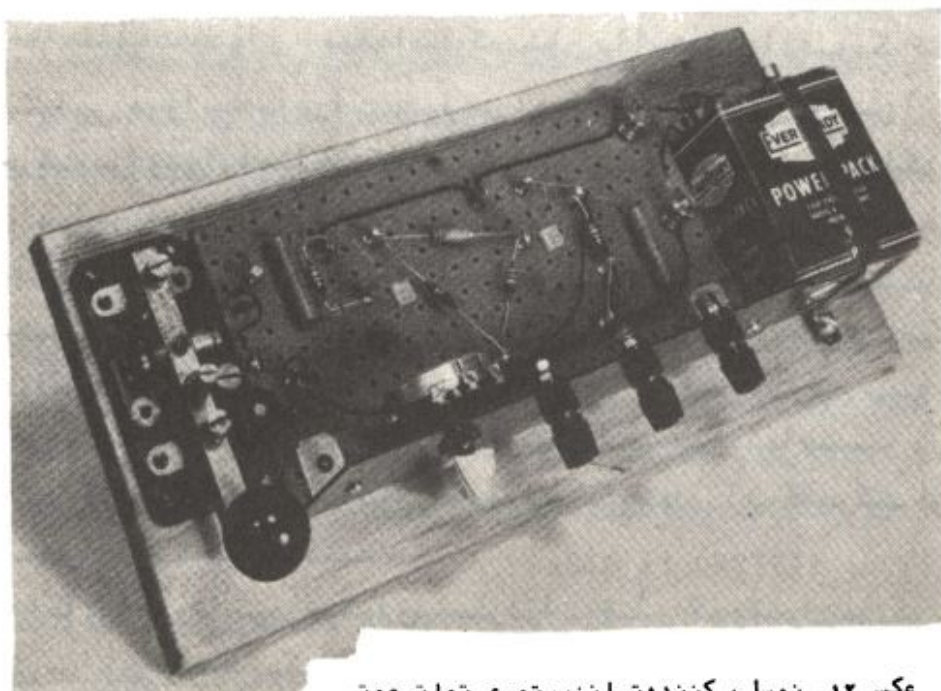


(a)





شکل ۱۰/۵ چند منحنی سینوسی روی اسیلوسکوپ



عکس ۱۲- نوسان کننده ترازیستوری توان ترموئی کلیدی در مدار گذاشته شده که میتوان مورس تمرین کرد.

این فصل را در محلی نزدیک آزمایشگاه کاوندیش در کلمبریج نوشتم. طبیعی است که کشفیات اساسی روترفورد و همکارانش تاء شیر عمیقی در این نوشته داشته‌اند. کشفیات آنها در ساختمان اتم ممکن است برای بشر ضرر زیادی داشته‌است گو اینکه کشفیات قرن اخیر درباره اتم اهمیت زیادی داشته‌و مانند کشف آتش در زندگی بشروءثر بوده‌است. کشف قوانین اساسی (مثل ثقل) هوش و ذکاوت و عمق دیدانسان را با استفاده از پدیده‌های ساده و وسائل اولیه نشان میدهد. با اطاق ابر ویلسون مسیرو عمل ذرات بنیادی را میتوان مشاهده و درک کرد.

با استفاده از اطاق ابر ویلسون توانسته‌اند پوزیترون را کشف کنند و مزون مو و ذرات عجیب را که اخیراً "به فهرست ذرات بنیادی که تعدادشان کم نیست اضافه شد پیدا کنند. ابعاد مولکول و اتم بقدری کم است (ابعاد ذرات بنیادی از آنهم کمتر است) که آمیدی نیست بتوان مستقیماً آنها را با وسیله‌ای مشاهده کرد، زیرا طول موج نور از ابعاد آنها بزرگتر است.

متأسفانه نمیتوان امید داشت که بتوان با استفاده از فیزیک کلاسیک آزمایشهایی در رابطه با ذرات بنیادی انجام داد. بعضی دانش آموزان شاید حرکت براونی را مشاهده کرده باشند که مربوط به حرکت مولکولها است. در این آزمایش با استفاده از میکروسکوپ قوی و نور شدیدی که بطور افقی به جعبه شفافیه که قبلاً<sup>۳</sup> تراپردود کرده‌اند ملاحظه میشود که ذرات نسبتاً "بزرگ دود حرکت زیگزاگ دارند که در اثر برخورد به مولکولهای هوا حرکت میکنند. میتوانید بجای آن از یک قطره شیر که با آب رقیق کرده‌اید استفاده کنید و حرکت براونی را مشاهده نمایید. ذرات نسبتاً "بزرگ معلق در شیر در اثر برخورد با مولکولهای آب که حرکت حرارتی دارند مسیر زیگزاگ طی میکنند.

با اطاق ابر ویلسون میتوان مسیر ذرات خیلی کوچکتر از مولکولهای آزمایش براون را دید. یک هواپیما یجت در فاصله دور شاید دیده نشود ولی مسیر آن با ابری که دنبالش هواپیما تشکیل میشود کاملاً مشخص میباشد و سرعت و امتداد حرکت هواپیما را میتوان پیدا کرد. در اطاق ابر



ویلسون عین همین عمل نجا م و سرعت مسیر ذرات بنیادین را بدست می آورند اخیراً "روشهای مفیدتر شبیه آن کشف شده است در بعضی وسائل از مواد حساس عکاسی و در بعضی اطاق حساب استفاده میشود. در وسیله اخیر از مایعی در درجه حرارت جوش استفاده میشود. اطاق ابر ویلسون از اهمیت تاریخی برخوردار است و ساختن دستگاه بسیار ساده است که طبق دستور زیر بر راحتی میتوان ساخت.

معمولاً " هوای اطاق از بخار آب اشباع نشده است. درجه حرارت اطاق را اگر خیلی پایین بیاوریم ممکن است بجائی برسیم که در آن درجه حرارت مقدار بخار آب موجود در هوا کافی برای سیر شدن هوا باشد، این درجه حرارت را نقطه شبنم نامند. در هوای سیر شده از بخار آب تنفس نامطبوع است. در بعضی گلخانه ها هوا در حالت اشباع است. اگر جسم سردی در هوای اشباع شده قرار گیرد بخار آب بصورت مایع روی آن می نشیند. رطوبت نسبی هوای اشباع شده ۱۰۰ درصد است و ممکن است ابر که متشکل از قطرات ریز آب است تشکیل شود. اگر هوا خیلی صاف باشد ابر تشکیل نمیشود. ذراتی که بار الکتریکی داشته باشند هسته های برای تشکیل قطرات ریز آب شده ابر درست میشود.

فرض کنید یک ذره آلفا که هسته اتم هلیوم است و با رانش مثبت وارد با سرعت زیاد در هوای اشباع شده از بخار آب حرکت کند در مسیر آن یک نوار ابر تشکیل میشود که اگر آنرا با نور قوی روشن کنید مسیر ذره آلفا با چشم دیده میشود و میتوان از مسیر ذره عکس برداری نمود.

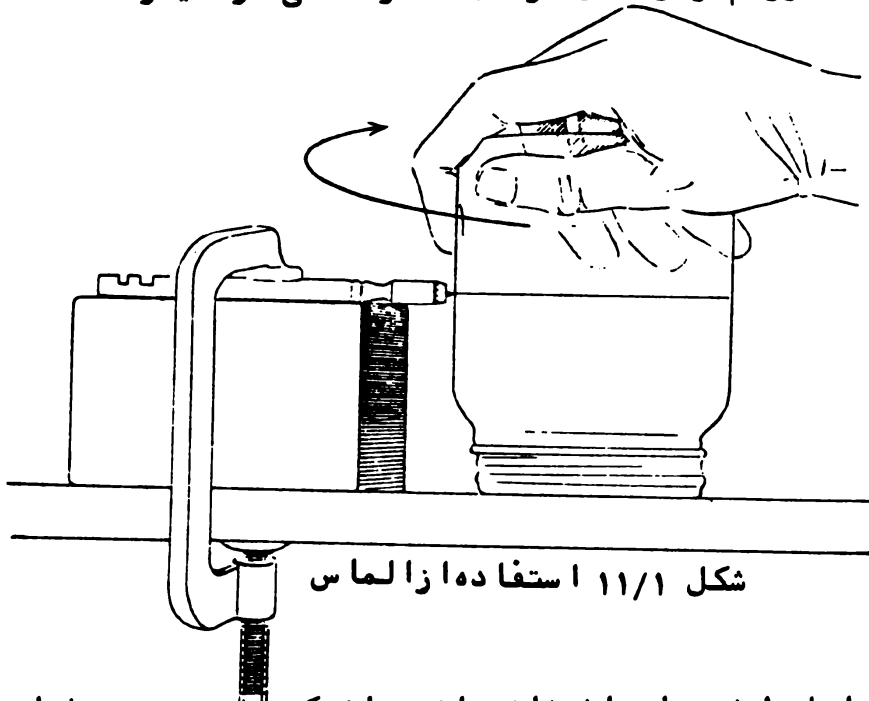
اجزاء لازم و طرز عمل دستگاه را در اینجا توضیح میدهم:

الف - یک منبع ذرات رادیواکتیو که بتواند مولکولهای هوارا یونی کند مثلاً " کمی ماده رادیواکتیو لازم است.

ب - هوا که از بخار آب سیر شده باشد. میتوان مایع مناسب دیگری مثل لکل که در ۷۸ درجه میجوشد در آب حل کنیم یا روی پارچه ریخته و هوا را از بخار لکل اشباع کنند.

ج - وسیله ای که هوا را بدرجه حرارت کمتر در نقطه شبنم برساند. میتوان از یخ خشک (انیدرید کربنیک جامد) استفاده کرد که ممکن است نتوانید تهیه کنید در اینجا از انبساط سریع هوا استفاده می کنیم خود ویلسون نیز این روش را بکار برد. در اینجا میتوان از یک

تلمبه دو چرخه که واشار سوزن آنرا معکوس بسته ایم استغاده و انبساط سریع در ظرف کوچک اطاق ایجاد کرد وقتی دسته تلمبه را با سرعت بیرون بیاوریم هوای داخل ظرف با اندازه کافی سرد میشود.



شکل ۱۱/۱ استفاده از الماس

- د - هوای داخل ظرف نباید اغتشاش داشته باشد که در نتیجه مسیر ذرات بهم میخورد که از توری استفاده کرده و مانع اغتشاش هوا در حین انبساط میشود.
- ه - هوای داخل اطاق باید کاملاً روشن باشد. یک لامپ ۶۰ شمع آنرا روشن میکند. ولی برای عکس برداری باید از نور افکن استفاده کرد.

ویلسون ساعتها متممادی برای تکمیل ظرف شیشه و پیستون فلزی برای انبساط مصرف کرد. بطوریکه توانست حجم هوای ظرف را تا میزان  $\frac{3}{4}$  افزایش دهد.

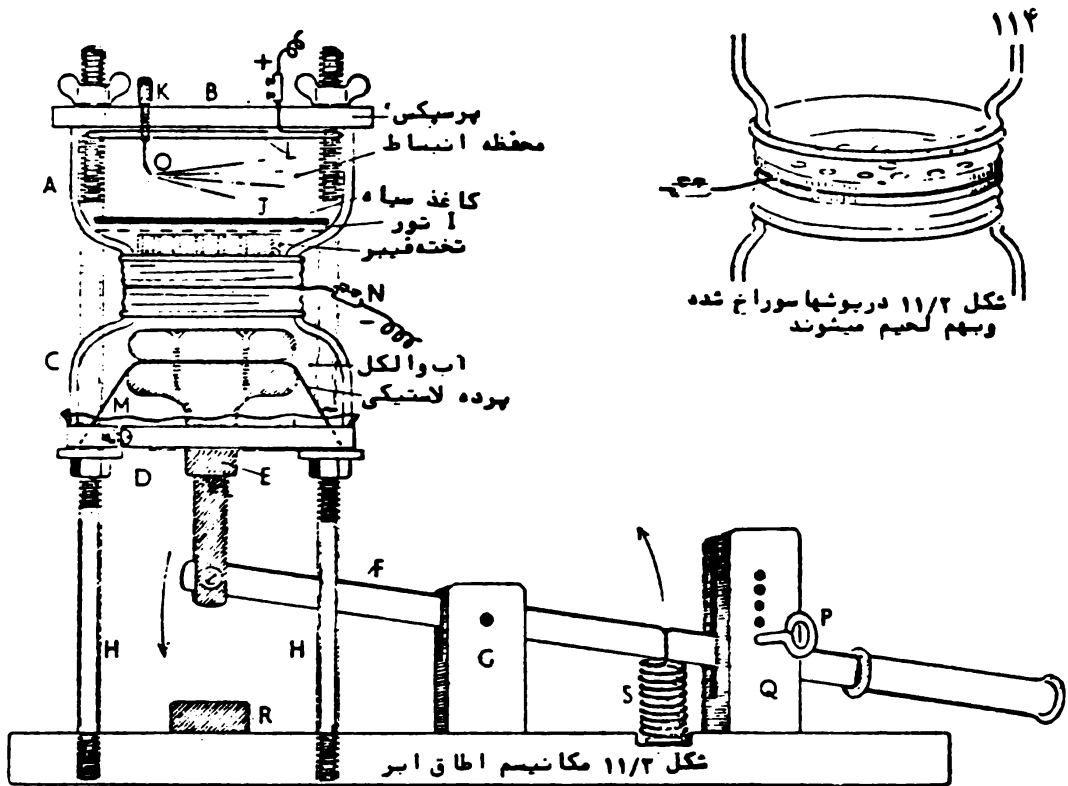
بعدها در دستگاهاها شکی که ساختند تغییراتی دادند مثلاً "در مرکز اروپائی تحقیقات هسته GERN در ژنود دستگاهاها ساختند که حجم آن یک متر مکعب و فشار هوا را تا ۱۰۰ جو بالا بردند. دستگاهاها که ما میسازیم حجمش نیم لیتر است.

تمام اجزاء را میتوان براحتی تهیه کرد که میتوان بجای آنها شبیه آنها را بکاربرد و از آنچه در دسترس است استفاده کنید. چند ظرف خالی شیشه عسل یا مربا تهیه کنید که در پوش آنها روی شیشه پیچ بشود. هرچه ظرف پهن تر باشد بهتر است. اساساً "دو ظرف لازم است و چون ممکن است در اثر بریدن خراب شوند، ظروف اضافی تهیه و استفاده کنید. طبق شکل ۱۱/۱ یک عدد الماس بالای مکعب چوبی با ارتفاع  $5/5$  سانتی متر توسط گیره ای روی میز محکم کنید. ظرف را با فشار لازم روی نوک الماس تکیه داده بچرخانید. تا خراش دایره شکل روی ظرف ایجاد شود. میتوانی از سیم نیکل کرم داغ استفاده و دوتیکه شیشه را جدا کنید. در این مرحله دقت زیادی باید بکنید کلفتی جدا ر شیشه در همه ظرفها همه جا یکسان نیست و ممکن است یکسان بریده نشود. چند ظرف ببرید و عدد از بهترین آنها را انتخاب کنید. لبه آنها را با مالش روی چرخ سنباده یا پارچه سنباده در جهت صاف کنید. لبه های تیز را صاف کنید تا روی ورقه لاستیک که میگذارد آنرا پاره نکند. ته ظرفها را بجای پشتک در آزمونهای دیگری بکار ببرید.

لبه در پوش دو ظرف را که روی هم قرار داده اید بهم لحیم کنید بطوریکه سطح آنها بهم بچسبند و هوای آنها نماند بین آنها نفوذ کند. (شکل ۱۱/۲). سوراخ ها ئی بقطر ۵ میلی متر در سطح در پوشها درست کنید. بهتر است اول سوراخ ایجاد کنید و بعد بهم لحیم کنید تا در موقع سوراخ کردن لحیم کنار در پوش سوراخ نشود.

طبق شکل ۱۱/۳ ظرف بالای  $A$  بطور معکوس قرار گرفته و یک ورقه پرسپکس  $B$  بالای آنرا میپوشاند و اطاق ابر اصلی را تشکیل میدهد. ظرف پائین  $C$  اطاق انبساط را تشکیل میدهد. یک ورقه لاستیک  $M$  با همان ضخامت لاستیک توئی چرخ موتور سیکلت پائین ظرف را بپوشانید. کنار ورقه لاستیک را روی ظرف تا کنید. البته صاف نمی ایستد ولی باید آنرا خوب به شیشه بچسبانید و یک نوار لاستیک عریض اطراف شیشه بسته و یک نوار لاستیک روی ورقه لاستیک قرار داده و با یک گیره نوار فلزی  $D$  شبیه گیره - لوله لاستیکی آنرا محکم کنید.

ورقه لاستیک را با یک پیستون  $E$  میتوان بالا و پائین برد و آن از دو قرص چوبی گرد درست شده که روی هم پیچ میشوند، ورقه لاستیک را بین دو قرص قرار دهید. دو عدد قرص چوبی را خراطی کنید. قطر آنها  $2/5$  سانتی



مترکوچکتر از قطر شیشه باشد. طبق شکل ۱۱/۳ شکافی در پائین میله‌ای که بشکل قارچ است ببرید و یک اهرم در آن شکاف لولا کنید. اهرم  $F$  یک میله از جنس محکم و تکیه‌گاه آن در نقطه  $G$  روی پایه‌ای قرار دارد. اگر بخواهید نیروی کارگر کمتر باشد می‌توانید با یک دسته لاستیکی یا چوبی طول اهرم را زیادتر کنید.

ورقه پرسپکس  $B$  در بالای دستگاه بضمامت  $0/6$  سانتی‌متر و با بعد  $10$  سانتی‌متر قرار دهید. این ورقه نباید شکستگی داشته باشد. ورقه‌کاه غذایی پرسپکس را بعد از برش و سوراخ کردن بردارید. چهار سوراخ در گوشه‌های ورقه پرسپکس بقطر  $0/8$  سانتی‌متر درست کنید که بتوان پیچ‌های  $H$  را در آن قرار داد. پیچ‌ها فولادی بطول  $30$  سانتی‌متر را از فروشگاه ابزار تهیه کنید. مهره‌های خروسی و مهره‌های معمولی و واشر برای این پیچ‌ها تهیه نمایید. بدنه دستگاه تخته‌ای بضمامت یک سانتی‌متر و با بعد  $15 \times 30$  سانتی‌متر و چهار پیچ بالا روی بدنه محکم کنید تا دو طرف شیشه را بتوان در آن قرار داد. یک ورقه فلزی یا حلقه برای پایه طرف شیشه پائین ببرید تا در ارتفاع مناسبی طرف را نگاهدارد. این ورقه را روی مهره و واشر و در ارتفاع  $5$  سانتی‌متری چهار پیچ قرار دهید. طبق

شکل ورقه پرسپکس را با چهار مهره خروسکی روی شیشه فوقانی محکم کنید. با استفاده از فنر سفت  $S$  می‌توانید پیستون را با شدت زیاد یا پائین‌بیاورید فنر پائین اهرم نصب می‌شود. مزیت مکانیکی اهرم ۲ می‌باشد. وقتی اهرم را پائین آورید با میله  $P$  در سوراخ قطعه چوبی  $Q$  آنرا ثابت کنید. اگر میله  $P$  را خارج کنید اهرم بالا می‌رود. پیستون در مدت کمی پائین آمده هوای اطاق با سرعت منبسط می‌شود. ورقه لاستیکی حتی از سطح ته ظرف شیشه پائین تر آمده با جا بجا کردن مهره‌ها روی پیچ یا سوراخ میله اهرم مقدار آنرا می‌توان تنظیم کرد. تا بهترین نتیجه در عمل بدست آید. سه اضافه با مقدار مایعی که در اطاق میریزیم حجم هوا را می‌توان تنظیم کرد یک تکه تخته فیبر بضامت  $1/5$  سانتیمتر سوراخ دار در گلوئی ظرفهای شیشه‌ای قرار دهید که حجم هوا را کم می‌کند. بالای قرص فیبری یک ورقه فلزی روی سوراخ یا تور  $I$  قرار دهید و روی آن یک ورقه کاغذ خشک کن که قبلاً "مرکب چین مالیده و خشک کرده‌اند" قرار دهید. زمینه سیاه غلیظ تهیه شده تا بهتر بتوان مسیر ذره را مشاهده کرد.

کنار فیبر و قرصهای دیگر را با سوهان شکاف بزنید تا هوا براحتی عبور کند. تور فلزی را با سیم به درپوش فلزی ظرفهای شیشه وصل کنید. وقتی پیستون بالا است مخلوطی از آب و الکل با حجم مساوی در قسمت پائین بریزید تا پر شود. فیبر الکل را بخود جذب میکند. نسبت آب و الکل هر چه باشد مهم نیست.

دو سوراخ کوچک در پرسپکس درست کنید تا بتوانید ماده را دیواکتیو را داخل ظرف قرار دهید. در سوراخ یک چوب پنبه فرو برده در چوب پنبه یک سیم قرار دهید. در نوک سیم کمی ماده را دیواکتیو بچسبانید. ممکن است یک پیچ  $K$  را در پرسپکس قرار داده و سیم را با آن متصل کنید. در سوراخ دوم یک سیم مسی عبور دهید که یک انتهای آن بشکل حلقه در زیر ورقه پرسپکس قرار دارد. سیم باید سفت بوده و اطراف آن در سوراخ کیپ باشد. با خمیر چسب اطراف آنرا بگیرید.

یک سیم  $N$  به درپوشهای ظرف شیشه وصل کنید. بین آن و سیم مسی که بحلقه منتهی شده ولتاژی برقرار کنید. هدف اینست که اطاق از قطرات باردار که قبل از انبساط ممکن است وجود داشته باشد خالی شود. از شکل  $11/3$  پیدا است که وقتی میله  $P$  را از سوراخ خارج کنیم فنر قوی  $S$  باز شده انبساط انجام می‌شود. اگر از فنر  $S$  نخواهید استفاده کنید اهرم و

پیستون با یدسبک با شدت تا بتوان با سرعت زیاد پیستون را پائین آورد و انبساطی در دو آدیباتیک صورت گرفته و درجه حرارت بمقدار زیاد تنزل پیدا کند. یک نکه لاستیک  $R$  زیر میله پیستون بگذارید تا ضربه آنرا بگیرد با یددانست مقدار کم ماده را دیواکتیو هم مضر است و با کمال احتیاط باید عمل کرد. احتمالاً نتوانید ماده خالص را دیواکتیو تهیه کنید. ماده را دیواکتیو را داخل جعبه های سربی با جدا رکلفت نگاهداری میکنند تا اشعه آن ببدن نرسد. مؤلف از ماده را دیواکتیو روی عقربه ساعت و شماره های ساعت شب نما استفاده کرد. در تمام ساعاتهای شب نما از ماده را دیواکتیو استفاده نمیشود، در بعضی یک ماده لومینسانس بکار میبرند که وقتی نور آن بتابد تا مدت ها نور پس میدهد. در بعضی مهره های تسبیح و تکه ها مقدار کمی ماده را دیواکتیو بکار برده اند که خطرناک نیست.

پس از ریختن محلول الكل کمی ماده را دیواکتیو در نوک سیسم  $K$  بچسبانید. برای اینکه داخل اطاق قطره باردار وجود نداشته باشد یک ولتاژ زیاد اعمال کنید. ولتاژ ۱۲۰ ولت لازم دارید که میتواند زیستن ۸۰ باطری کهنه بطور زنجیری استفاده کنید. چون جریان مورد احتیاج کم است باطری کهنه باشد اشکالی ندارد. میتوان از منبع تغذیه استفاده و ۳۵ ولت مستقیم را به یک پتانسیومتر داده و از آن استفاده کنید. یک مقاومت زیاد در مسیر برق قرار دهید تا ایمنی رعایت شود. قطب مثبت را به سیسم بالا و قطب منفی را به سیسم  $N$  وصل کنید. هوای داخل اطاق پاک میشود دستها هم را پائین بیاورید و میله  $P$  را فروبرید. کمی صبر کنید و بعد میله را بیرون آورید مسیر ذرات را که از نقطه  $D$  شروع میشود مشاهده کنید. اغلب دونوع مسیر مشاهده میشود یکی مسیر مستقیم مربوط به ذرات آلفا و دیگری مسیر بلند و نازک تر مربوط به ذرات بتا که پایدار ترند. در اینجا نمیتوانیم توضیح بیشتری در مورد ذرات آلفا و بتا و گاما بدهیم، دانش آموزان به کتابهای مفصل تر مراجعه نمایند.

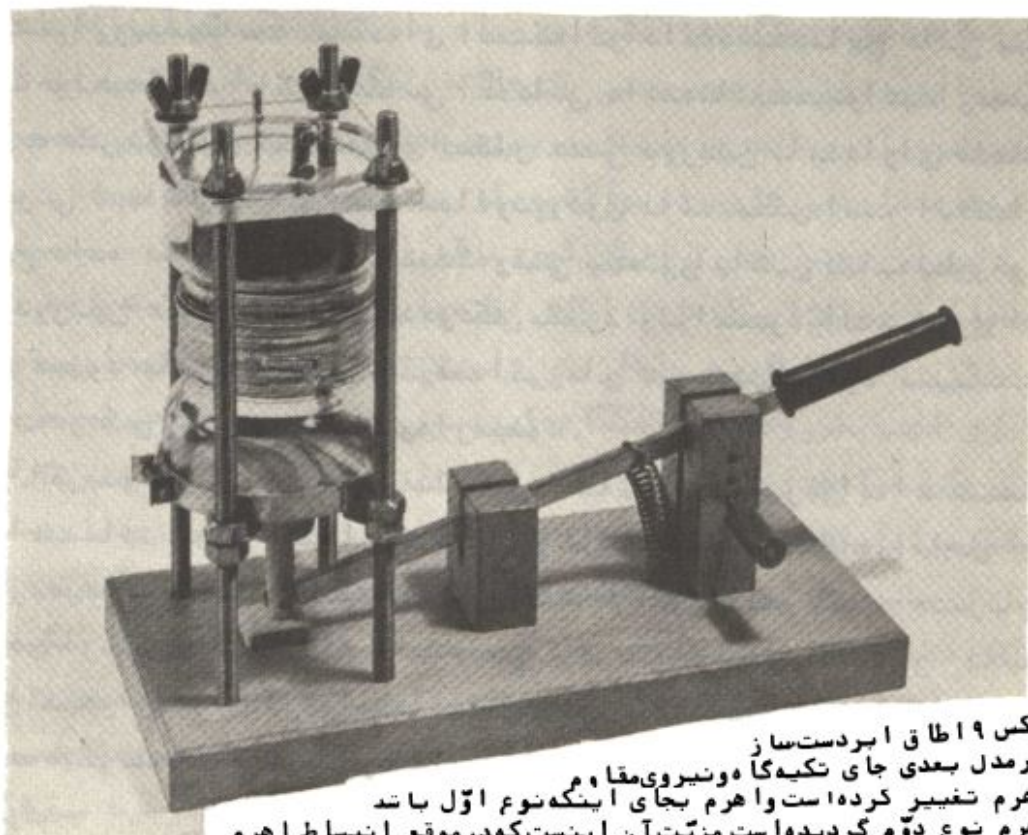
میتوانید نمک تورיום (مثلاً "هیدرواکسید تورיום") تهیه و آزمایش نمایید. تورיום وقتی تشعشع نماید بترتیب یک زنجیره ای عناصر را دیواکتیو تولید میشود که میزان تجزیه عناصر در زمانهای متفاوت ثابت است. تجزیه در مراحل مختلف انجام میشود. قبل از اینکه بمرحله آخر که تورיום  $D$  است برسد گازی با سم تورون تولید میشود که نیمه عمر آن ۵۴/۵ ثانیه

است. وقتی مقداری توریوم در ظرف پلاستیک در بسته بریزیم مقداری گاز تورون در ظرف جمع میشود. میتوان گاز را وارد اطاق برگرد. وقتی هوای اطاق را منبسط نمائید مسیر ذرات آلفا که در تمام حجم اطاق برپخش شده مشاهده میشود. بجای سیم  $K$  یک لوله لاستیکی و گیره قرار دهید و هوای محتوی تورون را همزمان با انبساط هوای اطاق وارد آن کنید.

دانش آموزانیکه به فیزیک جدید علاقه دارند. دستگاہ بالا را ساخته و آزمایش میکنند. نتایج حاصله خیلی جالب نیست ولی اطلاعاتی که به دست می آوری مهم است. مقدمه ای است که اگر ادامه دهید نتایج عالی به دست خواهید آورد. اگر از عکاسی اطلاعاتی داشته باشید میتوانید مسیر ذرات عکس برداری کنید. برای اینکار عدسی دوربین باید دارای فاصله کانونی کم باشد و نیز باید زمینه سیاه و نور قوی باشد. ممکن است ابتکار بخرج داده دستگاہی اضافه کنید که وقتی پیستون پائین بیاید بطور خود کار دوربین عکاسی بکار افتاده و عکس بگیرد زیرا مسیر ذرات فوری از بین می رود. باید سرعت عکس گرفت اگر زمان درست تنظیم شود مسیر ذرات در عکس واضح و روشن نمودار میشود.

اگر بتوانید یک میدان مغناطیسی اعمال کنید مسیر ذرات انحناء پیدا مینماید. برای اینکار یک سیم پیچ درست کنید و دستگاہ را داخل آن قرار دهید و طوری تنظیم کنید که وقتی انبساط اطاق انجام شد جریان زیادی از سیم پیچ عبور کند. البته پیچ های بلند و درپوش آهنی را باید عوض کنید و از فلزات دیگر استفاده کنید. ذرات آلفا بیک طرف و ذرات بتا بطرف دیگر منحرف میشود چون ذرات باردار در میدان مغناطیس منحرف میشوند.

اطلاعات زیادی از اطاق ابر در سالهای اخیر بدست آمده و ذرات جدیدی با جرمهای متفاوت و با سرعتهای مختلف و بار الکتریکی و اسپین جداگانه پیدا شده است. سابقاً که فکر میکردند فقط پروتون و الکترون وجود دارد که امروزه مردود و ذرات بیشماری کشف شده است. تا وقتی علت وجود این تعداد ذرات بدستی معلوم نشده است دنیای ماده ناشناخته باقی خواهد ماند.



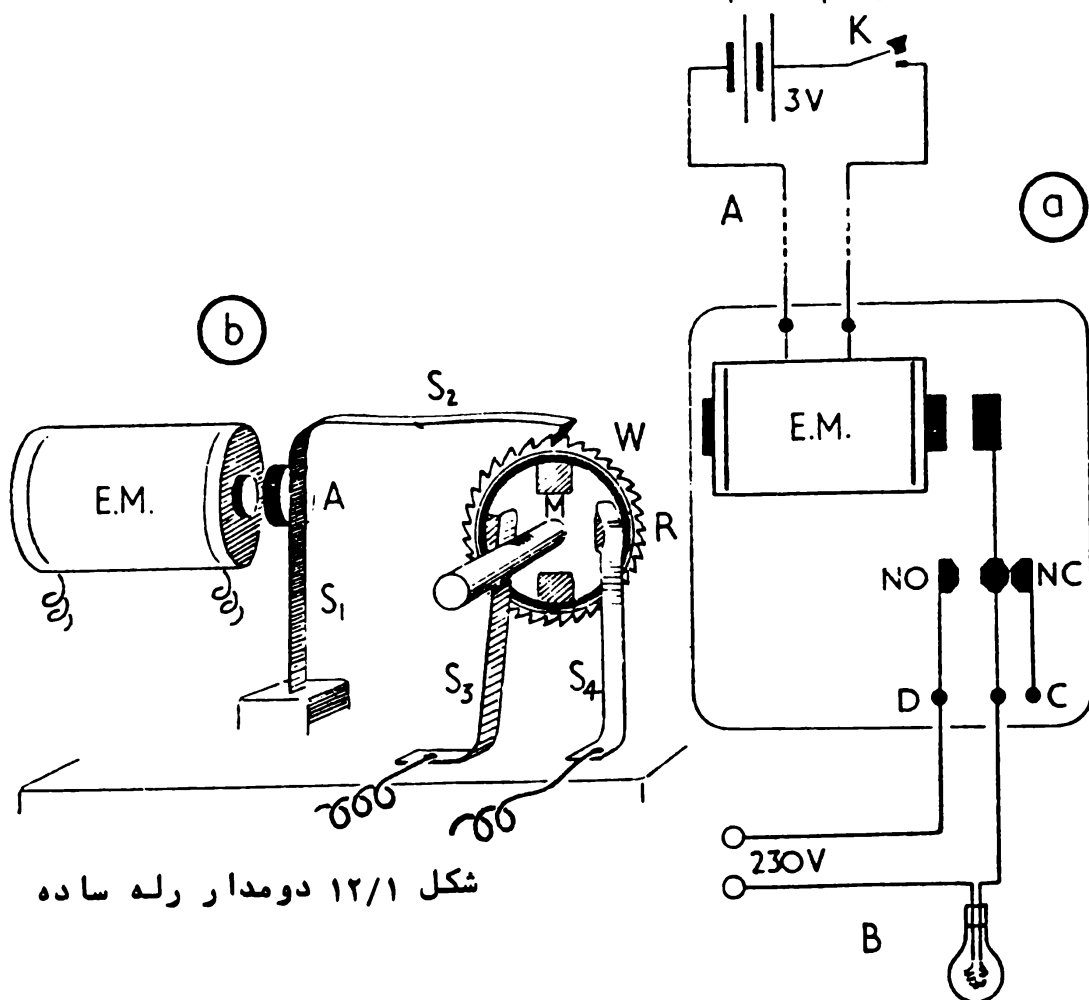
عکس ۱۹ طاق ابردست ساز  
در مدل بعدی جای تکیه گاه و نیروی مقاوم  
اهرم تغییر کرده است و اهرم بجای اینکه نوع اول باشد  
اهرم نوع دوم گردیده است مزیت آن اینست که در موقع انبساط اهرم  
را بطرف پائین فشار میدهیم و احتیاج بغنر نیست.



یکی از مسائل معمولی در برق کنترل مدار از راه دور است که به سه روش میتوان آنرا بکاربرد:

- الف- مدار رله با اتصال سیمی .
- ب - مدار رله با کنترل نوری .
- ج - مدار رله با کنترل رادیویی .

از روش اول برای کنترل مداری که مصرف برق زیادی دارد و لازم است از راه دور تنظیم شود استفاده میکنند، وقتی بععل حفاظت و ایمنی و عدم دسترسی و اتلاف انرژی در سیمهای انتقال و یا وقتی تواتر مدار اصلی زیاد باشد و نتوانیم مستقیماً "عمل کنیم بهترین راه استفاده از مدار دیگری است که بتوان کم و سالم با استفاده از رله مدار اول را کنترل نمائیم.



شکل ۱۲/۱ دو مدار رله ساده

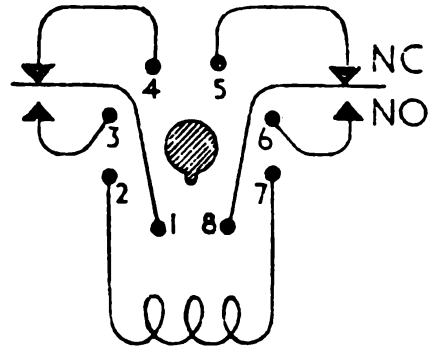
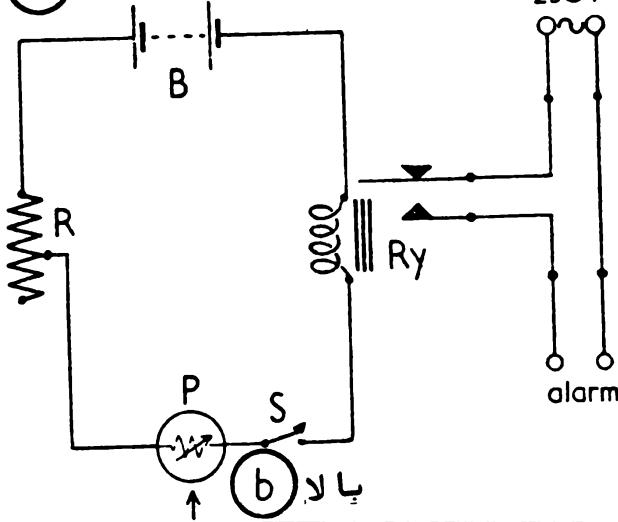
۱۲۰ بطور خیلی ساده با یکدگفت توسط یک باطری کوچک یک رله الکترو مغناطیسی را بکار انداخت و مدار را باز کرد یا بست. رله را میتوان از آهنربای الکتریکی زنگ اخبار اسقاطی یا بازر ساخت. در شکل ۱۲/۱ الف اساس آن نشان داده شده است. وقتی کلید  $K$  بسته شود، آهنربای الکتریکی  $EM$  سلاح را جذب و مدار اصلی را بسته یا باز میکند. نقاط اتصال با ایداز فلزات ضد زنگ ساخته شده باشد و بتواند ۵ آمپرو ۲۳۰ ولت را تحمل کند. از اتصال  $C$  در مدار شکل استفاده نشده است. وقتی از آهنربای الکتریکی جریان کم حدود میلی آمپر بگذرد، بکار می افتد و اتصال  $D$  برقرار و لامپ روشن میشود. اگر آهنربای الکتریکی بزرگ باشد میتواند سلاح را از فاصله ۲ یا ۳ میلیمتر جذب کند و با چند بار جذب و دفع کلیدهای مخصوص بکار می افتد (شکل ۱۲/۱ ب). کلید بعضی چراغهای رومیزی از این قبیل است.  $EM$  آهنربای الکتریکی و  $A$  سلاح آهن نرم و  $S_1$  و  $S_2$  و  $S_3$  و  $S_4$  و غیره نوارهای برنجی فنری و  $R$  چرخ دنداندار که بوسیله  $S_2$  به حرکت در می آید. روی چرخ  $W$  تکه های کوچک میکا  $M$  بوسیله نوار چسب قرار داده اند که وقتی چرخ دوران کند اتصال  $S_3$  و  $S_4$  گاهی بسته و گاهی باز میشود. نقص دستگاه اینست که اگر ولتاژ مدار دوم زیاد باشد قطع و وصل با اید سریع باشد تا جرقه کوتاه بوده و اتصالها اکسید نشود. اگر ولتاژ مدار خیلی زیاد باشد اتصالها را عایق بندی کنید تا حفاظت کامل رعایت شود.

### مدار کنترل نوری

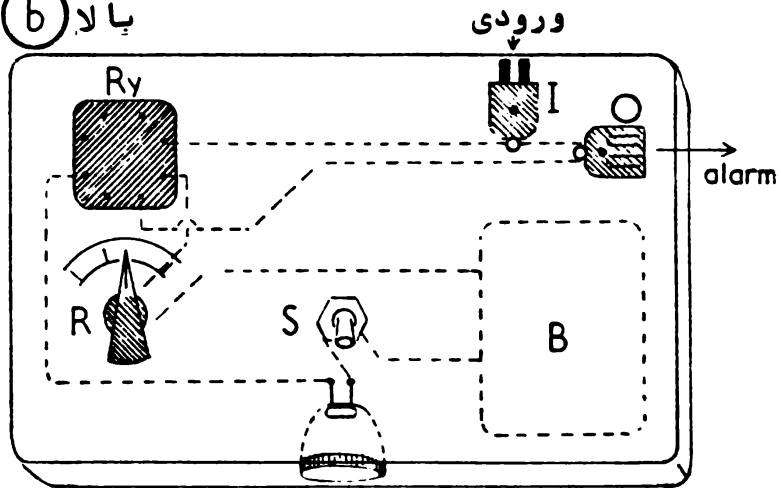
اقسام مختلف مدار ساخته شده که با نور کنترل میشود. در مدارهای دزد گیر و درهایی که بطور خودکار باز و بسته میشود از کنترل نوری استفاده میشود. رله را میتوان از سلونوئید و مواد دیگر بطور ساده ساخت ولی در مدار زیر بهتر است رله های دقیق تر بکار برود. یک نوع آن در عین حال دو مدار را همزمان بکار می اندازد. مثلاً "ممکن است با آن زنگ اخباری بکار افتد و در عین حال لامپی روشن شود. واحد را در یک پایه لامپ  $\lambda$  تا ئی از نوع پایه لامپهای رادیو قرار دهید. سیم پیچ آهنربای الکتریکی دارای - مقاومت ۱۰ کیلو اهم است با برق ۵۰ ولت جریان آن ۵ میلی آمپر است. اتصال اصلی میتواند ۲ آمپرو ۲۵۰ ولت را تحمل کند. در شکل ۱۲/۲ اتصالها را با شماره نشان داده ایم. اقسام سلولهای نوری در بازار وجود دارد

۱۲۱

شکل ۱۲/۳ مدار رله نوری ساده ۲۳۰V

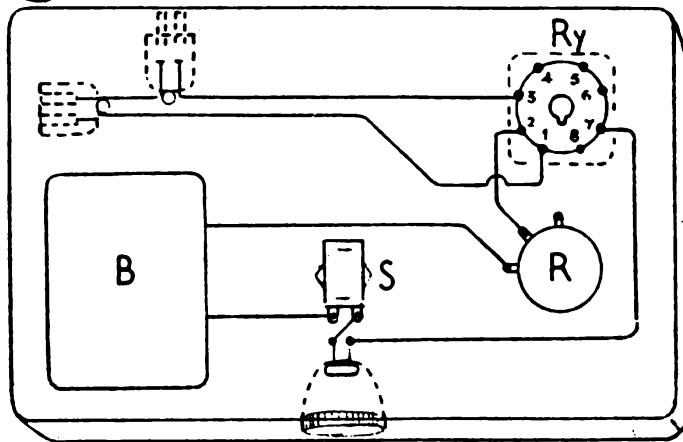


شکل ۱۲/۲ پایه رله



زیر (C)

انور ↑



نوع خوب آن حدود ۱۰ تومن و انواع ارزان تر آن حدود چند تومن فروخته میشود. بطور کلی وقتی نور به سلول بتابد مقاومت آن کاهش پیدا میکند. ترانزیستورها وقتی در مسیر اشعه حرارتی یا نور مرئی قرار گیرند مقاومتشان تغییر میکند. پس میتوان رنگ روی ترانزیستورهای شیشه‌ای قدیمی را پاک کرد و از آنها بعنوان سلول نوری استفاده کرد.

ترانزیستورهای نوری مثل  $OCPV$  دارای ضریب تقویت ۵۰ میباشند و معمولاً "دارای سه قطب میباشند. استفاده از سلولهای سولفور سلنیوم اخیراً "بسیار متداول میباشند، این سلولها دارای دو قطب هستند که حساس و ارزان میباشند. یک نمونه آن  $ORP12$  است که ساخت کارخانه مولارد میباشد. در مدار شکل ۱۲/۳ الف یک مدار ساده شامل رله و یک سلول نور سولفور کادمیوم است، سلول  $P$  و رله  $Ry$  و رئوستا  $R$  و باتری  $B$  می باشد. یک کلید  $S$  و ولتاژ ۴۵ ولت لازم است که بوسیله باتری یا ترانسفر - ماتور تاء مین میشود.

مقاومت مدار را با تغییر رئوستا تنظیم کنید (رئوستا یک مگا اهم مقاومت دارد) که با تنظیم آن نقطه کارمیزان شده و برای نوری که میتابد و لازم است تا رله را بکار اندازد تنظیم میگردد.

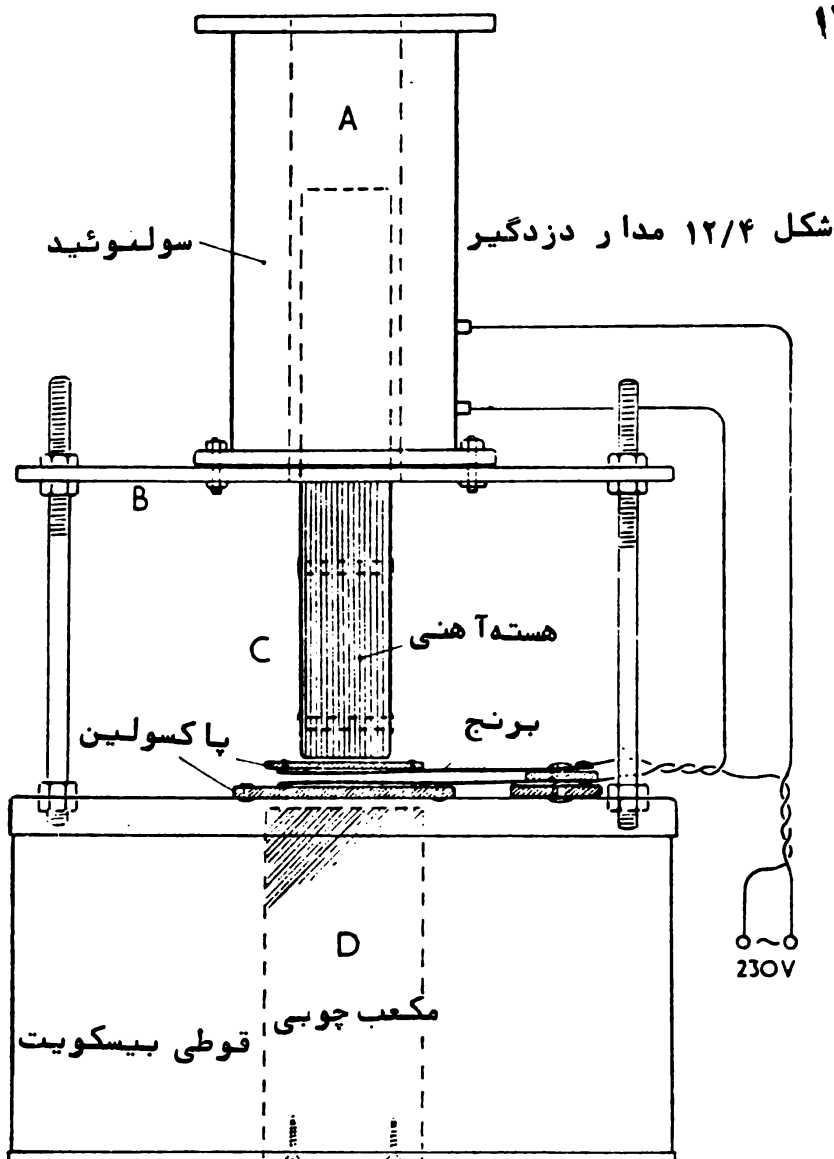
سلول را داخل یک سرپیچ لامپ قرار دهید و در سوراخی در یک جعبه محکم کنید بطوریکه نور از جلوی آن بتابد. یک پرده جلوی سوراخ قرار دهید تا وقتی لازم باشد مانع ورود نور بجعبه گردد. در شکل ۱۲/۳ ب طرح کلی دستگاره داده شده است. در بالا رله و رئوستا و کلید قطع و وصل و پریز برق قرار دارد. اتصالها ممکن است یک پریز معمولی ۵ آمپر باشد. پایه نیز روی دستگاره قرار میگیرد. اجزاء دیگر مثل باتری و رئوستا و سیمهای پایه لامپ ۸ تائی رله زیر صفحه دستگاره قرار میگیرد (شکل ۱۲/۳ ج).

خروجی ۲۳۰ ولت پایه را بیک لامپ قرمز یا زنگ اخبار وصل کنید. سلول را با نور قوی روشن نمائید تا زنگ بکار افتد. مقاومت  $R$  را زیاد کنید تا جاییکه رله بکار افتاده و زنگ از کار بیافتد. درجه عقربه مقاومت را یادداشت کنید. نور وارده بر روی سلول را کم کنید و دست خود را جلوی لامپ بگیرید. زنگ از کار میافتد. وقتی دوباره نور بدهید رله باز بکار میافتد و زنگ بصدا در میآید. اگر دستگاره از کار نیافتد ممکن است نور چراغ قرمز روی سلول میتابد.

مقاومت سلول در مقابل نور کافی ۱۰۰ اهم است و در تاریکی مقاومت آن ده میلیون اهم می‌باشد. پس اگر مدار هم بسته باشد جریان ۰/۰۰۵ میلی آمپر بیشتر نخواهد بود. دقت کنید بیش تر از حد مجاز رله، برق از آن عبور نکند. اگر احتیاج به شدت جریان بیشتری دارید از رله قوی‌تر استفاده کنید. رله‌هایی می‌توان ساخت که بتواند ۱۴ آمپر تحمل کند و با شدت جریان ۲ آمپر بکار افتد. در دستگاه دزدگیر که بعداً توضیح می‌دهیم از این نوع رله استفاده می‌شود.

### دستگاه دزدگیر

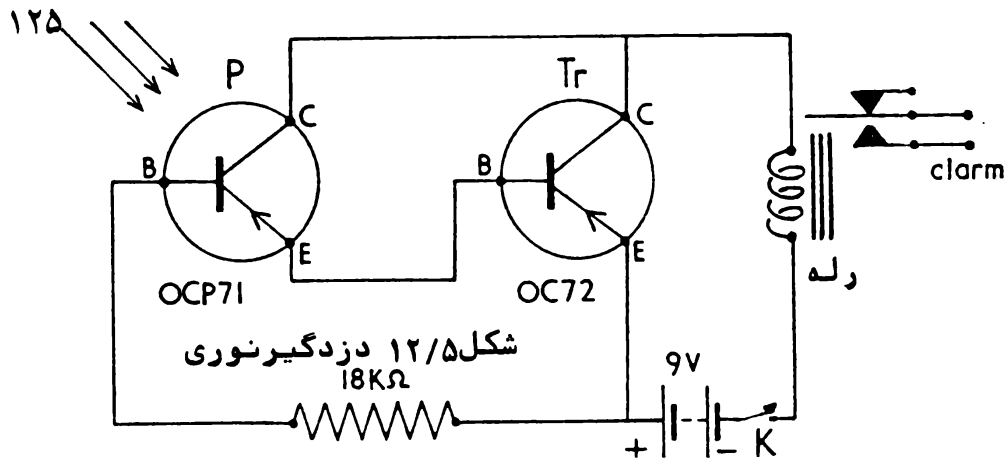
مؤلف کتاب از سولفوئید کاکارخانه رینولدز استفاده ور لسه این دستگاه را ساخت. بسادگی نیز می‌توان سولفوئیدی ساخت و بکاربرد (شکل ۱۲/۴) که با برق شهر بکار می‌آید که حجم آن نسبتاً زیاد است. می‌توان آن را ظرفیت ساخت و با برق ۱۲ ولت بکار انداخت. سولفوئید A دارای ۸۰۰ دورسیم شماره ۲۲ (بقطر ۰/۶ میلیمتر) است که روی لوله‌ای بقطر ۴ سانتیمتر و طول ۱۴ سانتیمتر پیچیده و آن را روی تخته سه لائی B پیچ کرده‌اند. تخته با اندازه درپوش یک قوطی بیسکویت ۱/۵ کیلوئی است. طبق شکل درپوش را بوسیله چهار پیچ بطول ۱۵ سانتیمتر و قطر ۰/۸ سانتی‌متر به تخته محکم کنید. هسته آهنی C از ورقه‌های آهنی درست شده که بهم‌پرچ شده‌اند و یک مکعب مستطیل بابعاد ۱۹×۴×۴ سانتیمتر بوزن ۱/۵ کیلوگرم تشکیل داده‌اند. یک تیکه پلاستیک بشکل مربع بابعاد ۱۰ سانتیمتر در وسط درپوش پرچ کنید تا فشاری که در اثر افتادن هسته آهنی وارد می‌شود پخش شود. بالای مربع عایق یک کلید ساده از دونوار ۱/۵ سانتیمتری برنجی نصب کنید. روی نصف طول دونوار از همان پلاستیک پرچ کنید. سردوسیم را به دونوار لحیم کنید. بتوسط عایق‌های دیگر دونوار را از درپوش فلزی عایق کنید. داخل قوطی یک قطعه چوب D طوری قرار دهید که وقتی هسته پائین می‌افتد روی آن قرار گیرد. وقتی جریان برق شهر از سولفوئید بگذرد آهن ربا شده هسته را جذب و بالا می‌برد کلید قطع می‌شود و وقتی جریان قطع شود هسته پائین می‌افتد و عمل تکرار می‌شود. ممکن است دستگاه منظم کار نکند. و هسته از طرف بالا به بیرون پرتاب شود. پس لازمست مانعی در بالای سولفوئید قرار دهید تا نگذاردهسته خارج شود. اگر یک قوطی دیگر بطور



معکوس روی سولفوئید قرار داده و پیچ کنید. بطوریکه ته قوطی مانع خروج هسته شود. وقتی هسته بآن برخورد کند صدا تولید می شود. یک خازن بین دو سر کلید قطع و وصل قرار دهید تا جرقه کمتر شود. چون مقاومت سولفوئید زیاد است، استفاده از فیوز ۱۳ آمپر کافی می باشد، سیم های اتصال حتما "باید عایق داشته باشند تا خطری پیش نیاید.

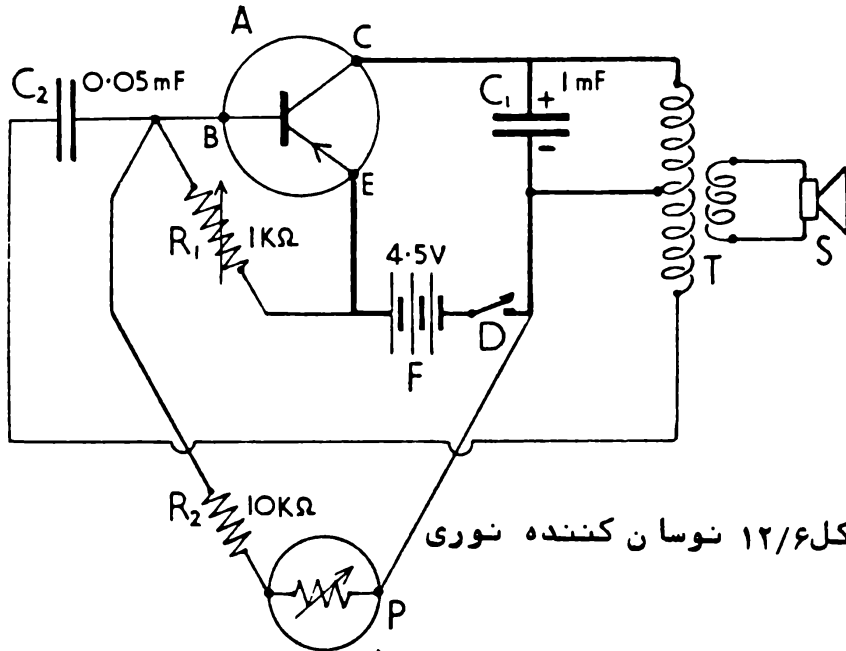
دستگاه های دزدگیر ترانزیستوری

یک مدار ساده جهت استفاده از رله (ولتاژ لازم خیلی از ۴۵ ولت کمتر می باشد) با ترانزیستور PNP (OCY۲) بعنوان یک تقویت کننده



طبق شکل ۱۲/۵ طرح کرده ایم که خیلی ارزان و در عین حال حساس است. مقاومت سلول  $P$  وقتی نور بآن بتا بدکم میشود، جریان پایه ترانزیستور زیاد و در نتیجه جریان کلکتور خیلی زیاد تر شده و رله بکار می افتد. جزئیات دستگا ه را بخودتان واگذار میکنیم.

حجم تمام مدار خیلی کم و میتوانید دستگا ه را روی یک تکه مقوا با بعد ۴ سانتی متر سوار کنید. مدار از نوع نوسان کننده و وقتی نور به سلول بتا بد مدار از کار می افتد. شکل ۱۲/۶ یک مدار نوسان کننده است که بلندگوی  $S$  را بکار می اندازد.  $T$  یک ترانسفرماتور پوش پول صوتی است که اولیه آن اتصال وسط دارد. ثانویه ترانسفرماتور دارای مقاومت  $3/0$  اهم و مقاومت بلندگو نیز کم است. در شکل ۱۲/۶ خط پر مدار را مورد توجه قرار دهید که شامل قسمتی از اولیه ترانسفرماتور و خازن یک میکرو فاراد میباشد که یک مدار نوسان کننده است و توسط باتری  $F$  تغذیه میشود و بین کلکتور و امیتور ترانزیستور وصل شده است. بقیه اولیه ترانسفرماتور تغذیه برگشت است که نوسانات را به پایه ترانزیستور  $A$  داده و نوسانات را پدیدار میکند. به مداری که از خطوط مایل تشکیل شده دقت کنید. این مدار شامل مقاومت و سلول است که به باتری وصل میشود. مقاومت ده کیلو اهم از عبور جریان زیاد در ترانزیستور جلوگیری میکند زیرا مقاومت  $P$  وقتی بآن نور بتا بد خیلی کم میشود. وقتی مقاومت سلول کم شود جریان پایه زیاد و نقطه  $B$  نسبت به  $E$  منفی تر میشود و مدار تقویت کننده بکار می افتد. در نتیجه وقتی نور به سلول بتا بد نوسانات شروع و در تاریکی نوسانات قطع میشود.



شکل ۱۲/۶ نوسان کننده نوری

در مدارهایی که خیلی معمول است وقتی نور به سلول بتا بدستگاه از کار می افتد و وقتی اشعه نورانی که بدستگاه می تابد قطع شود دستگاه بکار می افتد که در مواردی مثل باز کردن در ورودی محل هایی مثل فروشگاه بکار می افتد یا زنگ اخباری بصدادر می آید و اگر تغییر کوچکی در مدار داده شود مدار بعکس عمل میکند.

صورت اجزاء مصرف شده در مدار شکل ۱۲/۶ بشرح زیر است :

A ترانزیستور OCVT با ضریب تقویت ۷۰ و حداکثر جریان ۲۵۰ میلی

آمپرو B پایه و C کلکتور و E امیتور است .

F باطری ۴/۵ ولت است که با گیره D آنرا میتوان قطع کرد .

C<sub>1</sub> خازن الکترولیت کوچک یک میکرو فاراد .

C<sub>2</sub> خازن ۰/۰۵ میکرو فاراد .

R<sub>1</sub> ولوم یک کیلو اهم .

R<sub>2</sub> مقاومت ده هزار اهم .

S بلندگوی کوچک ۳ اهمی .

T ترانسفرما تورپوش پول که سیم پیچ اولیه آن دارای سیم وسط و

خروجی ۰/۳ اهم مقاومت دارد .

P سلول نوری



تمام دستگاها را در جعبه کوچکی از جنس پلاستیک میتوانید قرار دهید .  
 $A$  و سلول  $P$  را در پایه های کوچک پلاستیک قرار دهید و احتیاج به لحیم کردن  
 ندارد . سلول را در انتهای سوراخی داخل چوب پنبه قرار دهید . داخل سوراخ  
 را رنگ سیاه بزنید تا فقط نوری که از یک منبع خاص به سلول میتابد دستگاه  
 را بکار اندازد . ولوم  $R$  را تنظیم کنید و نقطه کار را با شدت نور موجود  
 میزان نمایید .

نور با شدتهای مختلف بکار برید و از صافی های رنگی استفاده و  
 آزمایش را تکرار کنید . ضمن امتحان مدارهای شامل سلولهای نور پی  
 میبرید با استفاده از این مدارها امکانات زیادی وجود دارد و استفاده  
 های متعددی میتوان کرد . از این مدارها در دستگاههای خودکار در صنایع  
 برای تنظیم و کنترل محصولات و شمارش آنها استفاده میشود و محصول معیوب  
 بسرعت جدا میگردد . با استفاده از رله ، شبها چراغهای معابر را روشن  
 و روزها خاموش میکنند . موتورها را در بعضی دستگاهها بکار انداخته یا  
 متوقف مینمایند . و نیز با استفاده از امواج رادیویی از راه دور میتوان  
 دستگاههایی را بحرکت درآورد و فرمان داد .

امروزه از مدارهای چاپی زیبا استفاده میشود . یک ورقه عایق را با لایه  
 مس پوشانیده مدار را روی آن چاپ میکنند . استفاده از مدارهای چاپی  
 خیلی راحت تر و ساده تر از سیم کشی و دستگاههای پر حجم قدیم است .

رله های کوچک و ظریف و موتورهای ظریف ساخته شده که در هواپیماها و  
 کشتیهای مدل مصرف میشود در جا ئیکه با یدوزن کمتر باشد بجای رله میتواند  
 ترانزیستور بکار برد و موتور را کنترل کرد . با امواج رادیویی نیز مدار  
 هایی را بکار میماندازند که از حوصله این کتاب خارج است . اگر علاقه  
 دارید به کتابهای پیشرفته تر مراجعه نمایید .

تذکر می دهیم برای ساختن فرستنده ها اجازه کتبی لازم دارید .

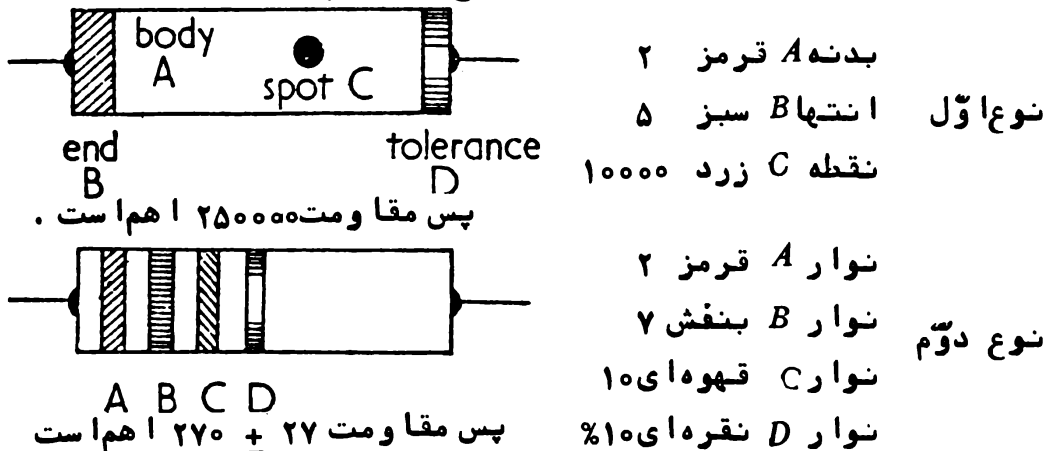
ضمیمه - شناختن مقدار مقاومتها

مقدار مقاومت را با رنگ روی مقاومت مشخص میکنند. ممکن است حجم مقاومت کم و مقدار مقاومت آن زیاد باشد. و با اضافه کردن مقاومت با عدد روی آن نوشته شود. ممکنست بزودی پاک شود، ولی نوار رنگ چون پایدارتر است از آن بیشتر استفاده میشود. البته در اثر حرارت امکان تغییر رنگ وجود دارد که در آن صورت قهوه‌ای میشود.

به دو ترتیب از رنگ معمولاً استفاده میشود یکی اینست که رنگ اول رنگ بدنه دوم رنگ انتها و سوم رنگ نقطه است، دوم اینکه رنگها را به صورت نوار روی بدنه چاپ میکنند که نوار اول به انتها نزدیک تر است. رنگ اول مشخص عدد اول رنگ دوم مشخص عدد دوم و رنگ سوم مشخص تعداد صفرها است، اگر رنگ چهارمی وجود داشته باشد مشخص تقریب مقدار مقاومت است که اگر طائلی باشد خطا ۵ درصد و اگر نقره‌ای باشد ۱۰ درصد و بیرنگ خطا ۲۰ درصد است.

اعداد مربوط به رنگها به ترتیب زیر است :

سیاه = صفر و قهوه‌ای = یک و قرمز = دو و نارنجی = سه و زرد = چهار و سبز = پنج و آبی = شش و بنفش = هفت و خاکستری = هشت و سفید = نه است. همانطور که ملاحظه میکنید از قرمز تا بنفش ترتیب رنگها همان طیف نور سفید است که به سهولت میتوانید در حافظه نگا دارید. قهوه‌ای نزدیک قرمز و چون قهوه‌ای مخلوط سیاه و قرمز است سیاه جلوتر از قهوه‌ای قرار میگیرد در طرف دیگر که سفید مقابل سیاه قرار گرفته و قبل از آن خاکستری واقع شده است. با چند مثال مطلب را بیشتر توضیح میدهم:

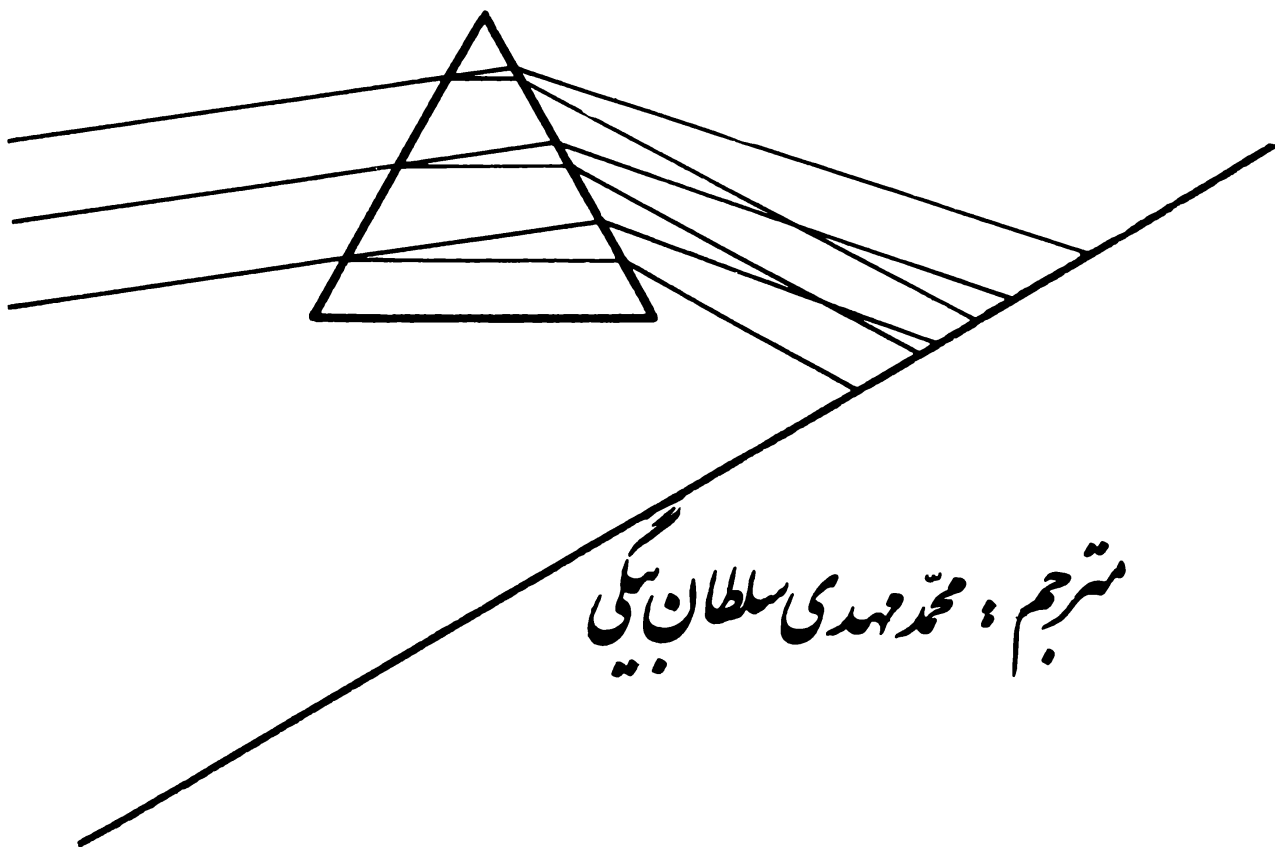


PHYSICS PROJECTS

A • D • BULMAN

۲

سرگرمیهای فیزیک



مترجم: محمد مهدی سلطان‌یگی



## بسمه تعالی

### مقدمه مترجم

اکنون که کشور عزیز ما در حال سازندگی است، انتظار می‌رود جوانان کشور ما هرچه بیشتر با مطالعه کتاب‌های نظیر کتاب حاضر و ساختن و کسب مهارت‌های لازم که در این کتاب توصیه شده است، خود را آماده کنند که در جهت خودکفایی مملکت قدم‌های مؤثری بردارند.

کتاب حاضر ترجمه کتاب *Physics Projects* تالیف

*A.D. Bulman* است. در این کتاب دستور ساختن چند وسیله فیزیکی

بسیار ساده‌ترین امکانات داده شده و آزمایش‌هایی که می‌توان با آن وسایل انجام داد تشریح شده است. مؤلف دو کتاب دیگر در همین زمینه تالیف کرده است که امیدوارم بزودی ترجمه و در اختیار علاقمندان قرار گیرد.

با اینکه سعی فراوان شده تا این اثر خالی از غلط‌های چاپی باشد، ممکن است خوانندگان گرامی بمواردی برخورد کنند که تقاضای اطلاع دهند تا در چاپ‌های بعد اصلاح گردد.

توفیق همگان را از خداوند بزرگ مسئلت دارم.

مترجم

## مقدمه موء لف

جوانان علاقه مند به علم فیزیک عملی با استقبال از دو کتاب قبلی که در مورد آزمایشهای فیزیک و ساختن وسایل بعمل آوردند معلوم شد که زیاده استفاده کرده اند. در نتیجه وادار شدیم کتاب حاضر را تهیه و تقدیم دوستداران فیزیک عملی نمایم. چون سالها سابقه تدریس در دبیرستانها دارم، میدانم بیشتر دانش آموزان از ساختن وسایل فیزیکی و مکانیکی لذت میبرند و به رسم فنی علاقه و بعداً "بکارهای مهندسی اشتغال پیدا کرده و صنعت کشور را همانها اداره مینمایند.

روش دانش فیزیک تجربی است، البته از ریاضیات باید در فیزیک استفاده نمود، تا بتوان آنرا دانش بحساب آورد. در قسمتی از کتاب مباحثی از نمودار و منحنی آورده ایم تا ارتباط نزدیک بین فیزیک و ریاضیات را ضمن ارائه چند روش ساده نشان داده باشیم در دو کتاب قبلی بیشتر جنبه های کیفی و در مورد کتاب فعلی جنبه کمی را مورد توجه قرار داده ایم. تعداد آزمایشهایی که میتوان از بین آنها چند آزمایش انتخاب کرد بسیار زیاد است. در کتابهای موجود فیزیک عملی، تعداد زیادی آزمایش ذکر شده است. بنظر میرسد بین مطالب کتاب حاضر ارتباطی وجود ندارد، سعی کرده ایم فصول کتاب را طوری تنظیم کنیم که با ترتیب مطالب ریاضیات و فیزیک در کتابهای دبیرستانها هماهنگ باشد.

کتاب حاضر یک کتاب درسی نیست ولی امیدوارم دانش آموزان با مطالعه این کتاب ضمن ساختن وسایل و انجام آزمایشها بتوانند مطالب کلاسی را فراگیرند.

از همسر مودانش آموزان دبیرستان که در تنظیم کتاب کمک قابل توجه کرده اند و بخصوص از ناشر کتاب بخاطر زحمات زیادی که در مراحل مختلف چاپ و نشر آن متحمل شده اند تشکر میکنم.

موء لف

## فهرست مطالب

- ۱- کشش سطحی و پدیده لایه سطحی
- ۲- فشارسنج فلزی
- ۳- مدل کوچک تونل باد
- ۴- تولید برق با فشار ربلور
- ۵- موتور القائی با دوسولنوئید
- ۶- موش الکتریکی
- ۷- طیف‌نما
- ۸- نمودار خط مستقیم
- ۹- چندمقطع مخروطی
- ۱۰- منحنی های حلزونی
- ۱۱- ارتعاش حلقه فلزی
- ۱۲- چند طرح دیگر

## ۱- کشش سطحی و پدیده لایه سطحی

وقتی بچه بودید شاید حباب صابون درست کرده و با آن بازی میکردید لذا تصور میکنید بحث فعلی کودکا نه باشد. کشش سطحی یک خاصیت مهم مایعات است و با صرف نظر کردن از آن اشتباه بزرگی مرتکب شده ایم. سطح مایع که فصل مشترک مایع و بخار است خواص عجیبی دارد. در این مبحث بدون اینکه به بررسی شیمیائی مولکولهای لایه سطح بپردازیم لایه سطحی را مطالعه و با انجام آزمایشهای چند متوجه میشویم خواص لایه سطح مایع خیلی قابل توجه است.

درفیزیک قدیم زاین پدیده زیاد بحث شده است. Plateau و Clerk Maxwell و پیشگامان دیگر مسلم فیزیک مثل Lords Kelvin و Rayleigh در این باره مطالعه کرده اند. و فعلاً در عصراتم نباید تصور کرد با تحقیق در این پدیده مطالب تازه ای کشف نمیشود. در سال ۱۸۸۹ Professor C. V. Boys در انجمن علوم سخنرانی تحت عنوان "حباب صابون و نیروهای کشش سطحی" ایراد کرد که بصورت کتابی چاپ شده و میتوانید تهیه کرده مطالعه کنید.

با مشاهدات ساده معمولی خیال میکردند در سطح آزاد مایع پوسته نازکی وجود دارد. پدیده کشش سطحی در نتیجه جاذبه بین مولکولها در سطح مایع است که با جاذبه بین مولکولها داخل مایع فرق دارد. فاصله بین مولکولها در بخار و هوا نسبت به فاصله مولکولها در مایع خیلی زیادتر است. بنا بر این نیروی جاذبه بین مولکولها در بخار خیلی کم و در مایع خیلی زیادتر است. مولکولهای ظرف محتوی مایع که جاذبه است نیز به هم دیگر نزدیک و نیروی جاذبه بین مولکولی آنها نیز زیاد است و نیروی جاذبه بین مولکول ظرف و مایع باعث میشود سطح مایع در مجاورت ظرف منحنی باشد. Professeur Boys تشابه بین شکل قطره آب در انتهای لوله باریک و بادکنکی لاستیکی که روی حلقه قرار داده و بتدریج پرازاب میکند، خاطر نشان میکند. تفاوت آنها در اینست که با ازدیاد فشار سطح بادکنک زیاد میشود ولی کشش سطحی در قطره آب ثابت میماند. در اینجا قبل از اینکه بحث را ادامه دهیم باید دقیقاً "بدانیم کشش سطحی چیست."



اگر بتوا نیم یک برش بطول یک سانتیمتر در سطح درست کنیم. دو طرف برش با دون نیروی مخالف عمود بر برش از هم دور میشوند این نیرو را کشش سطحی نامند. ضریب کشش سطحی آب در درجه حرارت معمولی برابر  $75 \times 10^{-3}$  نیوتون بر متر است. اگر سطح آب پاک نبوده و بچربی آلوده باشد کشش سطحی خیلی کمتر است و برای اندازه گیری کشش سطحی و ساثل آزمایش باید خیلی پاک باشد. ضریب کشش سطحی آب صابون بمراتب کمتر از آب خالص است ولی دوام حباب آب صابون بواسطه کشش سطحی نیست و بعوامل دیگر بستگی دارد. مثلاً "در سطح محلول تعداد بیشتری مولکول صابون وجود دارد."

بطور خلاصه چند پدیده مربوط به کشش سطحی را در اینجا ذکر می‌کنیم:

الف - سوزن و تیغ صورت تراشی که از آب سنگین تر است در سطح آب ممکن است شناور شوند.

ب - شکل قطره‌های حیوه روی شیشه (یا قطره آب روی سطح آلوده بچربی یا گردوغبار) کروی و بضریب کشش سطحی و وزن آن بستگی دارد (بشکل ۱/۱ الف مراجعه نماید).

ج - سطح مایع مجاور جدا ر ظرف منحنی است که بعلت جا ذبسه بین مولکول مایع و مولکول جدا ر ظرف است.

د - در لوله‌های موئین مایع بالا میرود در شکافهای نازک نیز مایع بعلت کشش سطحی بالا میرود.

ه - کاغذ خشک کن مرکب را جذب میکند و نفت در فتیله چراغ بالا میرود و یکی ز عوامل بالا رفتن شیره گیاهان نیز کشش سطحی است.

در اینجا چند آزمایش ساده را شرح میدهم که میتوانید عمل کنید:

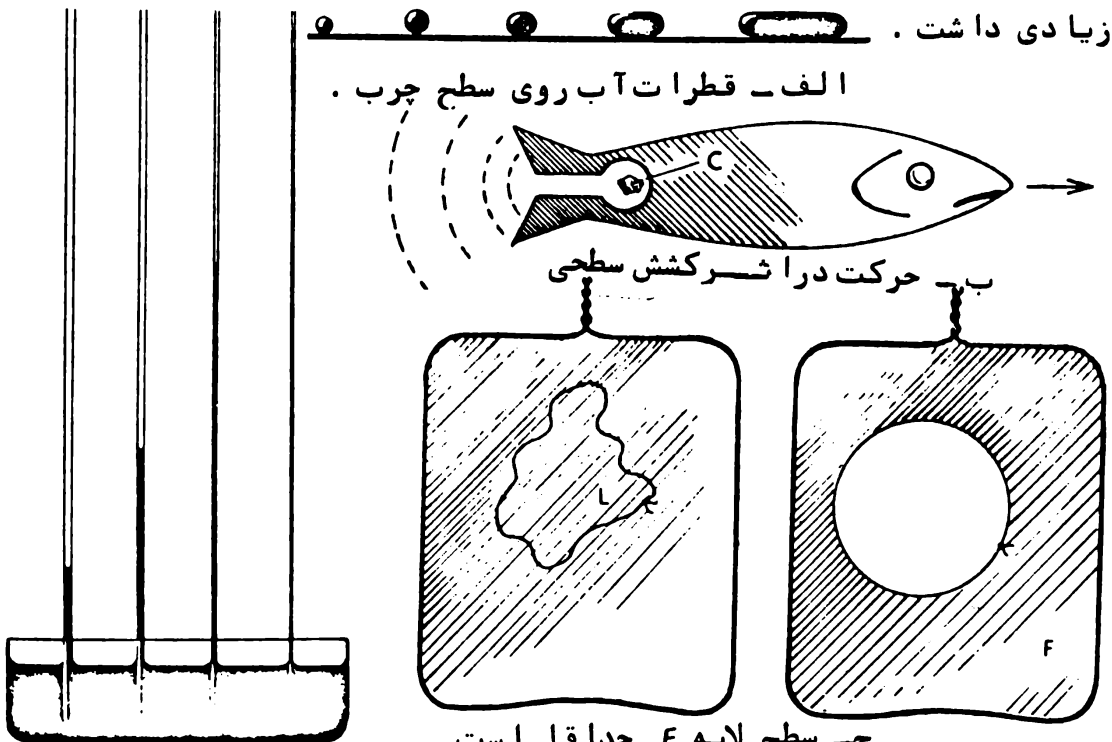
آزمایش ۱ - در بشقابی برونک سفید بععمق ۳ میلی‌متر آب رنگین بریزید (آب و چند قطره جوهر یا مرکب) در وسط ظرف چند قطره الکل بکمک سیسم بریزید، کشش سطحی در وسط ظرف کم میشود و چون کشش سطحی در اطراف زیاد است، مایع بکنار ظرف میرود وسط ظرف خالی و تقریباً "خشک" میشود.

آزمایش ۲ - طبق شکل ۱/۱ ب از کاغذ چند قطعه بشکل ماهی ببرید و در سطح آب بگذارید در نقطه C دم ماهی یک تیکه کاغذ قرار دهید. ماهی شروع به حرکت میکند، کشش سطحی در عقب دم ماهی کم شده. یک لایه تک مولکولی از کاغذ در آب حل میشود در سطح آب تشکیل میشود در نتیجه کشش سطحی آب

که بیشتر است ما هی را بسمت جلو میراند .

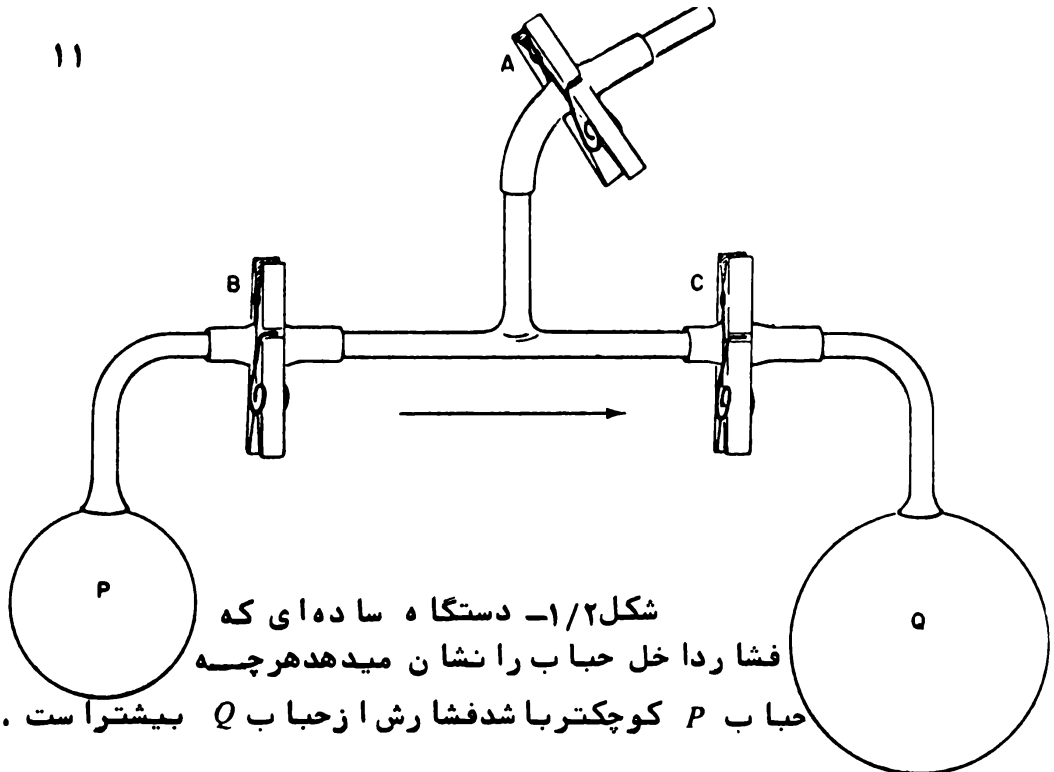
آزمایش ۳ - یک لوله شیشه‌ای زو وسط در چراغ گازی بگیرد تا نرم شود و از دو طرف آن را بکشید و لوله موئین بسازید . لوله موئین را در آب رنگین فرو برید آب در لوله تا ارتفاع معینی بالا می‌رود و هر چه لوله باریکتر باشد ارتفاع آب در لوله بیشتر است (به شکل ۱/۱ د مراجعه شود) .

آزمایش ۴ - در آزمایش‌های با حباب صابون محلول باید طوری باشد که حباب هر چه قدر ممکن است بیشتر دوام داشته باشد یا مایع ظرف‌شوئی حباب‌های خوب می‌توان تهیه کرد که نور را برنگ‌های قوس قزح تجزیه می‌کند Boys و Plateau از فرمول زیر استفاده می‌کردند و حباب آن دوام



د - لوله موئین . شکل ۱/۱ چند پدیده کشش سطحی .

در یک بطری تا  $\frac{1}{4}$  حجم آن آب باران یا آب مقطر ریخته و  $\frac{1}{4}$  وزن آب اولئات سدیم (صابون دست‌شوئی یا مایع ظرف‌شوئی نیز می‌توان بکار برد) با آن اضافه کنید و وقتی کاملاً حل شد بقیه حجم بطری را با گلیسرین پر کنید سپس آنرا خوب بهم بزنید و یک هفته بگذارید در محل تاریکی بماند . به کمک سیفون مایع زیر کف را جدا کنید و چهار قطره آمونیاک غلیظ در هر لیتر



شکل ۱/۲ - دستگاه ساده‌ای که فشار داخل حباب را نشان می‌دهد هر چه

حباب P کوچکتر باشد فشارش از حباب Q بیشتر است .

به آن اضافه کنید. مقداری از محلول که لازم دارید برداشته و استفاده کنید زیرا بقیه محلول مصرف نشده که از آن باقیمانده نباید روی محلول اولیه بریزید که تمام محلول آلوده میشود. آنرا گرم نکنید یا با کاغذ صافی صاف نکنید که خراب میشود. زیرا رشته مولکولها که دنبال هم به صورت نخ قرار گرفته اند خراب میشود.

اگر با لوله‌ای که یک طرف آن بصورت قیف کوچکی باشد حباب صابون درست کنیم، بسادگی میتوان نشان داد فشار هوا داخل حباب بیشتر از فشار جو است و برای اینکه هوا خارج نشود با انگشت طرف با لوله را باید بست و اگر انگشت را برداریم هوا خارج میشود و قطر لوله شیشه‌ای گریزید باشد به این ترتیب میتوان شعله شمعی را خاموش کرد. فشار اضافی داخل حباب به علت کشش سطحی است.

آزمایش ۵ - با کمی مهارت در شیشه‌گری میتوان لوله‌ای بشکل T درست کنید. برای اینکه رتکه کوچکی لوله مستقیم انتخاب با انگشت یک طرف آنرا مسدود وسط آنرا در شعله بگیرید و در طرف دیگر بدمید. سوراخی در لوله ایجاد میشود. لوله دیگر گرفته یک طرف آنرا در شعله بگیرید تا نرم شود آنرا روی لوله اول طرف سوراخ بجسباید و حرارت دهید تا خوب بجسبد و

لوله بشکل  $T$  درست شود. اتصال را بحرارت قرمز بوده و کم سرد کنید تا بزودی نشکند و استحکام کافی داشته باشد.

طبق شکل ۱/۲ با استفاده از دوله خمیده شیشه‌ای و لوله لاستیکی و سه گیره  $A$  و  $B$  و  $C$  دستگای درست کنید، دو حباب  $P$  و  $Q$  در دو طرف قیف دار درست کنید. وقتی گیره  $B$  و  $C$  را برداریم با کمال تعجب مشاهده میکنید حباب کوچکتر با زهم کوچکتر شده و حباب بزرگتر با زهم بزرگتر میشود، نتیجه میشود فشار حباب کوچکتر بیشتر است یعنی فشار اضافی حباب با شعاع آن نسبت عکس دارد یعنی  $\frac{1}{\text{شعاع}} \propto \text{فشار}$  یا  $p \propto \frac{1}{r}$  است. اگر حجم دو حباب مساوی باشد در حال تعادل میباشند ولی ناپایدار است و بزودی تعادل آنها بهم میخورد.

آزمایش ۶ - آزمایش نشان میدهد که لایه حباب ما بون کمترین سطح ممکن را بعلت وجود کشش سطحی دارد.

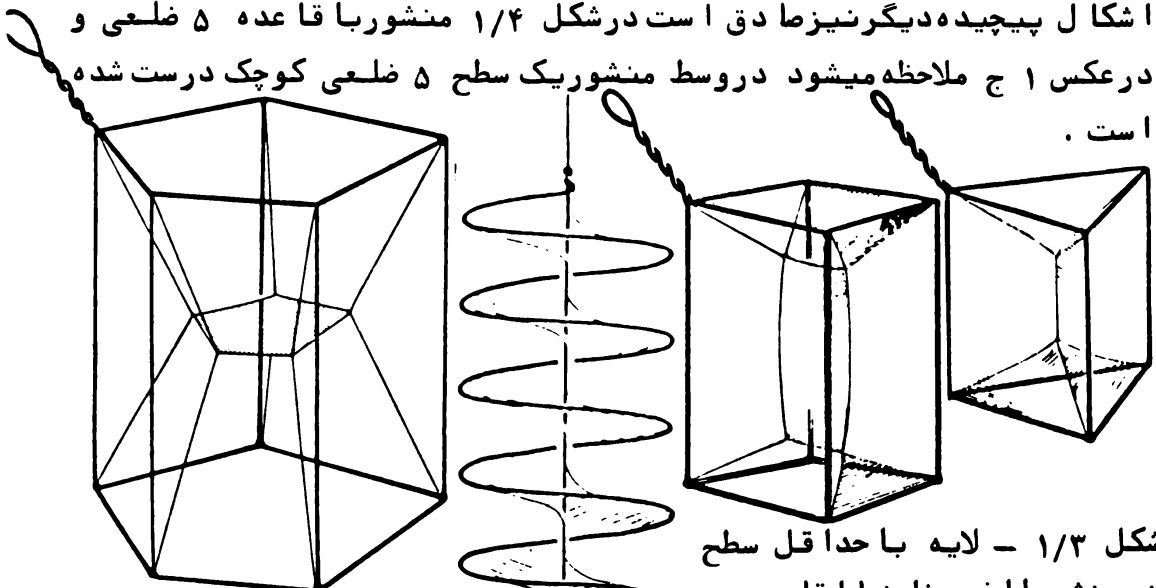
از سیم حلقه‌ای بقطر ۸ سانتیمتر درست کنید، لزومی ندارد حتما دایره باشد. دو انتهای سیم را بهم بپیچید و آنرا بشکل دسته درآورید طبق شکل ۱/۱ آنرا در آب ما بون فرو برید یک لایه ما بون داخل حلقه درست میشود. یک تیکه نخ  $L$  که دوسر آنرا بهم گره زده‌اید در حباب بیاندازید و حباب داخل نخ را پاره کنید. ملاحظه میکنید نخ بشکل دایره کامل در می‌آید. سطح لایه خارج نخ بعدا قل میرسد و سطح داخل نخ جدا کتر که دایره است میشود.

آزمایش ۷ - اشکال مختلف هندسی را در آب ما بون فرو بریم لایه حباب ما بون که حداقل سطح ممکن را داراست مشاهده میکنیم که جالب است. با سیم آهن قلع اندود یا سیم برنجی (سیم مسی نرم است) چند شکل هندسی درست میکنیم. لحیم اتصال قطعات سیم با ید تمیز و خوب باشد احتیاج به تمرین و مهارت لازم داریم. وقتی یک طرف سیم را لحیم می‌کنید مواظب باشید در اثر حرارت لحیم طرف دیگر بازنشود. مکعب، منشور مثلث القا عده منشور مربع القا عده، مارپیچ و غیره درست کنید و در ظرف پر از آب ما بون فرو برید (به اشکال ۱/۳ الف و ب مراجعه کنید)، حباب ما بون را داخل سطح بوده بصورت اشکال کامل ریاضی و خیلی جالب است. مثلاً "طبق شکل ۱/۳ ب سیم را بصورت مارپیچ اطراف یک سیم مستقیم درآورده در آب ما بون فرو بریم سطح آن شبیه یک پیچ میباشد. در لایه حباب ما بون نور در اثر

شکست و تجزیه برنگهای قوس قزح در میآید که خیلی شبیه تجزیه نور در صدف میباشد.

وقتی یک منشور منظم را در آب ما بون فروبریم لایه‌های در وسط منشور تشکیل میشود، در هر لایه سه سطح نه بیشتر هم دیگر را قطع میکنند و در هر نقطه ۴ یا ۶ سطح نه بیشتر هم دیگر را قطع میکنند. لایه‌ها با هم زاویه ۱۲۰ درجه درست میکنند، در ابتدا زاویه ممکن است ۱۲۰ درجه نباشد، پس از مدت کمی زاویه بین سطوح با این مقدار میرسد که حالت پایدار است.

همان‌جا عده‌ها بالا که در هر لایه سه سطح نه بیشتر هم دیگر را قطع میکنند در اشکال پیچیده دیگر نیز صادق است در شکل ۱/۴ منشور با قاعده ۵ ضلعی و در عکس ۱ ج ملاحظه میشود در وسط منشور یک سطح ۵ ضلعی کوچک درست شده است.



شکل ۱/۳ - لایه با حداقل سطح در منشور الف مثلث القاعده و مربع القاعده و ب - سیم بشکل حلزونی است.

شکل ۱/۴ - شکل لایه حباب ما بون پنج ضلعی و هر ضلع تقاطع سه سطح است

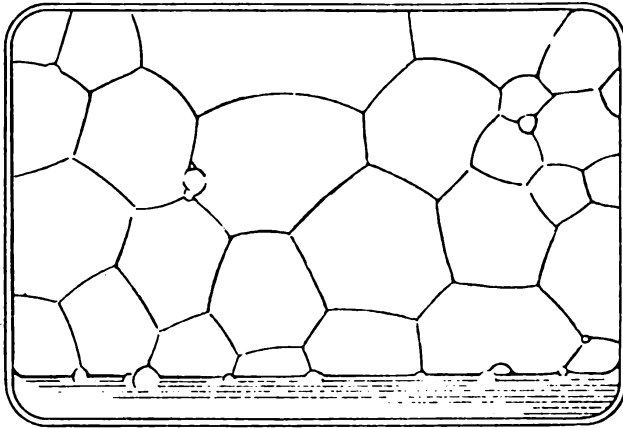
آزمایش ۸ - حباب ما بون بین دو حلقه دارای ظاهری جالب است و شکل هندسی کاملی دارد. مقطع این شکل را در ریاضیات منحنی موج‌مانند وسیله آزمایش خیلی ساده است. ته دو قوطی واکس سوراخی بقطر ۱ سانتیمتر درست کنید. یا نواری در ته یک قوطی بریده طبق شکل خم کنید تا بصورت دسته درآید. میتوانید زلف پلاستیکی ما ست استفاده کنید. دو حلقه را در آب ما بون فروبرید آنها را بهم بچسبانید و بتدریج از هم دور کنید. لایه حباب در ابتدا بشکل استوانه می‌باشد و کم‌کم که حلقه‌ها را از هم دور میکنید وسط حباب با ریکتر میشود. انحنای حباب در سطوح قائم و افقی در دو جهت مخالف است. مرکز دو قوس در دو طرف حباب و شعاع انحنای آنها

مختلف العلامه میباشد. سطح حباب شبیه یک سطح مستوی و فشار دو طرف برابر و مساوی فشار جو میباشد.

حلقه‌ها را وقتی بیشتر از هم دور کنیم شکل مقطع قائم حباب بصورت یک منحنی زنجیره‌ای درمی‌آید (اگر زنجیر یا طنابی را بین دو نقطه که در یک سطح قائم نباشند به بندیم بطوریکه مقداری شل باشد شکلی درست میکند که شبیه منحنی بالا است). اگر دو حلقه را از ۷ سانتی‌متر بیشتر از هم دور کنیم حباب تبدیل بدولایه هرکدام روی یک حلقه میشود (شکل ۱/۵)، حباب صابون با شکل مختلف مسطح، کروی، بیضوی، استوانه و اشکال دیگر میتواند تهیه کرد، که در اینجا نمیتوان آنها را توضیح داد. به تمام اشکالیکه از دوران مقاطع مخروطی بدست می‌آید میتوان حباب صابون در شرایط خاص فشار مناسب تهیه کرد. وقتی یک حباب صابون شکلش به تدریج بشکل دیگر تبدیل میشود معلوم میشود بین دو شکل در هندسه روابط اساسی وجود دارد.

آزمایش ۹ - این آزمایش بوسیله ساده‌ای انجام دارد. در یک مکعب پلاستیکی آب صابون بریزید و طبق شکل ۱/۶ چند حباب بزرگ در آن بدمید درپوش مکعب را روی آن قرار دهید، حبابها تغییر شکل میدهند، دقت کنید اتصال بین حبابهای مجاور چگونه عمل میکنند، خطوط اتصال بین حبابها ممکن است کمی انحنا داشته باشد ولی با هم زاویه ۱۲۰ درجه درست میکنند. سطوح بین خطوط شش ضلعی میباشند که ممکن است منظم نباشد و خیلی شبیه لانه زنبور عسل است. سوراخی در یک طرف مکعب مستطیل پلاستیکی با نوک هویه درست کنید و یک لوله باریک پلاستیکی در سوراخ فرو برید. مقداری آب صابون در ظرف بریزید درپوش مکعب را روی آن گذاشته با نواریچسب اطراف آنرا محکم بگیرید. تعدادی حباب در مکعب بدمید تا تمام مکعب پر شود دقت کنید چه میشود.

با وجودیکه در طبیعت ساختمانهای شش ضلعی فراوان یافت میشود این مطلب که حبابهای نامنظم پس از مدتی کوتاه با شکلهای ضلعی درمی‌آید، توجه ما را جلب میکند. اگر تعدادی سیگار مجاور هم دسته بندی کنیم - به اشکال ۶ ضلعی قرار میگیرند. یعنی اطراف هر سیگار را ۶ سیگار دیگر پرمیکند. از شش طرف فشار وارد شده و شش ضلعی درست میشود.



شکل ۱/۶ - اشکال شش ضلعی حاصل از حبابهای مابون .

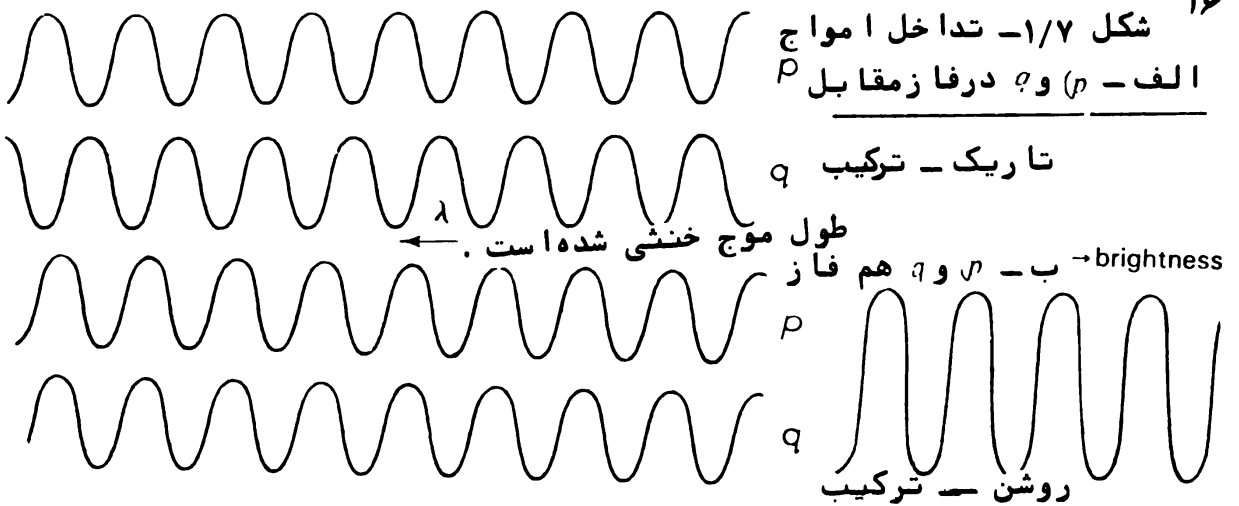


شکل ۱/۵ - دستگاهی که اشکال هندسی حاصل از حباب مابون بین دو حلقه را نشان میدهد .

در سطح زمین گاهی با زالت مذاب که از کوه آتشفشان پائین آمده منجمد میشود، سنگ فرش شش گوش درست میکند و وقتی آب گل آلود خشک میشود اشکال ۶ گوش میسازند .

در ساختمان مولکولی ماده در بلورها اشکال کامل شش گوش زیاد مشاهده میشود. دانه های برف در اثر نیروهای که طبق قوانین ساده یا پیچیده ریاضی به آنها وارد میشود دارای تقارن میباشند. در اینجا خاطر نشان میکنیم که اکثر "مواد جامد سطح زمین حالت بلوری دارند .

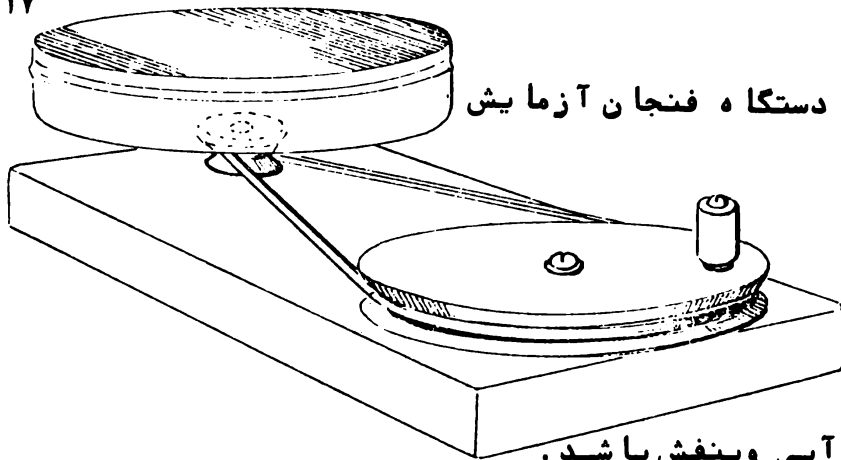
بنظر میرسد بعضی پدیده ها نشان میدهد درجه بندی منظمی در حال افزایش است در حالی که بسیاری پدیده های دیگر بعکس نشان میدهد که نظم بیشتر میشود. مثال ساده که همگان با آن آشنا نیستند اینست که دست کارت بازی را بر میزنند تا اگر منظمی بوده از بین برود. اگر بخوایم کارت ها ترتیب معینی داشته باشد باید زحمت بکشیم و آنها را مرتب کنیم. در بلورها و حباب مابون نظم و زیبایی خاصی نمایان میشود که نمیتوان آنرا با تصادف توجیه کرد .



آزمایش ۱۰- تجزیه نور در حباب صابون و ایجاد رنگهای جالب قوس و قزح پدید می آید که جادو دارد در این باره آزمایشهایی انجام دهیم. حلقه‌ای را در آب صابون فروبرید و یک حباب مسطح درست کرده بطور قائم نگاه دارید. وقتی نور خورشید یا آسمان صاف بطور عمود بر آن بتابد در ابتدا نور تجزیه نمیشود. بتدریج که ضخامت لایه کمتر میشود. نوارهای رنگی بطور افقی ظاهر میشوند از نور مصنوعی استفاده نکنید و در محلی آزمایش کنید که جریان باد وجود نداشته باشد. در لایه حباب رنگهای قوس و قزح چند بار تکرار میشوند. هرچه لایه نازکتر شود رنگها بهتر نمایان میشوند. آخر سر لایه بقدری نازک میشود که بالای لایه سایه دیده میشود و لایه از بین میرود.

اگر بملایمت در لایه فوت کنیم اشکال ما ریچی برنگهای روشن مشاهده می‌کنیم، در حبابهای کروی نیز نوارهای رنگی جالبی نمایان میشود. در اثر تداخل امواج نور پس از انعکاس در دو سطح لایه حباب رنگها تولید میشود. نور سفید ترکیبی از رنگهای مختلف با طول موجها و متفاوت است چون نوری که از سطح دوم منعکس میشود دوبار ضخامت لایه را طی میکند در نتیجه با نوری که در سطح اول منعکس میشود اختلاف راه پیدا کرده اختلاف فازی بسته به محل ناظر ایجاد میشود و تداخل انجام میشود. اگر آند و در فاصله مقابل باشند اثر هم را خنثی میکنند (شکل ۱/۷ الف مثل  $p$  و  $q$ ) و اگر همفاضا باشند اثر هم را تقویت مینمایند (شکل ۱/۷ ب  $p$  و  $q$ ) وقتی طول موجهای خاصی از طیف نور سفید حذف شود بقیه طیف بصورت رنگی که مکمل نور حذف شده است دیده میشود که ممکن است برونق قرمز





شکل ۸/۱- دستگاہ فنجان آزمایش

نارنجی زرد سبز آبی و بنفش باشد. وقتی ضخامت لایه حباب کم و حدود طول موج نور مرئی باشد تداخل انجام میشود. طول موج نور بنفش  $4 \times 10^{-7}$  متر و طول موج نور قرمز  $8 \times 10^{-7}$  متر است، اگر ضخامت لایه بیشتر باشد در اثر انعکاس کلی متوالی رنگها بخوبی ظاهر نمیشوند و اگر ضخامت لایه نسبت به طول موج خیلی کم باشد انعکاس در دو سطح در فاصله مقابل بوده و سیاه دیده میشود. نمونه‌های دیگر تداخل نور و ایجاد رنگها در مثال‌های زیر نیز تظا هر میکنند.

الف- حلقه‌های معروف نیوتون بخصوص وقتی یک اسلاید را بین دو ورقه شیشه‌ای در قبا با اسلاید قرار داده با پروژکتور تصویر آنرا روی پرده بیاندازیم. در لایه نازک هوا بین سطح‌ها وقتی ضخامت آن همه جا یکسان نباشد تداخل ایجاد شده و رنگها روی پرده دیده میشود.

ب- در لایه‌های نازک روغن و نفت روی آب

ج- در لایه‌های نازک اکسید روی فولاد صیقلی بخصوص وقتی فولاد را آب میدهند (اخیرا "با این ترتیب تصاویر رنگین و طرح‌های روی فولاد تهیه و بفروش میرسانند)

د- در شکاف‌های که در اثر شکستن در شیشه و پلاستیک پرسپکس ایجاد میشود.

ه- در لایه‌های بلورها مثل میکا

و- رنگهای صدف و پروانه‌ها

آزمایش ۱۱- این آزمایش جالب را آزمایش فنجان معروف Professor Boys نامند. دستگاہ ساده و از یک قوطی و اکس بقطره ۱۰ سانتیمتر تشکیل شده است.

دروسط قوطی خارج آن یک قرقره بچسبانید طبق شکل ۱/۸ قرقره را توسط یک تسمه با چرخ بزرگتری که دسته‌ای دارد بگردش درمی‌آید. دستگاره را وارونه روی آب مابون قرار دهید تا یک لایه حباب روی قوطی درست شود. یک منبع نور سفید قوی با لای آن قرار داده و سرعت بچرخانید. بهتر است از نور روز استفاده کنید. زیرا در نور لامپ برق طول موجهای کم نور آبی زیاد نیست. اگر بتوانید یک شیشه ساعتی روی حباب قرار دهید بطوریکه جریان هوا حباب را از بین نبرد و در اثر نیروی گریز از مرکز ضامت لایه در کنار بیشتر از وسط می‌باشد، نوارهای تداخلی بصورت دایره‌های متحد-المرکز تشکیل میشود. با لایه در وسط حباب ناحیه سیاه ظاهر میشود. زیرا ضخامت آن کمتر از طول موج نور مرئی می‌باشد که بعداً "لایه از بین میرود. پدیده نوارهای تداخلی

درا وائل قرن ۱۹ Thomas Young      تداخل دو شعاع نور را نشان داد و طبیعت موجی نور را ثابت کرد. برای اینکه دو موج در ابتدا هم‌دوس بوده هم‌فاز، شدت و طول موجشان یکی باشد. و از یک منبع استفاده کرد و با عبور نور از دو شکاف با ریک موازی، دو منبع درست کرد و در فاصله معین نوارهای تداخلی را مشاهده کرد.

با روشهای مختلف میتوان یک شعاع نور را بدو قسمت کرده و آنها را با هم ترکیب نمود. ساده‌ترین راه اینست که در مقابل چراغ بخار سدیم شکافی قرار داده و روی صفحه شیشه که رنگ سیاه زده شده و دو خراش موازی روی آن درست کرده مقابل شکاف قرار دهید، فاصله دو خراش بیشتر از یک میلی‌متر نباشد. اگر فاصله ۵ سانتیمتر توسط یک ذره بین بآن نگاه کنید نوارهای تداخلی را خواهید دید فواصل نوار تاریک و روشن مساوی می‌باشد، امتداد شکاف و دو خراش باید موازی و در وضع مناسب قرار گیرند، اگر منبع نور سفید باشد خراش‌ها باید نزدیک چشم و فاصله منبع نور و چشم چند متر باشد، در این صورت احتیاجی بذره بین نیست و براحتی میتوانید این آزمایش را انجام دهید. البته نوارهای تداخلی رنگی می‌باشد اگر بخواهیم طول موج نور معینی مثلاً "نور چراغ سدیم که فقط نور زرد میدهد اندازه بگیریم زهمان نور تک‌رنگ استفاده میکنیم. اگر از میکروسکوپ استفاده کنیم و عرض نوار را بدست آورده و فاصله ناظر تا شکاف و عرض شکاف نیز معلوم باشد میتوان طول موج نور را حساب کرد.

درعکس ۲ اساس تداخل را نشان داده ایم. دونقطه سمت چپ دوشکاف را نشان میدهد درعکس دوموج را توسط دوسیممسی برنگ سیاه که بشکل امواجی درآورده ایم وروی نوارپلاستیک شفاف چسبانیده شده وبدونقطه لولاشده است نشان داده ایم.

براحتی با استفاده ازاین مدل میتوان نشان داد که در کدام فاصله امواج همدیگر را تقویت یا اثریکدیگر را خنثی میکنند که بترتیب در فواصل مختلف نوارها تشکیل میشوند.

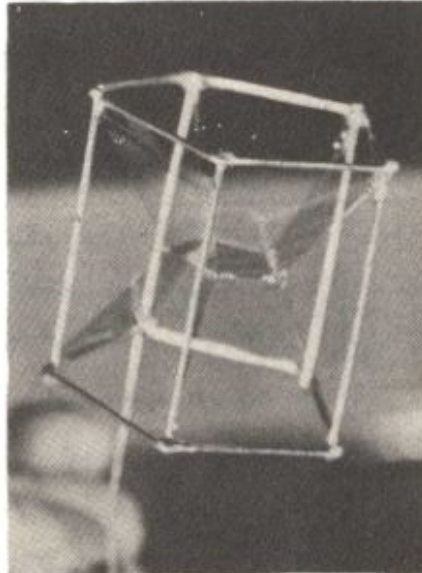
روی عکس روش محاسبه طول موج نشان داده شده است. در مدل بالا با اندازه گیری مستقیم طول موج روی سیممسی میتوان صحت رابطه را تاءیید کرد.

اگر فرض کنیم امواج با لانور قرمز (که طول موج آن از تمام رنگها بیشتر است) باشد امواج با طول موج کوتاه تر مثل نور سبز و آبی نوارهای نزدیک تر تداخلی درست میکنند. باید توجه داشت در مدل بالا طول موج خیلی بزرگتر نشان داده شده و طول موج واقعی نور قرمز  $7 \times 10^{-7}$  متر است. طول موج عکس بالا حداقل ۴۰۰۰۰۰ برابر این مقدار است.

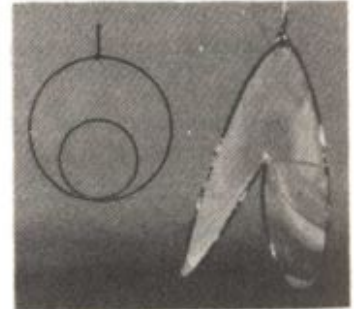
عکس ۱ - لایه های با حداقل سطح بر روی اشکالیکه با سیم ساخته شده



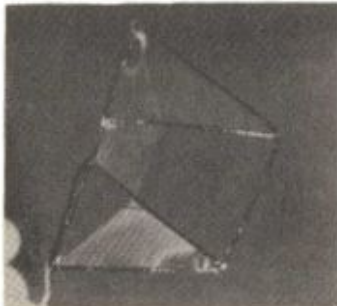
الف - لایه مستطیل در مرکز



ج - منشور پنج ضلعی ولایه در وسطه  
پنج ضلعی است.



د - سیم بشکل سمت چپ است.

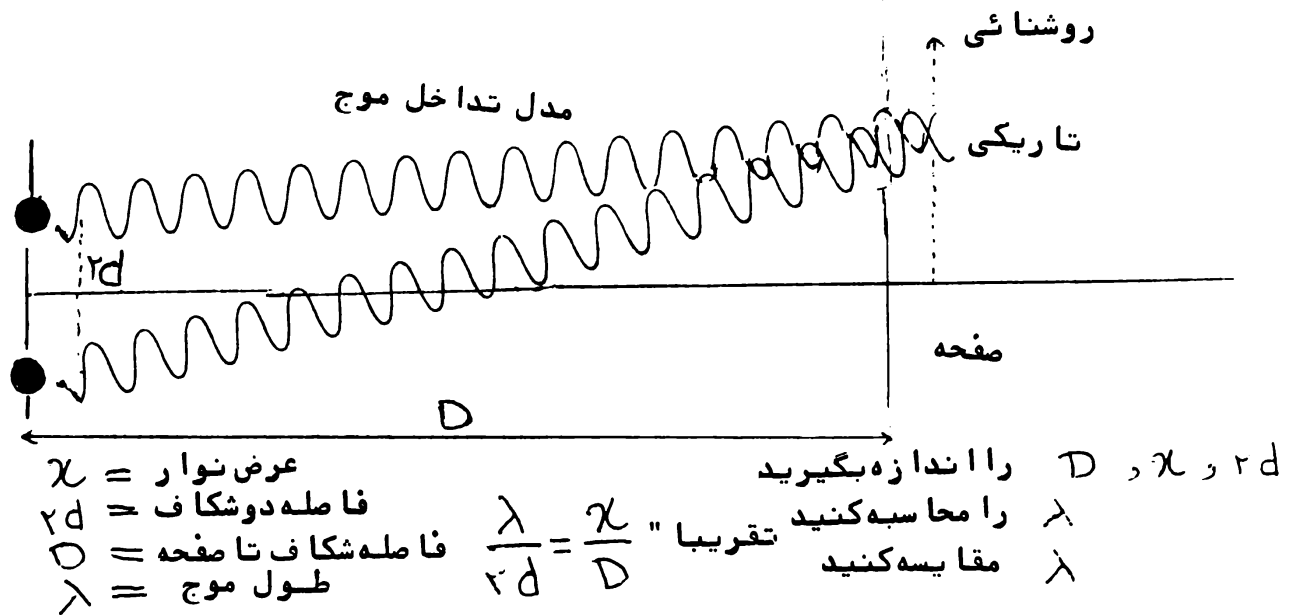
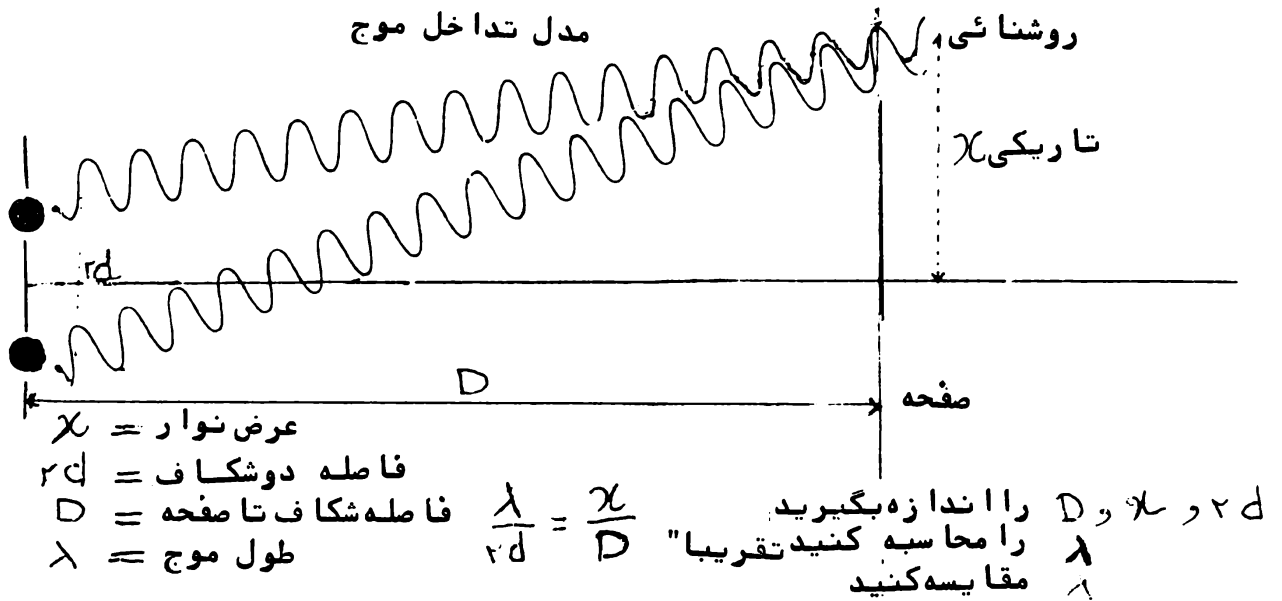


ب - لایه ها در وسط همدیگر را  
در امتداد خط مستقیم و با زاویه  
۳۰ درجه قطع میکنند.



ه - لایه بشکل پنج است.

عکس ۲- مدل تداخل موج و محاسبه طول موج مدل تداخل موج.

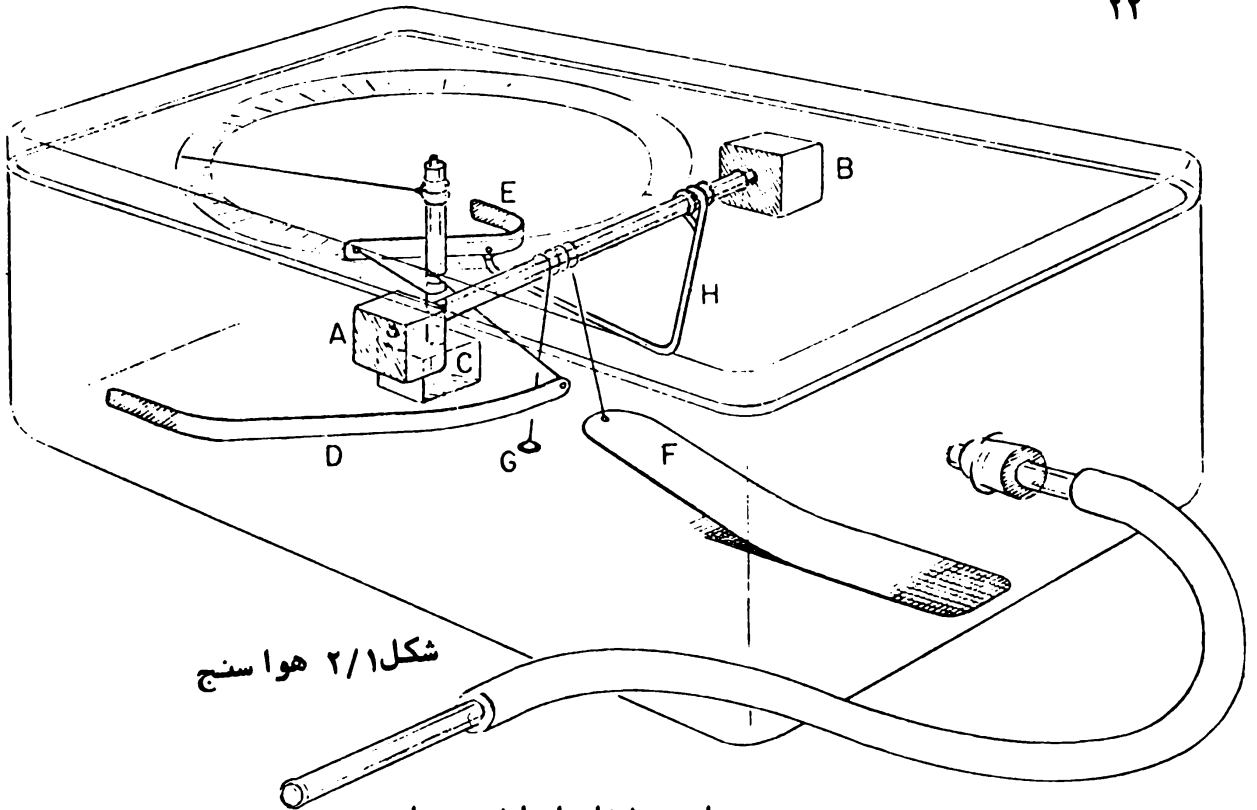


با هوا سنج فلزی میتوان فشار هوا را اندازه گرفت و ثبت کرد. در اینجا زجیوه یا مایع دیگری استفاده نمیشود. قسمت اساسی این هوا سنج جعبه ای است که هوای داخل آنرا مقداری تخلیه کرده اند تغییر فشار هوا در جعبه را بحرکت درآورده و این تغییرات جزئی توسط اهرمهایی بعقربه ای که در مقابل قوس مدرج حرکت میکند منتقل میشود. داخل جعبه یک فنرن شکل قرار داده اند که جدا رفوقانی جعبه را دورنگاه میدارد، در بعضی هوا-سنج ها چند کپسول فلزی که خاصیت فنری دارند بکار برده اند تا حساسیت آن زیاد باشد.

اگر هوا سنج ثبات در اختیار دارد باید مکانیسم آنرا بدقت بررسی کنید وقتی فشار کمی بالای کپسول وارد کنید قلم آن زیاد حرکت میکند. اگر هوا سنج اسقاطی بتوانید تهیه کنید از قطعات آن استفاده هوا سنج دیگری بسازید یا آنرا براحتی تعمیر کنید. در عکس ۳ یک جعبه پلاستیکی نشان داده شده که هوا سنجی در آن قرار داده ایم سوراخی بتوسط هویه در کنار جعبه درست میکنیم و چوب پنبه لاستیکی در سوراخ فرو میبریم. چوب پنبه با یک سوراخی داشته باشد که بتوانیم یک لوله شیشه ای یا فلزی در آن فرو بریم. یک لوله لاستیکی بآن متصل میکنیم. اگر کنا رجعبه پلاستیکی بجای هویه با مته سوراخ کنیم، ممکن است کنا رسوراخ ترک بردارد و با هویه بهتر است زیرا کنا رسوراخ در اثر ذوب شدن پلاستیک کلفت میشود.

درپوش جعبه گرچه کاملاً وقتی روی جعبه بگذاریم آنرا مسدود میکند. بهتر است با نوار چسب قبل از قرار دادن درپوش روی جعبه آنرا خوب بگیریم و سپس با نوار چسب PVC محکم کنیم. از نوار PVC برای تعمیر پارگی با رانی پلاستیکی و امثال آن استفاده میشود. برای اینکسه مطمئن شوید جعبه منفذ ندارد میتوانیم آنرا در آب فرو برید و در لوله بدمید اگر سوراخ داشته باشد حباب میدهد یا دقت کنید وقتی لوله با گیره بسته شده عقربه هوا سنج تغییر نمیکند.

اگر با فشار هوا را در جعبه کنید یا هوای آنرا خارج نمائید، عقربه باید حرکت کند. با تمام توان وقتی بادها ن هوا وارد آن کنیم فشار هوای ریهها باید حدود ۶ تا ۹ سانتی متر جیوه باشد. چون فشار ۷۵ سانتی متر جیوه برابر



شکل ۲/۱ هوا سنج

۱۰۱۳۲۵ نیوتون بر متر مربع است فضا را اضافی هوای ریه حدود ۱۰۰۰۰ -  
 نیوتون بر متر مربع میشود. اگر هوای داخل جعبه را بمکید فشار ۲۱۰۰۰ -  
 نیوتون بر متر مربع نشان میدهد که از فشار با زدم ریه حدود ۷۰۰۰- نیوتون  
 بر متر مربع بیشتر است .

وقتی هوا را وارد جعبه یا از آن خارج کنیم سطوح بالا و پائین آن بطور واضح حرکت میکند نتیجه میگیریم جعبه با اندازه کافی قابلیت ارتجاع دارد. پس میتوان با خود جعبه یک دستگاه هوا سنج ساخت که خیلی ساده است و البته خیلی دقیق نیست. برای مدرج کردن آن را با یک نمونه ساخته شده مقایسه کرده چون تغییر درجه حرارت در فشار هوای داخل آن تأثیر دارد لذا داخل هوا سنج های دقیق را کاملاً از هوا تخلیه میکنند. اضافه بر جعبه پلاستیک بابعاد ۱۷×۱۱×۶ سانتیمتر بمواد زیر احتیاج

دارید :

الف - دو میله فولادی بقطر ۲ میلیمتر (میله های بافتنی)

ب - نوار فنری فلزی (نوار فسفر برنز)

ج - لوله شیشه ای بقطر داخلی ۳ میلیمتر (لوله خالی داخل خودکار رنیز

میتوان استفاده کرد)

د - لوله شیشه ولاستیکی بقطر بیشتر

ه - نخ وچسب خمیری

و - حوصله و مهارت لازم

۲۳

یک تیکه بطول ۱۰ سانتیمتر از میله فولادی و یک تیکه بطول ۵ سانتیمتر ببرید. یک تیکه لوله بطول ۹ سانتیمتر قطرداخلی ۳ میلیمتر و یک تیکه دیگر بطول ۴/۵ سانتیمتر از آن ببرید. انتهای لوله ها باید کاملاً صاف باشد که براحتی روی میله فولادی بدون مالش حرکت کند.

دو مکعب چوبی با بعد یک سانتیمتر تهیه کنید طبق شکل ۲/۱ آنها را دو طرف جعبه هر کدام در یک طرف  $A$  و  $B$  بچسبانید. مکعب ها را قبلاً با مته سوراخ کنید که میله را بتوانند نگه دارد. دو مکعب در وسط جعبه و در بالاترین نقطه نزدیک درپوش پلاستیکی نصب میشوند. میله ۵ سانتیمتری به طور قائم روی مکعب  $C$  که به ته جعبه چسبانیده شده قرار میگیرد و لوله شیشه کوتاه را روی آن قرار داده و عقربه را با چسب با آن متصل می‌کنیم.

باقیچی دو تیکه از فنر فلزی سبک ببرید عرض آنها ۴ میلیمتر باشد.

آنها را خم کنید و طبق شکل در نقاط  $E$  و  $D$  بدو طرف جعبه بچسبانید. سه

دور نخ نازک روی لوله شیشه ای قائم پیچیده و دو انتهای آنرا بدو سرفنرها ببندید بطوریکه نخ در حالت کشیده باشد و عقربه را در محل خود نگه دارد.

یک طرف تیکه نخ دیگر را به فنر افقی  $F$  که خیلی محکمتر و عرض آن یک سانتی متر است بسته چند دور روی لوله افقی پیچیده طرف دیگر نخ را به نقطه  $G$

وصل می‌کنیم. طرف دیگر فنر  $F$  را در ته جعبه نزدیک با انتهای آن میچسبانیم

وقتی فشار هوای درون جعبه تغییر کند جدا رجعه کم و بیش فشرده شده و چون

میله افقی در ارتفاع معینی ثابت شده است لوله افقی میتواند تا ۲۰ درجه

دوران کند. یک اهرم بشکل  $L$  از سیم سفت  $H$  که نزدیک انتهای لوله شیشه به آن چسبانیده شده است حرکت را به فنر نرم  $E$  منتقل میکند. این اهرم

طبق شکل بفنر لولا شده و خود فنر  $E$  نیز حرکت را زیاد میکند. طول نخ و

اهرم باید با دقت انتخاب شود و وقتی به ته جعبه فشار وارد شود عقربه

حرکت میکند که میتوان آنرا تنظیم کرد. فشار کم یا زیاد شده حرکت در جهت

باشدنخ نباید شل شود. سر نخ را هر جا گره زده ایم با چسب در جای خود

محکم کنید.

وقتی درپوش جعبه را چسبانیدید واضح است از داخل نمیتوان آنرا مدرج کرد بلکه باید درجات را روی جعبه چسبانید و طبق شکل ۲/۲ با یک فشارسنج  $U$  شکل آنرا مدرج کنید. پس از دمیدن هوا یکطرف لوله  $T$  شکل را طبق شکل با گیره می‌بندیم. اختلاف سطح جیوه در دو طرف لوله  $U$  شکل فشار اضافی را نشان میدهد.

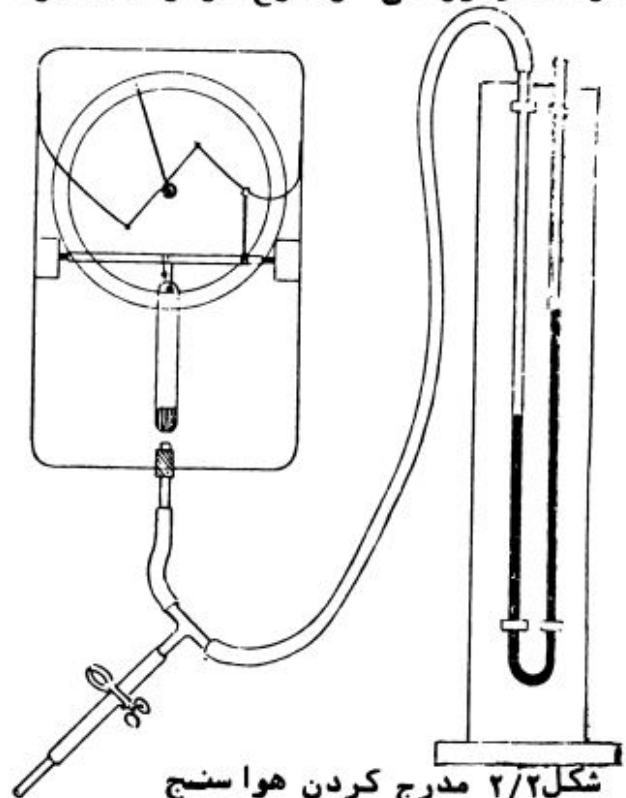
تغییر درجه حرارت روی هوا سنج مقداری مؤثر است و اگر دفعتاً "فشار هوای درون جعبه زیاد شود بدلائل زیر عقربه کم‌کم تنزل میکند:

الف - هوا در اثر تراکم گرم میشود و بعداً "بتدریج سرد شده فشار کم میشود.

ب - هوای داخل ریه‌ها گرم است که بتدریج سرد میشود و فشار کم میگردد.

ج - چون هوای دهان مرطوب است بخار آب موجود در آن بتدریج بمایع تبدیل میشود و فشار کم میگردد.

اگر هوا را بعکس بکشید عکس مطالب بالا اتفاق می‌افتد. هوا در اثر انبساط سرد میشود و وقتی از خارج حرارت میگیرد فشار آن زیاد میشود.



شکل ۲/۲ مدرج کردن هوا سنج  
با یک فشارسنج جیوه‌ای



در آزمایشگاه فیزیک موه سسه ملی تحقیقات دریا نوردی مقاومت کشتی‌ها را بترتیب زیر مورد بررسی قرار میدهند که مدل کشتی را با بعد کوچک درست کرده و در ظرفهای بزرگ آب تاء شیر شکل کشتی و سرعت آنرا در حرکت مطالعه میکنند. نتایج حاصله را با تقریب در مورد کشتی‌های با ابعاد بزرگ بکار میبرند و در طرح کشتیها مورد استفاده قرار میدهند که خیلی بصرفه‌تمامیشود.

در مورد پرواز هواپیما و موشک با همان مسائل مواجهیم و میتوان با روشی مشابه یک مدل هواپیما و یا موشک ساخت که با بعد کوچک باشد. اگر به آزمایشگاه مهندسی هوا نوردی سری بزنید، ملاحظه میکنید از تونل باد استفاده میشود که امروزه یک روش معمولی است و در موقع کار سروصدای زیادی برآه میاندازد.

میتوان بجای اینکه هواپیما در هوا حرکت کند، هواپیما را ثابت و هوا را بحرکت درآورد آنچه مهم است سرعت نسبی آن دو است.

در تونل‌های باد که با سرعت کم کار میکنند از هواکش‌های پره‌دار استفاده میشود. هوا را در قسمتی از لوله که باریک است عبور میدهند سرعت عبور هوا در این قسمت خیلی بیشتر است و مدل هواپیما را در این قسمت قرار میدهند. برای امتحان هواپیماهای با سرعت مافوق سرعت صدا با تلمبه هوا را وارد مخزن بزرگ فولادی میکنند و آنجا هوا را با فشار زیاد وارد تونل مینمایند. ما در این آزمایش از یک جاروی برقی اسقاطی استفاده می‌کنیم البته سرعت آن کم است و آزمایش‌های با سرعت مافوق سرعت صدا را نمیتوان انجام داد. از دستگای که با هوا تنظیم میشود برای تولید دود استفاده میشود، دود از لوله‌های باریک وارد تونل شده و همراه جریان هوا که از طرف مدل عبور میکند خطوط دود وضع جریان هوا را نشان میدهد. یک دریچه شیشه‌ای در آن کار گذاشته اند که ضمناً "بتوان مدل را برداشت و عوض کرد. جعبه‌ای از تخته سه لائی که قاعده آن با بعد ۴۰×۲۰ سانتیمتر و سه طرف آن ۲/۵ سانتیمتر ارتفاع دارد درست کنید. یک طرف آن باز است. اطراف طرفی که باز است نوارهای اسفنجی بچسبانید که وقتی شیشه رو آن میگذارد منفذی نداشته باشد. طبق شکل ۳/۱ هوا را توسط جاروی برقی K که بلوله سمت راست جعبه وصل است مکیده وارد جعبه

میکنیم. هما‌ن‌ط‌ور‌که‌در‌ش‌کل‌ن‌شان‌داده‌ش‌ده‌در  $H$  د‌وس‌ورا‌خ‌ع‌مود‌بر‌هم‌در‌چ‌وب‌پ‌نبه‌در‌ست‌می‌کن‌یم‌ب‌ط‌ور‌یکه‌در‌وس‌ط‌ه‌مد‌ی‌گ‌ر‌را‌ق‌ط‌ع‌کن‌ند.‌م‌قا‌ب‌ل‌چ‌وب‌پ‌نبه‌د‌و‌ت‌وری‌در‌فا‌صله‌۲‌سان‌ت‌یم‌تر‌از‌ه‌م‌ن‌صب‌می‌کن‌یم.‌در‌ان‌ته‌ای‌ج‌عبه‌جا‌ئیکه‌ه‌وا‌وا‌ر‌د‌م‌یش‌ود‌ب‌ن‌ظ‌ر‌م‌یر‌سد‌ا‌حت‌ی‌اج‌ی‌ب‌ه‌ق‌ی‌ف‌نی‌ست‌و‌ب‌را‌ی‌این‌که‌ج‌ری‌ان‌ه‌وا‌ی‌کن‌وا‌خ‌ت‌با‌ش‌د‌در‌آن‌جا‌ن‌یز‌د‌و‌ع‌دد‌ت‌وری‌ش‌ب‌یه‌ب‌ط‌رف‌دی‌گ‌ر‌در‌ست‌می‌کن‌یم.‌ل‌وله‌ای‌ف‌ل‌زی‌ب‌ق‌ط‌ری‌ک‌سان‌ت‌یم‌تر‌ت‌ه‌ی‌ه‌کن‌ید‌(‌ل‌وله‌پ‌ایه‌پ‌رده‌ن‌یز‌من‌اس‌ب‌اس‌ت).‌از‌ل‌وله‌لا‌س‌ت‌یک‌ی‌گا‌ز‌ش‌ه‌ری‌م‌یت‌وان‌ید‌ب‌را‌ی‌ات‌صال‌اس‌ت‌فا‌ده‌کن‌ید.‌از‌یک‌ل‌وله‌ف‌ل‌زی‌ب‌ط‌ول‌۲۵‌سان‌ت‌یم‌تر‌ $AB$ ‌ب‌را‌ی‌ت‌وز‌ی‌ع‌د‌ود‌اس‌ت‌فا‌ده‌ن‌ما‌ئ‌ید.‌رو‌ی‌ل‌وله‌یک‌خ‌ط‌را‌س‌ت‌ب‌کش‌ید‌و‌در‌آن‌ام‌ت‌دا‌د‌۲۰‌ع‌لام‌ت‌در‌ف‌وا‌صل‌۸‌م‌یل‌یم‌تر‌کش‌ید‌ه‌با‌س‌نبه‌ن‌شان‌کن‌ید‌و‌با‌م‌ته‌س‌ورا‌خ‌ن‌ما‌ئ‌ید،‌در‌این‌س‌ورا‌خ‌ها‌ت‌یکه‌ها‌ئ‌ی‌از‌ل‌وله‌آ‌ل‌وم‌ین‌یم‌ب‌ق‌ط‌ری‌ک‌م‌یل‌یم‌تر‌بر‌ید‌ه‌ف‌رو‌م‌ی‌ب‌ر‌یم.‌ط‌ول‌آن‌ها‌یک‌سان‌ت‌یم‌تر‌با‌ش‌د‌ک‌اف‌ی‌اس‌ت‌که‌ع‌مود‌ب‌ر‌ل‌وله‌ $AB$ ‌م‌وا‌زی‌ه‌مد‌ی‌گ‌ر‌ق‌را‌م‌ی‌گ‌یر‌ند.‌ب‌جا‌ی‌آ‌ل‌وم‌ین‌یم‌م‌یت‌وان‌از‌ل‌وله‌پ‌لا‌س‌ت‌یک‌ی‌که‌ب‌را‌ی‌غ‌لاف‌ع‌ای‌ق‌ک‌رد‌ن‌ب‌کا‌ر‌م‌یر‌ود‌اس‌ت‌فا‌ده‌کن‌ید.‌ال‌ب‌ت‌ه‌آ‌ل‌وم‌ین‌یم‌با‌ش‌د‌چ‌ون‌م‌ح‌کم‌ت‌را‌س‌ت‌ب‌ه‌ت‌ر‌م‌ی‌با‌ش‌د.‌ل‌وله‌خ‌روج‌د‌ود‌یک‌ل‌وله‌م‌سی‌ب‌ق‌ط‌ر‌د‌وس‌ان‌ت‌یم‌تر‌اس‌ت‌که‌ب‌ه‌جا‌رو‌ی‌ب‌ر‌قی‌و‌صل‌م‌یش‌ود.‌یک‌س‌ورا‌خ‌ب‌ز‌رگ‌/‌در‌ک‌نا‌ر‌ل‌وله‌ای‌جا‌د‌کن‌ید‌که‌ه‌ر‌وق‌ت‌لا‌زم‌با‌ش‌د‌با‌غ‌لاف‌ $J$ ‌رو‌ی‌آن‌را‌ب‌گ‌یر‌ید.‌غ‌لاف‌را‌م‌م‌کن‌اس‌ت‌از‌کا‌غ‌ذ‌در‌ست‌کن‌ید‌و‌در‌آن‌ن‌وا‌ر‌چ‌س‌ب‌ز‌ن‌ید.‌ا‌گ‌ر‌س‌ورا‌خ‌/‌را‌کا‌م‌لا"‌با‌غ‌لاف‌ $J$ ‌م‌س‌د‌ود‌کن‌ید‌ح‌دا‌ک‌ث‌ر‌ه‌وا‌از‌ج‌عبه‌ع‌ب‌ور‌م‌ی‌ک‌ند،‌ع‌م‌ل‌ش‌یر‌ت‌ن‌ظ‌یم‌د‌ود‌ $G$ ‌و‌ت‌ن‌ظ‌یم‌ه‌وا‌ی‌ $F$ ‌را‌م‌ث‌لا"‌با‌اس‌ت‌فا‌ده‌از‌گ‌یر‌ه‌کا‌غ‌ذ‌و‌ب‌س‌تن‌پ‌ی‌چ‌و‌م‌ه‌ره‌س‌پ‌رد‌ار‌ان‌جا‌م‌داد.

ب‌را‌ی‌این‌که‌ب‌ه‌ت‌ر‌ین‌رو‌ش‌ب‌را‌ی‌ت‌ه‌ی‌ه‌و‌ت‌ن‌ظ‌یم‌ج‌ری‌ان‌د‌ود‌م‌ع‌ل‌وم‌کن‌ند‌آ‌ز‌ما‌یش‌ه‌ای‌زی‌اد‌ی‌ش‌ده‌اس‌ت،‌ب‌ه‌ت‌ر‌ین‌و‌س‌اد‌ه‌ت‌ر‌ین‌رو‌ش‌ب‌ت‌رت‌یب‌ز‌یر‌اس‌ت:  
ب‌را‌ی‌ت‌ول‌ید‌د‌ود‌از‌یک‌ج‌عبه‌اس‌ت‌وان‌ه‌ش‌کل‌ $L$ ‌م‌ث‌ل‌ق‌وط‌ی‌ر‌نگ‌ب‌ح‌جم‌د‌ول‌یت‌ر‌که‌در‌ب‌آن‌را‌ب‌ت‌وان‌م‌ح‌کم‌ب‌س‌ت‌اس‌ت‌فا‌ده‌کن‌ید‌و‌د‌ول‌وله‌یک‌ی‌ب‌را‌ی‌و‌ر‌ود‌ه‌وا‌و‌دی‌گ‌ری‌ب‌را‌ی‌خ‌روج‌د‌ود‌در‌آن‌پ‌ی‌چ‌کن‌ید.‌ل‌وله‌ها‌را‌از‌ت‌ای‌ر‌ک‌ه‌ن‌ما‌س‌ت‌فا‌ده‌کن‌ید‌که‌پ‌ی‌چ‌دار‌د‌ل‌وله‌و‌ر‌ودی‌در‌پ‌ائ‌ین‌ن‌صب‌ش‌ده‌و‌م‌ق‌دا‌ری‌از‌ه‌وا‌ی‌خ‌روج‌ی‌جا‌رو‌ی‌ب‌ر‌قی‌وا‌ر‌د‌این‌ل‌وله‌ش‌ده‌دا‌خ‌ل‌ج‌عبه‌م‌یش‌ود.‌ق‌وط‌ی‌را‌با‌ف‌ش‌ار‌از‌پ‌وش‌ال‌پ‌رم‌ی‌کن‌یم‌ه‌وا‌که‌وا‌ر‌د‌م‌یش‌ود‌ک‌م‌ک‌م‌م‌ی‌س‌وز‌د‌و‌د‌ت‌ول‌ید‌م‌ی‌ک‌ند‌ق‌وط‌ی

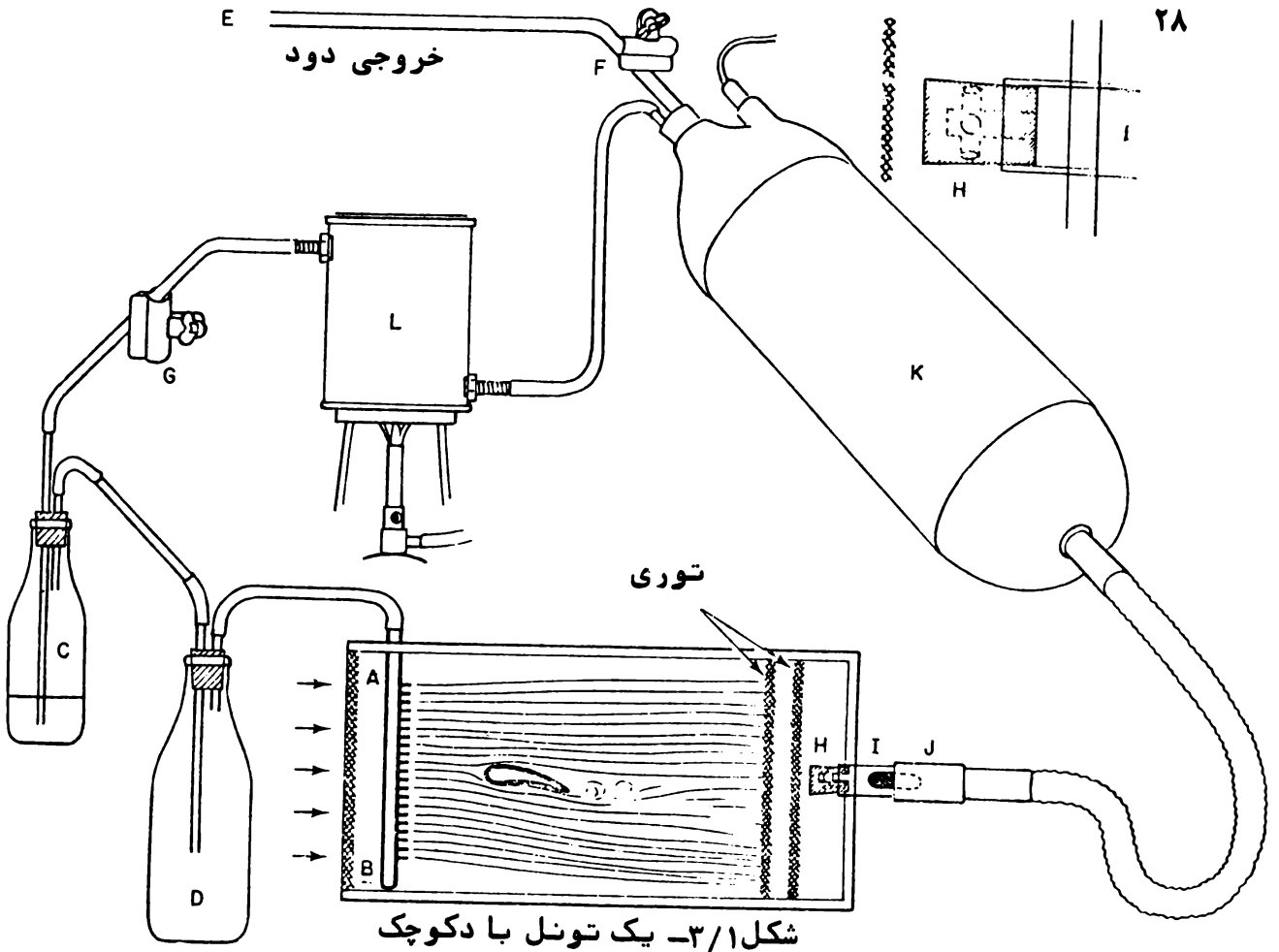
را از زیر با چراغ گرم می‌کنیم. در شروع کار گیره  $G$  کاملاً باز است پوشال آتش می‌گیرد و بعداً "گیره  $G$ " را مقداری می‌بندیم تا احتراق آهسته انجام شود اگر هوا وارد قوطی نشود پوشال نمیسوزد و فقط در اثر حرارت خارج پوشال تقطیر می‌شود و دود آن همراه با بخار آب و مواد قیر مانند است. تقطیر خوب در علم شیمی فوق‌العاده آموزنده و جالب است ولی در اینجا چون سوراخ‌های ورود دود بجعبه را می‌گیرد در در سوراخ ایجاد می‌کند برای جلوگیری از این در در سوراخ‌های دهان گشاد  $C$  و  $D$  را در مسیر دود قرار می‌دهیم در بطری  $C$  دود از مقداری آب سرد عبور می‌کند و بخار آب و مواد قیری موجود در دود را که جدا می‌کند. و در بطری تغییرات فشار از بین رفته و دود دیگر نواخت خارج می‌شود و می‌توان حرکت دود را در بطری  $D$  مشاهده کرد. دودی که از جاروی برقی خارج می‌شود توسط لوله‌ای بخارج اطاق هدایت می‌شود.

خطوط جریان دود داخل جعبه با ید موازی و یکنواخت باشد. با تنظیم  $I$  و شیر  $F$  و  $G$  و حرارت زیر قوطی پوشال آنرا کنترل می‌کنیم تا خطوط موازی و یکنواخت باشد. طرف مقابل شیشه داخل جعبه را با ید رنگ مات سیاه زد تا خطوط جریان دود خوب نمایان باشد.

مقاطع بال هواپیما و بدنه آنرا با قطر جعبه از چوب بریده رنگ سفید می‌زنیم و در جعبه می‌گذاریم با نوار لاستیکی نمونه را در محلی محکم می‌کنیم و شیشه جعبه را که در محل خود قرار داده به بندیم مقاطع در جای خود ثابت می‌شوند.

فرض کنید هوا ساکن و مقاطع حرکت می‌کنند. در آزمایش‌های اولیه سرعت کم و مقطع دایره می‌باشد در نتیجه جریان آرام می‌باشد. وقتی سرعت را زیاد کنیم غتشاش در جریان ظاهر می‌شود، اگر مقطع بشکل بیضی باشد با سرعت خیلی زیاد غتشاش تولید می‌شود و با مقطع اثرودینا میک که در سطح جلو مقطع بشکل دایره و در عقب نوک دار است جریان آرام می‌باشد. زاویه جبهه را که تغییر دهیم و به با ریکه‌های دود که از اطراف مقطع عبور می‌کنند دقت کنیم ملاحظه می‌کنیم غتشاش ایجاد شده و بر مقطع فشار وارد می‌شود. مقاطع مختلف را مورد بررسی قرار دهید.

مطالعه اثرات جنبی در آزمایش‌های فیزیک ارزش فوق‌العاده دارد.



شکل ۱/۳- یک تونل با دکوچک

موء لف عمق آب بطری C را زیا دو بطری D را حذف کرد و نتیجه جالبی بدست آورد که انتظار آنرا نداشت. فشار زیا دمیشود و حبابهای منظم خارج و حلقه های دود بترتیب دنبال هم زهرکدام سوراخها در امتداد قاب خارج میشود.

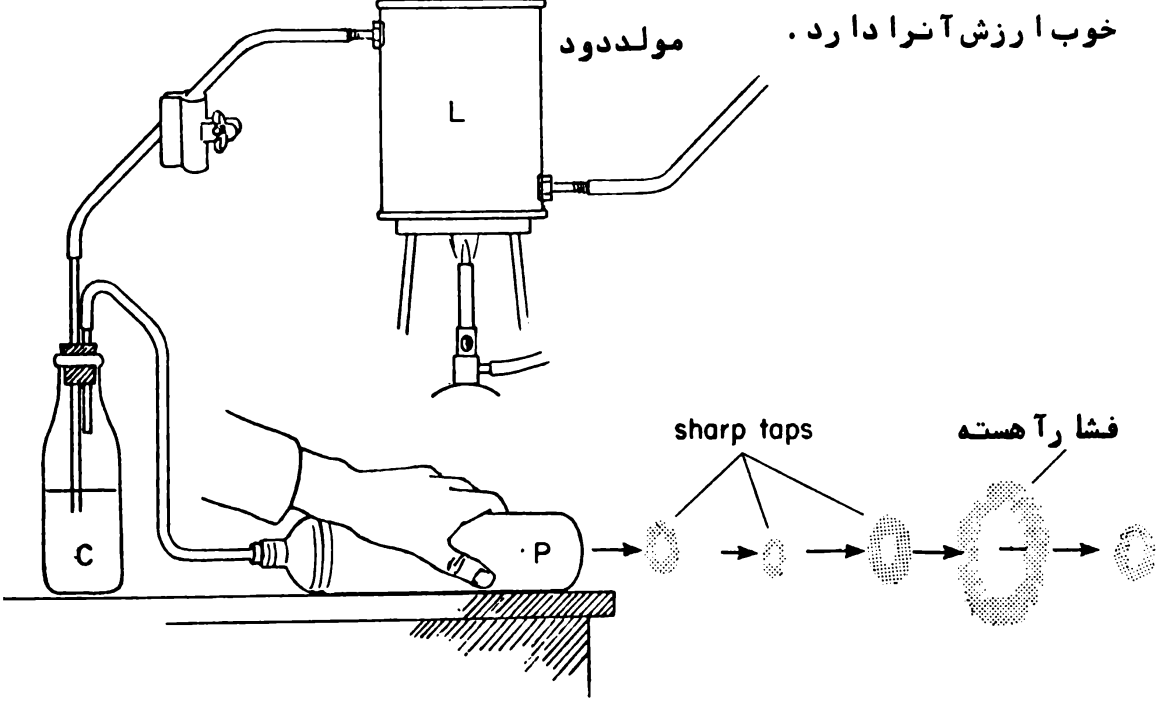
با این مولد دود میتوانی با نحاء مختلف از آن برای تولید حلقه دود استفاده کنید. یک سوراخ بقطر ۳ سانتی متر در ته یک بطری پلاستیک مایع ظرفشویی P درست کنید (شکل ۳/۲).

دهانه آنرا به بطری C وصل میکنیم. وقتی به بطری ضربه وارد کنیم حلقه های دود بشکل زیبایی آهسته یا سریع از سوراخ به بیرون پرتاب میشود. هوای داخل اطاق باید آرام باشد میتوان اول یک حلقه بزرگ با سرعت کم تولید کرد و بعد یک حلقه سریع درست کرد که از داخل حلقه اول

میگذرد. با استفاده از این مطلب دانشمندان امیدوارند مسئله آلودگی هوا را حل کنند و دود وقتی از دودکش کارخانجات خارج میشود از زمین ببرد بطوریکه دود را بصورت حلقه با ارتفاع خیلی زیاد پرتاب کنند.

بجای هوا میتواند در آزمایشهای بالا از جریان آب استفاده کنید. یک پارچه نازک یا تور در بالای جعبه قرار داده بالای آن یک ردیف بلورهای پرمیگنات پتاسیم روی آن میگذاریم. دانههای بلور کمحل شده خطوط بنفش رنگ موازی درست میکنند. در مسیر آن مقطعی با شکال مختلف قرار داده و نتایج حاصله را مشاهده نمائید.

اگر نتوانستید این آزمایش را انجام دهید یا تونل با دمنا سبی ساخته اید از آن عکس برداری کنید، برای این منظور بهتر است از نور فلاش استفاده کنید تا اگر اختلالی در مسیر دود پیش آید در عکس اثر نگذارد. باید دقت کنید جدا ریشه نور را منعکس نکند. محل دوربین را با صبر و حوصله زیاد تنظیم کنید و همچنین مولد دود و شیرهای تنظیم را کنترل نمائید، عکس خوب ارزش آنرا دارد.



این پدیده در سال ۱۸۸۰ در Sorbonne توسط Jacques Curie و Pierre Curie کشف و بررسی شد. این پدیده تا زگی ندارد. Pierre Curie بعداً با Marie ازدواج کرد و تواما "تحقیقات زیادی درباره خاصیت رادیواکتیو انجام دادند. این خاصیت را Piezo-electric نامند. *piezcin* در یونانی بمعنی فشار است و منظور دقیقاً "اینست که در اثر فشار روی بلور در جهت خاصی ولتاژ برق در بلور پیدا میشود. بلورها ئی که دارای این خاصیت باشند کمیابند. چون در اثر فشار مستقیماً "برق تولید میشود این پدیده خیلی مورد توجه قرار گرفت. در دبیرستانها از آن بحثی نمیشود ولی در زندگی روزمره استفاده از آن بسرعت رو با افزایش است. در میکروفون های کریستال، پیک آپ گرام فون و برای تولید نوسانات رادیوئی با طول موج معین در فرستنده ها از این خاصیت استفاده میشود. اخیراً "بجای کبریت در آتش زدن گاز وسائل گازسوز مثل بخاری و اجاق گاز و چراغ روشنائی وحتى فنک گازی بکار میرود. مطالعات و تحقیقات زیادی روی مواد مختلف انجام شده و بلورها ئی که دارای خاصیت پیزوالکتریک بیشتری هستند کشف شده است. برای اولین بار از نمک (تارتارات سدیم و پتاسیم) استفاده کردند که دارای این خاصیت است و بهتر از کوارتز میباشد. آنها را بطرز خاصی برش میدهند و وقتی بدو سطح مقابل فشار وارد کنیم در دو سطح متقارن دیگر ولتاژی تولید میشود. البته با الکتریکی ولتاژ تولید شده کم بود. مثلاً "بدو سطح مقابل بلور کوارتز بضاً امت  $\frac{1}{4}$  سانتیمتر اگر ۴۵ نیوتون نیرو وارد کنیم فقط ۱۰ ولت اختلاف پتانسیل تولید میشود. امروزه فیزیک دانان موفق شدند مواد سرامیکی بسازند که با فشارنه خیلی زیاد ولتاژ چند هزار ولت تولید میکنند (سرامیک ماده ای نظیر سفال است).  
 همانطور که اگر بمولد برق جریان بدهیم شروع بچرخیدن میکند و یک موتور میشود. در اینجا نیز اگر بدو سطح بلور ولتاژی اعمال کنیم دو سطح دیگر بحرکت درمیآیند. اگر جریان برق متناوب با تواتر زیاد به بلور نازک کوارتز بدهیم یک ارتعاش مکانیکی با تواتر زیاد که ماوراء صوت نامیده میشود تولید میکند. توانسته اند توسط تیکه های نازک بلور کوارتز - - - ارتعاشات ۱۰۰ میلیون هرتز تولید کنند. اگر تواتر اعمال شده نزدیک تواتر طبیعی بلور باشد تشدید حاصل شده و بلور با شدت زیادی بنوسان در

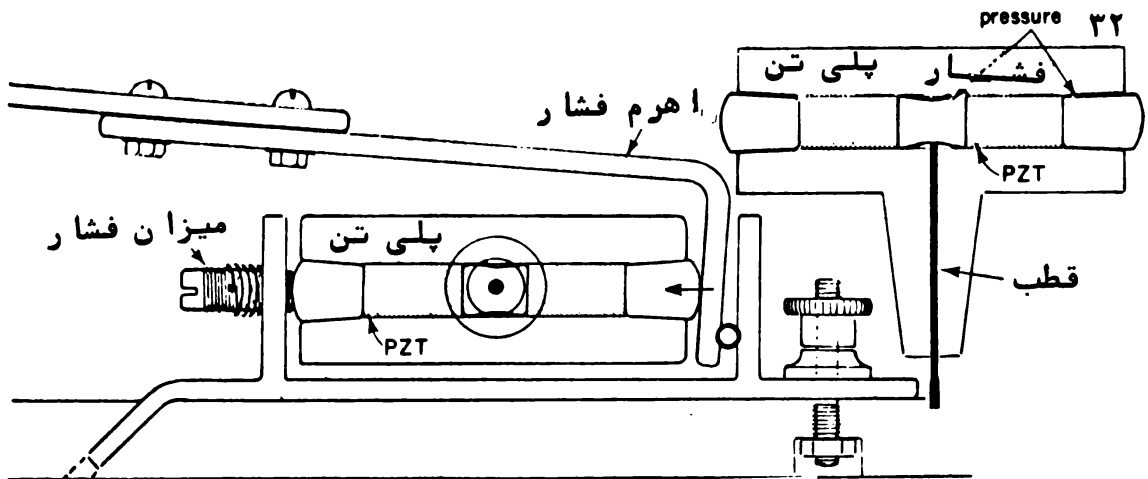
۳۱  
میآید و از این خاصیت در تنظیم تواتر جریان متناوب رادیوئی استفاده  
میشود.

در مبدل های الکترومکانیکی از این خاصیت تبدیل جریان متناوب  
با رتعا ش مکانیکی و بعکس استفاده میشود. در آزمایش زیر با استفاده از  
فشار ولتاژ برق تولید میکنیم همانطور که در پیک آپ گراما فون با استفاده  
از فشار ولتاژ برق ضعیفی تولید میشود که پس از تقویت بلندگو را بصدا  
در میآورد. وقتی سوزن پیک آپ در شیارهای صفحه گراما فون حرکت میکند  
روی بلور فشار وارد شده، البته فشار مستقیماً "به بلور اعمال نمیشود بلکه  
یک تنش پیچشی روی بلور تا رتارات سدیم و پتاسیم وارد کرده و لذا از  
بیشتری ایجاد میکند که در اینجا هم خیلی زیاد نیست.

در سال ۱۹۴۰ بلور تیتانات باریم  $BaTiO_3$  را کشف کردند که ولتاژ  
زیادی میتوان با آن تولید کرد. نقص این بلور اینست که در درجه حرارت  
بیش از ۱۲۰ درجه خراب میشود. تحقیقات بسیاری روی مواد مشابه انجام  
شد. در Cleveland شرکت The Brush Clevite Co. در ایالت Ohio  
موفق شدند یک ماده سرامیک چند بلوری با اسم تیتانات زیر کونیوم و  
سرب  $Pb(TiZr)O_3$  کشف کنند که امروزه در فنندک های وسایل گارسوز  
بکار میرود. در نوامبر ۱۹۶۶ در مجله دوره علوم دبیرستان مقاله ای توسط  
M. J. Elwell نوشته شد که باین فنندک ها اشاره شده است چون این وسیله  
ارزان و همه جا در دسترس است. میتوان از بلورهای آن استفاده و آزمایش  
های زیادی انجام داد. با ولتاژ برق حاصله جرقه های بطول چند میلیمتر  
تولید و آزمایشهای الکتریسته ساکن را نیز با آن انجام داد.

در اینجا جهت اختصار بلور دستگاره را که تیتانات زیر کونیوم و سرب  
است با PZT نمایش میدهم، در شکل ۴/۱ دو بلور PZT در یک بدنه  
پلاستیک پلیتن که عایق خوبی است قرار میدهم. در وسط و دو طرف بلور  
بالشتک های میگذاریم. توسط اهرمی که تکیه گاه آن نزدیک بالشتک  
است روی بالشتک فشار زیاد وارد میشود.

در طرف دیگر بلور پیچ قابل تنظیم کار گذاشته شده و فنری روی پیچ طبق  
شکل قرار داده ایم تا فشاری به بلور وارد نکند که با پیچ تنظیم میشود به  
طوری که بتوان مقدار مطلوب را بدست آورد.



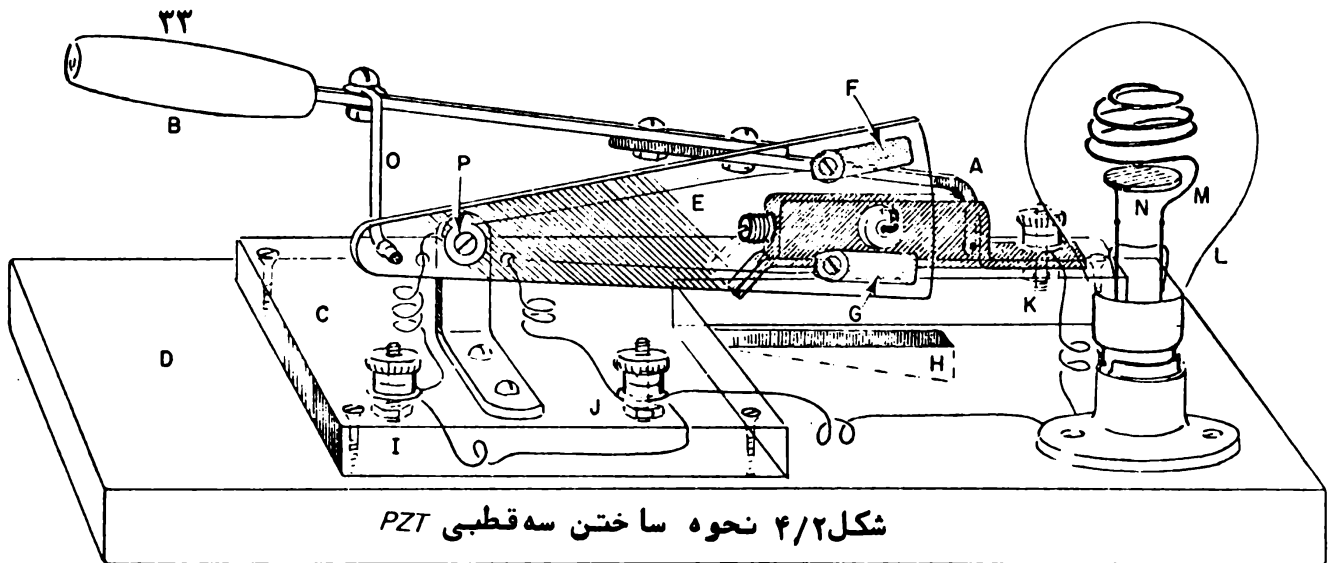
شکل ۴/۱ تولید جرقه الکتریکی با فشار

در عمل هم اگر توسط هرم فشار را وارد کنیم یا فشار را کم کنیم ولتاژ برق تولید میشود که در جهت عکس هم میباید. قطب وسط گاهی مثبت و گاهی منفی میشود پس میتوان دستگاره را طوری سوار کرد که همیشه یک سر آن ولتاژ مثبت و سر دیگر ولتاژ منفی داشته باشد. در عکس ۴ و شکل ۴/۲ نحوه سوار کردن دستگاره نشان داده شده است.

یک قطعه پلاستیک پرسپکس  $C$  بضامت  $1/3$  میلیمتر بشکل  $L$  ببرید (شکل ۴/۲) و حامل بلور  $A$  را روی آن سوار کنید. یکطرف آن دارای شکافی است که حامل بلور را نگاه دارد، ته حامل بلور خم شده است. طرف دیگر حامل بلور را با پیچ  $K$  محکم کنید. هرم فشار را سوراخ و یک نوار آهنی با همان عرض آن پیچ کنید. با یک تیکه لوله لاستیکی گاز  $B$  بعنوان دسته روی هرم را میپوشانیم. اگر طول هرم بیشتر باشد نیروی کمتر لازم است. نزدیک دسته یک سیم سفت  $O$  را طبق شکل خم نموده نصب می‌کنیم.  $E$  یک تیکه از پلاستیک پرسپکس بضامت ۳ میلیمتر مطابق شکل بریده، یکطرف سیم  $O$  را با آن متصل می‌کنیم. تیکه پلاستیک  $E$  حول محور پیچ  $P$  براحتی میتواند بچرخد. اطراف پیچ  $P$  چند واشار بزرگ و یک مهره قفل شونده میگذاریم. بدنه  $D$  از تخته است که شکاف  $H$  را در آن ایجاد می‌کنیم تا تیکه پلاستیک  $E$  براحتی بتواند در آن حرکت کند و داخل شکاف شود.

در سمت راست تیکه پلاستیک  $E$  دو تیکه فلزی فنری  $F$  و  $G$  نصب میکنیم تا بتوانند با قطب وسط بین دو بلور وقتی هرم را فشار میدهیم تماس پیدا کند.  $F$  و  $G$  را توسط دو تیکه سیم نرم بقطب‌های اتصال دستگاره در  $I$  و  $J$  می‌بندیم. پیچ  $K$  را بزمین و به بدنه حامل بلور  $PZT$  وصل است. قطبها





شکل ۴/۲ نحوه ساختن سه قطبی PZT

را طوری در قطعه پرسپکس جا سازی کنید که به بدنه تخته اتصال پیدا نکند. وقتی اهرم را پائین بیاورید به بلور PZT فشار وارد شده  $G$  بالا می آید و قطب اتصال  $J$  نسبت به  $K$  مثبت می شود، بعداً "که دسته خود بخود بالا آید فشار برداشته شده  $F$  به قطب وسط بلورها متصل می شود و  $I$  منفی می گردد. اگر  $I$  و  $J$  را بدو سر لامپ نئون وصل کنیم لامپ در هر دو حالت بالا و پائین بردن اهرم روشن می شود. یک طرف آن همیشه مثبت است. اگر در عوض  $I$  و  $J$  را بهم وصل کنیم و بیگ طرف لامپ  $L$  به بندیم و طبق شکل ۴/۲ طرف دیگر لامپ را به  $K$  وصل کنیم وقتی اهرم را پائین بیاوریم یک طرف لامپ روشن می شود و وقتی اهرم بالا رود طرف دیگر لامپ روشن می شود. یعنی جریان متناوب است. اگر یک قطب لامپ نئون مسطح و دیگری ما ریچ باشد بخوبی تغییر جهت جریان را می توان تشخیص داد.

امروزه لامپ های نئون را با هر دو قطب بشکل ما ریچ می سازند که با برق متناوب تاریک و روشن شدن قطب ها بچشم نخورد و با جریان مستقیم تشخیص قطب های مثبت و منفی با این لامپ ها مشکل است ولی با لوله های نئون که در تابلاواعلانات بکار می رود خیلی راحت می توانید جهت جریان را مشخص کنید. اگر دست خود را روی قطب  $K$  و  $J$  دستگاه گذاشته و اهرم را فشار دهید عبور جریان برق را در بدن خود احساس می کنید. البته برق آن ضعیف تر از برق شمع موتور سیکلت یا اتومبیل است. سعی کرده اند

بجای دلكووكويل وپلاتين دراتومبيل وموتورسيكلت ازخا صيت پيسزو-  
الكتريك استفاده كنند كه وقتي موتور ميچرخد باهرم شبيه دستگاه  
بالا فشار وارد کرده و جرقه بشمع هدايت شود .  
آزمایشهای زیادی میتوان با دستگاه بالا انجام داد وموارد متعددی  
میتوان پیدا کرد .



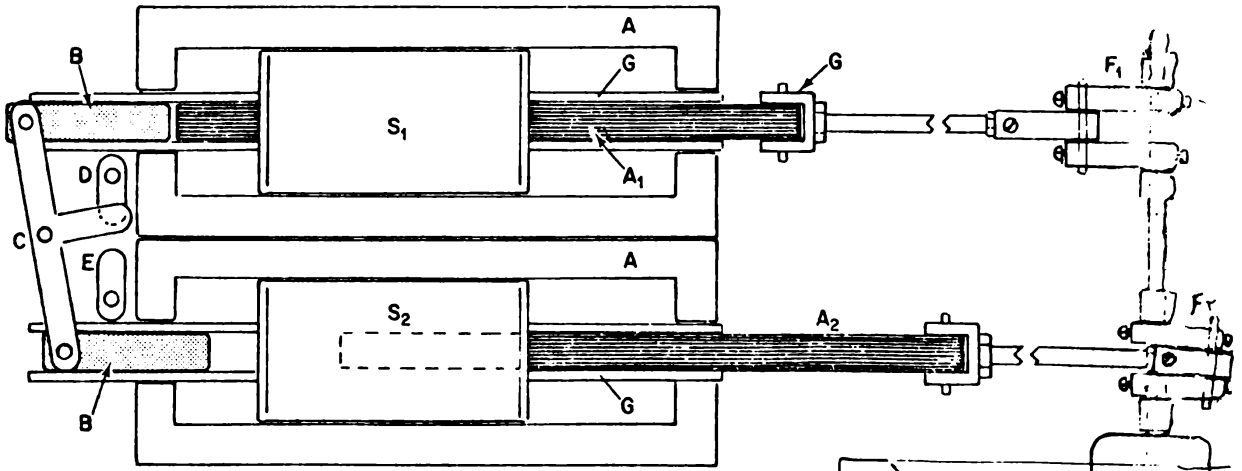
یک نوع موتور لقا با یک سولنوید میتوان ساخت. یک سولنوید میسازید که داخل آن یک هسته آهن نرم بتواند حرکت کند و حرکت رفت و آمد آن بچرخ لنگری منتقل میشود و آنرا بدوران در میآورد. در هر رفت و آمد چرخ یک دور میزند. و در هر دوران توسط با داکمی که در مقابل آن یک جاروب با جنس فنری قرار دارد جریان برق یکبار وصل و قطع میشود. با دوسولنوید میتوان موتور ساخت که سرعت آن بیشتر و نرم تر میچرخد. در اینجا قطع و وصل جریان برق بجای با داکم و جاروب روی میله چرخ لنگر توسط خود سولنوید انجام میشود.

اگر بتوانید ورقه های آهن هسته ترا نسفورما تور سوخته ای پیدا کنید و بتوانید یک میله آهن را تمیز بریده و قلاویز کنید براحتی میتوانی موتور بسازید. از یک ناودانک آلومینیوم با مقطع مربع با بعد ۲ سانتی متر برای هدایت هسته استفاده کنید. میله آهن نیز دارای مقطع مربع با بعد یک سانتی متر و به یک میل گرد فولادی بقطر ۶ میلی متر احتیاج دارید.

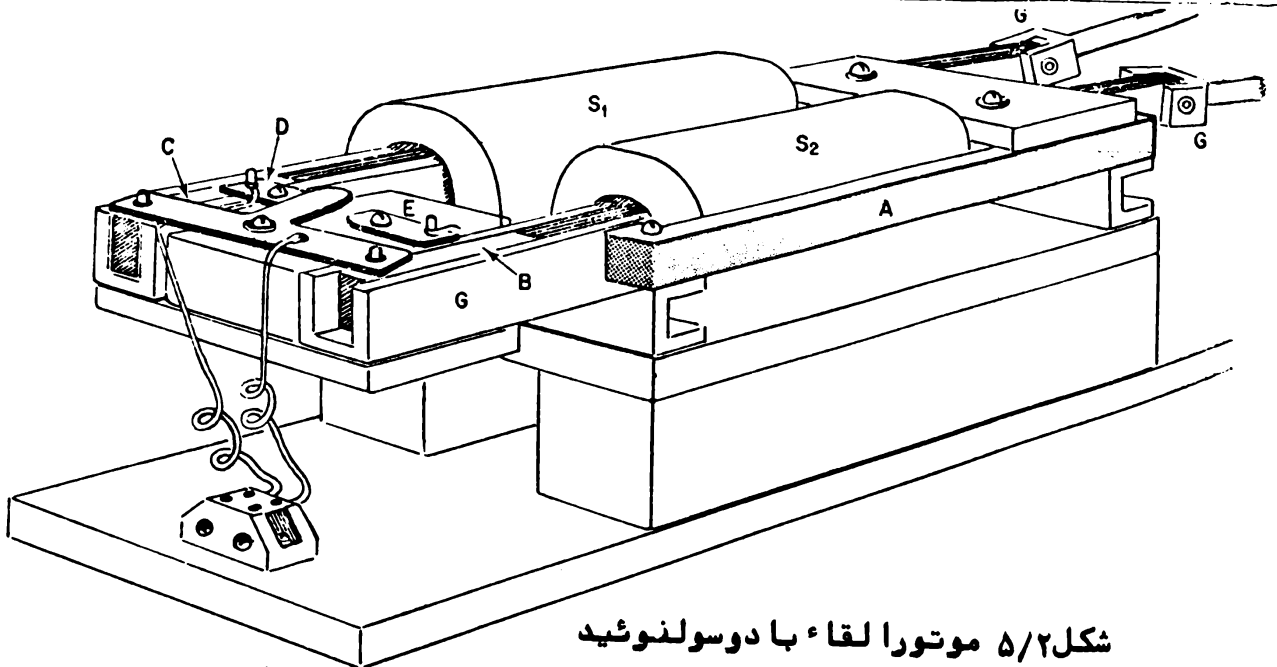
مقداری سیم روپوش دار مثل سیم نازک که برای سیم کشی زنگ اخبار بکار میرود و تعدادی وسایل دیگر احتیاج دارید. میتوانی از مواد دیگر که در دسترس است بجای آنها استفاده کنید. مثلاً بجای ناودانک آلومینیوم با مقطع با بعد ۲ سانتی متر، چوب پرده های پلاستیک یا فلز دیگر بکار برید، بدنه آنرا از تخته یا پلاستیک بسازید.

لازم نیست ابعاد داده شده را حتماً بکار برید در عکس ۵ طرح کلی دستگاه نشان داده شده است.

در شکل های ۵/۱ و ۵/۲ و ۵/۳ جزئیات ساختمان موتور کشیده شده است. وقتی میله های آهن نرم کاملاً در سولنویدها جا گرفته اند میسازند مغناطیسی سولنوید  $S_1$  و  $S_2$  کاملاً متراکم میباشند (طبق شکل ۵/۱ و ۵/۲). ضربه های واردها توسط دستک های  $F_1$  و  $F_2$  به میل لنگ منتقل شده و چون دستک ها با هم زاویه ۱۸۰ درجه میسازند، وقتی یک هسته وارد سولنوید شود، هسته دیگر خارج میشود. روی عایق  $B$  که ممکن است از جنس پلاستیک یا با کلیت باشد فشار وارد شده و کلیدی را که حول محور  $C$  میتواند دوران کند بکار میماند، اتصال با صفحه  $D$  برقرار و در نتیجه جریان برق وارد

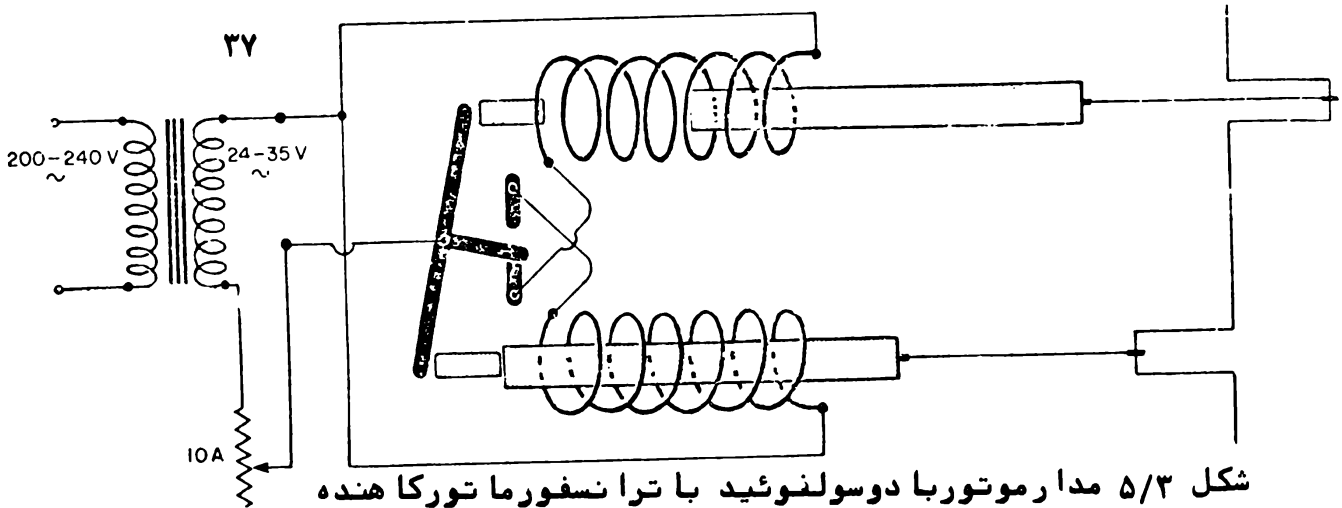


شکل ۵/۱ موتور القاء با دو سولنوئید



شکل ۵/۲ موتور القاء با دو سولنوئید

سولنوئید دیگر میشود که هسته آن جذب و کلید با صفحه  $E$  متصل میشود و سولنوئید اول بکار میآید و عمل تکرار شده و موتور بدوران در میآید (شکل ۵/۳). طول قطعات  $B$  باید طوری انتخاب شود که زمان اتصال برق با نداشتن آن کافی طول بکشد، در نقاط قطع و وصل اگر فرسودگی قرار دهیم که کمی فشار با اتصالها وارد کند شاید بهتر باشد و گاهی باید محل قطع و وصل را از اکسید پاک کرد.



شکل ۵/۳ مدار موتور با دو سولنوئید با ترانسفورما تورکا هنده

G تکیه گاه هسته و سرمیله اتصال با زو از جنس آلومینیم و A پوشش سولنوئید و هسته های  $A_1$  و  $A_2$  از ورقه های هسته ترانسفرما تور بیبریم بهتر است. چرخ لنگر یک قرقره بقطر ۲۵ سانتیمتر از جنس آلومینیوم سخت و آنرا با پیچ روی میل لنگ محکم بست یا بترتیب دیگر آنها را بهم چسبانید. چهار دستک  $F_1$  و  $F_2$  از میله آهن با مقطع مربع با بعد یک سانتیمتر بریده و سوراخ می کنید و با پیچ بمیل لنگ محکم می بندید. برای اینکه میل لنگ در امتداد مستقیم باشد، فاصله بین دستکها را بعداً "بااره میبرید و صاف می کنید.

تکیه گاه میل لنگ را می توانید ساده تر از آنکه در اینجا گفته ایم بسازید. از پایه های بشکل L که روی بدنه با پیچ محکم می کنید می توانید استفاده کنید. چون میل لنگ فولادی است بهتر است تکیه گاه از جنس برنج باشد، تا اصطکاک کمتر باشد. قسمتهای متحرک را روغن بزنید و دستگاه را بخوبی تنظیم کنید تا موتور آرام بچرخد.

برق شهر را می توانید با ترانسفورما تور به ۲۴ ولت تبدیل و از یک رئوستای ۱۰ آمپری طبق شکل ۵/۳ استفاده کنید و موتور را با کاندازید. مصرف ممکن است به ۳۰۰ وات برسد که زیاد است حداکثر جریان را بیشتر از ۵ آمپر نگیرید.

اگر طرح کامل و اصطکاک کم باشد با زده موتور زیاد است و لسی چون هسته ها داخل سولنوئید می لغزند حرارت تولید می شود. در موتور وانکلکه مثل موتور معمولی استوانه و پیستون ندارد و حرکت آن رفت و آمدی نیست با زده خیلی بیشتر است. نمیتوان موتور سولنوئید را با ابعاد بزرگتر ساخت زیرا تلف انرژی زیادتر می شود. واضح است با موتور برق معمولی بهتر میتوان انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل کرد.



عكس موتور القاء با دوسولفوشيد

این وسیله یک اسباب بازی جالبی است که یک دانش‌آموز کلاس آخر دبیرستان بنام Roger Forshaw ساخت. این وسیله را در اوقات فراغتی که فاصله زیادی با مسابقه ورودی دانشگاه داشت ساخته است. در سال ۱۹۶۵ در نمایشگاهی که در باره علوم مدارس انگلستان در کامبریج برپا شده بود شرکت کرد و توجه زیادی را بخود جلب نمود و در تلویزیون آنرا بنمایش گذاشتند، در این وسیله از مباحث مختلف علم مکانیک و الکترونیک استفاده شده است.

تمام دستگاره هدایت‌کننده در محفظه خیلی کوچکی در قسمت جلو جاسازی شده است که در آن از ترانزیستورها، خازن و وسایل کوچک دیگر که در رادیوهای کوچک و مدل هواپیما بکار می‌رود استفاده شده است. از بازار ایسن وسایل را میتوانید تهیه کنید. اگر در خواندن نقشه و کار با مدارهای الکترونیک تمرین کافی داشته باشید میتوانید طبق دستور کتاب عمل نموده یا بسته بشرايط و سلیقه خودتان آنرا تغییر دهید.

سازنده در لحیم‌کاری مهارت زیادی داشته و بخوبی توانسته بود این اجزاء کوچک را سوار نماید، اگر شما تمرین کافی نداشته باشید "از دستور کتاب استفاده وسیعی کنید در عمل مهارت کافی پیدا نمائید. شکل ظاهری دستگاره ممکن است بصورت مکعب یا شکل دیگری باشد و مسئله مهمی نیست.

اساس کار دستگاره بر سلول مقاومت حساس به نور است که وقتی در مقابل نور قرار گیرد مقاومت الکتریکی آن کم میشود و جنس آن سولفور کادمیوم است *Scd*. با استفاده از دو عدد سلول سرعت دوران دو موتور کوچک الکتریکی تغییر کرده و دستگاره بیک طرف منحرف میشود. سلولها را زیر گوشه‌های خارجی موش کار می‌گذاریم و مدار را طوری ترتیب میدهم که وقتی شعاع نور بیک طرف دستگاره بتابد آن سمت حرکت کند.

این دستگاره را بتدریج تکمیل کرده و مدل‌های *Mk I* و *Mk II* و غیره ساخته‌اند. در مدل‌های بعدی جلو دستگاره سیم‌های نازک فولادی حساس - مشابه سبیل موش نصب شد که وقتی بجسمی تماس پیدا کند حرکت موتور معکوس و بعقب بر میگشت. در نوک بینی موش یک لامپ قرمز چشمک زن و یک دستگاره تولید صدا با اضافه شدن ترتیب خیلی راحت است در اطاق

تاریکی حرکت آنرا تعقیب کنیم که وقتی بمانعی نزدیک میشود تغییر جهت میدهد و بطرف شعاع نور بحرکت درمیآید روی بدنه آن پارچه ما هوتی چسبانیده شده که عیناً "شبهه یک حیوان زنده میشود. دم موش را طوری میسازیم که بتوان آنرا برداشت که در آن صورت جریان برق قطع، موش بیحرکت و مثل اینکه مرده است.

مدل *Mk III* که در نما پشگاه علوم بمعرض تماشا گذاشته شد بخوبی کار میکرد البته نقائصی داشت که اصلاح گردید. دانستن و رفع این نقائص کمک بزرگی میکنند تا بمشکلاتی که در ابتدای کار پیش میآید پی بریم و برای اصلاح آنها بکوشیم.

مشکل بزرگ تغذیه دستگاه است باطری بایده کوچک باشد و موتورها جریان زیادمصرف میکنند، باطری زود خالی میشود که باید تعویض کرد و گران است. موتورهای ژاپنی ارزان قیمت ولی پرمصرفند. از باطریهای قابل پرکردن استفاده شد مشکل حل نشد ولی با تهیه موتورهای با مصرف کم که سهولت برق مصرف و برای هر چرخ یک موتور و سرعت آن توسط چرخ دنده کم میشود تا حدودی موفق شدند. بعدها از موتورهای نوع *B* که فقط ۲۵ میلی آمپر مصرف و بجای چرخ دنده از طرح شکل ۶/۳ ج صفحه ۴۴ استفاده گردید.

در اینجا محور موتور مستقیماً "بکنا رچرخ لاستیکی وصل میشود. از این چرخها در مدل اتومبیل کورسی استفاده میشود که میتواند روی موکت یا فرش بشرطی که پرز آن زیاد نباشد حرکت کند، در حالیکه مدل های اول با چرخ دنده و روی تمام سطوح نمیتوانست بخوبی حرکت کند. وقتی نور روی سلول بتابد آن سمت حرکت میکند یا میتوان آنها را طوری ترتیب داد که وقتی نور بآن میتابد منحرف شده و دور میگردد. سلول سمت راست موتور چپ را بکار میاندازد و بالعکس. مقدار جریانی که از سلول عبور میکند در آن نور تغییر کرده سرعت موتور کم و زیاد میشود. سیم نازک جلو (سبیل موش) جهت حرکت را تغییر میدهد و بعقب برمیکردد.

در مدل های اولیه کمتر ترانزیستور بکار برده اند. بعضی آنها را ترجیح میدهند بسازند. مدل *Mk VI* نحوه تغییر جهت دوران موتورها طور دیگری است. در شکل ۶/۱ مدل *Mk III* نصف باطریها که چهار عدد است در لحظه ای موتور را بحرکت درمیآورد و سیم نازک در لحظه دیگر مدار



آنرا قطع و مدار دیگری را وصل کرده جهت دوران تغییر و دستگایه بعقب برمیگردد.

در این طرح سه اشکال بترتیب زیر چشم میخورد:

الف: باطری جای زیادی میگیرد.

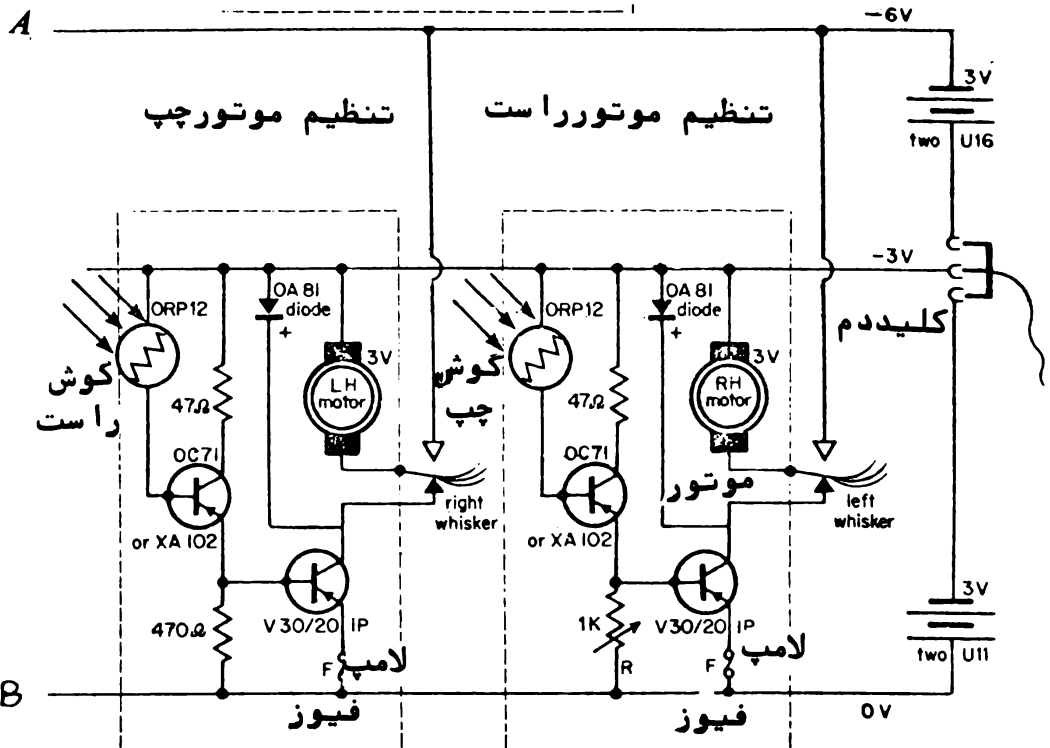
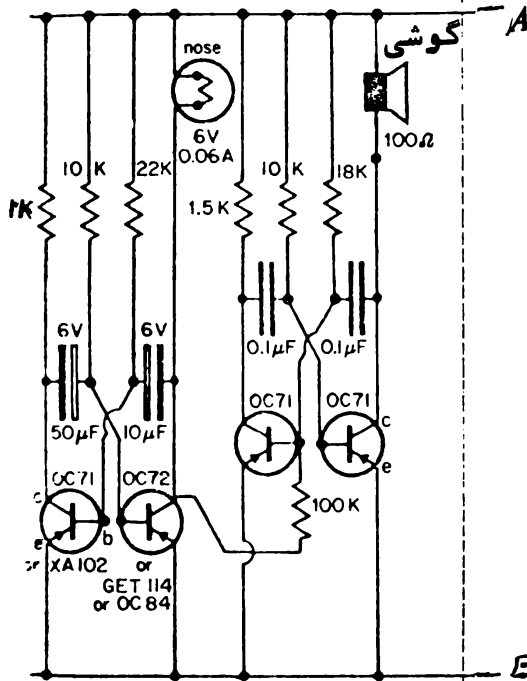
ب: دوسرکلید ممکن است اتصال کوتاه کند و ترازیستور خراب شود برای اصلاح عیب در مدار یک فیوز یا مقاومت مناسب قرار میدهند.

ج: در مدار اول جریان سلول، سرعت موتور را کنترل میکند و برای اینکه در طرف دیگر بهمان گونه عمل شود باید عین همان وسایل را بکاربرد. بجای اینکار میتوان با یک رثوستای ذغالی  $R$  طبق شکل ۶/۱ سرعت موتور را تنظیم کرد.

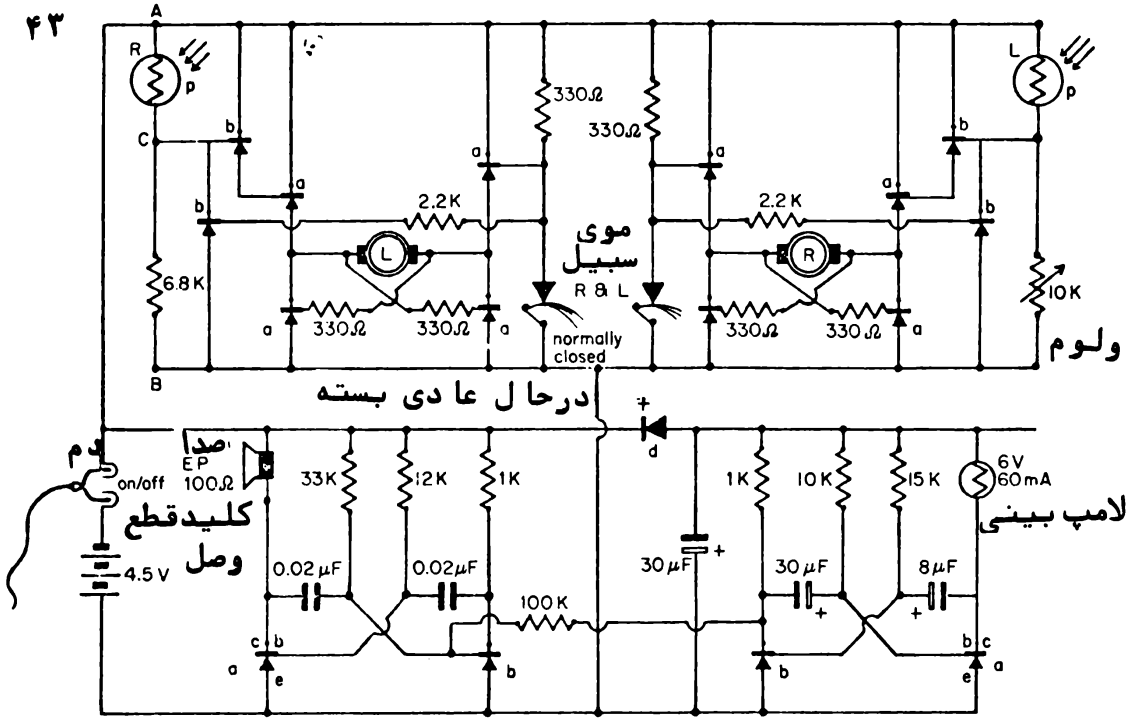
بجای تنظیم جریان در مدل Mk VI روش بهتری که تنظیم ولتاژ است بکار میبرند. همانطور که از شکل پیدا است وضع مدار طرف راست عیناً "قرینه سمت چپ است (شکل ۶/۲). نور که کم و زیاد میشود مقاومت سلول خیلی تغییر میکند و بنا بر این نسبت مقاومتها  $AC$  و  $CB$  تغییر کرده پتانسیل  $C$  کم و زیاد میشود. پتانسیل  $C$  به پایه ترازیستور مربوطه اعمال و ولتاژ موتور تنظیم و سرعت آن کنترل میشود، بعدها ساختمان دستگایه را تغییر داده اجزای الکترونیک را بجای آنکه در بالا و موتورها را در پایین قرار دهند مدار را در روی صفحه جلودستگایه نصب میکنند و فقط از سه باطری طوری استفاده میکنند که مرکز ثقل کمی بالاتر از چرخها باشد. در عکس ۶ صفحه ۴۶ مراحل مختلف ساختمان دستگایه نشان داده شده است.

اگر از مدار چاپی استفاده شود دستگایه را میتوان خیلی ظریف ساخت. مدار چاپی از جنس باکلیت است که عرض نوارهای مسی روی آن ۲/۵ میلی متر و دارای سوراخهایی است که اجزایه را براحتی میتوان روی آن نصب کرد. روش دیگر استفاده از مدار چاپی آما ده بعرض ۵ سانتی متر و طول ۱۵ سانتی متر است که دارای سوراخهایی برای سوار کردن اجزایه میباشد. اگر مدل بزرگ باشد ساختن آن ساده تر است اجزایه را روی تخته مدار سوار کرده لزومی ندارد تا آنها را لحیم کنید که جامیگیرد. در هر حال وقتی تصمیم گرفتید مدار را بسازید، نقشه را روی کاغذ کپی کنید و بعداً "اجزایه را لحیم نمائید. نقشه کمک میکند مدار را بعداً "بررسی کنید. اگر محل های اتصال را با حروف و اعداد مشخص کنید. بررسی مجدد مدار ساده تر میشود.

نور لامپ بینی و صدا



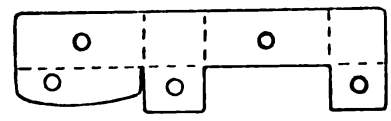
شکل ۶/۱ مدار موش الکترونی Mk III که شدت جریان حرکت موتور را تنظیم میکند



c b signifies

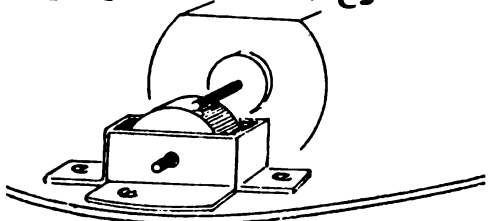
شکل ۶/۲ مدار موش الکترونی Mk VI که ولتاژ حرکت موتور را تنظیم میکند.  
 ترانزیستور a ترانزیستور b دیود d باطری سلول مقاومت نوری  
 ORP 12 U11 OA 202 سه عدد  
 OC 71 GET 104  
 PXA 102 GET 114  
 OC 44 OC 72  
 OC 84

بدنه اصلی را از پلاستیک بشکل قلب بریده (شکل ۶/۳ الف). شکاف های مستطیل شکل را با ااره میبریم و چرخها را در این شکافها کار میگذاریم شکل بینی را طوری درست میکنیم که سرپیچ لامپ را بتوانیم در آن جا سازی کنیم. طبق شکل ۶/۳ ب دوتیکه آلومینیم بریده آنها را طوری خم میکنیم که میله محور چرخها را طبق شکل ۶/۳ ج بتوانیم در آنها قرار دهیم وقتی اجزا را سوار کرده و توانستیم حجم کلی دستگاره را حدس بزنیم، یک قفس از سیم مسی درست میکنیم و روی دستگاره را میپوشانیم مدار چاپی را روی بدنه با گیره محکم کنید بطوریکه بتوانید هر وقت بخواهید براحتی آنها را جدا کنید و بردارید (شکل ۶/۳ د). از دوتیکه کوتاه غلاف پلاستیک گوشها را درست کنید و به قفس متصل نماید بطوریکه براحتی بتوانید آنها را در هر جهتی مایل با شید مایل کنید یا بردارید.

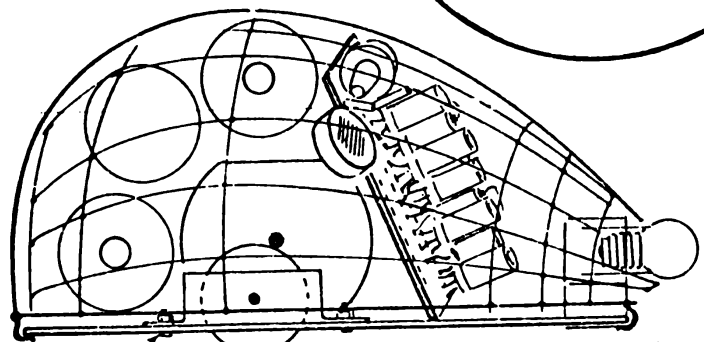
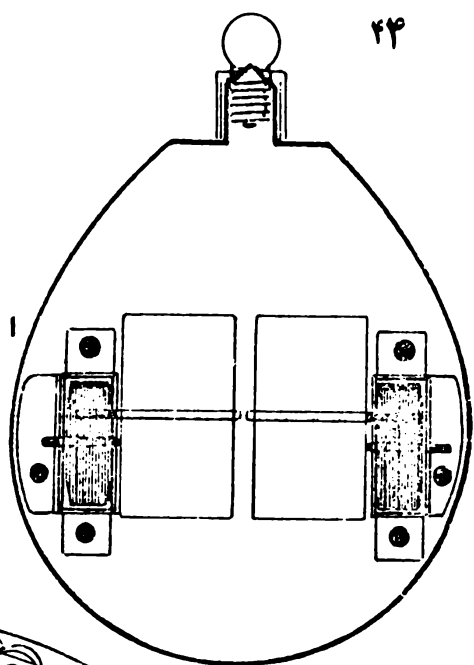


ب- جعبه باز شده

الف- طرح بدنه تخته با موتور سه چرخ

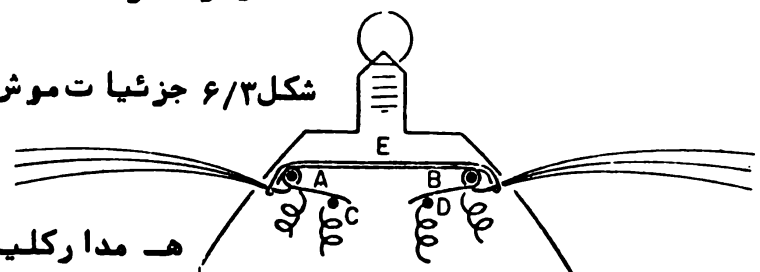


ج- جعبه حامل چرخ محرک



د- طرح کلی قفس که روی بدنه سوار میشود 8BA

شکل ۶/۳ جزئیات موش الکترونی

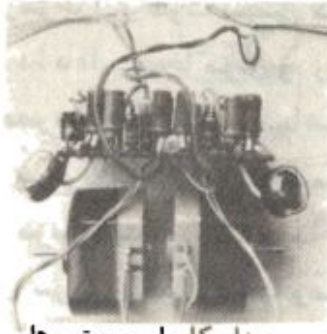


ه- مدار کلیدسیم های سبیل

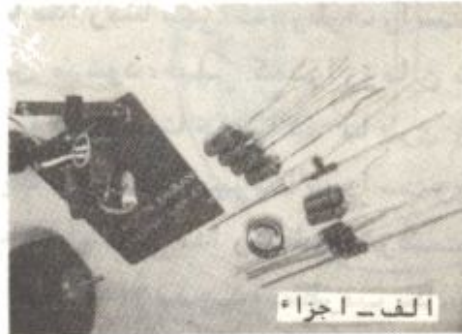
در شکل ۶/۳ ه سیمها را نشان داده ایم که چگونه عمل کلید قطع و وصل را انجام میدهد معمولا "کلید بسته است وقتی بمانعی برخورد کند کلید قطع میشود. A و B و C و D پیچ و مهره هائی هستند که به بدنه بسته شده و مدار موتور با آنها وصل میشود. A و B همچنین محور دو سیم فولادی میباشد که با C و D اتصال را برقرار میکنند. نوار لاستیکی E معمولا "دو کلید را در حالت بسته نگاه میدارد و وقتی دستگاه بمانعی برخورد کند و هر کدام از سیمهای نازک را بعقب فشار دهد کلید آن طرف فوراً "باز شده، جریان در جهت عکس و

موتور در خلاف جهت میچرخد. برای اینکه مدار صدا هر چه ممکن است کوچک باشد از گوشی رادیو برای تولید صدا استفاده میکنند. که در شکل ۶/۲ به صورت  $EP$  نشان داده شده است. معمولاً "همراه ضبط صوت و رادیو از این گوشیها میفروشند و خیلی ارزان میتوان تهیه کرد. در شکل ۶/۲ یک مدار نوسان ساز که دو صدای مختلف میدهد در قسمت پائین سمت چپ نشان داده ایم. چون ظرفیت خازنها خیلی زیاد است فاصله زمانی بین خاموش و روشن شدن نور قرمز چراغ نوک بینی که با مدار مشابیهی که در طرف راست پائین شکل نشان داده ایم خاموش و روشن میشود، خیلی کمتر از زمان تناوب صدا است. مصرف مدار خیلی کم است. اگر لامپ نا جور باشد با طری زود خالی میشود. یک نوع لامپ ۶ ولت با مصرف ۶ میلی آمپر مناسب است روی آن با لاک رنگ قرمز بزنید. در خاتمه با یاد اضافه کنیم مدار تنظیم سرعت موتور توسط سلول نوری و مدار لامپ و صدا در ابتدا پیچیده بنظر میرسد. بهتر اینست که اول مدار موتور را بسازید و کم کم بساختن بقیه بپردازید.

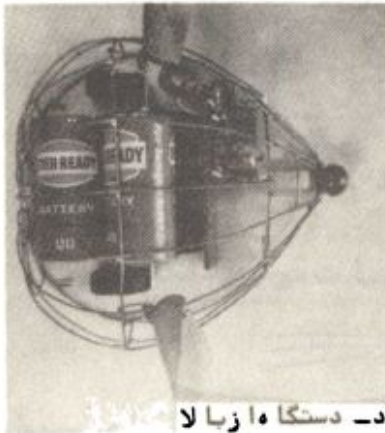
عکس ۶- جزئیات موش الکترونی



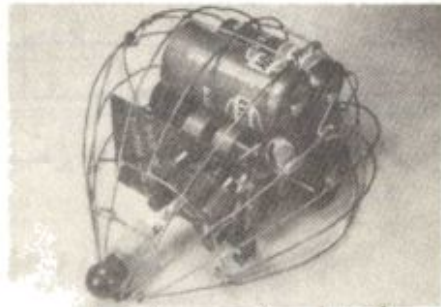
ب- مدار کما مل و موتورها



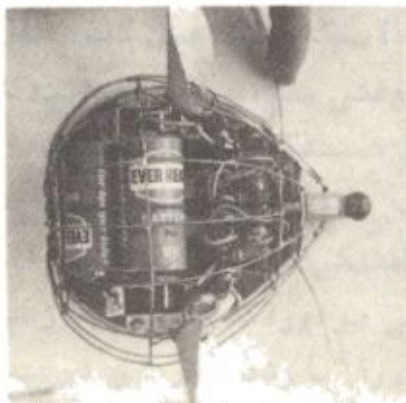
الف- اجزاء



د- دستگاه از بالا



ج- کنترل موتور سمست چپ



هـ- حرکت موتور راست امتحان میشود

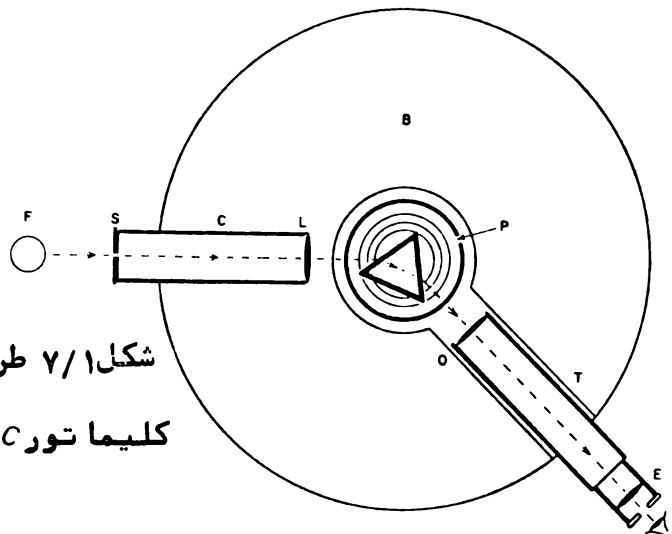


و- آماده برای چسباندن ماهوت

مطالعه طیف نور را اسپکتروسکوپی نامند (اسپکتر بمعنی طیف و سکوپ بمعنی دیدن است، مثل میکروسکوپ که دیدن اجسام ریز میباشد).  
 بیشتر اطلاعاتی که امروزه درباره اتم داریم از مطالعه طیف نور گازها  
 وقتی نور میدهند بدست آمده است. تجزیه و تحلیل طیف از ثمرات خوب  
 علم فیزیک در قرن اخیر است. دانشمندان نامی مثل Planck, Einstein  
 Bohr و Moseley و دیگران در حل معمای اتم کوشش طاقت فرسا  
 کردند و از نتایج طیف نور مرئی عناصر استفاده نمودند.

اسپکتروسکوپ یک وسیله خیلی گرانا است. چون وسائل اندازه گیری  
 آن باید خیلی دقیق باشد. در اینجا طریقی ارائه میشود که با مهارت کمی  
 میتوان اسپکتروسکوپی ساخت و با آن آزمایشهای خوبی انجام داد.  
 ابتداء اجزاء و وسائل را فراهم کنید. بعضی را باید خریداری و تعدادی  
 را بسازید. بسه عدسی احتیاج دارید لزومی ندارد از نوع گران قیمت  
 باشد. دو عدسی آن دارای فاصله کانونی ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر و قطر ۲/۵  
 سانتیمتر و عدسی دیگر دارای فاصله کانونی ۲ تا ۵ سانتیمتر باشد.  
 تعمیرکاران ساعت بیشتر از این نوع استفاده میکنند. قطر آن باید کم  
 باشد. از عدسیهای اسبابهای نوری اسقاطی و چراغ دستی نیز میتوان  
 استفاده کرد.

یک بدنه تخته‌ای بقطر ۳۰ سانتیمتر تهیه کنید. بااره نازک تخته



شکل ۱/۷ طرح اصلی اسپکتروسکوپ که

کلیما تور C پایه منشور P و دوربین T

سه لایه را ببرید و با سوهان چوب سا ب صاف کنید. اسپکتروسکوپ باید محکم روی پایه سوار شده و نلرزد.

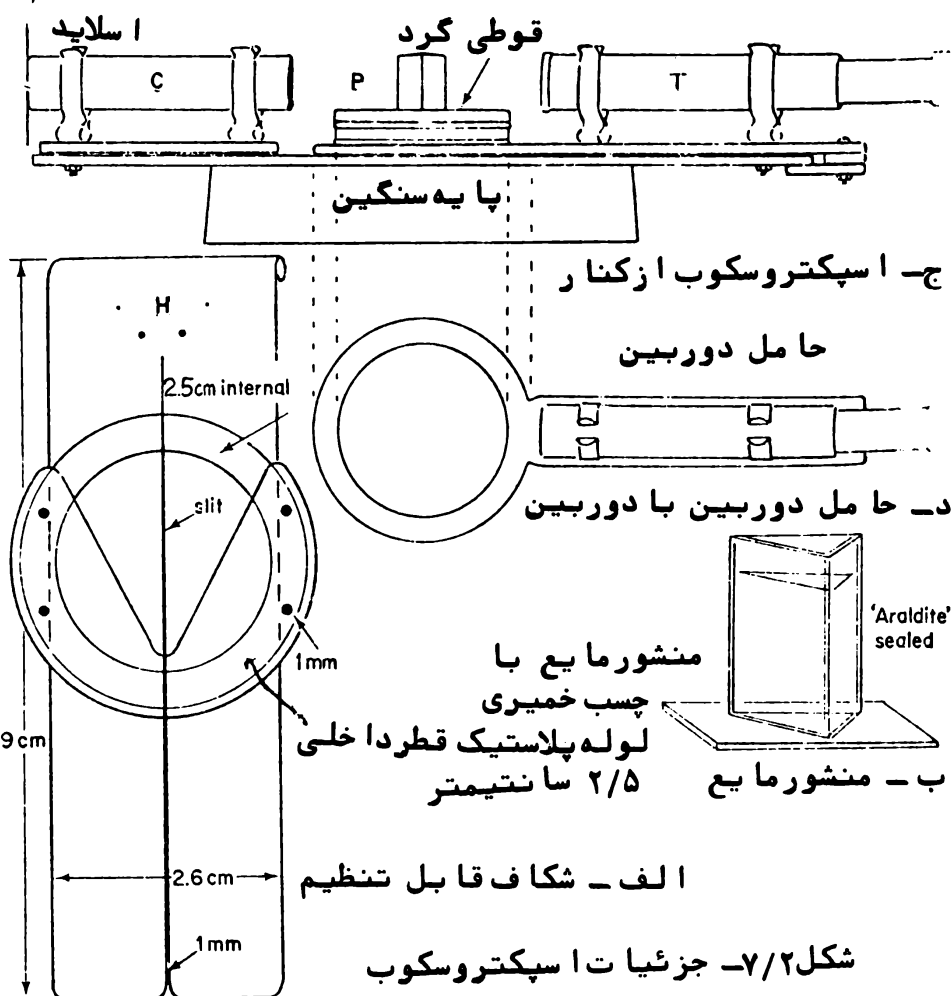
پس بدنه اسپکتروسکوپ را با یدروی پایه یا جعبه سنگینی محکم کرد. بعکس ۷ و بشکل ۷/۱ مراجعه کنید و طرح کلی دستگا ه را بررسی نمائید. لوله C را کلیما تور و لوله T دوربین و P منشور است. P و T باید به راحتی بتوانند حول محور دستگا ه دوران کند. عمل کلیما تور اینست که نور منبع قبل از اینکه به منشور بتا بدموازی باشد. لوله C دارای شکاف S در انتهای لوله و در طرف دیگر یک عدسی L نصب شده است. خود لوله را روی بدنه تخته ای محکم کنید. دوربین T که یک نوع کوچک دوربین نجومی است، تصویری معکوس از شکاف میدهد. عدسی شیئی O دارای فاصله کانونی زیادتر و عدسی چشمی E دارای فاصله کانونی کمتری است. در اینجا بشرح اجزاء دستگا ه میپردازیم.

طول لوله بستگی بفاصله کانونی عدسی دارد. بهتر است لوله پلاستیکی PVC بقطر داخلی ۲/۵ سانتیمتر که در لوله کشی آب از آن استفاده میشود بکار برود. این لوله را براحتی میتوان بکار برد. ضخامت جدار لوله پنج میلیمتر و نصب عدسی و شکاف روی آن آسان است. برای اینکه فاصله کانونی عدسی را پیدا کنید آنرا مقابل جسم دوری مثل درخت یا ساختمان بگیرد و سعی کنید روی صفحه کاغذ سفید تصویری بدست آورید و فاصله تصویر تا عدسی را اندازه بگیرید طول لوله باید هفتمین مقدار باشد. عدسی را با انتهای لوله بچسبانید.

با استفاده از ورقه نازک حلبی یک شکاف درست کنید. در شکل ۱۷/۲ الف جزئیات آن نشان داده شده است. اول یک نوار مستطیل بعرض ۲/۶ سانتی متر و طول ۹ سانتیمتر تهیه کنید و وسط نوار را تا یک سانتیمتر با انتهای نوار مانده باقیچسبید. نوار را روی صفحه فلزی قرار داده با چکش به آرامی در نقطه H ضربه وارد کنید تا فاصله برش در طرف دیگر نوار یک میلی متر بشود. اطراف نوار را باقیچسبید یا سوهان بزنید تا موازی شود.

از یک قرص حلبی که کمی بزرگتر از لوله باشد قالبی برای نوار درست کنید و با چهار سنجاق آنرا به لوله PVC محکم نمائید. نوار شکاف را با یدبتوان بین چهار سنجاق بالا و پائین برد و عرض شکاف را تغییر داد.





شکل ۲/۷- جزئیات اسپکتروسکوپ

دو طرف شکاف گرچه کاملاً موازی نیستند ولی تیکه کوچکی که در مقابل لوله قرار میگیرد خوبی میتواند که شکاف قابل تنظیم اسپکتروسکوپ که با پیچ و فنر تنظیم میشود انجام دهد. چون شکاف درست در کانون عدسی قرار دارد نوری که از عدسی خارج میشود موازی میباشد (شکل ۲/۷ الف) لوله کولیماتور باید هم سطح دوربین قرار گرفته و آنرا با دو گیره بزرگ مخصوص در امتداد شعاع بدنه محکم کرد.

### دوربین

خود دوربین واحد کوچک جالبی است که ممکن است جداگانه نیز از آن استفاده کنید. به دلوله که یکی داخل دیگری بتواند بلغزد احتیاج دارید. جنس آنها ممکن است فلزی یا PVC باشد یا اگر ممکن نشد از مقوای نازک استفاده کنید. میتوانید که غذاکلفتی را چند دور پیچیده بشکل لوله

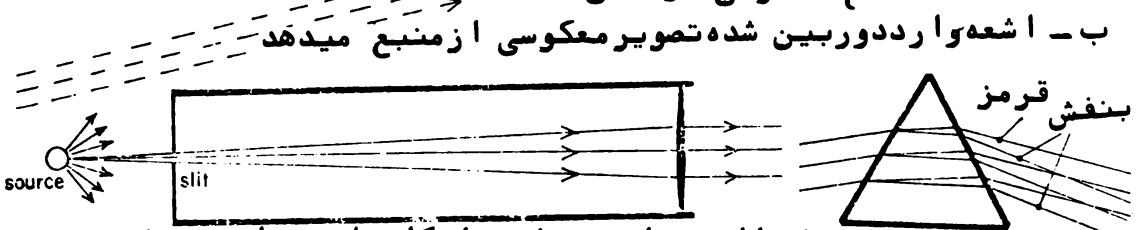
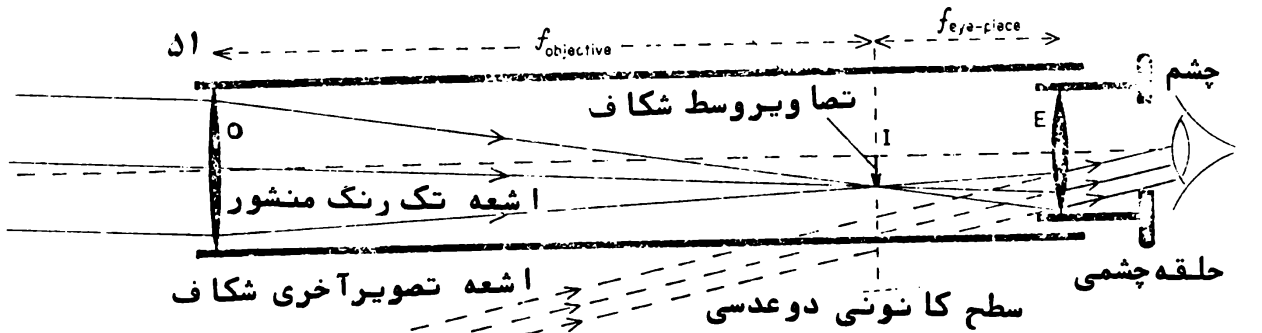
ساعت بگذارد بماند. مایع مناسب برای پرکردن منشور تریانتین است که ضریب شکست آن  $1/48$  می باشد و تقریباً "مساوی ضریب شکست شیشه فلیکس است. ضریب شکست سولفور کربن بیشتر است و  $1/62$  می باشد ولی چون بدبو است و چسب را ممکن است حل کند و قابل اشتعال می باشد، کمتر بکار میرود. جدا ریشه در شکست و تجزیه نور تا ۶ تیری ندارد زیرا متوازی -- السطوح بوده نور شکسته نمیشود. در شکل  $7/3$  چ مسیر نور را در منشور نشان داده ایم.

### استفاده از طیف نما

در یک اتاق تاریک ابتدا طیف نمک طعام را مشاهده نمایید. یک تیکه پارچه نسوز را با آب نمک تر کنید و در انتهای شعله چراغ گاز نگاه دارید. نور زرد آن را در طیف نما بصورت دو خط نزدیک بهم ملاحظه می کنید که مربوط به سدیم می باشد. منشور را بردارید و دوربین و کلیما تور را در یک امتداد قرار دهید. ذره بین دوربین را طوری تنظیم کنید که تصویر واضحی از شکاف در آن دیده شود، منشور را در محل خود قرار دهید (شکل  $7/1$ ). طیف سدیم را در دوربین پیدا کنید. آنقدر پارچه منشور را بچرخانید تا شعاع در حداقل انحراف باشد. منشور وقتی در حالت حداقل انحراف باشد، طیف های دیگر را نیز بهتر با آن میتوان دید.

با طیف نمایی که ساخته اید آزمایش های دیگر متعدد میتوانید انجام دهید. نور خورشید و نور لامپ برق ۱۰۰ وات رشته ای و اجسام گداخته طیف اتصالی از قرمز تا بنفش میدهد.

اگر بدون منشور بمنبع نور سفید نگاه کنید ملاحظه می کنید اطراف تصویر شکاف، نوارهای رنگی مخصوصاً "وقتی دوربین و کلیما تور درست در امتداد هم نباشند مشاهده میشود و این بعلت خطای رنگی دو عدسیها است. عدسی ها مخصوصاً "عدسی چشمی با فاصله کانونی کم نور را مثل منشور تجزیه میکند. درحالی که ما میخواهیم فقط منشور اسپکتروسکوپ نور را تجزیه کند. در طیف نما های گران قیمت از عدسی های بدون خطای رنگی استفاده میشود. جالب ترین خطوط طیف عناصر در حالت گازی تولید میشود و مخصوصاً "از عنصر در حالت گازی در لوله های تخلیه الکتریکی نور ایجاد میکنند. فلزات را در شعله چراغ گاز به حالت بخار در می آورند و خطوط طیف مشخصه این



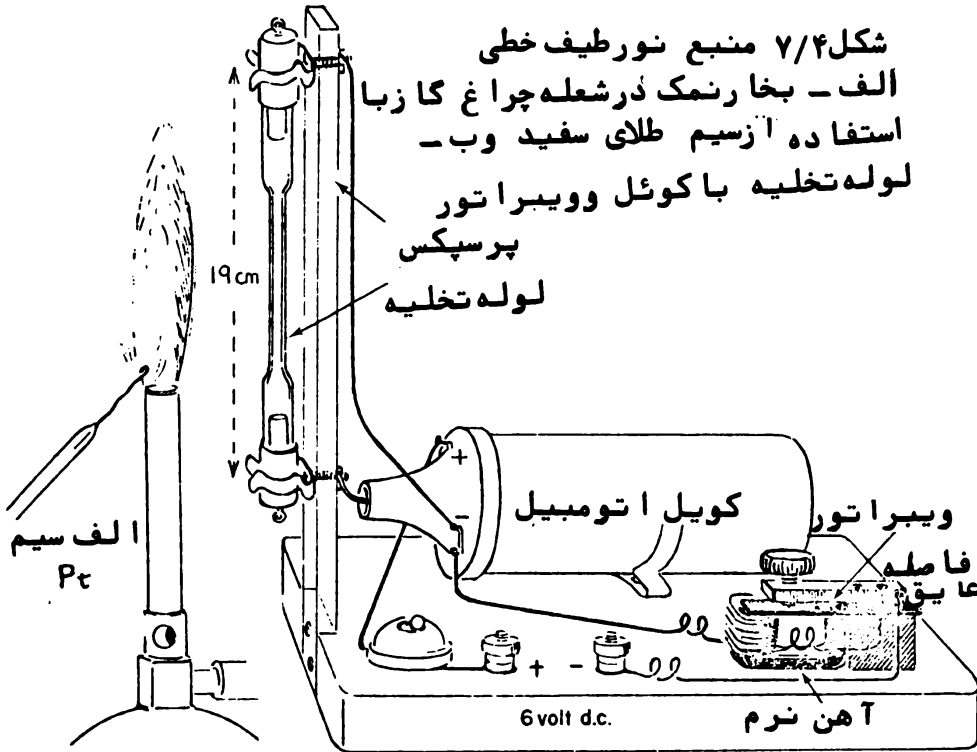
ج - مسیر نور در منشور الف - اشعه موازی از کلیما تور خارج میشود

شکل ۷/۳ - مسیر نور در اسپکتروسکوپ

در آورید و با چسب محکم کنید. از لوله‌هایی که داخل آن پوسترو عکس می‌فرستند ممکن است استفاده شود. عدسی با فاصله کانونی کم را در لوله داخلی کوتاه بچسبانید. و به لوله بلند عدسی با فاصله کانونی بلند را وصل کنید. در شکل ۷/۳ ب مسیر نور را رسم کرده ایم. عدسی شیئی O تصویر معکوس I میدهد که با ذره بین E آنرا مشاهده میکنیم. تصویر در آن بزرگتر و معکوس دیده میشود زیرا تصویر در طیف نما و دوربین نجومی معکوس باشد مهم نیست. با ایدفا صله بین عدسی های O و E را برای اشخاص مختلف به توان تنظیم نمود که تقریباً "برابر مجموع فاصله کانونی دو عدسی است. حامل دوربین

طبق شکل ۷/۲ د از تخته سه لائی یا فیبر با اره نازک یک صفحه ببرید قطر سوراخ تخته باید بقدری باشد که براحتی بتواند روی قسمت پائین قوطی حلبی دوران کند (قوطی حلبی ممکن است قوطی واکس یا قوطی پودر باشد) خطی درست وسط نوار تخته سه لائی بکشید و دو گیره مخصوص بآن پیچ کنید و دوربین را در این گیره ها قرار دهید.

پایه منشور  
منشور را روی قوطی حلبی که ذکر شد سوار کنید (در شکل ۷/۲ ج با P نشان داده شده است) در قوطی باید بتواند دور بدنه قوطی بگردد وسط بدنه قوطی را با پیچ روی بدنه تخته اسپکتروسکوپ محکم کنید. در ب قوطی و حامل دوربین براحتی باید بتواند دور بدنه قوطی بچرخد برای



اینکه اصطکاک کم شود کمی وازلین بمالید .

درب قوطی را رنگ سیاه لاکی بزنید. مرکز درب قوطی را مشخص کرده دوایرچندی روی آن بکشید تا بتوانید براحتی منشور را در روی آن در محل صحیح قرار دهید .

لوله کولیماتور و دوربین در امتداد شعاع بدنه قرار گرفته و امتداد آنها بدقت از مرکز درب قوطی میگذرد .

اگر منشور مثلث القاعده در اختیار ندارید از یک تیکه پلاستیک پرسپکس یک منشور مثلث القاعده با اهره بریده سطوح آنرا با کاغذ سنباده صاف کنید و بتدریج کاغذ سنباده نرم تر بکار ببرید و آخر سر با مواد صیقلی کننده فلزات سطوح منشور را صیقل دهید . این ماده را روی پارچه ریخته بکار ببرید .

میتوانید از اسلاید شیشه میکروسکوپ منشور توخالی درست کنید و آنرا از مایع پر کنید . دو عدد اسلاید شیشه (۲/۵×۷/۵ سانتیمتر) را از وسط نصف کنید . با چسب چهار تیکه را طبق شکل ۷/۲ ب شکل منشور مثلث القاعده بهم بچسبانید . شیشه ها با یکدیگر ملا"تمیز و اتصال ها را با چسب بگیرد . ۲۴

فلزات را تولید میکنند. طبق شکل ۷/۴ الف سیم طلای سفید آغشته به نمک رادارکنا رشعله چراغ گاز قرار میدهند. میتوان بجای سیم طلای سفید از میله ذغال (مثل میله ذغال وسط مداد) نیز استفاده کرد.

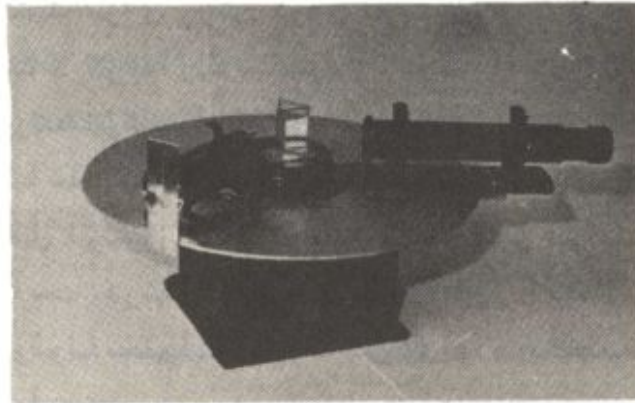
بعضی نمکها بطور وضوح رنگ مشخص فلز را نشان میدهند. مثلاً "نمک مس شعله سبز و نمک سدیم، زرد و نمک پتاسیم بنفش میباشد. شعله نمک استرونیوم ارغوانی رنگ است که طیف آن از نواریونوار آبی تشکیل شده است.

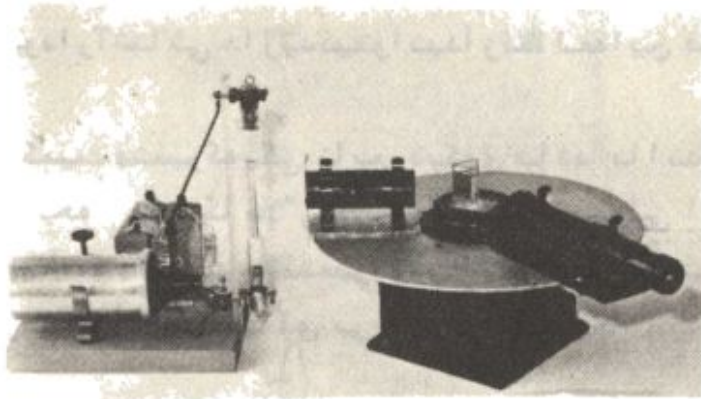
با طیف نما میتوان مقادیر خیلی کم عناصر را تشخیص داد. از رنگ شعله نیز میتوان عنصری را بسرعت شناسائی کرد و یکی از روشهای تجزیه شیمیائی همین است. در آزمونهای معمولاً با یک تیکه سیم طلای سفید در نوک میله شیشه نصب شده آزمونهایش میکنند و چند بار که از آن استفاده شد آن را در اسیدی قوی میشوند و آنرا پاک کرده و حرارت میدهند تا سرخ شود. اگر بتوانید لوله های تخلیه تهیه یا امانت بگیریید طیف آنها را ملاحظه و یادداشت کنید. برای روشن کردن لوله تخلیه قرقره ولتاژ زیاد یا منبع دیگر ولتاژ بالا لازم دارید. با کویل اتومبیل نیز میتوان لوله را بکار اندازید. در تعمیرگاههای اتومبیل اکثراً "میتوانید یک کویل اسقاطی که سوخته نباشد تهیه کنید. کویل اتومبیل ولتاژ لازم را برای تخلیه در شمع اتومبیل از برق ۱۲ ولت باطری تاء مین میکند. طول جرقه در شمع ۵ میلی متر است. در شکل ۷/۴ ب و عکس ۸ طرز اتصال کویل و دستگاه قطع و وصل لوله تخلیه که بطور قائم روی پایه پلاستیک پرسپکس نصب شده نشان داده ایم.

کار دستگاه قطع و وصل عیناً "شبه کار زنگ اخبار الکتریکی است که میتوان بسادگی ساخت. برای هسته آهن ربای الکتریکی آن از سیم آهنی استفاده میشود. سیم آهنی را قبلاً "حرارت میدهم تا سرخ شود و بعد کم کم سرد میکنیم. آنها را دور یک مکعب چوبی پیچیده بهم لحیم میکنیم و بااره میبریم و بشکل  $U$  در میآوریم. روی یک شاخه آن ۱۰۰ دور سیم مس روکش دار می پیچیم. یک تیکه آره آهنی بری را از یک طرف روی مکعب چوبی محکم کرده طرف دیگر آن مقابل آهن ربای الکتریکی قرار میگیرد. بالای تیغه یک میله فلزی سفت قرار میدهم که روی آن پیچ قطع و وصل قرار گرفته است. در تمام زنگ اخبارها در نقاط قطع و وصل برای اینکه جرقه فلز را

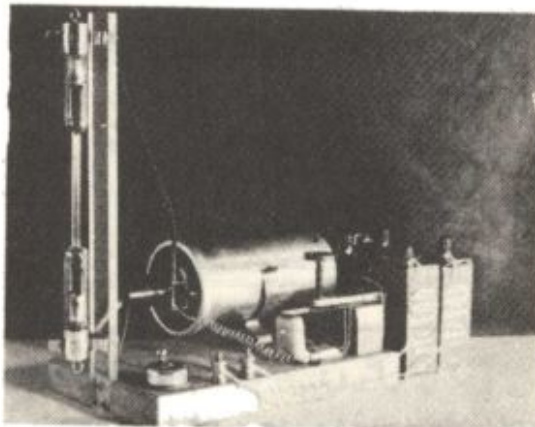
اکسید نکند که عایق است از فلزات نقره یا پلاتین استفاده میکنند. جریان با ولتاژ کم باطری از سیم پیچ عبور میکند تیغه جذب میشود و جریان قطع شده تیغه عقب برمیگردد و دوباره جریان وصل میشود. تیغه با ارتعاش در میآید و جریان مستقیم که مرتب قطع و وصل میشود در سیم پیچ اولیه در کویل اتومبیل ولتاژ زیاد ایجاد میکند. معمولاً با ۴/۵ ولت کار میکند. گرچه کویل برای ۱۲ ولت ساخته شده است. ولتاژ خیلی زیاد در ثانویه تولید میشود با یددقت کرد چون ایجاد شک میکند.

کار و مطالعه شبکه تفرق از حوصله این کتاب خارج است. اگر بجا یمنشور از شبکه تفرق استفاده شود طیف ایجاد شده وسیعتر میباید. شبکه تفرق پلاستیکی ارزان و مطالعه و کار با آن جالب و آموزنده است. عکس ۷ یک اسپکتروسکوپ دست ساز و منشور آن





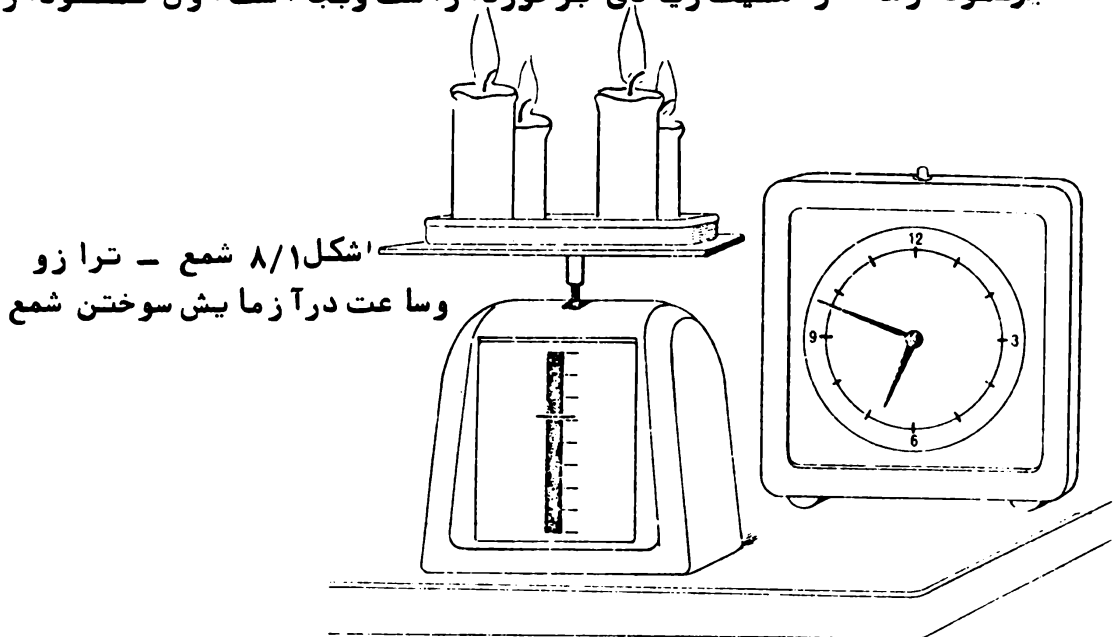
عکس ۸ الف اسپکتروسکوپ با منشور و لوله  
کویل اتومبیل که با وایر اتور عمل میکند



عکس ۸ ب منبع ولتاژ با دبرای لوله تخلیه

فیزیک دانان با آزمایشها وساختن وسائلی اگر با اندازه کافی از ریاضیات نیز استفاده کنند به پیشرفت های زیادی دست پیدا میکنند. بهمین جهت استفاده از رسم نمودار را در اینجا ذکر میکنیم ولی اگر شما قبلاً با رسم نمودار آشنائی دارید میتوانید از مطالب این فصل صرف نظر کنید.

رابطه دو کمیت متغیر که یکی تابع دیگری باشد با اندازه گیری دو کمیت مثبت نتیجه حاصله، کاملاً روشن معلوم نمیشود. ولی اگر نمودار آنها را رسم کنیم رابطه تابع نسبت به متغیر روشن میشود. برای فیزیک دانان تفسیر نمودارها از اهمیت زیادی برخوردار است و بجا است اول نمودار



مستقیم الخط را بررسی نماییم.

در این آزمایش وزن تعدادی شمع روشن نسبت بزمان بررسی میشود. جریان هوا نباید در میزان سوختن شمعها تأثیر داشته باشد. و برای اینکه آزمایش خیلی طول نکشد یک شمع را بچند قطعه تقسیم کرده آنها را روی ظرفی قرار میدهم قبلاً "ظرف خالی را وزن میکنیم (شکل ۸/۱) از ترازوی فنری استفاده میکنیم، درجات ترازوی کنواخت است یعنی تغییر طول فنر متناسب با وزن جسم باشد. سابقاً هم از شمع برای اندازه گیری زمان استفاده میکردند زیرا طول شمع روشن متناسب با زمان می باشد و فاصله شمعها از هم با یک اندازه کافی زیاد باشد. شمعها را روشن کنید و زمان را با ساعت

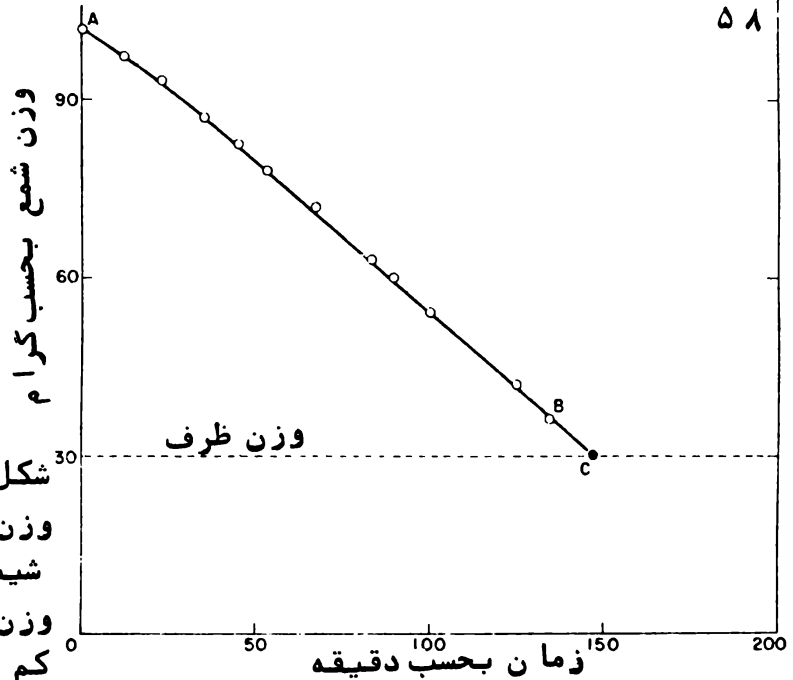


وزن شمع سوخته شده بحسب گرام	وزن بحسب گرام	زمان روشن بودن شمع	زمان بحسب ساعت
۰	۱۰۲	۰	۹/۴۵
۴/۵	۹۷/۵	۱۲	۹/۵۷
۹	۹۳	۲۳	۱۰/۰۸
۱۵	۸۷	۳۵	۱۰/۲۰
۱۹/۵	۸۲/۵	۴۵	۱۰/۳۰
۲۴	۷۸	۵۳	۱۰/۳۸
۳۰	۷۲	۶۷	۱۰/۵۲
۳۹	۶۳	۸۳	۱۱/۰۸
۴۲	۶۰	۹۰	۱۱/۱۵
۴۸	۵۴	۱۰۰	۱۱/۲۵
۶۰	۴۲	۱۲۵	۱۱/۵۰
۶۶	۳۶	۱۳۵	۱۲

### شکل ۸/۲ جدول حاصله از آزمایش سوختن شمع

اندازه بگیرید. در زمانهای مساوی وزن شمع‌ها را اندازه گرفته در جدولی یادداشت کنید، برای رسم نمودار همیشه از جدول یاد استفاده کنید. یک نمونه جدول نتیجه آزمایش در اینجا در شکل ۸/۲ ذکر شده است. وزن اولیه شمع‌ها ۷۲ گرم و وزن ظرف ۳۰ گرم می‌باشد، بنا بر این برای تعیین ستون سمت راست که مقدار شمع سوخته شده است آنها را از مقداری که ترازو نشان می‌دهد کم می‌کنیم.

حالا برای رسم منحنی زمان را روی محور افقی که محور متغیر است برده و وزن شمع سوخته شده که تابع است روی محور قائم جدا می‌کنیم. در ابتدا با یک مقیاسی تعیین کنیم اعداد را با یکدیگر بسازیم. مثلاً "سعی نکنیم پنج یا ۱۰ درجه روی محور را به قسمت کنیم، با یاد از تمام سطح کاغذ استفاده و منحنی را رسم کنیم و روی محورها تمام اعداد جدول برده شود. احتیاجی نیست روی محور  $x$  و  $y$  از صفر شروع کنیم. اگر مبدأ از صفر شروع نشود عدد مربوطه در تلاقی محورها مینویسیم، با یکدیگر کافی برای اینکه منحنی را ادامه دهیم وجود داشته باشد تا بتواند محورها را قطع کند. امتداد منحنی بیشتر از حدود آزمایش را برون نقطه یا بی‌نامند، از نمودار همچنین

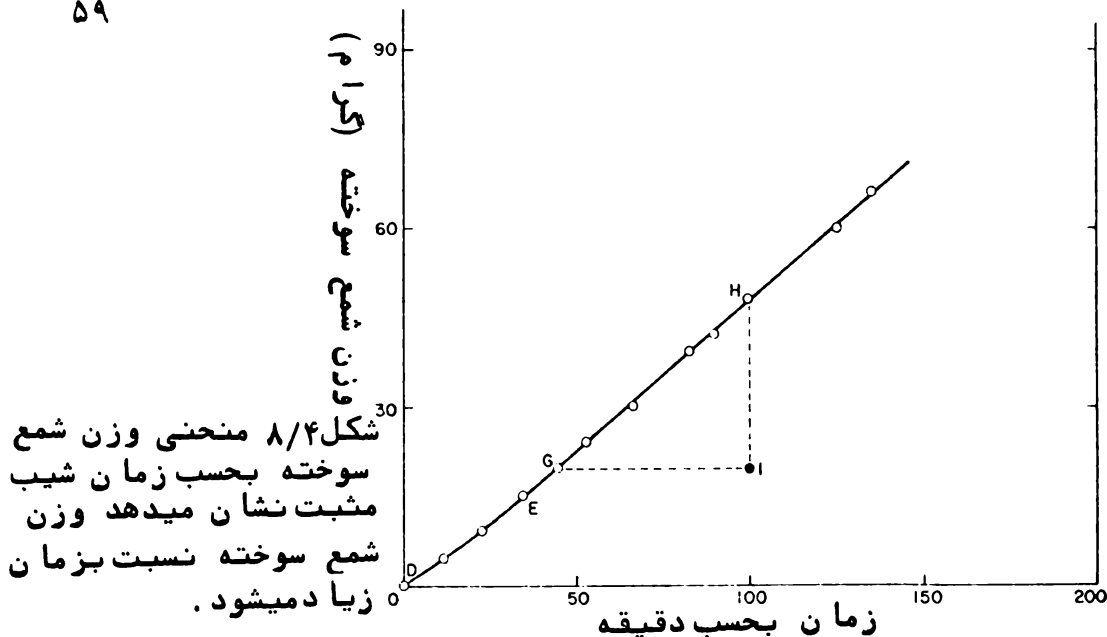


شکل ۸/۳ منحنی تغییرات  
وزن شمع بحسب زمان  
شیب منفی نشان میدهد  
وزن شمع نسبت بزمان  
کم میشود

میتوان متوسط مقادیر را بسادگی بدست آورد. پس از اینکه نقطه‌ها را روی صفحه تعیین کردیم سعی میکنیم بهترین منحنی که خطوط را میپوشاند رسم کنیم. از نمودار نتایجی حاصل میشود در شکل ۸/۳ خط  $AB$  که نزولی است و خط مستقیم است نشان میدهد، در مدت ۱۳۵ دقیقه آزمایش وزن شمعها چقدر کم شده است نقطه  $C$  تقاطع نمودار با محور است که نشان میدهد چه وقت تمام شمع میسوزد که ۱۴۷ دقیقه طول خواهد کشید. بشرطی که شمع‌ها تا آخر آزمایش بهمان میزان اول بسوزند.

اکنون شکل ۸/۴ را در نظر بگیرید منحنی  $DE$  نشان میدهد که در نیم ساعت اول میزان سوختن شمع‌ها بتدریج زیاد میشود و حدود دو ساعت بطور یکنواخت میسوزند. شاید دلیل آن این باشد که درجه حرارت شمع‌ها ابتدا زیاد شده در نتیجه میزان سوختن شمع‌ها زیاد میشود. میزان مصرف شمع‌ها از شیب منحنی بدست می‌آید که واحد آن گرم در دقیقه می‌باشد. دو نقطه دلخواه روی خط انتخاب کرده مثلاً "نقطه  $G$  و  $H$  و خط قائم  $HI$  را رسم و

مقدار  $HI/GI$  را شیب منحنی نامند که در اینجا گرم در دقیقه  $0/519 = \frac{48-19/5}{100-45}$



میشود و این وقتی است که شمع‌ها یکنواخت بسوزند .

در این آزمایش ساده : وزن شمع مصرف شده متناسب با زمان است که نسبت مستقیم است . ممکن است رابطه با شکل مختلف دیگری باشد . در فیزیک دبیرستان چند نمونه نسبت مستقیم ذکر میشود :

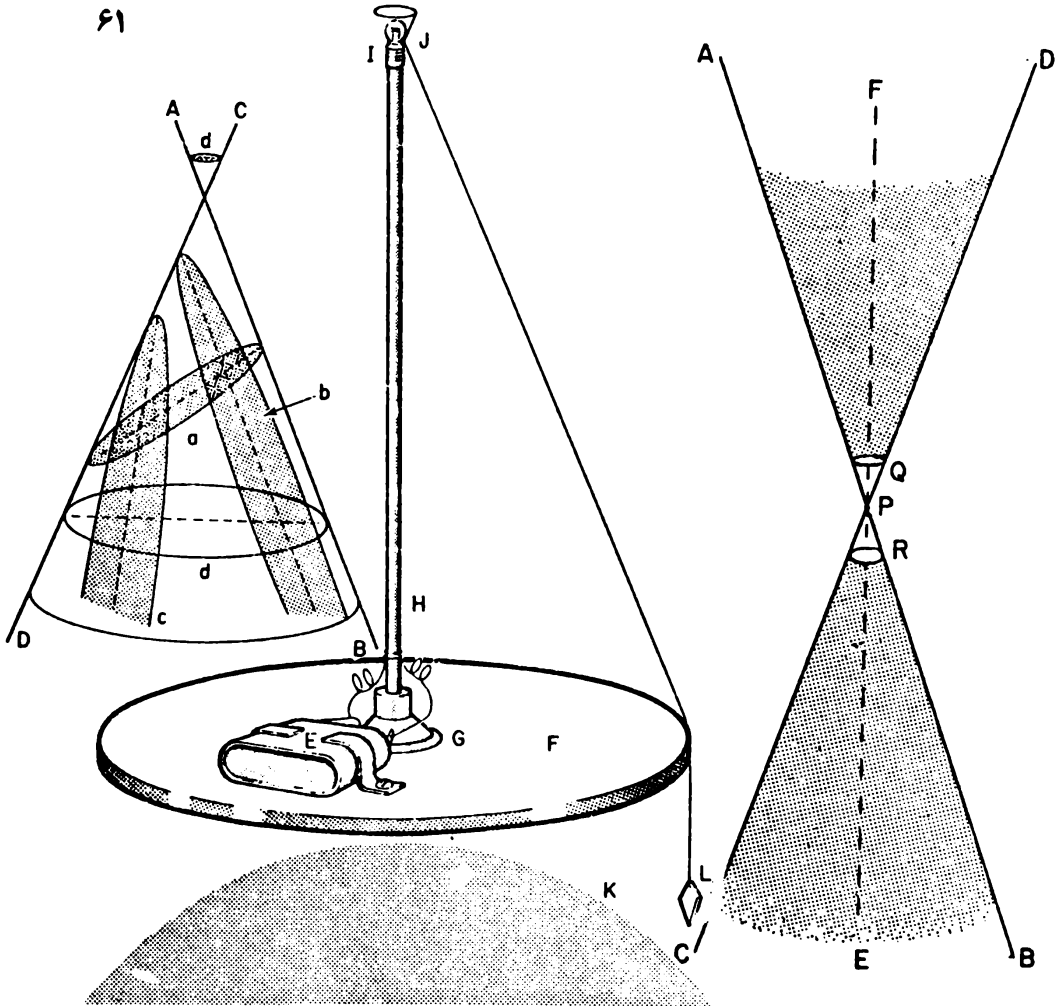
- الف - طول فنریا نوار لاستیکی که متناسب با نیروی وارد شده است .
- ب - مقدار ریالوله شناور که در آب فرو میرود متناسب با وزن لوله است .
- ج - نیروی اصطکاک جسمی که روی سطح افقی حرکت میکند متناسب با وزن جسم است .
- د - شدت جریانی که از سیم مقاومت دار میگذرد متناسب با اختلاف پتانسیل الکتریکی است .
- ه - مقاومت الکتریکی سیم متناسب با درجه حرارت سیم است .
- و - وزن جسم آزاد شده در تجزیه الکتریکی در قطبها متناسب با مقدار الکتریسته‌ای که عبور میکند .

بررسی نمودار وقتی خط مستقیم نباشد جالب ترمیبا شد . در آنصورت تغییرات تابع نسبت به متغیر را با ید پیدا کنیم و به بینیم آیا معادله تابع متناسب با  $x^2$  است یا با  $\frac{1}{x}$  یا  $\frac{1}{x^2}$  یا  $\tan x$  یا طور دیگر متناسب میباشدر چه صورت میتوان نمودار تغییرات تابع  $y$  را نسبت به  $x^2$  یا  $\frac{1}{x}$  یا  $\frac{1}{x^2}$  یا  $\tan x$  رسم کنیم که منحنی خط مستقیم باشد . در فصل بعد خواهیم گفت .

در شکل ۹/۱ دو خط مستقیم متقاطع  $AB$  و  $CD$  رسم شده است. اگر آنها را حول محور تقارن  $EF$  دوران دهیم حجمی که بدست می‌آید دو مخروط است که رأس آنها  $P$  میباشد، اگر در نقطه  $P$  یک منبع نور نقطه قرار دهیم دایره  $K$  و  $Q$  سایه‌هایی شبیه دو مخروط بالا که ناقص است در فضا تشکیل میدهند. فاصله فوقانی دو مخروط ناقص همان دو ایر  $Q$  و  $R$  میباشد. اگر سطوح مختلفی در محل‌های متفاوت در مخروط سایه قرار دهیم میتوانیم اشکالی که مقاطع مخروطی نامیده میشود بدست آوریم.

دستور ساختن یک مدل در اینجا توضیح داده میشود که کمک میکند شکل مقاطع مخروطی را خوب درک کنید. طبق شکل ۹/۲ دایره‌ای از فیبریا تخته سه لائی بقطر ۲۰ سانتیمتر با آره موئی درست می‌کنیم. میله چوبی  $H$  بطول ۲۳ سانتیمتر بقطریک سانتیمتر در وسط دایره می‌چسبانیم. برای اینکه میله محکم به دایره بچسبد یک قرقره خالی نخ را نصف کرده در محل اتصال با چسب محکم می‌کنیم. در بالای میله یک سرپیچ لامپ کوچک  $۴/۵$  ولت  $I$  می‌چسبانیم. از سرپیچ لامپ چراغ دستی اسقاطی میتوانی استفاده کنید. یک باطری پائین میله روی تخته نصب کنید و دوسر آنرا توسط دو سیم به سرپیچ لحیم کنید. یک شاغول  $L$  به سرپیچ به بندید. طبق شکل ۹/۲ امتداد شاغول مماس بر کناره دایره باشد. از یک تیکه کوچک ورقه آلومینیم  $J$  که گود باشد برای انعکاس نور لامپ در بالا نصب کنید. با تصویر رشته لامپ در ورقه مقعر آلومینیم یک منبع نور تشکیل میشود. از سایه‌پایه و خود سرپیچ که کوچک است صرف نظر میشود. برای مشاهده سایه قرص دایره از دیواری به رنگ روشن یا پرده پرژکتور استفاده کنید. سایه یکی از مقاطع مخروطی را نشان میدهد، اگر طاق تاریک باشد اطراف سایه‌کاملاً واضح دیده میشود زیرا منبع نور تقریباً "نقطه‌است". اگر دستگاه را طوری نگاهداریم که شاغول با قرص تماس نداشته باشد سایه بشکل بیضی (عکس ۹ ب) است. اگر شاغول مماس بر قرص باشد سایه بشکل سهمی است (عکس ۹ الف) و اگر قرص مانع شود تمام شاغول در امتداد قائم قرار گیرد، سایه بشکل هذلولی است (عکس ۹ ج).

*Professeur Boys* بطور ساده شمعی را در ظرفی بشکل دایره روشن کرد و سایه ظرف را در حالیکه قطرات شمع خارج از ظرف می‌افتاد بیضی



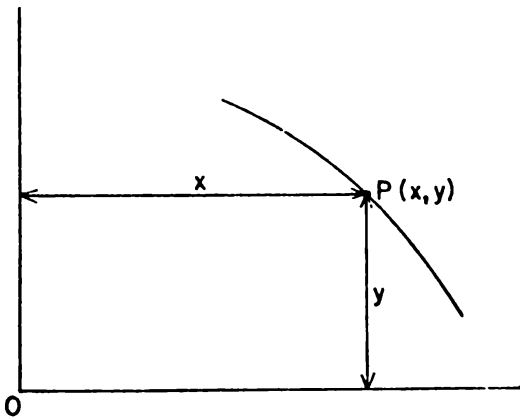
شکل ۹/۱ دو مخروط سایه اطراف محور  
 شکل ۹/۲ مدل ساده تولید سایه با شکل مقاطع مخروطی و عرضه نمودار سایه (بعکس ۹ مراجعه شود)

یا مماس بر کناره ظرف سهمی یا داخل ظرف سقوط می‌کند هذلولی بدست آورد. آزمایشی که در بالاتر ذکر کردیم دقیقتر است و میتوان آزمایش را وارونه انجام داد و سایه را روی سقف اطاق تشکیل داد.

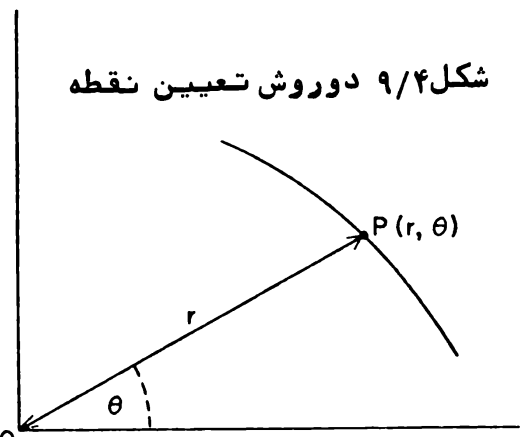
همانطور که از اسم مقاطع مخروطی پیدا است از تقاطع یک مخروط با یک صفحه این اشکال بدست می‌آیند. صفحه‌ای که از رأس مخروط بگذرد یا مماس بر مولد مخروط باشد آنرا قطع نمی‌کند و مقطع یک نقطه یا یک خط مستقیم می‌باشد. در شکل ۹/۳ مقطع یک صفحه با دو مخروط نشان داده شده است.

مثل تمام اشکال هندسی مقاطع مخروطی را میتوان با فرمول ریاضی بیان کرد. در دو دستگاه مختصات یکی مختصات قائم  $x$  و  $y$  با ضرایب ثابت

و دیگری مختصات قطبی بردار شعاع  $r$  و زاویه  $\theta$  (فاصله هر نقطه از مبدأ و زاویه شعاع  $r$  با محور است). معادله منحنی طول  $r$  را به حسب  $\theta$  نشان میدهد، اگر مختصری با مثلثات آشنائی داشته باشید معادله منحنی در مختصات قطبی ساده تر بدست می آید، مثلاً "معادله دایره در مختصات قائم بشرطی که مرکز دایره منطبق بر مبدأ محور باشد  $x^2 + y^2 = r^2$  است و در مختصات قطبی  $r = a \cos \theta$  است. اگر مرکز دایره در مبدأ مختصات نباشد و مختصات مرکز  $a$  و  $b$  باشد معادله آن  $(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$  است و معادله بیضی، اگر محل تقاطع دو قطر بزرگ و کوچک بیضی هر مبدأ

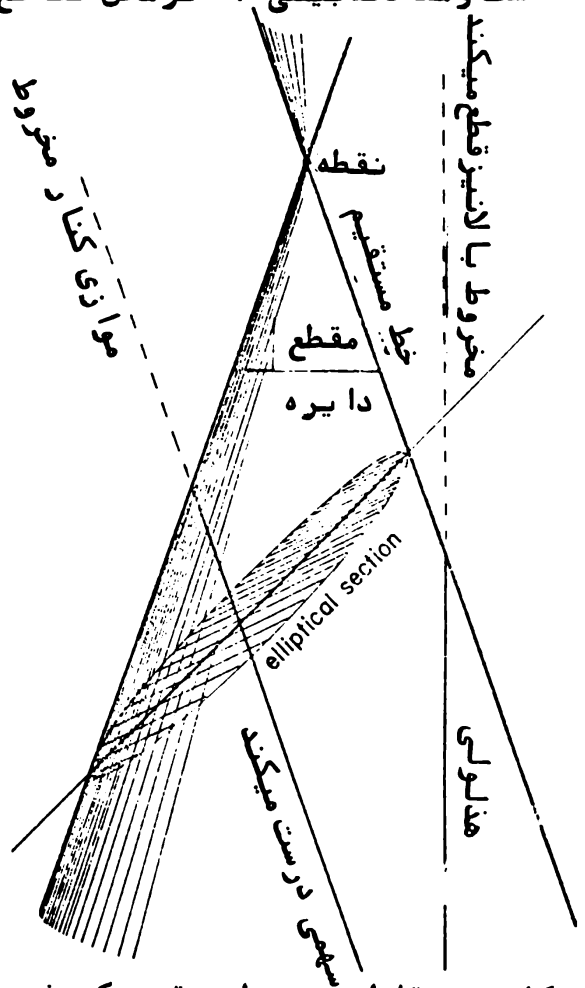


الف - مختصات قائم  $P(x, y)$



شکل ۹/۴ دوروش تعیین نقطه

ب - مختصات قطبی  $P(r, \theta)$



شکل ۹/۳ مقاطع مخروطی وقتی یک صفحه مخروط را قطع میکند.

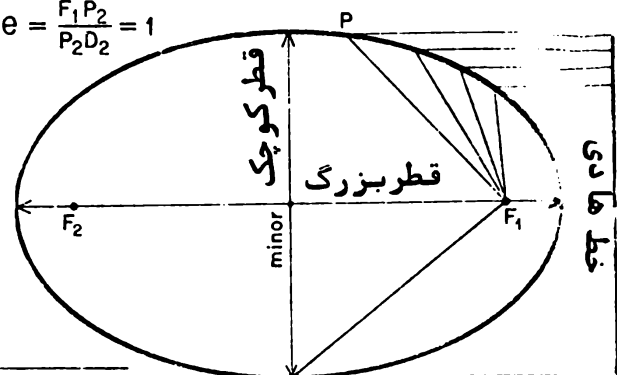
مختصات منطبق باشد در مختصات قائم  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$  و در مختصات قطبی  $r = \frac{a}{1 + \frac{1}{2} \cos \theta}$  است. ضریب  $\frac{1}{2}$  خروج از مرکز بیضی است.

شکل ۹/۵ خروج از مرکز مقاطع مخروطی متفاوت است مکان هندسی نقاط روی بیضی، سهمی و هذلولی نشان داده شده است.

هذلولی

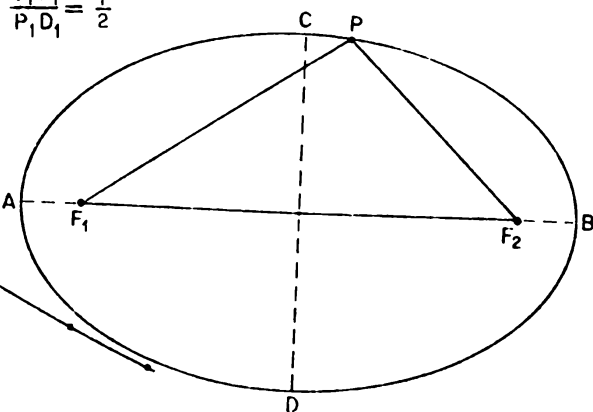
$$e = \frac{F_1 P_3}{P_3 D_3} = 2$$

سهمی  $e = \frac{F_1 P_2}{P_2 D_2} = 1$



شکل ۹/۶ بیضی با دو کانون  $F_1$  و  $F_2$  خروج از مرکز آن ثابت و کمتر از یک است

بیضی  $e = \frac{F_1 P_1}{P_1 D_1} = \frac{1}{2}$



شکل ۹/۷ رسم بیضی با استفاده از دو سنجاق

و برای خروج از مرکز بیضی توضیحات زیر لازم است: تمام مقاطع مخروطی مکان هندسی نقاطی است که فاصله آنها از یک نقطه که کانون نامیده میشود نسبت به فاصله آنها از یک خط مستقیم که خط هادی نامیده میشود، مقدار ثابتی است. این نسبت را خروج از مرکز نامند و با حرف  $e$  نمایش میدهند (شکل ۹/۵). میتوان ثابت کرد که  $e$  برای بیضی کمتر از یک و برای هذلولی بیشتر از یک و برای سهمی مساوی یک است.

۶۴ در شکل ۹/۶ مقدار  $PQ$  کمتر از  $PF_1$  است و نسبت  $\frac{PF_1}{PQ}$  مقدارش ثابت و مساوی  $e$  است.

### بیضی

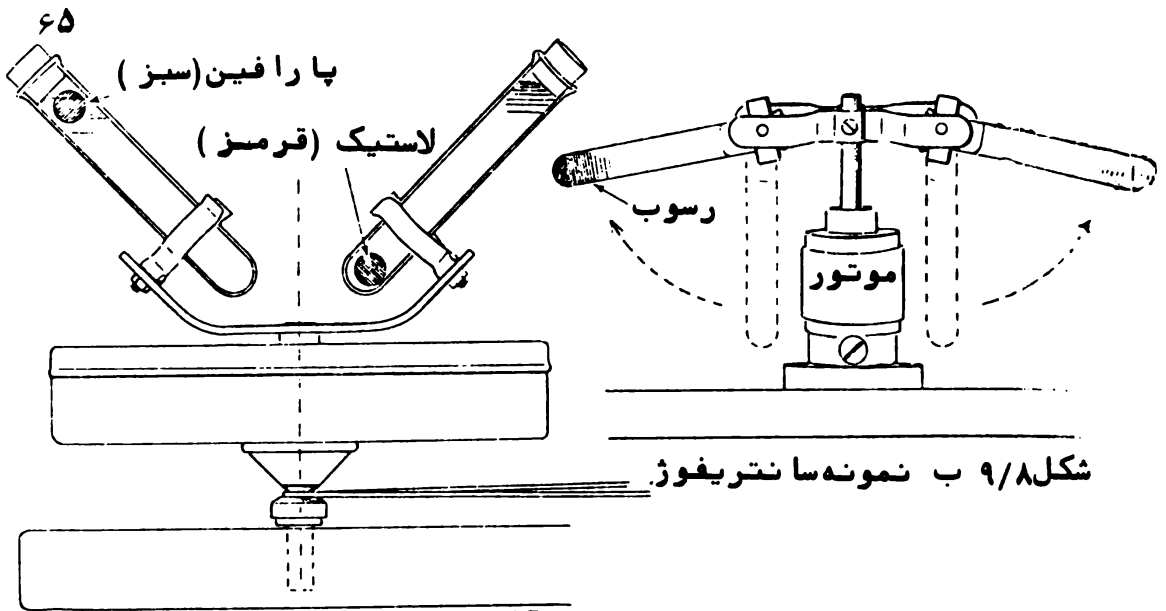
مشهورترین شکل مقطع مخروطی بیضی است. وقتی بجسم دایره شکل مثل بشقاب، ته‌گلدان یا بطری بطور ماایل نگاه کنیم آنرا بشکل بیضی می‌بینیم. نور خورشید وقتی از سوراخ کوچکی بتابد یک مخروط نور درست میکند، اگر بطور ماایل روی صفحه‌ای بتابد بیضی روشنی روی صفحه‌اشا هده می‌شود. مدار سیارات بدور خورشید بیضی است. مسیر الکترون بدور هسته نیز بیضی فرض می‌شود. از نقطه نظر هنری بیضی یک شکل زیبا و متقارن است. نقاشان اگر بخواهند با دست بیضی رسم کنند برایشان مشکل است و دوطرف بیضی را یا خیلی باریک یا پهن میکشند.

در رسم فنی از وسیله مکانیکی یا شابلون پلاستیک استفاده میکنند. ساده‌ترین راه اینست که دو سنجاق روی کاغذ فرو برده از یک حلقه ریسمان استفاده و با قلم بیضی را رسم می‌کنند. نسبت قطر بزرگ به قطر کوچک بیضی بستگی بفاصله دو سنجاق و طول ریسمان دارد. طبق شکل ۹/۷ در نقاط  $F_1$  و  $F_2$  که دو کانون بیضی می‌باشند دو سنجاق فرو برید. یک حلقه ریسمان انتخاب کنید، نوک مداد وقتی ریسمان خوب کشیده شود در نقطه  $P$  قرار می‌گیرد. مدار را روی کاغذ طوری حرکت می‌دهیم که ریسمان خوب کشیده باشد، شکل حاصله بیضی است. معلوم می‌شود مجموع فاصله‌های هر نقطه از دو کانون مقدار ثابتی است که همان تعریف بیضی می‌باشد. اگر طول ریسمان ثابت ولی فاصله دو کانون را کمتر کنیم بیضی نزدیکتر بدایره می‌شود، یعنی اختلاف قطر بزرگ و کوچک بیضی کمتر می‌شود، وقتی  $F_1$  و  $F_2$  روی هم قرار گیرند بیضی تبدیل بدایره می‌شود.

### دایره

وقتی یک قطره با ران روی آب ساکن مثل دریاچه بیافتد، امواجی به شکل دایره درست می‌شود. شکل خورشید و ماه نشان می‌دهد که دایره طبیعی‌ترین شکل‌ها است. اگر جسمی بدور نقطه‌ای حرکت کند و فاصله آن تا نقطه ثابت باشد یک دایره می‌پماید. با پرگار می‌توان دایره کشید. وقتی

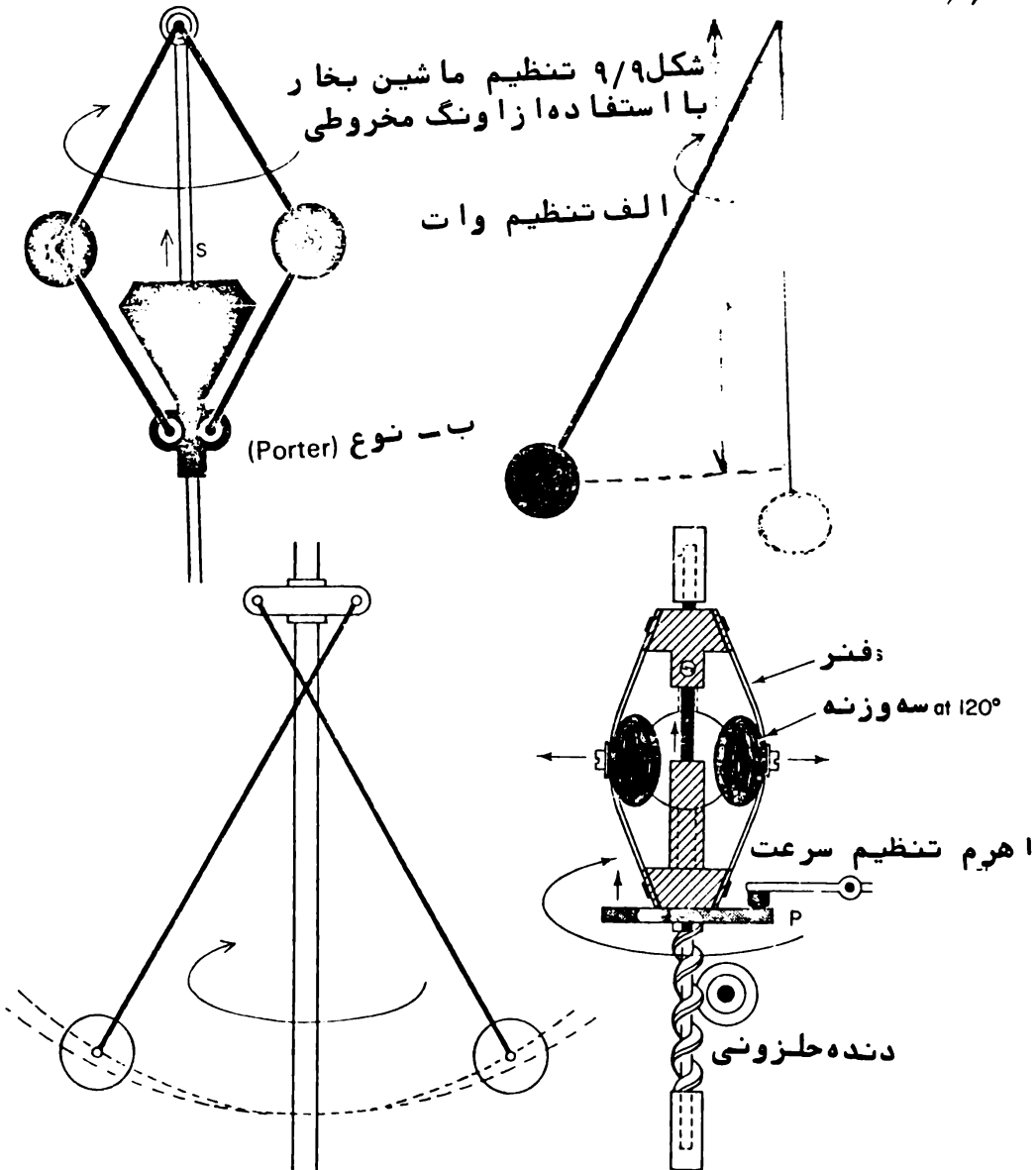




شکل ۹/۸- الف اساس سانتریفوژ  
مدل نیروی گریزاز مرکز

مخروطی را با یک صفحه عمود بر ارتفاع مخروط قطع کنیم مقطع یک دایره است. یک صفحه هر طور یک کره را قطع کند مقطع دایره میباشد.

شاید بدانید جسمی که در یک مسیر دایره حرکت میکند با دیدن نیروی ثابتی وارد شود که امتداد آن از مرکز دایره میگذرد. مثلاً "جسم باید به ریسمان وصل باشد که کشش ریسمان نیروی لازم را تأمین میکند. سنگی در قلاب سنگ قرار میدهد و آنرا بچرخش درمیآوردیم. مسیر دایره و کشش ریسمان باعث حرکت سنگ در مسیر دایره میشود. میدانی که ریسمان قلاب پارچه شود سنگ در امتداد خط مستقیم مماس بر دایره حرکت میکند و لسی تا ریسمان پاره نشده نیروی جاذبه مرکزی بوسیله ریسمان تأمین میشود (از وزن سنگ صرف نظر میشود). برای تغییر امتداد و مقدار سرعت جسم باید نیرو مصرف کرد. در حرکت دایره ای امتداد سرعت جسم دائماً "در اثر کشش ریسمان که نیروی جاذبه مرکزی است تغییر میکند. نیروی جاذبه زمین بر ماه باعث میشود ماه در مدار دایره بدور زمین بگردد. حرکت زمین و سایر سیارات بدور خورشید نیز به همین دلیل است. در یک چرخ لنگر که بدور محوری دوران میکند تا مدت آن بعلاوه جاذبه مولکولی از هم جدا نمیشوند. اگر سرعت دوران خیلی زیاد باشد دیده شده است که ذرات چرخ با طراف پاشیده شده است.



ج- تنظیم حرکت موتورگرافون د- تنظیم نوع با زوی متقاطع  
 کسانی که قانون دوم نیوتون را در مکانیک خوانده اند میدانند جسمی  
 که بخواهد حرکت در مسیر دایره داشته باشد باید دائماً "بآن نیروئی وارد  
 شود که در امتداد شعاع دایره بآن شتاب دهد تا جسم حرکت دایره ای یک-  
 نواخت داشته باشد.

سانتری فوژ

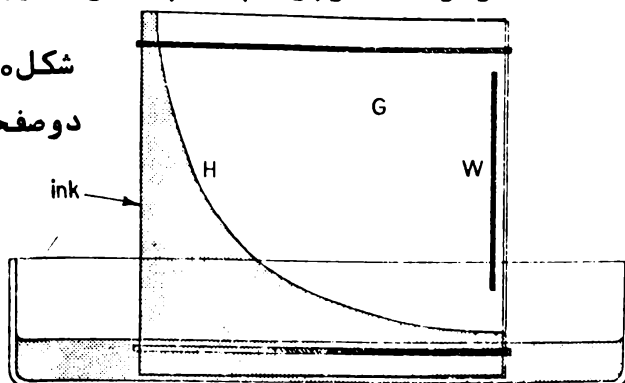
یک مدل سانتری فوژ بسازید و با اساس کار آن آشنا شوید. از همان  
 قوطی که در تجزیه نور با حباب صابون ساخته بودید استفاده کنید (صفحه ۱۷)

برای دوران قوطی بترتیب زیر عمل کنید: البته با آن آزمایش‌های زیادی می‌توانید انجام دهید مثلاً "آزمایش نیوتون برای ترکیب رنگها را می‌توانید با آن عمل کنید. در اینجا احتیاجی به موتورندارید. یک قوطی دایره‌شکل تنباکوانتخاب و اگر بتوانید چند درپوش برای آن تهیه کنید و هرکدام را برای منظور خاصی بکار ببرید.

روی یک درپوش یک نوار برنجی طبق شکل پرچ کنید و روی آن در هر طرف دو گیره نصب نماید و روی هر گیره یک لوله آزمایش نصب کنید. لوله آزمایش بطول ۷ سانتیمتر و بقطر یک سانتیمتر می‌باشد. طبق شکل ۹/۸ الف نوار برنجی را طوری خم کنید که دو لوله آزمایش برهم عمود باشند. مثلاً با درپوش قوطی زاویه ۴۵ درجه درست کند. در یک لوله بقدر حجم یک نخود پارافین جامد و در لوله دیگری تیکه لاستیک قرمز بهمان حجم قرار دهید. وزن مخصوص پارافین جامد ۰/۹ است و روی آب شناور می‌ماند. وزن مخصوص لاستیک ۱/۱ است و در آب فرو میرود. در دو لوله آب بریزید تا پر شوند. با سرعت کم هم‌اگر درپوش را بدوران درآوریم پارافین در آب فرو میرود و لاستیک بالا می‌آید و اگر در یک لوله سنگریزه و در دیگری تیکه‌ای چوب پنبه بگذاریم باز هم آزمایش را تکرار کنیم و سرعت زیاد باشد سنگریزه بالا و چوب پنبه پائین می‌رود. اگر پارافین را برنگ سبز

شکل ۹/۱۰ تشکیل لایه هذلولی بین

دو صفحه شیشه



فلورسان و لاستیک برنگ قرمز باشد وقتی دستگاه می‌چرخد گلوله پارافین بشکل دایره‌سبز دیده می‌شود که کم‌کم پائین می‌آید و دایره قرمز حاصله از گردش لاستیک بالا می‌رود. بهتر است درپوش قوطی را رنگ سیاه بنسیم.

برای اینکه علت پائین رفتن پارافین یا چوب پنبه را خوب درک کنیم، باید بیشتر دقت نماییم. وزن ظاهری گلوله لاستیکی (تفاوت وزن آن و نیروی ارشمیدس) بطرف پائین و در مورد پارافین نیروی ارشمیدس

بیشتر از وزن آنست در نتیجه نیروی کلی بطرف با لاست. وقتی دستگاه به دوران درمیآید مایع نمیتواند به گلوله لاستیکی نیروی جاذبه مرکزی را منتقل کند، در نتیجه گلوله از مرکز دور میشود و در مایع بالا میرود. گلوله پارافین چون سبکتر از مایع جابجا شده است، مایع از مرکز دور میشود و پارافین پائین میآید. با استفاده از همین خاصیت ذرات چربی محتوی شیر را بصورت کره در ماشین کره گیری جدا میکنند.

سابقاً "شیر را در ظرفهای کم عمق میریختند و ۲۴ ساعت یا بیشتر صبر میکردند تا چربی که سبکتر است با لامیآمد و بصورت سرشیر جدا میکردند ولی امروزه با این دستگایها خیلی سریع چربی را جدا میکنند.

در آزمایشگاههای شیمی و پزشکی با دستگایها سانتریفوژ با سرعت رسوب را از مایع جدا میکنند. و دستگای خیلی لازم و ارزشمند است. در شکل ۹/۸ دستگاهی که با موتور برق میچرخد نشان داده شده است. دولوله بطور قریب درجای مخصوص قرار میدهند. پس از رسوب مایع بالای آنرا جدا میکنند سانتریفوژهای با سرعت خیلی زیاد ساخته شده که تمام دستگایها زیر سرپوش قرار داده و در عین حال چندین لوله را میتوان در آن جای داد. وقتی دستگایها میچرخد لوله بصورت افقی در میآید، نیروی گریز از مرکز خیلی زیاد و معمولاً آنرا نسبت به  $g$  بیان میکنند.

سانتریفوژهای کوچک با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه حدود  $g$  ۶۰۰ و دستگایهای بزرگتر با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه حدود  $g$  ۳۰۰۰ تولید میکنند.

اگر نگذارند لولهها بصورت افقی در آیند میتوان سرعت را به ۲۰۰۰، دور در دقیقه و شتابی مساوی  $g$  ۳۰۰۰۰ ایجاد کرد. در موشها و تحقیقاتی سانتریفوژهای منجمد با سرعت ۴۰۰۰۰ دور در دقیقه و شتابی مساوی  $g$  ۱۸۲۰۰۰ ساخته اند، قیمت آن گران و حدود ۳۰۰۰۰ تومان است.

### دستگاه تنظیم حرکت

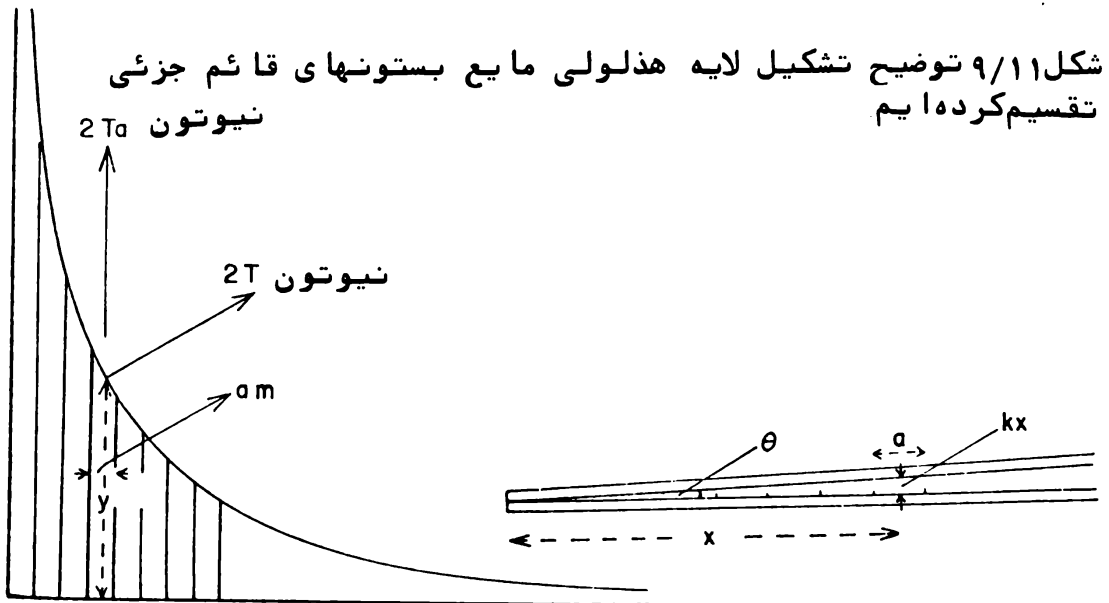
بحث در حرکت دورانی را حیف است بدون ذکر این دستگاه تنظیم حرکت بپایان بریم. جسمی که آویزان است و حرکت دورانی داشته باشد بطرف خارج رانده میشود، چنین دستگاهی را آونگ مخروطی نامند. در شکل ۹/۹ الف وزنه با ارتفاع معین بالا میرود. فاصله قائم جسم تا نقطه آویز  $h$  بستگی به سرعت زاویه ای آن دارد. واحد سرعت زاویه ای در مهندسی بحسب دور در

دقیقه است. هر دور  $2\pi$  رادیان است، بنابراین ۶۰ دور در دقیقه برابر  $120\pi$  رادیان در دقیقه یا  $2\pi$  رادیان در ثانیه است. تبدیل واحدها ساده است. رابطه بین  $h$  و سرعت زاویه‌ای نیز ساده است، نیروها ئی که جسم وارد می‌شود یکی وزن آن و دیگری کشش میله و سومی نیروی گریز از مرکز است از تعادل مؤلفه‌های نیروها در سطح قائم‌هما‌نطور که در علم استاتیک بحث می‌شود را بطه‌ای بدست می‌آید. البته در اینجا دستگا در حال سکون نیست و باید از علم دینامیک استفاده نمود. مقدار  $h$  خیلی تغییر نمی‌کند، اگر سرعت دوران ۶۰ دور در دقیقه باشد  $h = 24/8$  سانتی‌متر و در سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه ۹/۱ سانتی‌متر می‌باشد که بجرم و حجم جسم بستگی ندارد و فقط با سرعت دوران نسبت عکس دارد، James Watt از این وسیله برای تنظیم سرعت ماشین بخار که ساخته بود استفاده کرد. که اولین دستگا ه خود کار بود که اختراع شد. مقدار  $h$  وقتی تغییر کند در نتیجه ورود بخار تغییر کرده و سرعت ماشین تنظیم می‌شود. دستگا ه تنظیم ماشین بخار برای تنظیم ماشین‌های کوچک بکار می‌رود.

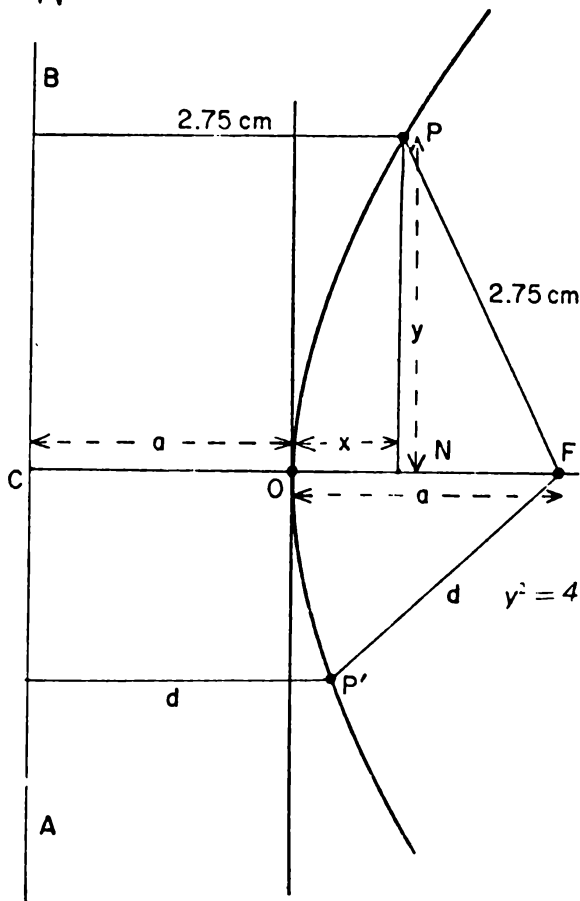
دستگا ه تنظیم با ی‌حساس با شدت ماشین با سرعت ثابتی کار کند. در شکل ۹/۹ ب دستگا ه تنظیم Porter نشان داده شده که دارای وزنه‌ای می‌باشد، در انواع حساس ترا ز فنر حلزونی در نقطه  $S$  استفاده می‌شود که وقتی وزنه‌ها با لامی‌آید فنر فشرده شده موتورهای کوچک مثل موتور ضبط صوت که با ی‌دبا سرعت ثابتی کار کند دارای دستگا ه تنظیمی است که سه فنر تخت دارد و بهر کدام وزنه‌ای برنجی وصل است (شکل ۹/۹ ج). اگر سرعت موتور زیاد شود این وزنه‌ها دور شده صفحه  $P$  بالا می‌آید، هر چه وزنه‌ها دورتر روند اندازه حرکت زاویه‌ای آنها بیشتر شده انرژی بیشتری برای دوران آنها لازم است. با توان معین اگر وزنه‌ها نزدیک محور دوران باشند سرعت زیادتر می‌شود. سرعت موتور را با دست نیز می‌توان تنظیم کرد. با انرژی کم می‌توان با سرعت زیاد رفتن صفحه  $P$  از حد معین شده دستگا ه تنظیم نمی‌تواند بیشتر سرعت را کم کند در نتیجه سرعت موتور ثابت می‌ماند. از اصطکاک نیز می‌توان استفاده نموده سرعت را تنظیم کرد. در زنگ ساعت‌های دیواری یا رومیزی از این وسیله استفاده می‌شود. اگر دستگا ه تنظیمی بکار نبرند انرژی فنر در مدت کمی آزاد شده، مدت زنگ زدن خیلی کوتاه و چرخ دنده‌ها با سرعت حرکت می‌کنند در اینجا برای تنظیم حرکت از یک با دبن استفاده

میشود، اصطکاک هوا در پره‌های چرخ مانع سرعت گرفتن آن میشود. اگر بخوانیم سرعت ماشین کاملاً ثابت بماند، وزنه‌های دستگانه تنظیم باید در امتداد منحنی سهمی بالا بروند، البته چنین مکانیسمی عملی ولی دستگانه شکل ۹/۹ ساده‌تر است، در اینجا دو میله هم‌دیگر را قطع میکنند. هذلولی قائم‌الزاویه

این منحنی خیلی جالب است. در مختصات قائم‌دوشاخه منحنی بدو محور  $x$  و  $y$  نزدیک میشود ولی دو محور را قطع نمیکند. هرچه  $x$  زیاد شود  $y$  کم میشود و بعکس هرچه کم شود  $y$  زیادتر میشود. مقاطع مخروطی که  $e$  خروج از مرکز آنها از یک بیشتر باشد هذلولی میباشد. در هندسه تحلیلی معادله هذلولی بصورت یکی  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$  است. اگر  $b^2 = a^2$  باشد ( $e = \sqrt{2}$ ) معادله بصورت  $x^2 - y^2 = a^2$  درمیآید که آنرا هذلولی قائم‌الزاویه نامند، یعنی دو جانب منحنی برهمدیگر عمودند. و این دو جانب با محور  $x$  و  $y$  زاویه ۴۵ درجه درست میکنند. اگر محورها را دوران دهیم تا محور



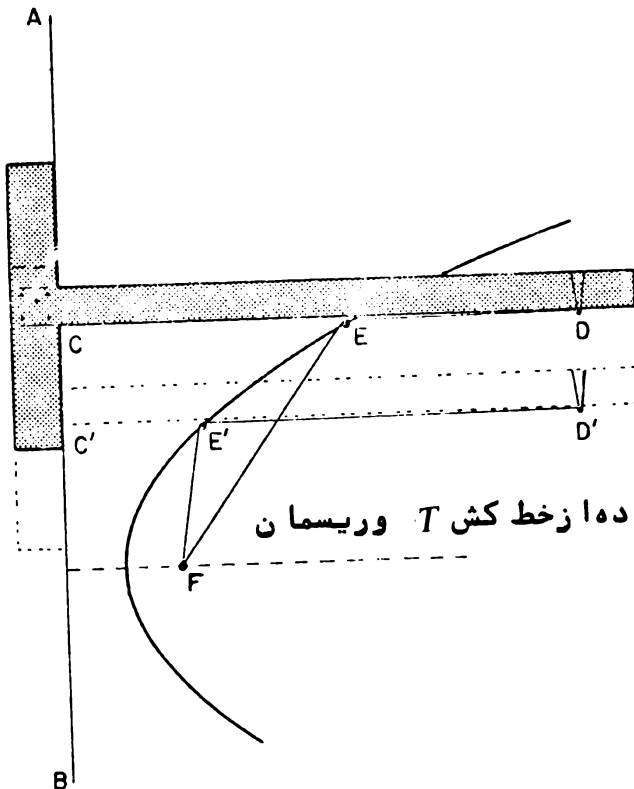
$x$  و  $y$  برمجانبها منطبق شوند منحنی بصورت ساده  $xy = \frac{1}{4} a^2$  درمیآید. از رابطه  $xy = C$  بیشتر قانون بویل ماریوت تداعی میشود که مقدار ثابت = حجم  $x$  فشار و اگر تغییرات  $P$  فشار و حجم  $V$  را رسم کنیم یک هذلولی قائم‌الزاویه درست میشود. در فصل اول در مورد کشش سطحی خاصیت موئینگی بحث کردیم در اینجا آزمایش دیگری در این زمینه داریم.



شکل ۹/۱۲ سهمی به مبادله  $y^2 = 4ax$  و خروج از مرکز برابر یک

دو ورقه شیشه صاف که سطح آن ۲۰ سانتیمتر مربع باشد تهیه کنید ، شیشه کلفت تر بهتر است . ظرفی تهیه کنید که طول آن طوری باشد که ورقه ها را بتوانید در آن قرار دهید . در ظرف آب و کمی جوهر بریزید . شیشه ها را کاملاً تمیز کنید البته کار مشکلی است . از آمونیاک و الکل صنعتی کمک بگیرید از مایع سفید کننده نیز استفاده کنید بعد با آب خوب بشوئید و بعداً " بآن دست نزنید . یک سیم بقطر ۲ میلیمتر  $W$  در یک طرف بین دو ورقه شیشه  $G$  قرار دهید و با نوار لاستیکی آنها را به بندید و بشکل منشور با زاویه  $\theta$  س کوچک درآورید (شکل ۹/۱۰)

شیشه را بطور قائم در آب داخل ظرف قرار دهید ملاحظه میکنید آب رنگین بین دو ورقه شیشه با لامیروود . کمی به شیشه ها فشار وارد کنید و بعداً زاویه  $\theta$  بگذارید حالت تعادل برقرار میشود . بالای مایع داخل دو ورقه شیشه به شکل هذلولی قائم الزاویه میایستد . یک کاغذ میلیمتری پشت ورقه شیشه ها بگذارید (شکل ۹/۱۰)



شکل ۹/۱۳ روش رسم سهمی با استفاده از خط کش  $T$  و ریسمان

علت اینکه سطح بالای مایع بشکل هذلولی است میتوان بترتیب زیر توجیه کرد. تعداد زیادی اجزای باریک مایع بعرض  $a$  طبق شکل ۹/۱۱ فرض میکنیم، موء لفه قائمکشش سطحی  $T$  در تمام ستون ها برابر است که مساوی  $2Ta$  نیوتون میباشد.

وزن هر جزء مایع نیز مثل هم است که برابر  $wN$  نیوتون میباشد. ضخامت هر جزء متناسب با  $x$  مثلاً  $kx$  میباشد.  $x$  فاصله هر جزء از جدار دو ورقه شیشه است که بهم چسبیده اند.  $k$  مقدار ثابتی است (برابر  $\tan \theta$  میباشد) مقطع هر جزء  $akx$  و چون ارتفاع متوسط آن  $y$  است حجم هر جزء  $akxy$  مترمکعب است، اگر جرم مخصوص محلول  $d$  باشد وزن هر جز برابر

$$akxydg = \text{است پس مقدار ثابت} \quad xy = \frac{w}{akdg}$$

یعنی ارتفاع مایع در هر نقطه نسبت عکس با فاصله آن نقطه از جدار شیشه دارد، پس منحنی سطح مایع هذلولی قائم الزاویه است.

### سهمی

مکان هندسی نقاطی که فاصله آنها از یک نقطه بنام کانون و یک خط بنام خط هادی برابر باشند سهمی نام دارد. یک مقطع مخروطی که خروج از مرکز آن  $e = 1$  باشد سهمی است شکل ۹/۱۲ در مثلث  $PNF$  قضیه فیثاغورت را بکار ببریم رابطه سهمی بدست می آید  $y^2 = 2.75^2 - (a-x)^2 = (a+x)^2 - (a-x)^2$



یعنی  $y^2 = 4ax$  در شکل ۹/۱۲ نقطه  $P$  نقطه‌ای از سهمی و نقطه  $O$  مبدأ و نقطه  $F$  کانون و خط  $AB$  خط هادی است. هر نقطه روی منحنی مثل  $P'$  فاصله‌اش از  $AB$  برابر فاصله‌اش از  $F$  است که با  $\rho$  نشان می‌دهیم.

فیزیک دانان از این منحنی زیاد استفاده میکنند. آینه‌های نورافکن دارای مقطع سهمی می‌باشند. در کانون آینه یک منبع نور قوی مثل لامپ کوآرتز بید قرار می‌دهند و نور آن پس از انعکاس در آینه، موازی خارج می‌شود. اگر منبع نور را کمی به آینه نزدیک تر ببریم نورهای منعکس دیگر موازی نیستند و از هم دور می‌شوند. منبع را کمی از آینه دور تر ببریم نور منعکس ابتدا بهم نزدیک میشوند و بعد از هم دور می‌گردند.

در دوربین‌های نجومی بزرگ مثل دوربین کوه‌یالوما را از آینه‌های سهمی استفاده می‌شود، قطر آینه دوربین کوه‌یالوما بیشتر از ۵ متر است برای ساختن این آینه‌ها ابتدا شیشه را تراش داده بصورت سهمی در می‌آورند و بعد سطح آن را از یک ورقه نازک آلومینیم بروش تبخیر در خلا می‌پوشانند. تویی را اگر تحت زاویه‌ای پرتاب کنیم مسیر آن بشرطی که از اصطکاک هوا صرف نظر کنیم یک سهمی می‌باشد، مسیر گلوله توپ نیز یک سهمی است که از ترکیب حرکت افقی یکنواخت و حرکت قائم با شتاب ثابت ثقل بدست می‌آید. در حقیقت مسیر حتی در خلا نیز سهمی نیست بلکه یک بیضی است که یکی از کانونهای بیضی مرکز زمین است. واضح است در مسیرهای کوتاه مسیر را تقریباً "سهمی فرض کرد. برای رسم سهمی میتوان از یک وسیله ساده استفاده کرد در شکل ۹/۱۳ روشی عرضه کرده ایم که میتواند آزمایش کنید. روی تخته رسم یک ورقه کاغذ بطوریکه کنار کاغذ در سمت برکنار تخته منطبق باشد نصب میکنیم. ریسمانی بیک نقطه  $D$  کنار خط کش  $T$  می‌بندیم. طول ریسمان برابر  $CD$  است. طرف دیگر ریسمان را به سنجاقی که در نقطه  $F$  کانون سهمی فرو برده ایم می‌بندیم. بایک خود کا ریسمان را بخط کش تکیه داده خط کش را در امتداد  $AB$  حرکت می‌دهیم، نصف سهمی با این ترتیب رسم میشود، نصف دیگرش را نیز بهمین ترتیب ادا می‌دهید واضح است طول  $EF$  همیشه برابر  $EC$  است، بنابراین در هر نقطه مثلاً در  $E$  رابطه زیر برقرار است  $EF = EC$  بدین ترتیب ثابت میشود منحنی یک سهمی است اگر یک سهمی را بدور محور تقارنش دوران دهیم شکلی درست میشود که شلجمی نام دارد. آزمایش بعدی درباره شکل شلجمی است.

شاید دیده باشید وقتی آب وان را بازمیکنیم تا خالی شود آب در محل خروج در جهت عقربه ساعت یا خلاف آن شروع بچرخیدن میکند. گرچه توجه علت چرخیدن آب خیلی مشکل است ولی جهت آن کاملاً اتفاقی و تصادفی است. آب که میخواهد خارج شود وقتی میچرخد در سطح آب حفره‌ای ایجاد میشود که علت آن نه فقط بدلیل خروج آب بلکه بعلاوه چرخیدن آب نیز هست گردابها نیز چنین اند. اگر فنجان چای را با قاشق بهم‌بزنید وقتی چای میچرخد سطح مایع گود میشود. بهتر است مایع را روی درپوش که در صفحه ۱۷ و ۱۸ گفتیم قرار داده و بچرخانید و سطح مایع را مشاهده کنید.

یک قوطی حلبی را تا نیمه آب کنید در وسط روی چرخ قرار داده می‌چرخانیم. هرچه سرعت دوران چرخ زیاد شود سطح آب در وسط گود تر و در اطراف بالاتر می‌آید تا وقتی که آب با طرف پاشیده میشود. با دست که میچرخانیم مشکل است سرعت دوران را ثابت نگاه داشته تا بتوانیم شکل سطح را مطالعه کنیم. اگر به کمک موتور بتوانیم چرخ را با سرعت ثابت بدوران درآوریم و اگر گرامافون اسقاطی در اختیار داشته باشیم میتوانیم آزمایش را بخوبی انجام دهیم.

حلقه‌ای روی صفحه گرامافون بچسبانید بطوریکه سطح بالای آن از محور دوران بالاتر باشد. یک ظرف استوانه‌ای از جنس پلاستیک روی آن طوری قرار دهید که وسط آن منطبق بر وسط صفحه گرامافون باشد و آنرا با چرخانیدن گرامافون امتحان کنید. میتوان از قوطی حلبی استوانه‌شکل یا بشقاب گود نیز استفاده نمود. سرعت دوران گرامافون معمولاً ۷۸ دور در دقیقه است. با دستکاری و تنظیم دستگاه تنظیم (طبق شکل ۹/۹ ج صفحه ۶۶) سرعت آنرا ۵ درصد افزایش دهید. در ظرف تا نیمه آب بریزید، اگر سرعت کم باشد سطح آب مقعر و وقتی سرعت زیاد باشد سطح آب بیشتر گود میشود. وقتی درست دقت کنیم می‌بینیم سطح آب کروی نیست و نزدیک‌جدار ظرف تقریباً قائم است بعداً "خواهیم دید سطح شلجی میباشد میتوان کاری کرد که سطح آب ثابت بماند.

مثلاً "پارافین جامد را ذوب نموده در ظرف میریزیم و با سرعت ثابت میچرخانیم و صبر می‌کنیم تا پارافین بحالت جامد درآید البته وقتی پارافین جامد شود حجمش کم میشود و شکل سطح مایع تغییر میکند و بهمان حالت شلجی باقی نمی‌ماند.

در آزمون‌های دیگر در ظرف آب سرد میریزیم و سرعت دوران را ۱۰۰ دور در دقیقه ثابت نگاه میداریم و روی آن پارافین ذوب شده میریزیم مدتی صبر میکنیم تا پارافین بحالت جامد درآید. پارافین را از روی آب برداشته از وسط بطور قاشق میبریم تا بتوانیم شکل مقطع را بررسی نماییم. شکل مقطع سهمی است. واضح است عکس ۱۰ صفحه ۲۷ ضخامت پارافین همه جا غیر از کنار آن که مجاور جدار ظرف است یکنواخت میباشد. پس معلوم میشود پارافین در سطح شلجی آب بطرفی کشیده نشده است. سطح آزاد مایع با سرعت دوران ثابت دارای همان شکل است. اگر روی پارافین جامد وقتی دستگاه دوران میکند گلوله‌هایی قرار دهیم ملاحظه میکنیم در همان محلی قرار گرفته و بالاوپائین نمیروند. شعاع دوران آنها برابر فاصله همان نقطه که اول گلوله را قرار میدهیم تا محور دوران است.

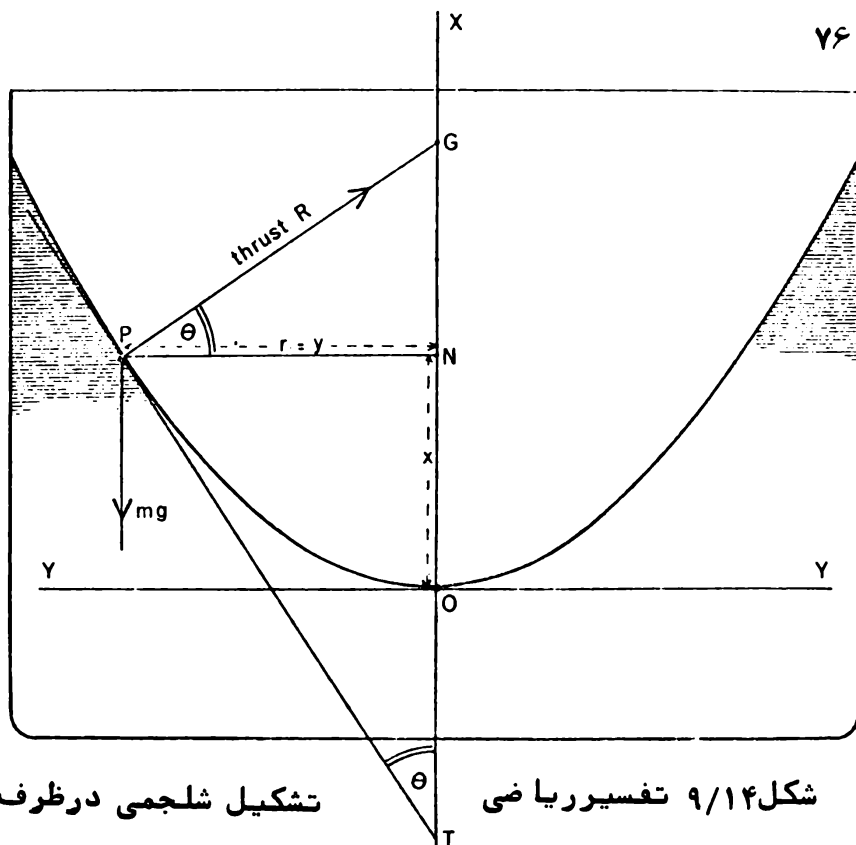
شکل جاده در پیچ جاده‌ها نیز سهمی است تا اتومبیل با سرعت معین‌بیز نخورد و پرتاب نشود در سیرک‌ها موتورسیکلت با استفاده از اصطکاک از دیوار مرگ با حرکت دورانی بالامیروند.

اگر روی محور موتورگرافامافون یک قرقره قرار دهید و با چرخ به صفحه متصل کنید آزمون‌های دقیق‌تری با پارافین میتوانید انجام دهید. سرعت خودگرافامافون را نمیتوان خیلی تغییر داد ولی با کمک قرقره و چرخ سرعت را میتوان دوبرابر کرد. کاسه‌های پارافین جامد را که بدین ترتیب تهیه کرده‌اید میتوانید با اکلید پوشانیده و روی آن ورنی بزنید و ظرفهای تزئینی جالب تهیه کنید.

دانش‌آموزان آخردبیرستان شاید مایل باشند دلیل سهمی بودن سطح مایع را بدانند. مطالب زیر دلیل آن را روشن میکنند شما میتوانید از مطالعه آن صرف‌نظر کنید.

در شکل ۹/۱۴ مقداری آب بوزن  $mg$  در نقطه  $P$  در سطح آب در نظر بگیرید فرض کنید سرعت زاویه‌ای  $\omega$  رادیان بر ثانیه باشد. وزاویه بین مماس در نقطه  $P$  و محور  $OX$  اگر  $\theta$  باشد خط  $PG$  را عمود بر سطح رسم کنید، شعاع دوران  $PN$  را عمود بر محور  $OX$  رسم کنید زاویه  $GPN = \theta$  میباشد.

نیروی  $R$  را که در امتداد  $PG$  است بموئلفه‌های قائم و افقی تجزیه کنید



تشکیل شلجمی در ظرف دوار

شکل ۹/۱۴ تفسیر ریاضی

$$R \cos \theta = mr\omega^2 \quad R \sin \theta = mg \quad \text{ملاحظه میشود: وزن ذره آب}$$

که نیروی جاذبه مرکزی دوران است از تقسیم دورا بطنه به دست می‌آید

و چون  $r$  متناسب با عکس  $\tan \theta$  است وقتی کوچک  
 میشود  $\tan \theta$  کوچک شده  $r$  زیاد و سطح بصورت قائم در می‌آید. به عکس  
 وقتی  $r$  کم شود  $\tan \theta$  زیاد شده  $\theta$  برابر ۹۰ درجه می‌گردد که در وسط  
 ظرف چنین میشود

معادله معمول سهمی وقتی را  $y^2 = 4ax$  در مبدا مختصات باشد  
 است. اگر نسبت به  $x$  مشتق بگیریم  $2y \frac{dy}{dx} = 4a$  میشود پس:  $y \frac{dy}{dx} = 2a$

شکل ۹/۱۴ را ۹۰ درجه دوران دهیم مختصات نقطه  $P$  ( $x$  و  $y$ ) است

شعاع دوران  $r = y$  و  $ON = x$  است. ضرب زوایه  $P$  برابر است با

و رابطه  $\tan \theta = \frac{dy}{dx}$   $r \tan \theta = \frac{g}{\omega^2}$  نظیر  $y \frac{dy}{dx} = 2a$  است. در

اینجا مقطع سهمی طوری است که  $2a = \frac{g}{\omega^2}$  میباشد در اینجا  $NG$  را ظل

$$NG = y \tan \theta = y \frac{dy}{dx} = 2a$$

و  $PG$  را تحت ظل نامند، بطوریکه

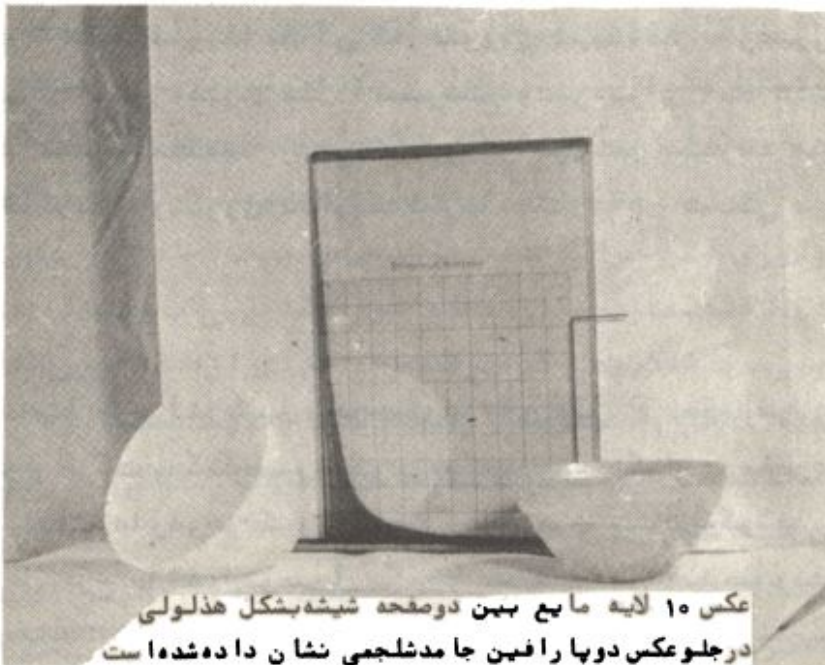
مقدار ثابتی است .

یکی از خواص سهمی اینست که تحت ظل آن مقدار ثابتی است .

آزمایش بالا یکی از روشهای اندازه گیری شتاب ثقل  $g$  است. اگر یک قوطی حلبی را روی گرامافون قرار دهیم در آن جیوه بریزیم سطح آن آینه شلجمی خوبی میسازد اشعه موازی بآن بتابد منعکس میشود و در کانون جمع میشود. با تعیین  $F$  کانون شلجمی  $a$  فاصله کانونی بدست میآید و سرعت زاویه ای  $\omega$  را با کرونومتر اندازه گرفته از رابطه

$$2a = g/\omega^2$$

مقدار  $g$  را بدست آورید. تعدادی دانشجو این آزمایش را با قوطی حلبی و ژله که با موتور برق میچرخید انجام دادند، نتایج حاصله رضایت بخش نبود .



عکس ۱۰ لایه مایع بین دو صفحه شیشه بشکل هذلولی در جلو عکس دوپا را فین جا مد شلجمی نشان داده شده است

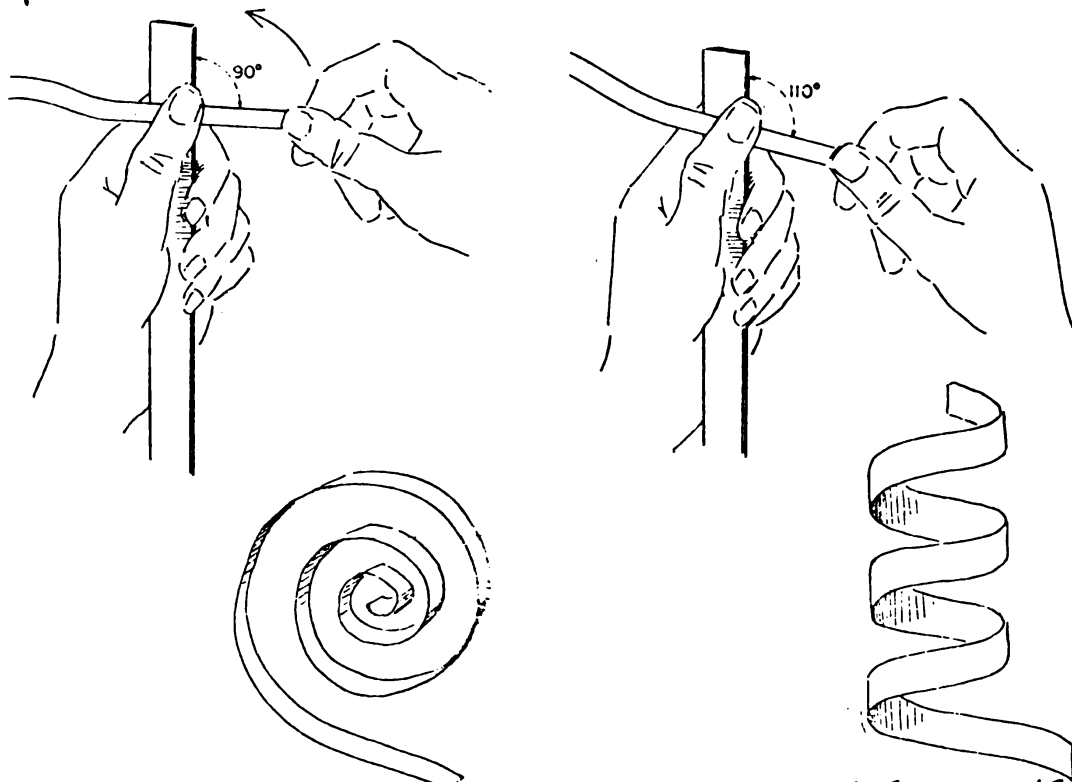
اشکال حلزونی برای زیست شناسان و زمین شناسان شکل خیلی آشنایی است، اکثر شما با فسیلی بنام آمونیت آشنایی دارید پوسته صدف و بیشتر حلزون ها از نوع منحنی متساوی الزاویه میباشند. در هندسه فقط اشکال خاص حلزونی مورد بحث قرار میگیرد که انواع مختلف دارد و در فیزیک با یاد آنها را بشناسیم.

چند نوار کاغذی عرض یک سانتیمتر ببرید. یک نوار کاغذی را بطور ماایل با زاویه ۱۱۰ درجه روی لبه نازک یک خط کش بکشید (طبق شکل ۱۰/۱ الف) بطوریکه زاویه نوار با سطح خط کش ثابت باشد. نوار به شکل مارپیچ در میآید نوار بعدی را عمود بر لبه خط کش بکشید و بتدریج زاویه نوار را با سطح خط کش زیاد کنید و یا کشش را بیشتر کنید. طبق شکل ۱۰/۱ یک نوار حلزونی بدست میآید.

مارپیچ شکلی است که دارای سه بعد  $x$  و  $y$  و  $z$  است یعنی فضائی است ولی شکل حلزونی در یک سطح و معادله منحنی آن فقط شامل  $x$  و  $y$  است و  $z$  ندارد. در اینجا با اشکال حلزونی را فقط مطالعه می کنیم مانند فنر کوک ساعت یا فنر قاصک آن که حلزونی میباشند. از فنر قاصک در دستگا ههای اندازه گیری مثل آمپرسنج و غیره برای ایجاد گشت آور - مقاومت استفاده میکنند، وقتی جریان از آمپرسنج نگذرد، فنر عقبه را بصفربرمیگرداند و نیروی مقاومت فنر با دقت زیادی بستگی بزاویه پیچش آن دارد.

دایره

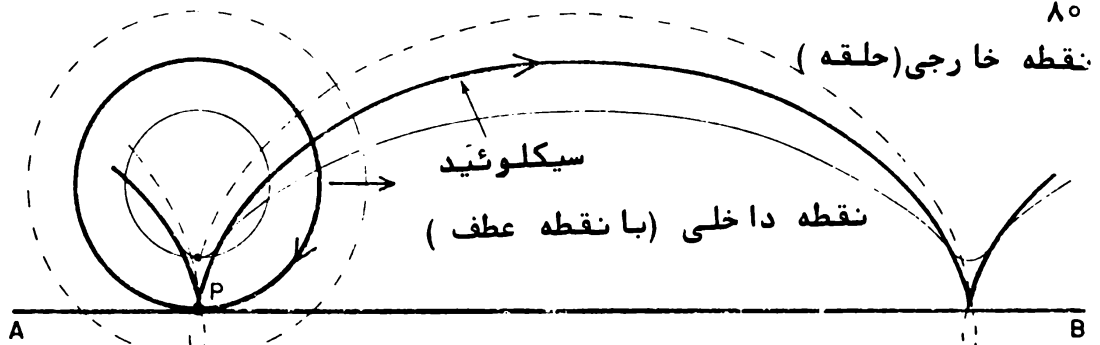
در محیط چرخ اتومبیل اگر سنگریزه ای مثل  $P$  محکم قرار گرفته باشد وقتی چرخ حرکت میکند مسیر سنگریزه یک منحنی تکراری مخصوص میباشد که سیکلوئید نام دارد و جزء گروه منحنی های متناوب تروکوئید میباشد. اگر نقطه داخل چرخ باشد و اتومبیل یک خط مستقیم طی کند مسیر نقطه  $P$  انعکاس دایره است. *The involute of circle* و اگر نقطه خارج دایره باشد منحنی یک تروکوئید است که دارای حلقه های میباشد. واضح است این منحنی های متناوب حلزونی نیستند. اگر فرض کنیم دایره ساکن باشد و یک خط مستقیم روی آن بدون اینکه بلغزد دور آن کند یک نقطه خاص مثل  $P$  روی خط مستقیم



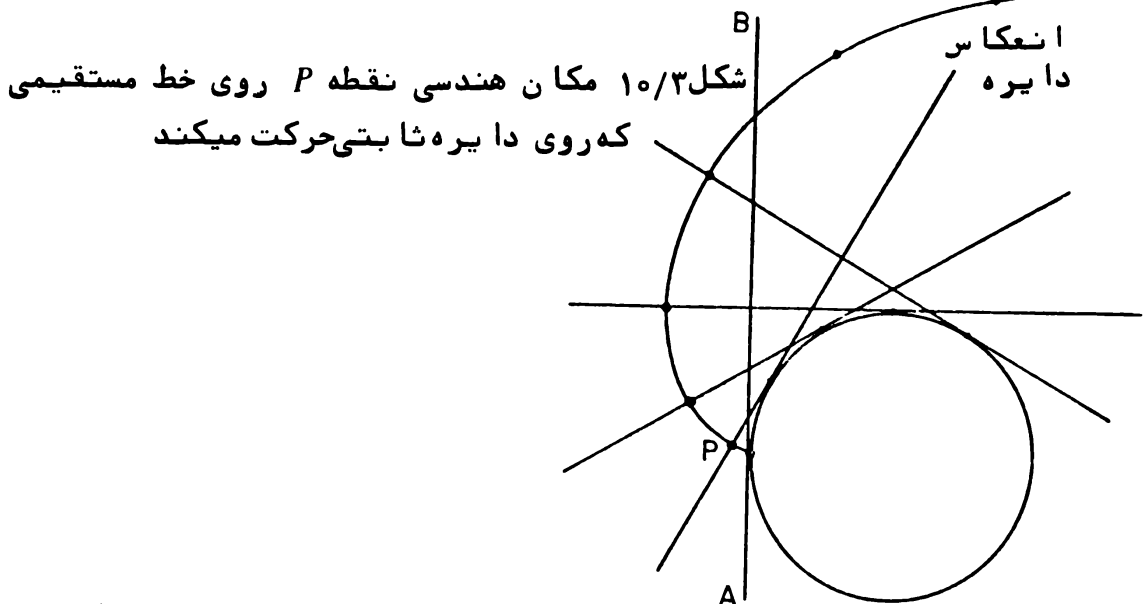
شکل ۱۰/۱ تشکیل : الف- مارپیچ ب- حلزونی با استفاده از نوار کاغذ نوعی منحنی حلزونی طی میکند. منعکس دایره‌ها می‌دهد.

شکل ۱۰/۳ بروش ساده زیرمیتوانید چنین حلزونی را رسم نمایید. یک میله چوبی بقطریک سانتیمتر و طول ۶ سانتیمتر ببرید. دو سنجاق کلفت گرفته از طرف باریک آن تکه‌ای بطول یک سانتیمتر بطور مایل ببرید. طبق شکل ۱۰/۴ الف این دو تکه را در فاصله ۵ میلی‌متر درگیره‌ای محکم کنید و میله چوبی را روی آنها قرار داده فشار دهید تا نصف تیکه‌های سنجاق در چوب فرورود در مرحله بعد ریسمانی محکم دور میله چوبی به پیچید. سر آزاد ریسمان را بصورت حلقه کوچکی گره بزنید و خودکاری از حلقه عبور داده و میله را در وسط ورقه کاغذ قرار دهید و فشار دهید تا سنجاق در کاغذ فرورود. ریسمان را با زکنید، البته بحالت کشیده با شد و با نوک خود کاغذ منحنی را رسم کنید شکل حلزونی طبق شکل ۱۰/۴ بدست می‌آید.

واضح است فاصله بین دو دور متوالی منحنی مقدار ثابتی است و برابر محیط میله که برابر ۳/۱۴ سانتیمتر تقریباً "میباشد، با ضافه منحنی از یک نقطه شروع نمیشود. بلکه شروع آن از محیط میله میباشد. این دایره مرکزی را که در کشیدن حلزونی‌های مخصوص مورد استفاده قرار میگیرد



شکل ۱۰/۲ مکان هندسی نقطه  $P$  در محیط استوانه که روی خط مستقیم بچرخد یک منحنی متناوب با سم تروکوئید درست میکند.



شکل ۱۰/۳ مکان هندسی نقطه  $P$  روی خط مستقیمی که روی دایره ثابتی حرکت میکند

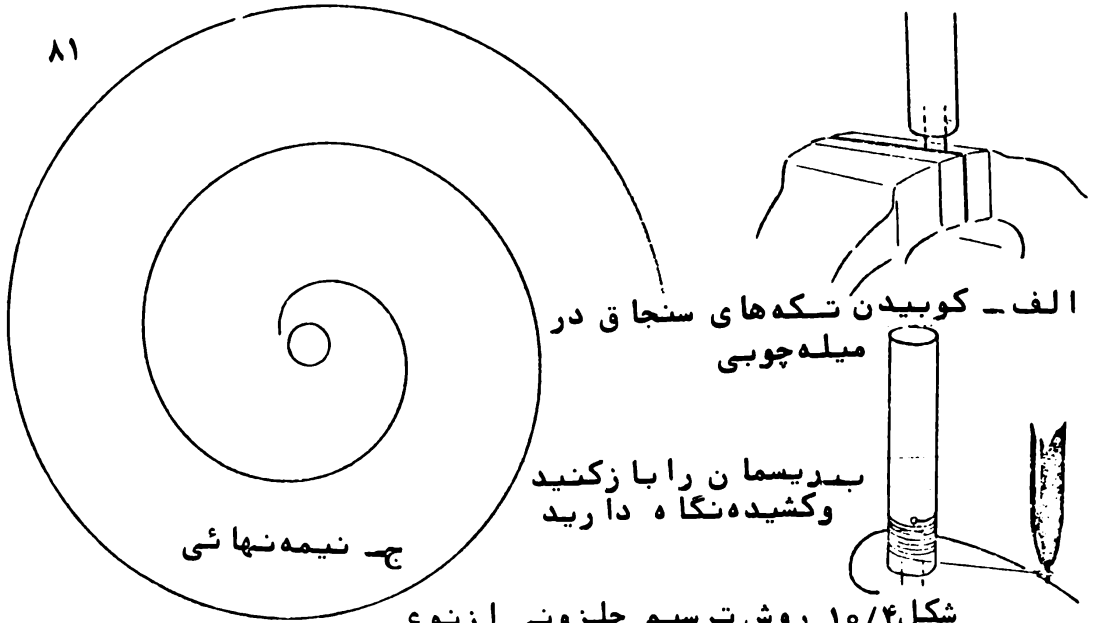
چشم منحنی مینا مند، اگر میله چوبی با ریک باشد دورهای حلزونی خیلی بهم نزدیک و اگر میله ضخیم تر باشد دور حلزون دورتر است. در قدیم در یونان در ساختن بناها از این منحنی ها خیلی استفاده شده است.

### حلزونی ارشمیدس

نوع دیگر منحنی حلزونی که معادله ریاضی دارد منحنی حلزونی ارشمیدس است و آن مسیر نقطه ای است که فاصله اش از مرکز نسبت مستقیم با زاویه دوران شعاع حامل نقطه دارد.

در مختصات قطبی  $r$  متناسب با  $\theta$  است که  $r$  فاصله نقطه از مرکز و  $\theta$  زاویه دوران  $r$  است و  $a$  مقدار ثابتی است. معادله منحنی چنین میشود





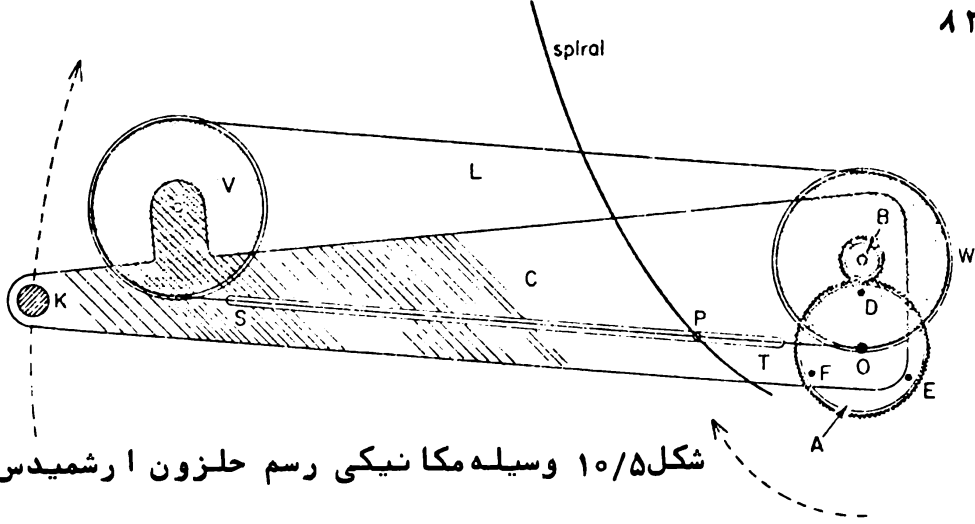
شکل ۱۰/۴ روش ترسیم حلزونی از نوع

در شکل ۱۰/۵ یک وسیله مکانیکی برای رسم منحنی نشان داده ایم.  $A$  و  $B$  چرخ دندان‌دار پلاستیکی و چرخ محورها را از نوع اسپروگراف است. چرخ دنده  $A$  ثابت و محور آن روی تخته رسم در نقطه‌های  $D$  و  $E$  و  $F$  - محکم شده است.  $C$  یک صفحه از سلولوئید است که محورش در نقطه  $O$  و شکافی که با  $ST$  نشان داده ایم در امتداد نقطه  $C$  در آن وجود دارد. با دسته  $K$  صفحه  $C$  را دوران می‌دهیم و چرخ  $B$  دور چرخ دندان‌دار  $A$  می‌گردد. چرخ دنده قرقره  $W$  به  $B$  وصل است. دور قرقره  $W$  و قرقره مشابه حلقه ریسمان  $L$  بسته شده است. خودکاری در یک حلقه که در نقطه  $P$  روی ریسمان درست شده قرار می‌دهیم. وقتی ریسمان حرکت کند  $P$  بطرف  $S$  می‌رود.

واضح است حرکت  $P$  بطرف خارج متناسب با زاویه دوران صفحه است. شکاف  $ST$  بدور نقطه  $O$  می‌گردد. پس  $r = a\theta$  و منحنی دقیقاً "حلزونی" است. اگر شمیدس می‌باشد. فاصله دورها از یکدیگر بستگی بضریب ثابت  $a$  دارد که متناسب با نسبت تعداد دندان‌های چرخ  $A$  به  $B$  است.

### منحنی حلزونی متساوی الزاویه

خاصیت مهم این نوع منحنی اینست که دورها بترتیب از هم دورتر می‌شوند در حالی که در منحنی حلزونی ارشمیدس فاصله دورها ثابت است. در شکل ۱۰/۶ منظورمان از متساوی الزاویه توجیه شده است. زاویه  $\alpha$  بین بردار شعاع و مماس در هر نقطه مقدار ثابتی است. آیا بایرگا می‌توان این

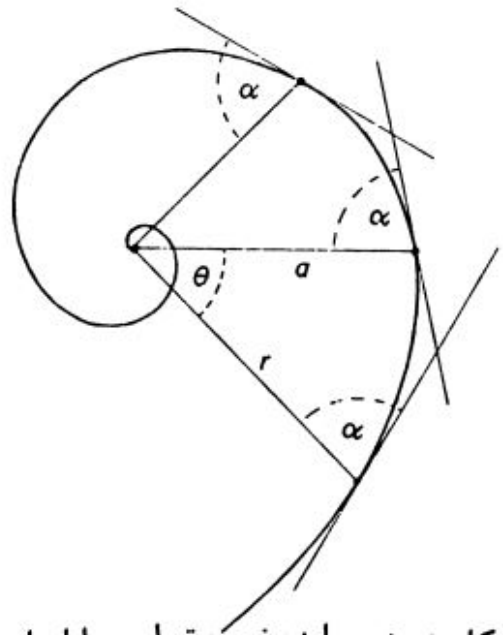
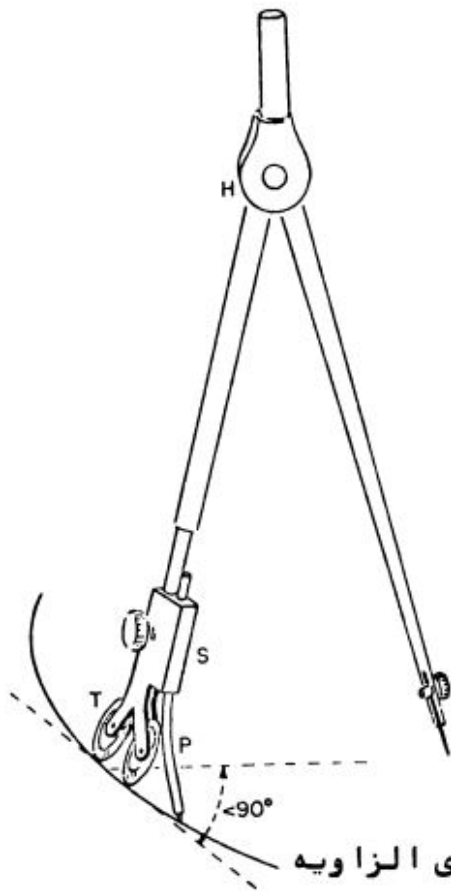


شکل ۱۰/۵ وسیله مکانیکی رسم حلزون ارشمیدس

منحنی را رسم کرد؟ یک پرگار که با زوی طویل داشته ولولای آن خیلی سفت نباشد تهیه کنید شکل ۱۰/۷. حامل مخصوص قلم بیک با زو وصل شده است روی S دو چرخ T نزدیک بهم که دارای لبه تیرند نصب شده است. اگر دو چرخ عمود بر شعاع نصب شود یک دایره رسم میکند. اگر دو چرخ زاویه دیگری با شعاع بسازد مثلاً زاویه ۹۵ درجه باشد ولولای H باز شده مغز خود کار P یک حلزون متساوی الزاویه رسم میکند. این وسیله عملی نیست زیرا در H اگر مختصر اصطکاکی وجود داشته باشد، چرخها روی خط مستقیم حرکت میکنند. اگر در H اصطکاک زیاد باشد منحنی یک دایره می باشد. طرح دستگاه زیاد خوب نیست زیرا وقت آن بستگی به نیروی اصطکاک دارد. روشهای هندسی برای رسم منحنی حلزونی ارشمیدس یا متساوی الزاویه وجود دارد. با پرگار قوسهای نزدیک هم رسم میکنیم که نزدیک با این منحنی ها است.

معادله منحنی حلزونی متساوی الساقین را بطریق جبری میتوان بدست آورد. اگر با حرف e پایه لگاریتم طبیعی آشنائی داشته باشید. رابطه منحنی بصورت  $r = e^{k\theta}$  است. بصورت ساده تر  $\log_e r = k\theta$  است.

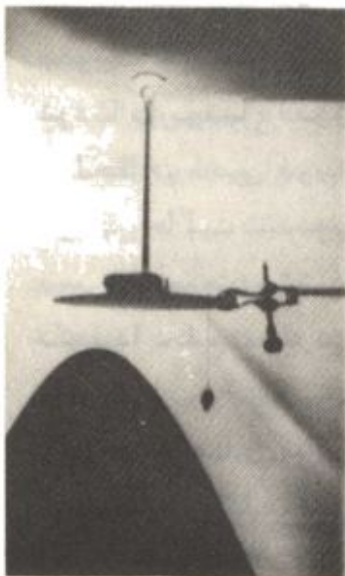
اگر طبق شکل ۱۰/۶ در شروع دوران شعاع  $\alpha$  و بعد از دوران با اندازه زاویه  $\theta$  به r برسد زاویه مماس با بردار شعاع  $\alpha$  باشد بنا براین  $\frac{r}{\alpha}$  برابر  $\cot \alpha$  است. و معادله این نوع حلزون  $r = a e^{\theta \cot \alpha}$  است که از آگاهی حلزون لگاریتمی مینامند. با استفاده از دیفرانسیل رابطه بالا نتیجه



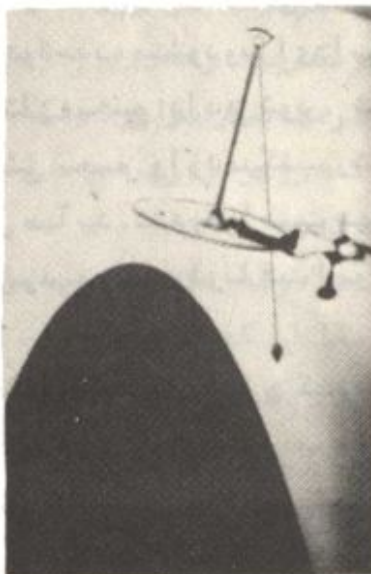
شکل ۱۰/۶ حلزونی متساوی الزاویه  
ولگاریتمی که  $\alpha$  مقدار ثابتی است

شکل ۱۰/۷ وسیله رسم حلزونی متساوی الزاویه

میشود  $\tan \alpha = r \frac{d\theta}{dr}$  یا  $\frac{d\theta}{dr} = \frac{\tan \alpha}{r}$  پس  $\theta = \log r \cdot \tan \alpha + c$  که  $c$  مقدار ثابت  
انتگرال است و شرایط اولیه بستگی دارد وقتی  $\theta = 0$  است  $r = a$  می باشد  
پس  $c = -\log a \cdot \tan \alpha$  یعنی  $\theta = \tan \alpha (\log r - \log a)$   
و یا  $\theta \cot \alpha = \log r/a$  پس  $r = a e^{\cot \alpha \cdot \theta}$  معادله منحنی می باشد.  
گرچه معادله ریاضی منحنی ها ساده نیست، سعی کنید آزمایش ها را  
انجام دهید و منحنی ها را رسم کنید.



ج - هدلونی



الف - سهمی



ب - بیضی (b)  
عکس و سایه با مقاطع مخروطی

در این فصل آزمایشی مطرح می‌شود که ضمن انجام آن یک تکنیک کلی در فیزیک را یاد می‌گیرید که موارد استعمال فراوان دارد. بدین وسیله رابطه بین دو متغیر را کشف و قانون مربوطه را بدست می‌آورند. در مورد خیلی از پدیده‌های فیزیک می‌توانید این تکنیک را بکار ببرید. با این روش - محققان مسائل تازه را مورد بررسی قرار داده و به نتیجه می‌رسند.

پدیده مورد نظر ارتعاش یک حلقه فلزی در سطح خود حلقه است. شاید دیده باشید وقتی بطور قائم یک حلقه فولادی روی زمین می‌افتد با تواتر معینی با ارتعاش در می‌آید و صدای شنیده می‌شود. یک تیغه فنرنیز وقتی بسته ارتعاش در آید صدا تولید می‌کند. این دو، مثال‌های ساده ارتعاش می‌باشند. گاهی در مسابقات ورزشی یک مثلث فلزی را به‌صورت در می‌آورند که بسته باینکه چگونه و در کدام نقطه ضربه وارد شود تواتر صدا متفاوت می‌باشد.

در تمام ارتعاشات طبیعی دو عامل در تواتر مؤثر است. ارتفاع صوت بستگی بتواتر آن دارد و بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ ارتعاش، قابل شنیدن می‌باشد. عواملی که در سرعت صوت منتشره در ماده مؤثرند یکی جرم مخصوص جسم و دیگری خاصیت ارتجاعی جسم است.

همانطور که پیش‌بینی می‌شود جرم مخصوص هر چه بیشتر باشد تواتر کمتر است و خاصیت ارتجاعی فنر هر چه بیشتر باشد تواتر بیشتر است. در خیلی موارد ارتعاشی که از اثر ضربه بر جسمی تولید می‌شود با سرعت ضعیف شده از بین می‌رود. عواملی که در این امر مؤثرند یکی ویسکوزیته هوا است. انرژی بصورت صدا پخش شده و در هوا جذب می‌شود و برای اینکه تلف انرژی جبران شود باید مرتباً "انرژی تازه" به جسم داده شود. تا ارتعاشات پایدار بمانند در لحظات معین ضربه‌های جسم وارد می‌کنیم تا نوسانات دائمی باشند در این حالت تشدید پیش می‌آید. تشدید خاصیت مهمی در مکانیک و در الکترونیک است. اهمیت بیشتری دارد. تولید و دریافت امواج رادیویی بعینت خاصیت تشدید انجام می‌شود.

در این آزمایش احتیاج به یک نوسان‌کننده تواتر صوتی داریم. در آزمایشگاه‌های مدارس امروزه زیاد بکار می‌رود می‌توانید بخرید یا امانت بگیرید. دستگاه مناسبی که بتوان با آن و ابزارها یا بلندگوئی را بکار

نوع II ۸۰۷۰ ساخت کارخانه Philip Harris P که با مقاومت ۶۰۰-  
اهم ۲۰ ولت پتانسیل دارد.

نوع A/F ۹۷-۱۵۶ ساخت کارخانه Griffin & George L درمقاومت ۳  
اهم یک وات قدرت دارد.

نوع G1 و G2 ساخت کارخانه W. B. Nicolson نوسان کننده تواتر کم.  
برای امتحان تواتر خروجی نوسان کننده میتواند زسه دیاپازن  
استفاده کنید. مولد را بگوشی یا بلندگو وصل کنید و صدای آن را با دیاپازن  
مقایسه کنید. همزمان مولد و دیاپازن را بکاراندا زید، اگر ضربان شنیده  
نشود تواتر آن دو برابر است.

یک ویبراتور خاصی برای آزمایش با حلقه با یدبسا زید، حلقه با ید  
خواص زیر را دارا باشد.

الف - با ید بتوانید شعاع حلقه را کم و زیاد کنید.

ب - حلقه یکنواخت با شدوکا ملا" بشکل دایره درآید.

ج - در حالت تشدید بتواند با رتعاش درآید ولی ارتعاش خیلی شدید  
نباشد.

د - در شکم امواج ساکن، حرکت در امتداد شعاع حلقه باشد (در شکم  
تغییر مکان از نقاط دیگر بیشتر است) حلقه اگر کوچک باشد شرایط بالا را  
تا مین میکند. بهترین راه، استفاده از فنر کوک ساعت که طول آن ۵ سانتی  
متر و عرض آن ۵ میلیمتر است. فنر را بر روی جسمی که کنار با ریک و گردی  
دارد بکشید و آن را صاف کنید. دو طرف آن را روی هم بیاورید تقریباً "حلقه  
دایره شکل درست میشود. در عکس ۱۱ و شکل ۱۱/۱ انتهای نرم فنر خم شده  
را در زیر نواری برنجی C قرار میدهم. برای اینکه حلقه شعاع معین داشته  
باشد، انتهای آزاد فنر را که در زیر نواری برنج C است میتوان جلو و عقب برد  
و با کمک پیچ A آن را محکم کنید.

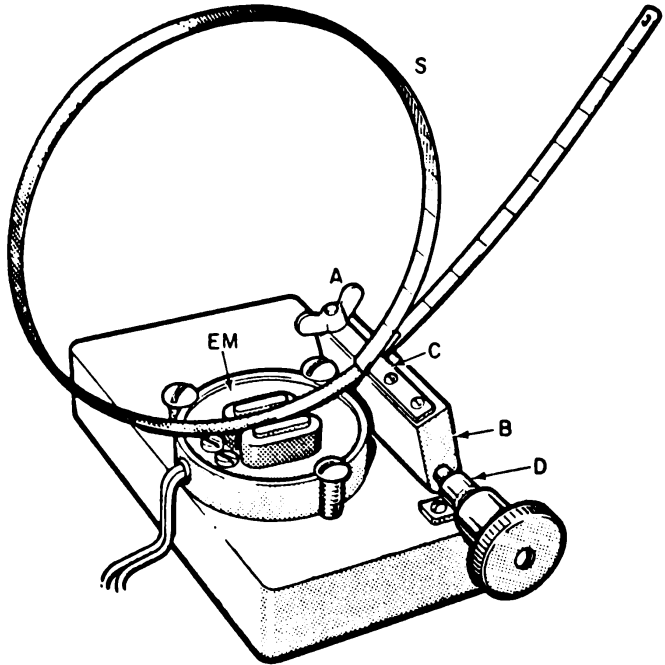
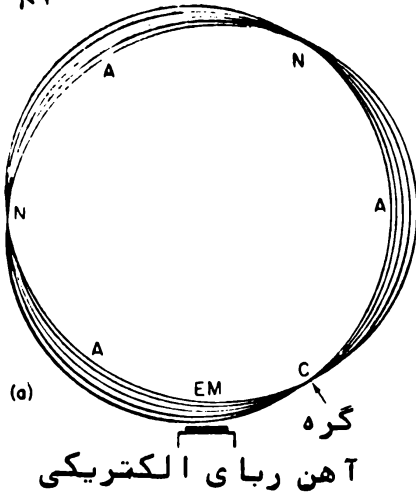
طول نواری را میتوان قبلاً "توسط علائمی با سوهان روی نواری معلوم  
کرد. از یک گوشی تلفون اسقاطی که مقاومت آن ۴۰ اهم است بعنوان مولد  
ارتعاش استفاده می کنیم EM. گوشی را با ید محکم روی بدنه چوبی پیچ  
کرد. حامل گوشی را جدا کنید و ورقه نازک (دیاگرام) را بردارید. چون  
پهنای فنر ۵ میلیمتر است، بخوبی بین دو قطب گوشی قرار میگیرد. فنر را

طوری درگیره قرار دهید که فاصله فنر تا قطبها یک میلیمتر باشد. اگر طول فنر را تغییر دهیم ارتفاع آن تا قطبها را نیز باید تغییر داد و تنظیم کرد این عمل بوسیله مکعب مستطیل  $B$  که میتوان آن را دوران داد با غلاف شکاف را روپیچ گیره  $D$  مکعب  $B$  را میزان کرده و محکم میکنیم.

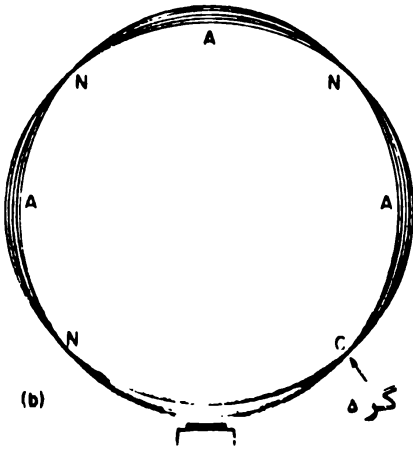
فنر را با طول معینی محکم کرده، تو اترنوسان کننده را بتدریج زیاد میکنیم و پشت فنر پرده سفیدی قرار میدهیم. در تو اتر معینی ملاحظه میشود  $N$  گره ها و  $A$  شکم هائی در فنر پدید می آید (شکل ۱۱/۲) که نظیر آزمایش ملد است که در سیم نیز گره و شکم درست میشود. در حلقه تعداد شکم ها برابر تعداد گره ها است. وقتی تو اترنوسان کننده بمیزان معینی زیاد شود. بترتیب تعداد شکم ها ممکن است ۱ یا ۲ یا ۳ یا ۴ یا ۵ یا ... باشد. تو اترنوسان کننده را روی درجه خواننده یا دداشت کنید. طبق شکل ۱۱/۲ - الف وقتی تو اتر دقیق تنظیم شود و حالت تشدید ایجاد شود ارتفاع فنر خیلی شدید است. اولین شکم کمی دورتر از قطبهای گوسی تشکیل میشود، گوا اینکه محل دقیق آنها تا شیرزادی در وضع ارتفاعات فنر ندارد. با تمام طول سیم تا ریا و یالون که با ارتفاع در میآید و صدای اصلی را تولید میکنند، میتوان هارمونیک ها را نیز نواخت. برای این منظورا نگشت خود را بطور ملایم در نقطه مشخصی قرار میدهیم. آن نقطه گره میشود و هارمونیک بالاتر صدای اصلی بدست میآید. اگر انگشت خود را بطور ملایم در وسط تار قرار دهیم، صدای اکتا و تولید میشود یعنی دو شکم در طول تا را ایجاد میشود. با قرار دادن انگشت در نقاط دیگر صداهای دیگر میتوان ایجاد کرد. این نقاط گره میباشد. در مورد حلقه هم نظیر سیم تعداد شکم ها  $k$  دو عدد است بشرطیکه تو اترنوسان گوسی تغییر شکلی بین دوانتها که کمی بیضوی باشد ایجاد کند. (شکل ۱۱/۲ ب)

در شکل ۱۱/۲ ج تعداد شکم هاش است. وقتی طول فنر را یک سانتیمتر بیک سانتیمتر اضافه کنیم اگر تشدید حاصل نشد تو اترنوسان را یا دداشت کنید و ادا مدهید.

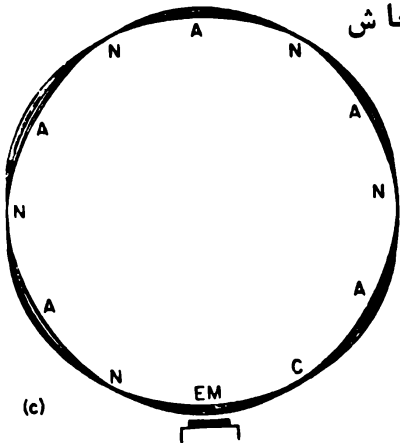
طبق شکل ۱۱/۳ طول  $l$  بحسب سانتیمتر و  $n$  تو اترنوسان بحسب هر تزار در جدولی مینویسم، طول فنر بشعاع حلقه بستگی دارد. تعداد شکم ها برابر است.



شکل ۱۱/۱ حلقه ارتعاش برای تحقیق رابطه بین محیط حلقه و تواتر

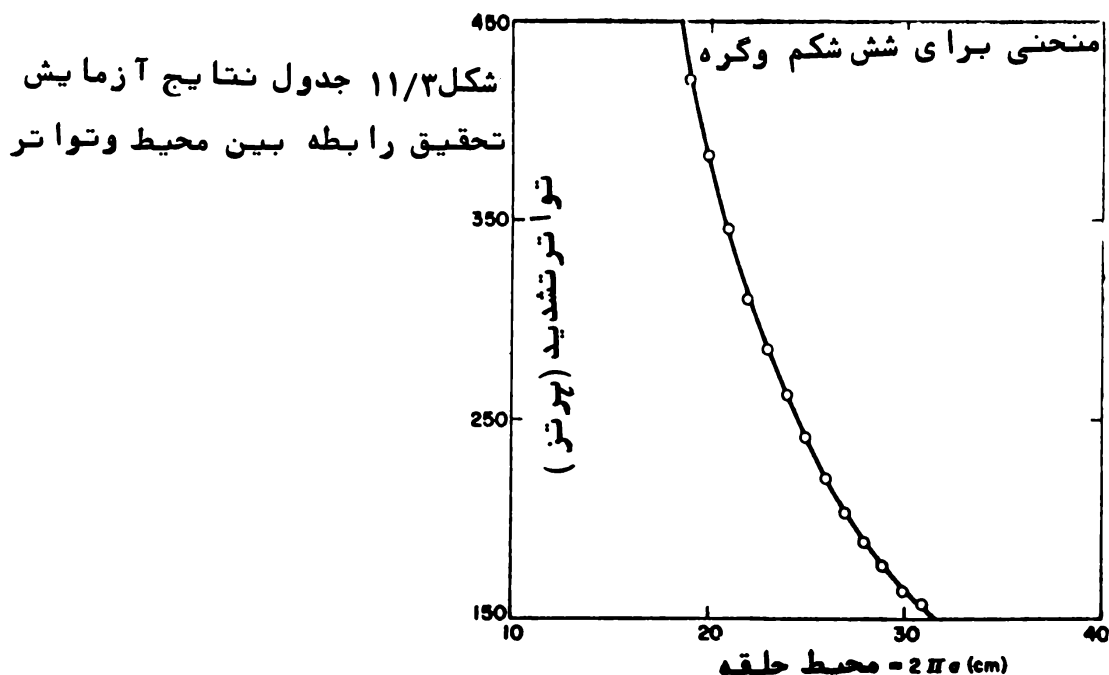


شکل ۱۱/۲ تشکیل شکم و گره در حلقه ارتعاش



منحنی تغییرات  $l$  و  $n$  طبق شکل ۱۱/۴ است که معادله آن معلوم نیست. میتوان گفت منحنی هذلولی است که در مورد سیم راست چنین است طبق فرمول آزمایش ملد  $Melde \quad n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$  که  $l$  با  $n$  نسبت عکس دارد و رسم تغییرات آن هذلولی است. در آزمایش کتاب با اگر  $l$  را بر حسب  $n$  رسم کنیم منحنی طور دیگری است و خط مستقیم نیست. در اینجا لگاریتم تواتر

محیط حلقه بحسب سا نتمتر	توا تر تشدید	لگا ریتم /	لگا ریتم "
۳۱	۱۵۷	۱/۴۹۱	۲/۱۹۶
۳۰	۱۶۳	۱/۴۷۷	۳/۲۱۲
۲۹	۱۷۷	۱/۴۶۲	۲/۲۴۸
۲۸	۱۸۹	۱/۴۴۷	۲/۲۷۶
۲۷	۲۰۳	۱/۴۳۱	۲/۳۰۸
۲۶	۲۲۰	۱/۴۱۵	۲/۳۴۲
۲۵	۲۴۱	۱/۳۹۸	۲/۳۸۲
۲۴	۲۶۲	۱/۳۸۰	۲/۴۱۸
۲۳	۲۸۵	۱/۳۶۲	۲/۴۵۵
۲۲	۳۱۰	۱/۳۴۲	۲/۴۹۱
۲۱	۳۴۵	۱/۳۲۲	۲/۵۳۸
۲۰	۳۸۳	۱/۳۰۶	۲/۵۸۳
۱۹	۴۲۱	۱/۲۷۹	۲/۶۲۴



شکل ۱۱/۴ منحنی تغییرات تواتر بحسب محیط حلقه  
(شش شکم و گره تشکیل شده است)



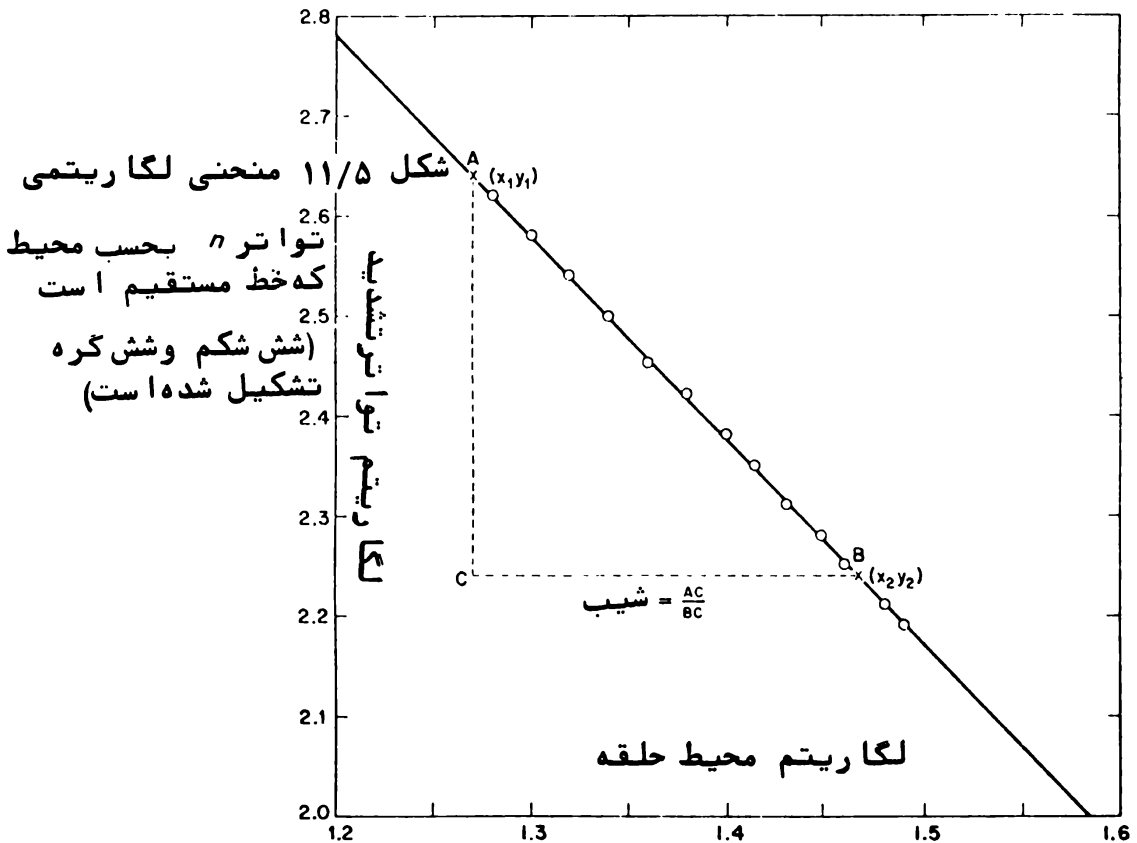
بحسب لگاریتم محیط حلقه رسم میکنیم یا از کاغذ میلیمتری لگاریتمی استفاده می‌کنیم که در وقت صرفه‌جویی میشود. یک خط مستقیم بدست می‌آید معلوم میشود بین  $n$  و  $l$  یک رابطه وجود دارد. ضریب زاویه خط که  $m$  است توان  $l$  در رابطه  $n = k.l^m$  میباشد در مثال بالا  $m = -2$  است پس رابطه  $n = k/l^2$  میباشد (شکل ۱۱/۵).

معادله کلی خط راست مقدار ثابت  $y = mx +$  است در اینجا

ثابت  $\log n = m \log l +$  که ضریب زاویه  $m = \frac{AC}{BC} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$  است که  $\frac{0.4}{0.4} = -2$  میشود پس  $m = \frac{2/24 - 2/64}{1/47 - 1/27}$

مقدار ثابت  $\log n = -2 \log l +$  و از آنجا ثابت  $n = l^{-2} \times$  و چون شعاع

برابر  $a$  است  $l = 2\pi a$  و  $n \propto (2\pi a)^{-2}$  یا  $n \propto \frac{1}{(\text{radius})^2}$



در اغلب آزمايشها ضريب زاويه منحنى بعلىت وجود خط در آزمايشش عدد صحيح نيست و كمى اختلاف داردمثلاً" ممكن بود  $m = 3/12$  بدست آيد كه احتمالاً "معادله بصورت  $y = k \cdot x^3$  ميباشد، يا مثلاً"  $m = -0/65$  ممكن است  $\frac{2}{3}$  - با شد و رابطه احتمالاً "  $y \propto 1/\sqrt{x^2}$  است .

در معادلات معمولاً اعداد صحيح وارد ميشود يعنى توان عدد صحيح كوچكى است . اگر ضريب زاويه مقدار نا جورى بود با يدايش را تكرار كرد . واضح است اگر عامل سومى ، همزمان در آزمايش دخالت كند ، منحنى تغييرات بحسب لگاريتم با زهم خط مستقيم نخواهد بود .

در آزمايش با لامعلوم ميشود توا ترا رتعاش ها در حالت تشديد با مجذور

$$n \propto \frac{1}{a^2} \text{ يعنى دارديعنى}$$

يك قرن پيش Hoppe و Lord Rayleigh ارتعاش حلقه را مطالعه و رابطه زير را بدست آورند ، كه  $n$  تواتر و  $s$  تعداد شكم و  $\kappa$  ضريب ثابتى كه بشكل هندسى حلقه بستگى دارد  $E$  ضريب يانگ  $\rho$  جرم مخصوص و  $a$  شعاع متوسط حلقه است .

$$n = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{s(s^2-1)}{\sqrt{(s^2+1)}} \cdot \frac{\kappa}{a^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

شايد زنتيجه آزمايش خود را ضى با شيم كه با رابطه با لاتوافق دارد .

واضح است بهتر بود در ابتدا ، رابطه را بما ميگفتند و ما فقط تغييرات  $n$  بر حسب  $1/a^2$  را رسم ميكرديم كه خط مستقيم بدست ميآمد . روشى كه مسا بكار برديم روش تحقيق و روش دوم روش اثبات ميباشد .

ممكن است بگوئيد مطالب با لادر مكانيك كلاسيك سا بقا "بررسى شده و

شايد در فيزيك جديد كه فعلاً" بآن علاقه زيادى داريم مطالب با لاجندان مورد استفاد ه نباشد . با محفوظاتى كه در خاطر داريم پديده هاى الكترونى وقتى با مثالهاى مكانيكى تصوير كنيم خيلى زود تر پديده ها را مي فهميم . اين آزمايش نشان داد كه دستگاه حلقه پايدار وقتى انرژى با تواتر خاصى بآن داده شود بشدت با رتعاش در مي آيد . به حلقه اى با شعاع معين اگر تواتر خاصى اعمال شود چنان بحالت تشديد در مي آيد كه ممكن است نا پايدار شده پرتاب شود . اگر مدار الكترون در اطراف هسته را بحلقه تشبيه كنيد ، نور با تواتر خاصى با تم بتا بد ممكن است انرژى كافى به الكترون داده و

آنرا از مدارهاى بى مدار با لاترى منتقل كند . Lenard و Sir J. J. Thomson

ثابت كردند ، انرژى نورانى با طول موج كوتاه الكترونها را از مدار خارج ميسازد ، آزمايش با لاممكن است كمك كند بتوانيم بفهميم چطور الكترون

در مدارش بدور هسته ذرات "دارای طبیعت موجی است". در سال ۱۹۲۵ L. de Broglie اظهار داشت میتوان یک الکترون آزاد را معادل یک موج

بطول موج  $\lambda$  فرض کرد. ثابت پلانک  $h$  جرم الکترون  $m$  و سرعت الکترون میباشد.

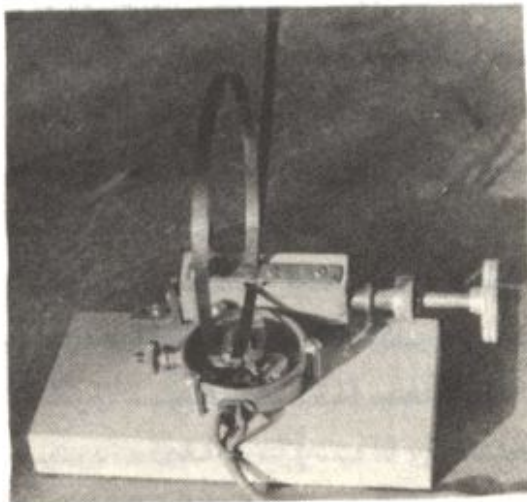
$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

بعدها "Bohr" با فرضیه مشهور ساختمان اتم را بطنه  $mv \cdot 2\pi r = nh$  راپیشنهاد کرد که  $r$  شعاع مدار و  $n$  یک عدد صحیح است (۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ...). پس وقتی اتم تعادل دارد که  $2\pi r = nh/mv$  باشد پس  $2\pi r = n\lambda$  و از آنجا عدد صحیح امواج در مدار پدیدار الکترون در حالت عادی شبیه تعداد صحیح شکم موج ساکن حلقه در آزمایش با فرساعت است. در حلقه فتر با محیط مشخص ما توانستیم موج ساکن با طول موج معین و تواتر معین ایجاد کنیم.

تشبیه بالا کمک میکند تصویری از طبیعت موجی الکترون داشته باشیم درک چهره موجی الکترون نظیر انرژی الکترون (بصورت ذره) است که در فهم مکانیک موجی و فیزیک جدیدیک مطلب اساسی است. در اینجا لازم است بگوئیم بدون اینکه از فیزیک قدیم اطلاعاتی داشته باشیم نمیتوانیم بحث فیزیک جدید را شروع کرده و یاد بگیریم. بهمین علت است که همیشه بکارها و روش عمل دانشمندان پیشین مراجعه میکنیم.

در صنایع، پژوهشگران معمولاً "دریک رشته فیزیک تخصص دارند، مثلاً" در رشته لیزر یا حالت جامد یا حسابرهای الکترونی کار میکنند، در خیلی از رشته های صنایع از اصول فیزیک کلاسیک استفاده کرده و تحقیق میکنند. گرچه غالباً "شنیده میشود تحقیقات در رشته های مختلف فیزیک انجام شده و مطلب تازه ای باقی نمانده است ولی با همین وسایل ساده که در کارگاه خانه ها میتوان ساخت حتی امروز تحقیقات تازه انجام میشود. با مطالعه این کتاب و بخصوص چند فصل اخیر و انجام آزمایشها خود را آما ده کنید که طرحهای تازه ای کشف و اجرا نماید.

عکس ۹۲- حلقه ارتعاش برای تحقیق رابطه بین محیط حلقه و تواتر



اگر تا بحال موفق شده اید تعدادی از طرحهای قبلی را انجام دهید

شاید مایل باشید :

الف - وسائل فیزیکی که صرفاً جنبه تفریحی داشته باشد بسازید .

ب - در رشته فیزیک اگر مطالبی را در یادآورید عمل در آورید .

ج - تصمیمی برای شغل آینده خود بگیرید مثلاً "علاقه دارید در رشته های

علوم محض یا مهندس برق یا مکانیک تخصص پیدا کنید .

بحث اول بیشتر برای نوجوانان و بحث ج بیشتر برای دانش آموزان

سال آخر دبیرستان مطرح شده است . وسائلی که میتواند بسازید عبارتند

از : قرقره آزمایش ترکیب رنگها ، ژيروسکوب ، اطراف بین (پریسکوب )

زیبا نما ( کالئیدوسکوب ) ، خطای چشم ، پانتوگراف ، وسیله رسم منحنی

حلزونی ، رسم هارمونیک ، معما باسیم خمیده ، نوار موبیوس ، غسول

فلفلی و شعبده بازیهای دیگر .

در شکل ۱۲/۱ الف یک نوع معما طرح شده که از الکترونیک استفاده

میکند که حتی برای فیزیک دانان جالب است . یک تخته مربع با بعد ۱۰

سانتیمتر یک ترانسفورماتور T زنگ اخبار که برق ۲۲۰ ولت را به ۸ ولت

برساند . از سیم وسط صرف نظر کنید . سیم کشی روی دستگاه واضح باشد و

سرپیچ لامپ A و B بطور زنجیره ای بهم بسته و دو لامپ ۶/۳ ولت در آنها

پیچ کنید . زیرا تخته دو دیوید D طبق شکل ۱۲/۱ ب بطور معلوم نباشد و وصل

کنید . ظاهراً "دو لامپ بطور زنجیره ای بهم وصل شده و سیمها را در C بهم

وصل کنید . وقتی اتصال را قطع کنید لامپها خاموش میشود ، از طرف

خودتان بخواهید یک لامپ را با زکند با کمال تعجب ملاحظه میکنید لامپ دیگر

خاموش نشده با همان شدت سابق روشن میماند . بعداً "توضیح دهید و وقتی

اتصال قطع شود ، دیود نصف جریان را عبور میدهد و لامپ دیگر روشن میماند .

اگر دو دیوید دو دیوید دیگر داشته باشید و در زیر تخته نصب کنید که در ظاهر

پیدا نباشد میتواند مداری طبق شکل ۱۲/۱ ج درست کنید و با کمال تعجب

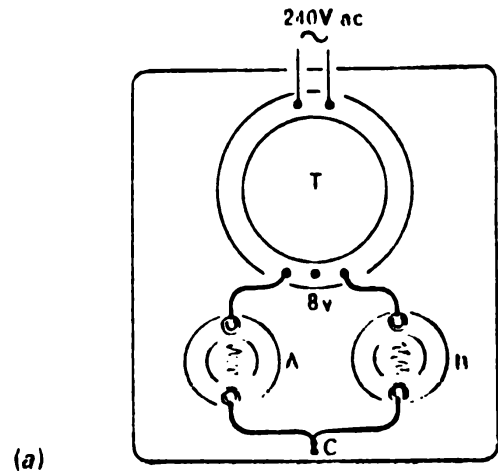
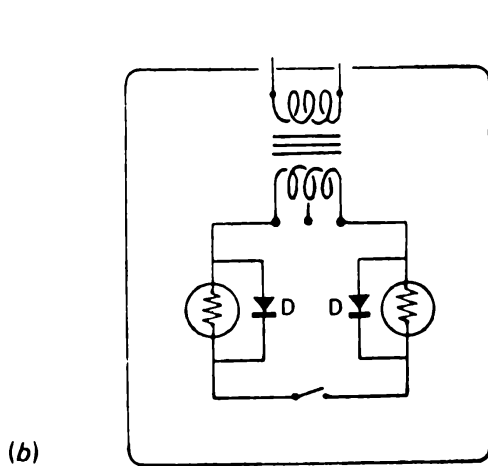
مشاهده میشود وقتی کلیدها را وصل کنید لامپها روشن میماند .

شاید علاقمندان با شیدا زکیت های مکانی و الکترونیک استفاده کنید .

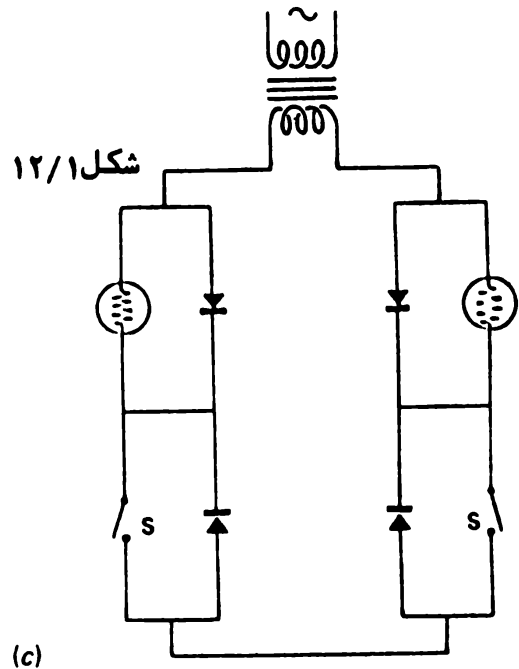
دانشمندان نیز گاهی زاین کیتها استفاده میکنند . موضوع جدیدی را تحقیق

مینمایند .

تالیف Bradley استفاده کنید. کتابهای مرجع تالیف Bernard که در



شکل ۱۲/۱ مدارهای معما که دیودها مخفی میباشد



بارها مدل‌های با کنترل از راه دور مدارهای ترانزیستور مطلقاً لیبی دارد، درجه‌های الکترونیک اغلب طرح‌های مفیدی عنوان می‌شود. حتی می‌توان وسایلی چون اسیلوسکوپ و دستگا‌های اندازه‌گیری دیگر ساخت. از کیفیت‌ها نیز می‌توان استفاده کرد.

اگر علاقه داشته باشید می‌توانید مدل هواپیما یا کشتی بسازید، حتی ماشین بخار کوچک با استوانه متحرک یا ثابت با استفاده از چرخ تراش - کوچک می‌توانید بسازید در کتابی بنام *Simple Working Models of Historic*

تالیف A. F. Burstall (Arnold) طرح دستگا ههای ساده

که بتوانید بسا زید و در قدیم مصرف داشته است داده شده، کتابهای مسوزه علوم مثل ماشین بخار، تالیف R.J. Law نیز مفید است. اونگ های الکتریکی و مغناطیس الکتریکی طرحهای جالبی است. گاهی درویتترین مغازه ها وسائل جالبی بنمایش میگذارند، که میتوانید بسا زید، اونگ الکتریکی را بسا پالس جریان برق بحرکت درآورده و پایداری مینمایند.

اونگ یک مارپیچ الکتریکی است که در اثر پالس برق بمرکز یسک آهنربای دائمی که بشکل منحنی ساخته شده رانده میشود. نحوه قطع و وصل جریان را بررسی مینمائید، میتوان مترونومی که بهمان روش کار میکنند بسادگی ساخت، مترونوم الکتریکی کوچک با استفاده از مدار ترانزیستور - ری ساده که در فواصل منظم صدا بدهد بر ا حتی میتوان ساخت.

بسادگی میتوان با یک ساعت زنگ دار کوکی رومیزی ارزان قیمت یک زنگ اخبار یا را دیورا در موقع معینی بکار انداخت. ساختن ساعت برقی کاملی که با باتری کار میکند طرح جالبی است. احتیاج زیادی به تعداد زیادی چرخ دنده دار نیست. زیرا ساختن چرخ دنده دار مشکل است و از چرخهای ساعتها ی اسقاط میتوان استفاده کرد. ساعتها ی بادو اونگ های طویل خیلی دقیق اند و ساعتها ی دیگر را با آن کنترل میکنند.

وقتی بعدنوسان اونگ ساعت حداقل با شد پالس الکتریکی با آن داده میشود تا نوسان پایداری بماند. بهمین دلیل مصرف برق باطری بجدا قل میرسد که حدود یکسال هر باطری طول میکشد تا خالی شود. در ساعتها ی کوکی دانهنوسان اونگ وقتی فنر کوکش تمام شده و فشار آن کم میشود تغییر نمیکند، وزمان تناوب عملاً ثابت مینماید.

بعکس انرژی ساعت الکتریکی قبل از اینکه پالس بعدی داده شود تقلیل پیدا میکند. در این صورت سرعت اونگ قبل از ورود پالس بعدی در وسط نوسان خیلی کم میشود در نتیجه یک دنده کوچک که در بالای اونسک لولا شده بکار میافتد و وقتی حرکت سریع باشد این دنده بالای میل افقی فنری قرار گرفته و وقتی که پائین میافتد اتصال برقرار شده سولنوتید بکار میافتد و انرژی لازم تامین میشود. و این فقط در صورتی اتفاق میافتد که دانهنوسان کم شده دنده نتواند با لایمان در این صورت انرژی لازم به دانهنوسان آن زیاد میشود. دستگا ه قطع و وصل تناوب جریان ساده است و

براحتی میتوان ساخت بکتابهای *Electrical Time-keeping* تالیف

Stuart Philpott's و Hope Jones' تالیف

و کتاب *Electric Clocks* تالیف S. J. Wise مراجعه کنید.

طرح دیگر ساختن با دسج ثبات است اگر محل و موقعیت منزل شما - مناسب باشد، این طرح با استفاده از یک آهنربای الکتریکی عملی است که جهت باد را روی قوس مدرجی داخل ساختمان میتواند بخوانید، کلید مدوری درست کنید که هشت اتصال داشته باشد محور کلید به پرکهای با دسج وصل است. برق هر کدام از اتصالات توسط یک سیم که کلا" با کابل ۹ سیمه به آهنربای الکتریکی داخل ساختمان میرسد و یک عقربه مغناطیسی در مقابل هر کدام از آهنربای الکتریکی که برق از آن میگذرد میایستد که جهت را نشان میدهد.

باطری راهروقت بخواهیم اندازه گیری کنیم، بمدار وصل مینمائیم که از مصرف برق صرفه جوئی شود، ممکن است عقربه مغناطیسی را همسراه دستگای ثباتی بکار ببریم که جهت باد را در زمانهای متفاوت ثبت نماید.

کتاب *The Boy Electrician* تالیف Sims که اخیراً تجدید

نظر شده است جالب است. سخنرانیهای Faraday و دیگران در انجمن علوم که بچاپ رسیده است خواندنی میباشد، کتاب Science تالیف

Jeans و کتاب 'Crystals' تالیف Bragg و کتاب 'Colours'

تالیف Hartridge، و کتاب اخیر Professor Eric Laithwaite بنام

*The Engineer in Wonderland* جالب است. با استفاده از این کتاب

درباره موتور خطی در بعضی مدارس مدل کوچکی از آن ساخته اند. چون برق سه فاز کمتر در دسترس است، میتوان با استفاده از کتاب

*Propulsion without Wheels* تالیف E. R. Laithwaite (EUP Ltd)

استفاده کرد.

در مراحل مقدماتی از کتابهای تالیف T. Duncan بنام

*Exploring Physics* (Murray). و کتاب *Books of Experiments* تالیف

L. de Vries و *Experimental Physics* (Lutterworth) تالیف Efron

مفیدند. کتابهای مرجع آزمایشگاه که E. Armitage و F. Tyler نوشته

اند، مفیدند.



بین آزمایشهای معمولی فیزیک میتوان طرحهای پیدا کرد، در مجله های علوم مطالبی درباره آزمایشها میتوان پیدا کرد.

از سالها قبل مسابقات ساختن وسایل علمی در مدارس انجام میشود و برندگان مسابقات را با ارائه کارشان در تلویزیون مورد تشویق قرار میدهند. از برندگان این مسابقات رصدمر مصنوعي توسط دانشآموزی از دبیرستان Kettering را میتوان نام برد.

ممکن است چند نفر با هم روی طرحی کار کنند. اگر بتوانید، به تنهایی به نتیجه برسید بهتر است و اعتبار بیشتری دارد. روی مطالب زیر میتوانید کار کنید:

الف - خواص مواد پلاستیک مثلاً "اندازه گیری مقاومت آنها .

ب - حرکت اجسام در مایعات چسبناک.

ج - انرژی با استفاده از موتور و دینام دو چرخه

د - انعکاس صدا در سائنها با اشکال مختلف .

ه - تاثیر درجه حرارت ، رطوبت و فشار در خواص الکتریکی مواد .

و - انرژی تابش ، انتقال و جذب آنها ، استفاده از رادیومتر کروکس

که بعنوان اسبابهای بازی بفروش میرسد .

ز - تبدیل تلویزیون اسقاطی به اسیلوسکوپ .

ح - استفاده از مدارهای چندنوسانی.

ط - ساختن حساسگرهای ساده الکتریکی.

ی - مطالعه حرکت سریع با استفاده از استروبوسکوپ

ک - اشکال مواره Moiré و استفاده از آنها .

ل - خاصیت فلورسان - شدت و نور بعدی.

م - آزمایش با پیل سوختی

ن - مطالعه نفوذ مولکولها با پخش بوی عطر

س - تشعشع ذره بتا - آزمایش جذب و پخش

ع - اگر شمارشگر مناسب دارید شما رز زمینه و اشعه گاما و بتا .

اگر خودتان طرحی داشته باشید و آنرا به نتیجه برسانید موفقیت

بزرگی نصیب شما شده است . و تشویق میشوید طرحهای دیگر را شروع کنید .

شرکت در مسابقات وسایل علمی با بنکارموسسات مختلف دولتی و ملی

مثل روزنامه‌ها و رادیو تلویزیون خیلی خوبست. در بیشتر مدارس درس - فیزیک را توام با استفاده از منابع مختلف مثل صنایع و کارخانجات می‌آموزند. و خود مدرسه در این صنایع سهیم میشوند. مدارس شبانه‌روزی که دانش‌آموزان وقت بیشتری دارند در این طرحها شرکت میکنند. در خیلی مدارس کارگاه ساخت وسایل و تعمیر وجود دارد و طرحهای اختراع و به نتیجه میرسانند.

معمولا "در مدارس آزمایشهای فیزیک اکثرا" در اندازه‌گیری ظرفیت حرارتی اجسام، ضریب شکست، مقاومت مخصوص و تحقیق در قوا نیست فیزیک خلاصه میشود. طرح شما باید در سطح بالاتر مثلا "تحقیق قوانین فارادی در تجزیه شیمیایی باشد و طرح مفصل تر چنین باشد" یک تجزیه الکتریکی در ظرف سرپسته با جدا کردن محکم انجام داده ایم "نتیجه چیست؟ آیا ظرف منفجر میشود یا تجزیه متوقف میشود رابطه بین فشار، فشار گاز حاصله با شدت جریان چگونه است. ثبت نتایج حاصله و گزارش نتایج آزمایش قسمت اساسی طرح را تشکیل میدهد. توصیه آخر ما اینست: آنها که ادعا میکنند تحقیق در علم فیزیک احتیاج بوسایل پیشرفته و گران قیمت و کارجمعی دارد، مایوس نشوید، در تحقیقات ذرات هسته‌ها تم ممکن است چنین باشد آنچه مهم است فکر و تعمق و پشتکار و خلاقیت شماست و مهمترین همه علاقه شما جهت دستیابی به نتیجه غیرمنتظره و تجسس در امور ظاهرا "غیرممکن" است.



بها ۵۰۰ ریال

انتشارات پژوهش  
تهران - میدان انقلاب - بازارچه کتتاب

تلفن ۶۶۷۵۰۰