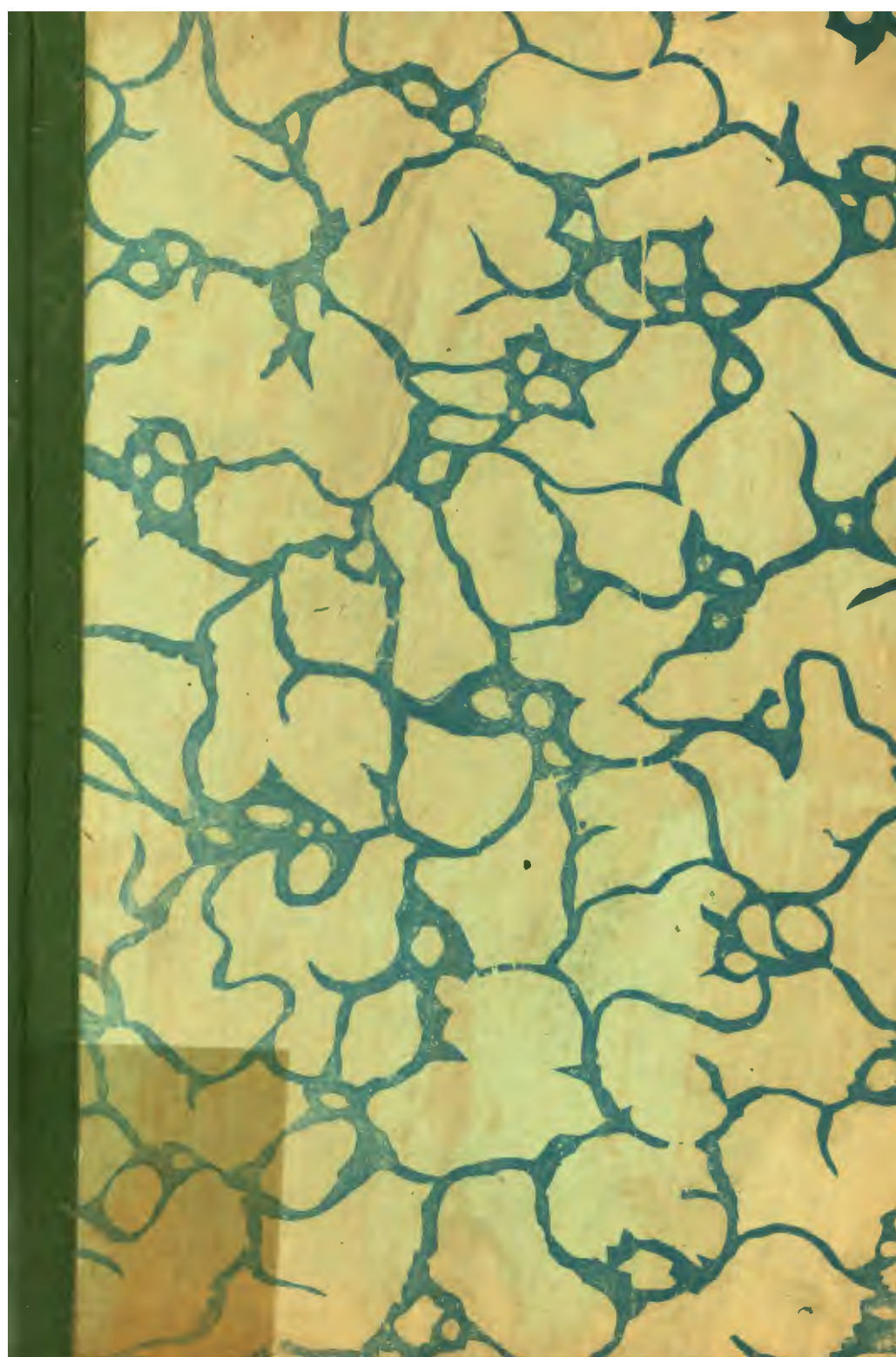






کتاب فرهنگ سالنامه دبیرستانها
۹۳

تاریخ
علوم

۲۳

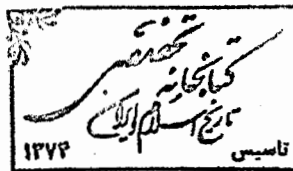
۲

۶۳

اسکن شد

فیزیکی

سال دوم متوسطه



پیش گفتار

الف - فیزیک و شیمی

۱ - تعریف

در فیزیک و شیمی از چگونگی جسمها و تغییرهای آنها و عامدهای پدید آورنده تغییر گفتگو میشود.

آزمایش ۱: يك میله نازك فلزی را میتوانیم باسانی خم کرده شکل آنرا تغییر دهیم، میله فلزی کلفتی را با دست نمیتوانیم خم کنیم ولی اگر آنرا در آتش گذارده سرخ کنیم باسانی خم میشود، تکه سربی را در بوته گذارده روی چراغ میگیریم می بینید پس از لحظه ای شکل آن تغییر کرده آبگون میشود، میله آهنی پرداخته و براقی را اگر چند روزی در جایی نمناك بگذارید زنگ زده سطح آن از لایه سرخ رنگی پوشیده میشود، تکه چوب یا کاغذی را در آتش میگذاریم سوخته خاکستر میشود از این آزمایشها نتیجه میگیریم که جسمها مانند آهن - روی - قلع - چوب - کاغذ..... در نتیجه تأثیر عاملهایی مانند نیروی دست - گرما - نم و غیره تغییر شکل یا خاصیت میدهند و تغییری که پدید میآید بر دو گونه است:

فيزيك و شیمی

در پاره تغییرها شکل جسم تغییر کرده ولی جنس آن تغییر نمیکند، میله کج را میتوان دوباره راست نمود، سرب آبگون شده پس از سرد شدن از نو سخت میشود لیکن جنس جسم سرخ رنگی که روی میله آهن زنگ زده را پوشانده غیر از آهن است.

آزمایش ۲: تکه قندی را در آب بیاندازید حل میشود یعنی در آب پیاره های خیلی ریزی که بچشم دیده نمیشود تقسیم میگردد. محلول را میجوشانیم آب دمه شده و قند در ته ظرف باقی میماند در این آزمایش شکل قند تغییر کرده اما جنس آن تغییر نکرده است. اینک تکه قند دیگری را در لوله شیشه ای گذارده روی آتش گرم کنید قند آب شده کمی دمه از آن بلند میشود و سرانجام جسم سیاه تلخ مزه ای در ته لوله میماند در این آزمایش می بینید قند سفید شیرین تبدیل بجسم سیاه و تلخی شده پس جنس قند تغییر کرده است.

آزمایش ۳: در شیشه ای گوگرد سائیده و در شیشه دیگر براده آهن است از هریک کمی برداشته و باهم پیامیزید جسمیکه بدست می آید آمیزه آهن و گوگرد است، در نتیجه این آمیزش جنس گوگرد یا آهن تغییر نکرده است. قدری گوگرد خالص از شیشه برداشته آتش زنید همین کار را با کمی از آمیزه آهن و گوگرد انجام دهید ببینید گوگرد بتنهائی میسوزد و پس از آمیخته شدن با براده آهن هم میسوزد، از این گذشته میتوانید با يك آهن ربا خرده های آهن را از خرده های گوگرد جدا کنید.

اینک آمیزه گوگرد و آهن را در لوله ریخته روی آتش گرم کنید مقداری دمه بلند شده و جسم سیاه رنگی پدید میشود، این جسم ناسوز است و آهن ربا بر آن تأثیر ندارد معلوم میشود در این آزمایش جنس و خاصیت آمیزه تغییر کرده است.

۲- پدیده‌های فیزیکی و پدیده‌های شیمیائی

در پاره‌ای از آزمایش‌هایی که نشان داده شد مانند گرم کردن قند یا آمیزه گوگرد و آهن، زنگ زدن آهن.... دیدید که در اثر عامل‌هایی مانند گرما - نم.... جنس جسم تغییر میکند اینگونه تغییرها را پدیده‌های شیمیائی گویند و مطالعه آنها موضوع علم شیمی است.

در یکدسته آزمایش‌های دیگر مانند تغییر شکل آهن در اثر گرما یا نیروی دست - حل و ناپدید شدن قند در آب - آبگون شدن سرب.... جنس جسم تغییر نمیکند، این قبیل تغییرها را پدیده‌های فیزیکی گوئیم. چگونه فتر تغییر شکل میدهد - قند در آب حل شده و یا از محلول جدا میشود - ابر پیدا شده باران میبارد - در اثر سرما آب یخ بسته دیواره‌های حوض را میشکند - چرا شکل خود را در آینه می‌بینیم - علت رعد و برق چیست - چراغ الکتریک چگونه روشن میشود - ساختمان ماشین دمه و اتومبیل و هواپیما چگونه است - چگونه میتوانیم سخن‌هایی که در برابر دستگاه‌های فرستنده در جاهای خیلی دور گفته میشود بوسیله رادیو در اینجا بشنویم - چگونه میتوان بوسیله چند تکه شیشه دور بین و ذره بین ساخته از ذره کوچک گرفته تا کره‌های بزرگ آسمانی را ببینیم.... مطالعه این پدیده‌ها و هزاران پدیده‌های همانند دیگر و رده بندی آنها موضوع علم فیزیک است.

ب- سه حالت یک جسم

۳- حالت جامد (دج)

تکه کج - کتاب - میز - میله فلزی هر کدام دارای شکل معینی

سه حالت يك جسم

هستند ولی میتوان شکل این جسمها را تغییر داد. تکه گچ را میتوانیم درهاونی سائیده نرم کنیم - میله فلزی را بطوریکه در آزمایش (۱) دیدیم میتوان با نیروی دست یا گرمای آتش تغییر شکل داد ولی تاجسم بحال خود گذاشته شده است و عامل خارجی روی آن تأثیر نکند تغییر شکل نمیدهد.

هر جسمی را که دارای شکل و گنج مشخص باشد و تا عامل خارجی بر آن اثر نکند تغییر شکل نیابد جامد (دج) نامیم.

یاد آوری - گنج هر جسم دج تقریباً پایا است و عاملهای خارجی خیلی کم میتوانند آنرا تغییر دهند.

۴ - حالت آبگون

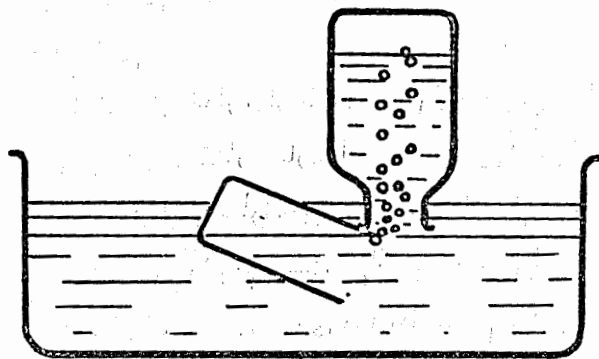
آبیکه در آب خوری است مانند ظرف استوانه‌ای شکل است، همان آبرا در شیشه‌ای میریزیم می بینیم شکل آن مانند شکل شیشه میشود و در هر ظرف دیگری بریزیم شکل همان ظرف را بخود میگیرد - معلوم میشود آب از خود شکل معینی ندارد و شکش شکل ظرفی است که در آن ریخته شده است. ولی آب مانند يك جسم جامد دارای گنجی پایا است. جسم های دیگر مانند الكل - بنزین - نفت - قلع یا سرب آب شده دارای همان خاصیت هائی که برای آب گفتیم میباشند یعنی دارای شکل معینی نیستند با آسانی تغییر شکل داده و بشکل ظرف خود در می آیند این جسمها را آبگونه نامند.

۵ - حالت گازی

آبیکه در آب خوری است بیرون میریزیم، در آن دیگر چیزی نمی بینیم و آبخوری را تهی می پنداریم اینك دهانه آبخوری را بطرف پائین گرفته و درون تشتکی پراز آب کنید می بینید که آب با آسانی بدرون آبخوری

فیزیک

نمیرود پس معلوم میشود چیزی در آبخوری است که از جایگیر شدن آب جلوگیری میکند. اینک قدری آب خوری را کج کنید میبینید حبابهایی از درون آبخوری بیرون آمده و کم کم آب در آن جایگیر میشود میتوانیم حبابها را زیر سرپوش (شکل ۱). پر از آبی که در تشتک قرار دارد وارد



شکل ۱

کنیم حبابها کم کم بالا آمده آب درون سرپوش پائین میآید. باد را حس می کنیم ولی آن را نمی بینیم - فضای دور ما پر از همین مادهای که در آب خوری بود و بشکل حبابهایی از آن خارج شد و جای آب زیر سرپوش را گرفت میباشد، این ماده را هوا نامیم. هوای درونی آب خوری مانند آبی که در آن بوده از خود دارای شکل معینی نیست، نخست شکل آب خوری را داشت چون درون سرپوش رفت شکل آنرا بخود گرفت. جسم های دیگری مانند دمه آب، هیدروژن، ازت دارای خاصیت هایی دارند خاصیت های هوا هستند حالت این جسمها را حالت گازی گویند.

برعکس جسمهای دج و آبگونه گازها دارای گنج معینی نیستند

اتم و مولکول

و عاملهای خارجی مانند گرما و فشار ... گنج آنها را باسانی تغییر میدهند.

۶ - تغییر حالت

در زمستان هنگام سرما آب یخ بسته جامد میشود چون آنرا در سماور ریزیم و گرم کنیم تبدیل به دمه میشود. در کلاس هم میتوانیم سه حالت آبر را نشان دهیم.

برای ساختن یخ مقداری از تات آمونیوم (درشیمی خواهید دید از تات آمونیوم چیست) در مقدار مساوی آب حل میکنیم ، کمی آب در لوله ریخته و لوله را درون این محلول میبریم ، بینید آب کم کم یخ میندند اینك لوله را روی چراغ بگیریم نخست یخ آب میشود سپس آب بجوش آمده دمه میشود - اگر ظرف سردی را روی دمه نگاه داریم دمه پس از برخورد با ظرف سرد تبدیل بآب شده و میچکد میتوان نیز گوگرد - سرب - و غیره که معمولا بحالت جامدند بحالت آبگون درآورد ، بسیاری از جسمها ممکن است بهر يك از سه حالت دج - آبگونه یا گاز درآیند .

ج - اتم و مولکول

۷ - اتم و مولکول

پاره گچی را میتوانید با دست چند تکه کنید . هر يك از تکه هارا میتوان با کارد چند قسمت کرد ، هر يك از قسمتهای کوچک را میتوان در هاونی سائیده به خرده های خیلی کوچکی تقسیم نمود .

آهن از گچ سخت تر است و نمیتوان آنرا در هاون خرد نمود ولی میتوانید با يك سوهان خرده های کوچکی از آن جدا کنید .

کمی آب یا جیوه روی میز بریزید باسانی به چکه های خیلی کوچک

فيزيك

تقسیم میشود، از آزمایش چنین برمیآید که هر جسمی از گرد آمدن خُرده های خیلی كوچك تشكيل شده يك خُرده خيلي كوچك از جسمی كه با چشم بستنی دیده میشود خود دارای شماره زیادی خُرده های كوچكر است. كوچكرين خُرده يك جسم ساده مانند هيدرژن - جيوه - آهن ... اتم نامیده میشود.

كوچكرين خُرده جسم مركب كه مولكول نام دارد از تركيب اتم های چند جسم ساده درست شده است.

مولكول آب از دو اتم هيدرژن و يك اتم اكسيژن درست شده است. مولكول نمك (كلرورسدیم) دارای يك اتم كلر و يك اتم سدیم است. گاهی چند اتم يك جسم ساده باهم تركيب میشوند و يك مولكول همان جسم ساده را درست میکنند. مولكول هيدرژن دارای دو اتم هيدرژن است. مولكول اكسيژن از دو اتم اكسيژن درست شده است.

قطر يك اتم هيدرژن يك سد ميليونم سانتيمتر است يعنی اگر سد ميليون اتم هيدرژن را پهلوی يكديگر بگذاریم درازیشان يك سانتيمتر میشود.

برای اینکه كوچکی اتم ها را خوب دریابید فكر کنید اگر دانه های ارزن را پهلوی هم بگذاریم و قطر هر دانه ارزن يك ميليمتر و نیم باشد هرگاه سد ميليون دانه ارزن پهلوی همدگر گذارده شود باندازه سد و پنجاه كيلومتر يعنی باندازه راه تهران تا قزوین درازی خواهند گرفت. اينك ميتوان دریافت كه اتم های هيدرژن چقدر كوچكند كه اگر سد ميليون آنها را پهلوی يكديگر بگذاریم فقط يك سانتيمتر درازی میگیرند. در يك سانتيمتر مكعب $10^3 \times 3$ يعنی سی ميليون ميليون ميليون اتم موجود است.

اتم و مولکول

مولکول هیدروژن از دو اتم درست شده و فاصله دو مولکول هیدروژن از یکدیگر در فشار معمولی باندازه سی برابر قطر يك اتم است. اتم ها یا مولکولهای جسمی هنگامیکه در فاصله کمی از یکدیگر باشند نسبت بهم نیروی ربایشی دارند که وابستگی خورده ها یکدیگر در نتیجه اثر این نیرو است. در جسمهای جامد این وابستگی زیاد است و در نتیجه حرکت خورده ها محدود میباشد و جسم دارای شکل و گنج مشخصی است.

در آبگونها وابستگی کمتر و جنبش اتم یا مولکولها بیشتر و آزادتر است از اینرو است که آبگونها باسانی تغییر شکل میدهند.

در گازها وابستگی خیلی کم است، اتمها آزاد و همواره در حرکتند علت اینکه جسمی در اثر گرما از حالت دج بآبگون یا از آبگون به دمه درمیآید این است که در اثر گرما حرکت اتمها زیاد شده و وابستگی میان آنها کم میشود

۵ - پرسش

۱ - با ذکر دلیل در این مثالها پدیده های فیزیکی را از شیمیائی جدا کنید: کبریت را روشن کرده میسوزانیم - آب را با خاک آمیخته - گل درست میکنیم - گندم را آرد میکنیم - نفت را در چراغ میسوزانیم - آب دریا دمه شده برف و باران را تشکیل میدهد - آهن در باران زنگ میزند.

۲ - بیست جسم دج، ده جسم آبگونه و پنج گاز اسم ببرید.

۳ - حالت این جسمها را بیان کنید.

الکل - نفت - زر - سنگ - کره - ذغال - کاغذ - چوب - موم - لاستیک

۴ - چگونه میتوان جسمی را از حالتی بحالت دیگر درآورد. چند مثال بیاورید.

فيزيك

۵ - گازها و آبگونها را شاره نیز مینامند، خاصیت مشترك آنها

چیست .

۶ - کمی نمك در آب حل کرده ایم بچند راه میتوان نشان داد كه

نمك از میان نرفته است .

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

نمك در آب حل شده

گفتار نخست

نیرو و سنگینی

بخش نخست: تعریف نیرو و سنگینی و توده

۸- تعریف آزمایشی نیرو

آزمایش ۱- فنری را با دست خود بکشید، میله‌ای را خم کنید، سنگی را از زمین بردارید، سنگی را پرتاب کنید، در این چند آزمایش حتی که می‌کنید یکسان است چه برای انجام آنها نیروی دست خود را بکار برده‌اید.

آزمایش ۲- آهن ربائیرا به پاره آهنی نزدیک کنید آنرا بسوی خود میکشد. یک سر فنری را در گیره‌ای گذاشته به سر دیگر آن پاره آهنی ببندید و آهن ربائیرا به پاره آهنی نزدیک کنید فنر بسوی آن کشیده میشود.

دو چرخه سواریرا که در حرکت است اگر بخواهید نگاه دارید باید نیروی خود را بکار برید تا بتوانید او را از حرکت باز دارید. اگر توبی را که بسوی شما پرتاب شده است بخواهید بی آنکه

فیزیک

نگاهش دارید بسوی دیگی بفرستید باید هنگامی که نزدیک شما میرسد نیروی دست یا پای خود را بکار برید تا بتوانید آنرا از سوئی بسوی دیگر روانه کنید.

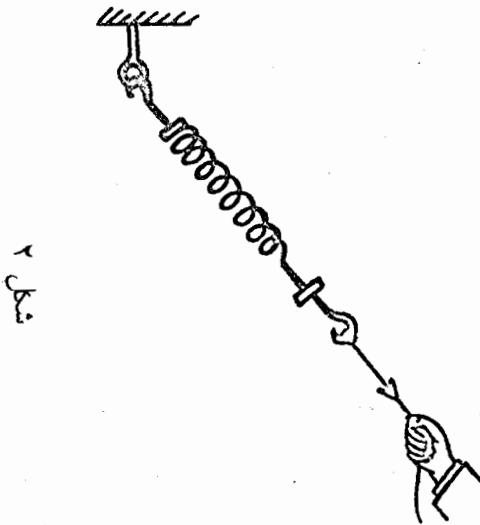
آزمایش ۳ - ظرف براده آهنی را سرازیر کنید، براده میریزد در این هنگام آهن ربائی را پیش آورید خط ریزش براده آهن بسوی آهن ربا کج میشود.

هنگامی که فنر را کشیدیم یا میله ای را خم کردیم، جسمی تغییر شکل دادیم. هنگامی که سنگی را پرتاب کردیم و یا با آهن ربا پاره آهنی را بسوی خود کشیدیم یا خط ریزش براده آهن را تغییر دادیم و یا دو چرخه ای را از جنبش باز داشتیم یا جنبش آنرا از سوئی بسوی دگر برگرداندیم حرکت جسمی را تغییر دادیم.

آنچه را که بتواند جسمی تغییر شکل دهد یا جسمی را از آرامش بحرکت درآورد یا در حرکت جسمی تغییری دهد نیرو نامند.

۹- مشخصات نیرو

آزمایش: فنری را بچنگکی آویخته با دست خود بسوئی بکشید. فنر روی خطی میایستد که این خط را راستای نیرو گویند (در اینجا نیروی دست)،



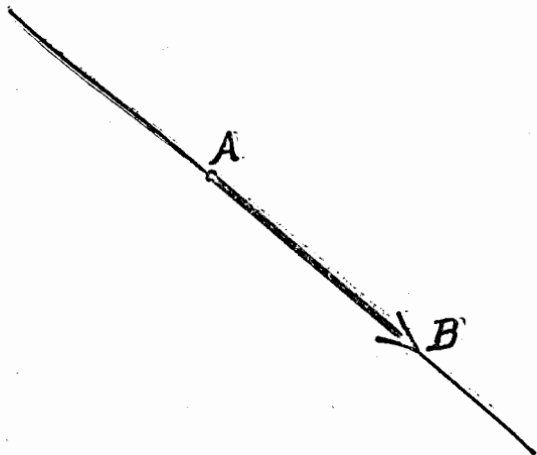
تعریف نیرو

درروی همان خط دست شما فنر را بسوئی کشیده است که آنرا سوی نیرو گویند (شکل ۲).

با دست خود نقطه‌ای از فنر را گرفته‌اید که آنرا نقطه کار بست نیرو مینامیم. چون میتوانید با دست خود فنر را بیشتر یا کمتر بکشید نیرو دارای اندازه‌ای هم هست که آنرا بزرگی نیرو مینامیم.
پس نیرو دارای راستا - سو - بزرگی و نقطه کار بست است.

۱۰ - نمایش نیرو

نیرو را میتوان با خطی مانند AB نمایش داد. راستای خط موازی با راستای نیرو است نقطه A نقطه کار بست است. درازی AB بزرگی (شکل ۳) نیرو را نشان میدهد. سوی A به B سوی نیرو است. در

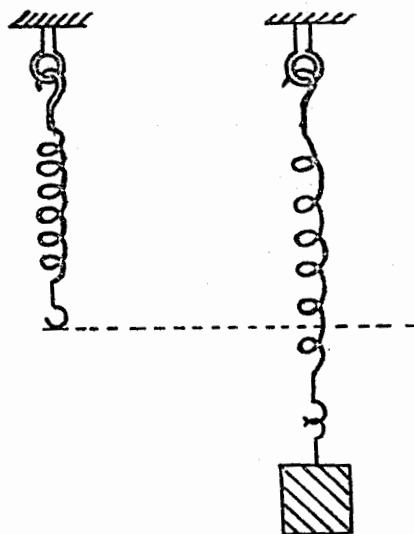


شکل ۳

B: پیکانی رسم میکنیم که تیزی آن نیز سوی نیرو را نشان خواهد داد

۱۱ - سنگینی نیرو است

آزمایش ۱ - فنری را به چنگکی بسته جسمی بدان بیاویزید ، فنر کشیده می شود (شکل ۴) . از اینرو میتوان گفت که سنگینی نیروئی است چه گفتیم هر چه بتواند شکل جسمی را تغییر دهد نیرو است و در اینجا سنگینی فنر را کشیده تغییر شکل بآن داده است .



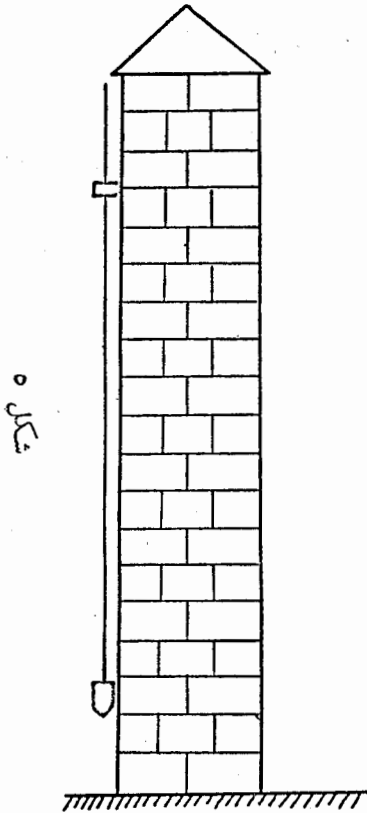
شکل ۴

آزمایش ۲ - جسم را از فنر رها کنید بزمین میافتد پس سنگینی جسم که توانسته شکل فنر را تغییر دهد می تواند نیز جسم را بجنبش آورده بسوی زمین ببرد . از این رو هم می توان گفت که سنگینی نیرو است چه گفتیم هر چه بتواند جسمی را از آرامش بجنبش در آورد نیرو است .

۱۲ - راستا و سوی نیروی سنگینی

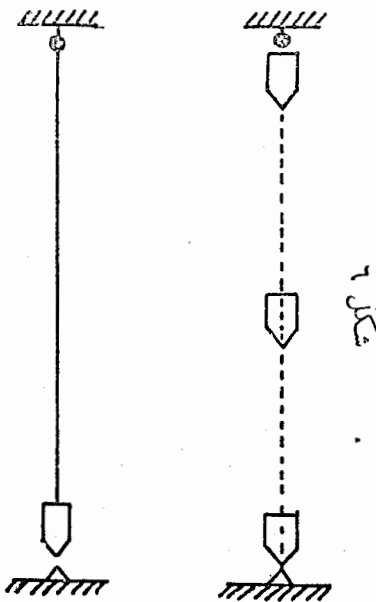
آزمایش ۱ - ریسمانی را بمیخی بسته سنگی بدان بیاویزید . ریسمان بر خطی قرار میگیرد که آن راستای نیروی سنگینی است . این راستا ر

تعریف نیرو



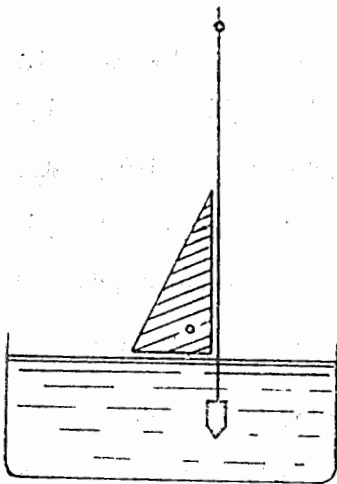
راستای شاغولی مینامند. شاغول
بنایان ریسمانی است (شکل ۵) که
بیک سر آن جسم فلزی آویزان
است و برای راست بالابردن دیوارها
بکار میرود.

اکنون ریسمان را باندازه ای دراز
بگیرید که سنگ بزمین برسد و از خود
روی زمین نشانه ای بگذارد. سپس
ریسمان را برداشته سنگ را نزدیک میخ
برده از زیر آن رها کنید (شکل ۶)
میبینید که سنگ روی همان نشانه
میافتد. پس راستای افتادن جسم
همان راستای شاغولی است.



سوی نیروی سنگینی از بالا
به پائین است چه جسم از بالا به
پائین میافتد. میتوان گفت که
سنگینی نیروئی است که جسم ها
را بسوی زمین میکشد.

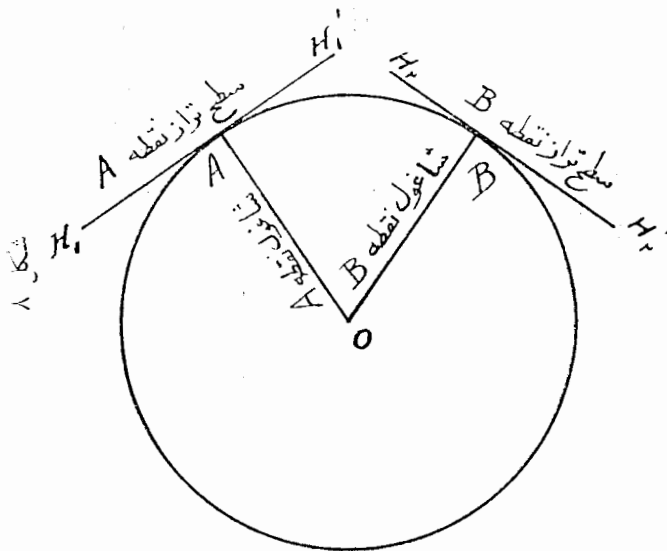
آزمایش ۲ - شاغول بنائی را
روی تشتکی پراز آب آویزان کنید
بسائی که سنگ آن در آب فرو رود.
گوینای نقشه کشی را بسائی نزدیک



شکل ۷

سطح آب آورید که يك پهلوی آن موازی سطح آب باشد (شکل ۷) میبینید که پهلوی دیگر آن موازی ریسمان شاغول است. پس شاغول عمود بر سطح آب آرام است. سطح آب آرام را سطح تراز گویند. چون سطح آبهای زمین که قسمتی از سطح کروی زمین را تشکیل داده‌اند (سه چهارم آنرا) نیز گویسان است.

این است که راستای شاغولی که در هر نقطه عمود بر سطح آب آرام است در نقطه های مختلف زمین با هم موازی نیستند و بر راستای شعاع زمین قرار گرفته اند از مرکز آن میگذرند (شکل ۸). گوشه دو خط شاغولی در دو

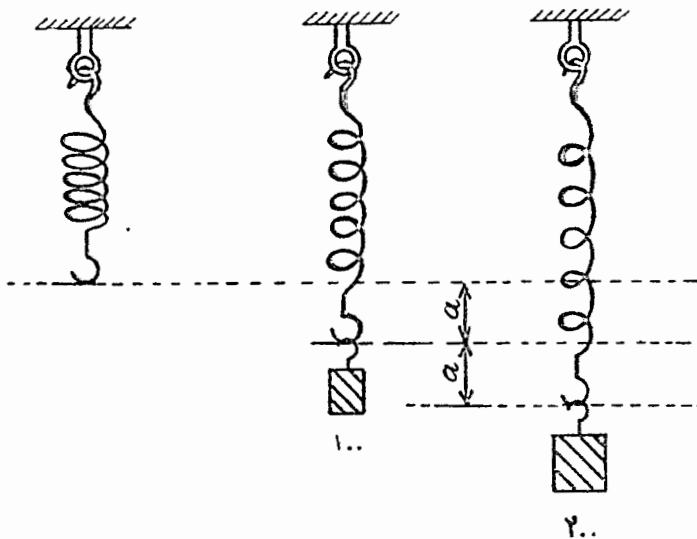


تعریف نیرو

نقطه که فاصله آنها ۱۸۰۰ متر باشد يك دقيقه است و در دو نقطه که فاصله آنها ۱۱۱ کیلو متر باشد يك زينه است. لیکن چون گوی زمین بسیار بزرگ است هرگاه سطح کوچکی از آب آرام را نگاه کنیم بنظر هامن میآید. در نقطه ای از گوی زمین سطح هامن که عمود بر شاغول است سطح کرانی در آن نقطه نامیده میشود.

۱۳- بزرگی نیروی سنگینی

آزمایش: سنگی را بقدری بیاویزید فنر کشیده شده درازتر میشود. هرگاه دو جسم قتری را بیک اندازه کشش دهند سنگینی آنها را همچند گویند. انون سنگ بزرگتری بدان بیاویزید فنر بیشتر کشیده میشود گوئیم جسم دوم سنگینتر است. اگر جسمی قتری را باندازه دو سنگ همچند کشش دهد سنگینی آن دو برابر سنگینی یکی از سنگها است (شکل ۹).



شکل ۹

۱۴ - توده

سبب سنگینی جسم‌ها این است که زمین همهٔ جسم‌ها را بسوی خود میکشد. بطور کلی هر دو جسمی همدگر را تا اندازه‌ای می‌ربایند ولی چون زمین بسیار بزرگ است جسم‌ها را با نیروی بیشتری می‌رباید و این است که همهٔ جسم‌ها بسوی زمین می‌افتند یا فتری را بسوی زمین کشش می‌دهند. این کشش در نقطه‌های مختلف زمین تغییر میکند. مثلاً اگر در استوا جسمی فتری را ۱۰۰۰ زینه کشش دهد همین جسم در قطب آن فتر را ۱۰۰۵ زینه کشش خواهد داد.

اگر جسمی را بالای کوه بلندی ببریم چون از زمین دور میشود کمتر بسوی آن کشیده میشود و فتر را کمتر کشش میدهد. مثلاً اگر جسمی را در لب دریا به فتری بیاویزیم و کشش آنرا بخوانیم و پس از آن جسم را بالای کوه بلندی ببریم و در آنجا به همان فتر بیاویزیم می‌بینیم که نیرو سنج کشش کمتری نشان میدهد. اگر در پاریس جسمی به فتری ۹۸۱ زینه کشش دهد در تهران همان جسم به فتر ۹۷۹۴ زینه کشش میدهد و در قله دماوند ۹۷۸ زینه نشان خواهد داد. پس روشن است که سنگینی جسمی نیروئی است که بستگی بجای جسم نسبت بزمین دارد.

چیزی که در جسم تغییر نمیکند و هر جا آنرا ببریم پایا است اندازه ماده‌ای است که در آن هست و آنرا تودهٔ جسم مینامند. دو جسم که دارای تودهٔ مساوی باشند به فتری در يك نقطهٔ معین زمین کشش‌های مساوی

تعریف نیرو

میدهند. مثلاً اگر پاره آهنی و یک بسته پنبه بدفتری کشش های مساوی دهند توده آنها مساوی است.

۱۵ - یکۀ توده

گفتیم که توده جسمی اندازه مادای است که در آن هست. یکۀ توده را توده استوانه فلزی مخصوصی گرفته اند که در آزمایشگاه شهر سور در فرانسه بعنوان نمونه اصلی نگاه داشته اند و آنرا **کیلوگرام توده** مینامند. نمونه های دیگری از روی آن نمونه اصلی در کشورهای دیگر ساخته اند. هرگاه کششی که جسمی در یک نقطه معین زمین بدفتری میدهد مساوی باشد با کششی که آن استوانه فلزی بهمان فنر می دهد اندازه مادای که در آن جسم است مساوی اندازه ماده آن استوانه است. گوئیم که توده آن جسم نیز یک کیلوگرام است. اکنون این جسم و آن استوانه فلزی را به هر کجا ببریم باز در یک نقطه معین دیگری کشش های مساوی بدفتری خواهند داد. توده یک لیتر آب خیلی نزدیک به توده **کیلوگرام** است.

۱۶ - یکۀ سنگینی

یکۀ سنگینی را سنگینی همان استوانه فلزی در نقطه همسطح دری و عرض جغرافیائی ۴۵° زینده گرفته اند. پس سنگینی یک **کیلوگرام توده** در همچو نقطه یکۀ سنگینی است. سنگینی یک کیلوگرام توده در تهران کمتر است چه از آنجائیکه تهران خیلی بالا است کشش زمین بر جسم کمتر است لیکن چنانچه دیدیم تفاوت این دو سنگینی بسیار کم است.

از آنجائیکه سنگینی نیرو است یک نیرو را نیز مساوی یک سنگینی گرفته اند و آنرا **کیلو گرام نیرو** می نامند. هر نیروئی که فتری را در نقطه همسطح دریا و عرض جغرافیائی ۵۰° زینه با اندازه سنگینی همان استوانه فلزی یک توده در آن نقطه کش دهد مساوی یک نیرو است یعنی مساوی سنگینی است که یک کیلو گرام توده در آن نقطه دارد. سنگینی یک کیلو گرام توده در تهران فتر را کمتر از آن نیرو کش خواهد داد ولی چنانکه گفتیم این تفاوت کم است و نزدیک به ۱۰۰۰ یک نیرو است یعنی سنگینی یک کیلو گرام توده در تهران فتر را نزدیک به ۹۹۸ یک نیرو کش خواهد داد. سنگینی یک لیتر آب نزدیک سنگینی یک کیلو گرام توده است زیرا گفتیم که توده یک لیتر آب نزدیک به توده یک کیلو گرام است.

۱۷ - نام توده های بزرگتر و کوچکتر

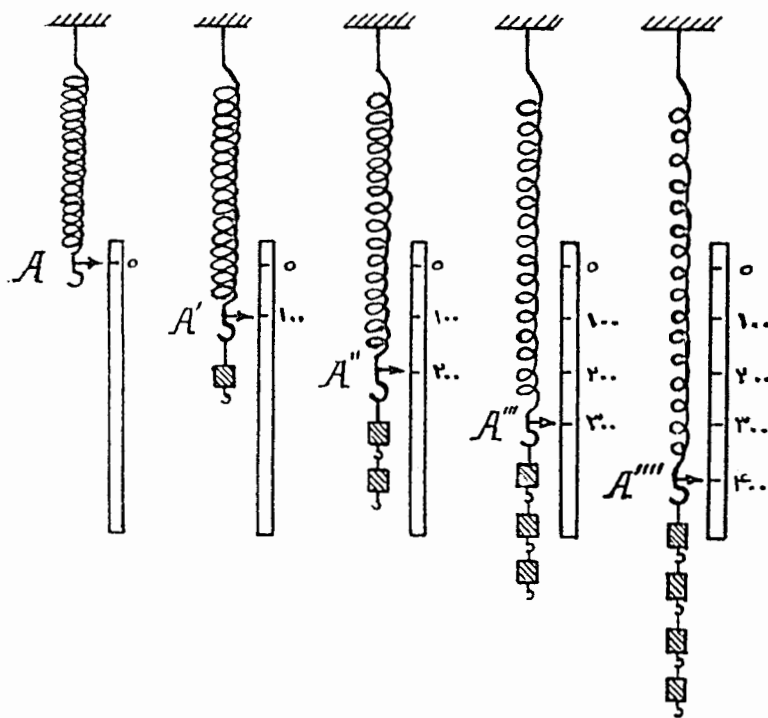
از یک کیلو گرام

توده هزار کیلو گرام را تن میگویند. توده یک هزارم کیلو گرام را **میکرو گرام** می نامند و یک هزارم گرام را که یک میلیونیم کیلو گرام میشود **میلی گرام** میگویند. توده یک سانتیمتر مکعب آب که یک هزارم لیتر است نزدیک به توده یک گرام است.

۱۸ - الف - نیرو و سنج

آزمایش ۱: فتری را جلو خط کشی بیاویزید نخست در برابر A نقطه زیرین فتر نشانه ای روی خط کش بگذارید. سپس سنگ P مثلا سنگ سد گرامی را بفتر بیاویزید (شکل ۱۰) فتر کشیده میشود و نقطه

تعریف نیرو



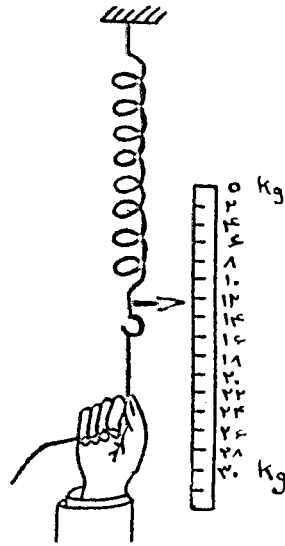
شکل ۱۰

A پائین تر آمده در برابر A' میایستد در آنج روی خط کش نشانه ای بگذارید اکنون یک سنگ سد گرامی دیگری بیافزایید روی هم رفته ۲۰۰ گرام به فنر آویزان است ، فنر درازتر شده سر آن در برابر A'' میایستد. در برابر نقطه A'' روی خط کش نشانه بگذارید. همچنین برای سنگهای P یا ۳۰۰ گرام و P یا ۴۰۰ گرام و بیشتر از آن نشانه‌هایی روی خط کش بگذارید. اکنون فنر با خط کش خود نیرو سنج شده است. اگر سنگینی جسمی را بخواهیم بسنجیم آنرا بفنر آویخته نشانه‌ای که سر فنر بآن میرسد میخوانیم این سنگینی جسم است. اگر نیروئی را بخواهیم

فيزيك

اندازه گیریم فنر نیرو سنج را با همان نیرو کشیده نشانه را (شکل ۱۱)

میخوانیم می توانیم بدینسان نیروی دست خود را اندازه گیریم . آشکار است که اندازه ای که نیرو سنج نشان میدهد بسته بجائی است که نیرو سنج را در آن زمینه بندی کرده ایم ، اگر يك نیرو را با دو نیرو سنج که یکی از آنها را در تهران و دیگری را در پاریس زمینه بندی کرده باشیم اندازه بگیریم نیرو سنج دوم عدد کوچکتری نشان خواهد داد زیرا سنگینی يك كيلو

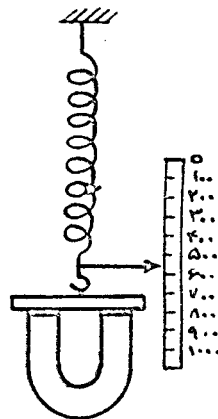


شکل ۱۱

گرام توده در تهران کمتر از سنگینی

يك كيلو گرام توده است در پاریس . چون میشود که سرفنر در میان دو

نشانه بایستد باید فاصله میان دو نشانه را چندبخش کنیم و هر بخشی برخه ای از سنگ P را نشان خواهد داد . معمولاً نیروسنجی که تا ۱۰ كيلو گرام بتواند بسنجد اندازه هر نیروئی را با دقت ۱۰۰ گرم نشان خواهد داد .



شکل ۱۲

آزمایش ۲ - میخوانیم نیروی آهن ربائی

را اندازه بگیریم تکه آهن پهنی به سر نیرو سنج بسته آهن ربا را بآن نزدیک (شکل ۱۲) میکنیم تا آنرا بخود برآید ، سپس آهن ربا را بسوی خود

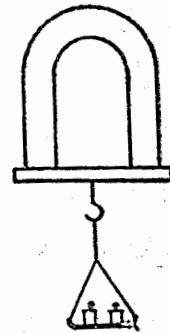
تعریف نیرو

می کشیم تا تکه آهن بواسطه کشش فنر از آهن ربا جدا گشته فنر بجای خود برگردد کشش فنر را هنگام جدا شدن میخوانیم. این نیروی آهن ربا است. آزمایش ۳ - راه دیگری برای اندازه گرفتن نیروی آهن ربا این است که به تیغه آهنی که دارای چنگکی باشد کپه ای میاویزیم تیغه را به آهن ربا نزدیک میکنیم تا آهن ربا آنرا بخود برآید سپس چند سنگ ترازو کم کم در کپه میگذاریم تا (شکل ۱۳) تیغه از آهن ربا جدا گردد.

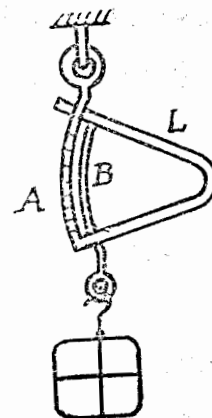
سنگینی سنگها بعلاوه سنگینی کپه مساوی نیروی آهن ربا است.

۱۸ - ب - نیرو و سنج تیغه ای

نیرو و سنج های دیگری برای اندازه گرفتن نیروهای بزرگتر نیز بکار میرود. یکی از آنها نیرو و سنج تیغه ای است. تیغه یولادی L را خم میکنیم و بیک شاخه آن کمان فلزی A و بشاخه دیگر کمان B را وصل میکنیم. کمان A چنگکی دارد برای آویختن نیرو و سنج (شکل ۱۴) و کمان B چنگکی برای آویختن بار. کمان A زینه بندی شده است. چون بار را بیاویزیم تیغه یولادی L بیشتر خم می شود. اندازه خم گشتن آنرا روی زینه کمان A می خوانیم. چون این زینه بندی را از روی سنگ های معین انجام دادیم اندازه نیرو بدست می آید.



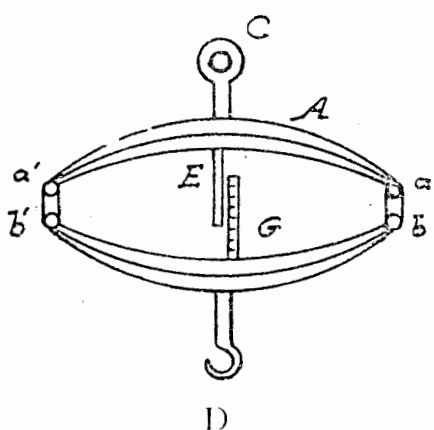
شکل ۱۳



شکل ۱۴

۱۸ - ج - نیرو و سنج پونسله

دو تیغه A و B را در مفصل‌های a و b و a' و b' بدو میله کوچک ab و a'b' وصل می‌کنیم. حلقه () برای آویختن نیرو و سنج و چنگک D



شکل ۱۵

برای آویختن بار است
(شکل ۱۵). چون بار
را بیابیم تیریم تیغه‌ها از هم
دور می‌شوند و دو خط کش
E و G که یکی از آنها
زینه‌بندی شده است نیز
از هم دور شده اندازه
نیرو را روی خط کش
زینه‌دار می‌خوانیم.

۱۹ - در طبیعت نیروهای بسیار یافت می‌شود که پاره‌ای از آنها را
توانسته‌ایم برای سود خود بکار بریم مانند نیروی باد که در آسیاب‌ها
برای آرد کردن گندم بکار می‌برند. دمه نیز دارای نیرو است: اگر
ظرف در داری را پر از آب کرده روی آتش بگذارید هنگام جوش
آمدن آب دمه جسته جسته در را باز کرده بیرون می‌آید، این نیرو را
در ماشین‌های دمه و لوکوموتیو‌ها بکار می‌برند. کهربا نیز دارای نیرو
است و آنرا در ماشینهای کهربائی و راه آهن‌های کهربائی بکار می‌برند.

تعریف نیرو

پرسش

۱- فنری را بمیخی می‌آویزیم جسمی را بنمیخی بسته نخ را بفنر میندیم (شکل ۱۶) نیروهائی را که بجسم ونخ و میخ وارد هستند بگوئید.

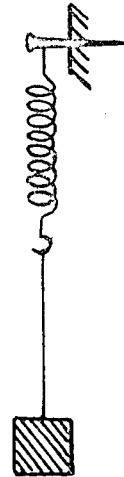
۲- ریسمانی در اثر نیروی ۷۵ کیلوگرام می‌گسلد. دو نفر دوسر ریسمان را گرفته هر کدام با نیروی ۵۰ کیلوگرام میکشند. آیا ریسمان خواهد گست ؟

۳- به دوسر نیرو و سنجی دو ریسمان میندیم و در راستاهای مخالف با نیروی ۲ کیلوگرام میکشیم. نیرو سنج چه نشان میدهد ؟

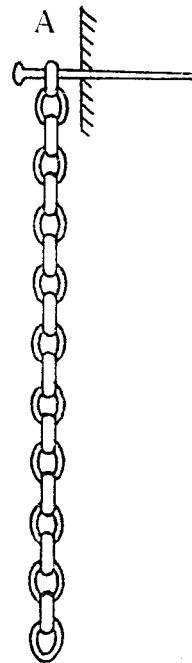
۴- درازی زنجیر AB ۱۰ متر است و سنگینی هر متری ۲ کیلوگرام است (شکل ۱۷). سر A را به میخی می‌آویزیم. کششی که به میخ می‌آید چه اندازه است ؟

کششی را نیز که بحلقه میانی زنجیر و بحلقه‌ای که در فاصله ۲ متر از میخ است و بحلقه‌ای که ۲ متر از پائین زنجیر است پیدا کنید.

۵- نیروئی مساوی ۱۵ کیلوگرام در راستای جنوب شرقی و نیروئی مساوی ۲۵ کیلوگرام در راستای مشرق اثر میکنند. این دو نیرو را نمایش دهید.



شکل ۱۶



شکل ۱۷ B

فیزیک

- ۶ - فتر نیروسنجی برای نیروی ۵۰ گرام ۱۰ میلیمتر درازتر می‌گردد. جسمی را بآن می‌آویزیم فتر ۱۲ میلیمتر درازتر میشود. سنگینی جسم را پیدا کنید.
- ۷ - آیا دریک کیلو گرام قهوه در کلکته بیشتر قهوه است یا در پاریس؟ (سنجش با نیروسنج انجام گرفته است).
- ۸ - مسافت مستقیم دو شهر ۴۵۰ کیلومتر است. زاویهٔ میان دو خط شاغولی این دو شهر را پیدا کنید.
- ۹ - نیروسنجی را در تهران ساخته زینه بندی می‌کنیم. اگر آن را در بندر رامسر برای کشیدن کالا بکار بریم آیا با تهران تفاوتی خواهد داشت؟

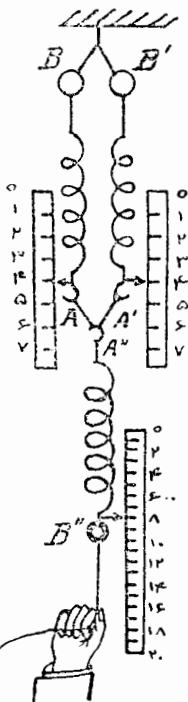
بخش دوم: بتنهایی نیروها

۲۰- تعریف بر آیند چند نیرو

اگر در بازی کشیدن طناب ورزشکاری از يك طرف بتواند طناب را در برابر سه ورزشکار دیگر نگه‌دارد نیروی او بتنهایی برابر است با نیروی سه ورزشکار دیگر.

نیروئی که اثر چندین نیرو را بتنهایی بر جسمی داشته باشد بر آیند آن چند نیرو نامیده میشود و هر يك از آن چند نیرو هممنه این نیروی بر آیند نامیده میشود.

۲۱- بر آیند نیروهای هم راستا و همسو



شکل ۱۸

آزمایش - سه سر $AA'A''$ سه نیرو سنج

را بهمیدگر (شکل ۱۸) میبندیم دو سر دیگر B'

و B دو تا از نیروسنج‌ها را به میخی آویخته‌سر

B'' نیروسنج سوم را بسوئی میکشیم میبینیم که

کشی که روی دو نیروسنج نخستین میخوانیم

مساوی کشش نیروسنج سوم است. پس بر آیند

نیروهای هم راستا و همسو مساوی جمع

نیروها است.

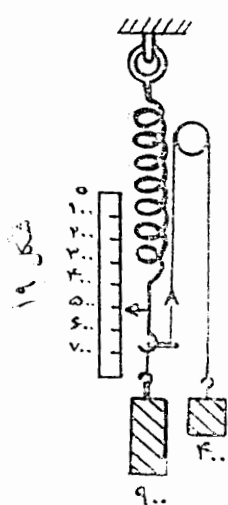
۲۲- بر آیند نیروهای هم راستا

و با سوهای مخالف

آزمایش - سنگ P را بچنگک نیروسنجی

میآویزیم. سنگ کوچکتر (Q) را برسمانی

بسته ریسمان را از روی قورقمرای میگذرانیم و سر دیگر آنرا بهمان چنگک نیرو سنج میبندیم. بدینسان سنک Q چنگک نیرو سنج را بسوی بالا میکشد. میبینیم که نیرو سنج تفاضل میان Q و P را نشان میدهد (شکل ۱۹).

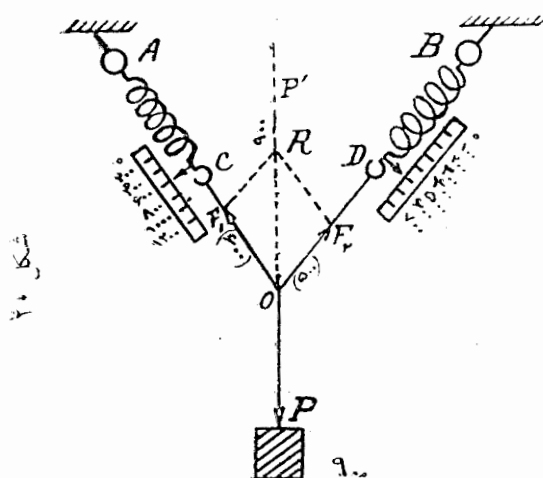


پس بر ایندو نیروی هم راستا و دارای سوهای
مخالف مساوی تقاضل میان دویرو است و سوی
آن سوی نیروی بز رگتر است .

همچنین بر ایند چند نیروی هم راستا را که پاره ای از آنها همسو و پاره ای از آنها دارای سوی مخالف باشند مساوی تقاض میان جمع نیرو های همسو و جمع نیرو های با سوی مخالف است و سوی آن سوی نیرو هائی است که جمع آنها بزرگتر است.

۲۳ بر آیند نیروهای همبر

آزمایش - تخته‌ای بدیوار نصب کنید:



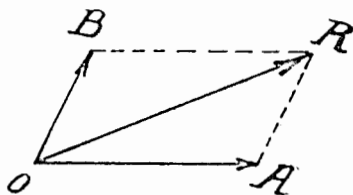
دو نیرو سنج A و

BD را جلو آن

همنهی نیروها

کشیده میشوند. زینه‌ای را که هر نیرو سنجی نشان میدهد بخوانید. اکنون سه خط OC, OD, OP در راستای سه ریسمان روی تخته بکشید. سپس در راستای ریسمان سنگ P خط OP' را روی تخته بسوی بالا بکشید. روی دو خط OC و OD دو درازی OF_1 و OF_2 مساوی زینه‌هایی که دو نیرو سنج نشان میدهند ببرید. از نقطه F_1 خطی موازی OD و از نقطه F_2 خطی موازی OC بکشید، این دو خط در نقطه R همدگر را می‌برند. میبینید که این نقطه R روی دنباله ریسمان سنگ P است یعنی روی خط OP' است. درازی خط OR را اندازه‌گیری و میبینید که این درازی مساوی اندازه سنگینی P است. پس جمع کشش دو فنر یعنی برآیند دو نیروی OF_1 و OF_2 مساوی است با سنگینی P .

پس برای پیدا کردن برآیند دو نیروی همبر از نقطه‌ای مانند O دو خط موازی دو نیرو میکشیم از این نقطه اندازه دو نیرو را روی آندو خط



شکل ۲۱

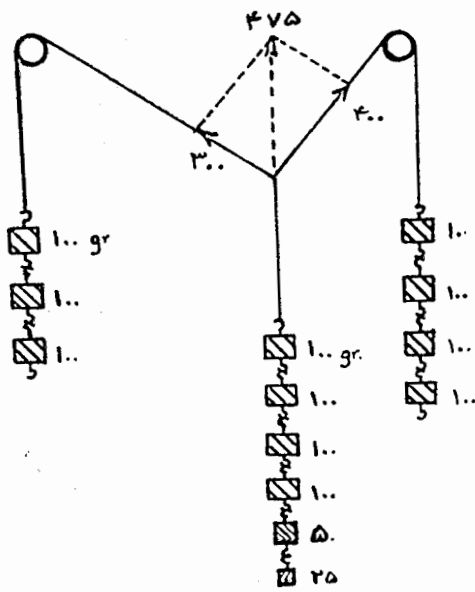
میسازیم مانند OA و OB (شکل ۲۱)

سپس متوازی الاضلاعی با دو پهلوی OA و OB میسازیم قطر OR این

متوازی الاضلاع برآیند آن دو نیرو

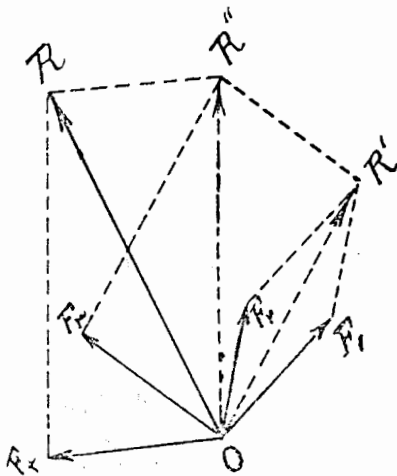
است.

آزمایش - دو قرقره روی یک تخته شاقولی کار گذارید و ریسمانی از روی آنها بگذرانید و دو سنگ p و q را به دو سر این ریسمان ببندید. ریسمان دیگری به میان ریسمان نخست بسته سنگ R را بدان بیاویزید و ندازه R را کم و افزون کنید تا دستگاه در آرامش بماند (شکل ۲۲).



شکل ۲۲

اکنون راستای ریمان
هارا روی تخته نشانه کنید
و خطی در راستای
ریمان سوم نیز بسوی
بالا بکشید. از نقطه (O)
در راستای ریمانهای
دو سنگ P و Q دو
درازی OA و OB
مساوی P و Q ببرید و
موازی الاضلاعی بر دو
پهلوی OA و OB بکشید
می بینید که قطر آن OC



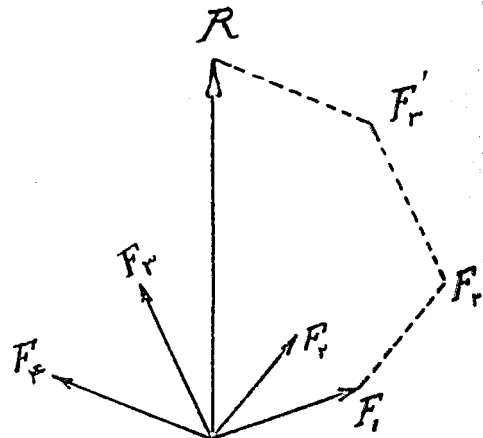
شکل ۲۳

در راستای ریمان سنگ R افتاده
است و اندازه آن نیز مساوی R است.
۲۴- هرگاه برآیند چند نیروی همبر
را بخواهیم پیدا کنیم مانند (شکل ۲۳)
نخست $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8, F_9, F_{10}, F_{11}, F_{12}, F_{13}, F_{14}, F_{15}, F_{16}, F_{17}, F_{18}, F_{19}, F_{20}, F_{21}, F_{22}, F_{23}, F_{24}, F_{25}, F_{26}, F_{27}, F_{28}, F_{29}, F_{30}, F_{31}, F_{32}, F_{33}, F_{34}, F_{35}, F_{36}, F_{37}, F_{38}, F_{39}, F_{40}, F_{41}, F_{42}, F_{43}, F_{44}, F_{45}, F_{46}, F_{47}, F_{48}, F_{49}, F_{50}, F_{51}, F_{52}, F_{53}, F_{54}, F_{55}, F_{56}, F_{57}, F_{58}, F_{59}, F_{60}, F_{61}, F_{62}, F_{63}, F_{64}, F_{65}, F_{66}, F_{67}, F_{68}, F_{69}, F_{70}, F_{71}, F_{72}, F_{73}, F_{74}, F_{75}, F_{76}, F_{77}, F_{78}, F_{79}, F_{80}, F_{81}, F_{82}, F_{83}, F_{84}, F_{85}, F_{86}, F_{87}, F_{88}, F_{89}, F_{90}, F_{91}, F_{92}, F_{93}, F_{94}, F_{95}, F_{96}, F_{97}, F_{98}, F_{99}, F_{100}$
برآیند F_1 و F_2 را پیدا کرده
این برآیند را با نیروی F_3 با هم
مینهم برآیند دیگری بدست می آید
این برآیند تازه را با F_4 با هم مینهم
برآیند دیگری بدست می آوریم و

همنهی نیروها

همچنین تا برآیند انجامی بدست آید .

برآیند چند نیروی همبر را بهرآه ساده‌تری نیز میتوان بدست آورد .
 بجای آنکه متوازی‌الاضلاع نیروها را دو بدو بسازیم از سر P_1 (شکل ۲۴) :



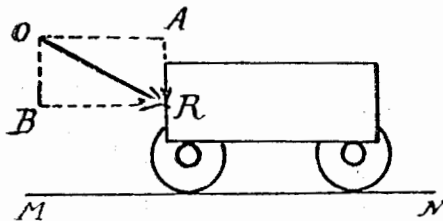
شکل ۲۴

خطی موازی F_2 میکشیم
 مانند P_2 . خط OP_2'
 برآیند P_1 و P_2 است
 سپس از سر P_2 خط P_3
 را موازی F_3 میکشیم
 OP_3' برآیند سه نیروی
 F_1 و P_2 است .
 بدینسان رفته رفته خط
 شکسته $OP_1'P_2'P_3'F_3$
 کشیده میشود و برآیند

همه نیروها آن خطی است که نقطه () را بانتهای این خط شکسته پیوست میدهد .

۲۵ - همنه های يك نیرو

هرگاه نیروئی بر جسمی اثر کند و آن جسم آزاد نباشد که در راستای آن نیرو حرکت کند روشن است که تمامی آن نیرو برای حرکت دادن آن جسم بکار نمیرود . فرض کنید برای حرکت دادن چهارچرخه‌ای برآه کرائی MN نیروئی مانند OR به آن وارد کنیم (شکل ۲۵)



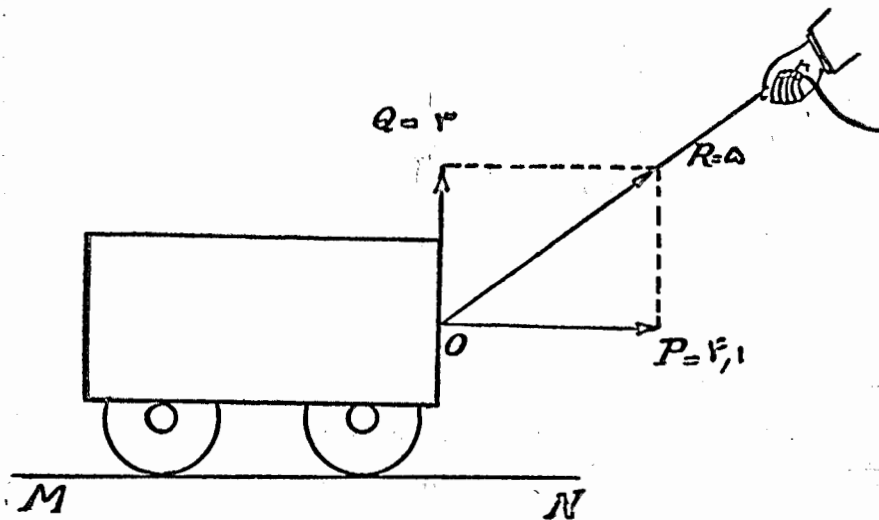
شکل ۲۵

روشن است که نیروی
OR دو اثر بر چهار
چرخه دارد: یکی حرکت
دادن آن در راه MN،
دیگری فشار آوردن
پای آن بالا به پائین.
می‌توانستیم این دو اثر را

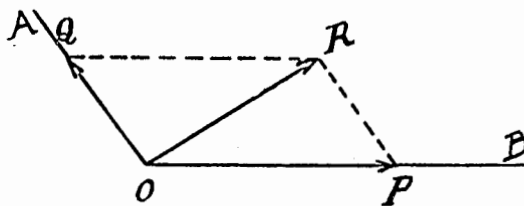
با دو نیروی جدا از هم که دارای سوهای OA و OB باشند وارد کنیم.
اندازه نیروئی که در راستای OA اثر کند و همان حرکت را بچهار چرخه
بدهد که نیروی OR می‌دهد هم‌نه نیروی OR در راستای OA می‌نامند.
همچنین اندازه نیروئی که در راستای OB اثر کند و همان فشاری را بر
چهار چرخه بیاورد که نیروی OR می‌آورد هم‌نه نیروی OR در راستای
OB نامند.

همچنین هنگامی که چهار چرخه‌ای را با طنابی میکشیم همگی
نیروی OR برای حرکت دادن چهار چرخه بکار می‌رود تنها قسمتی از آن
که OP باشد برای حرکت دادن بکار می‌رود. مثلاً اگر OR ۵ کیلو گرام
باشد OP ۲٫۱ کیلو گرام بیش نخواهد بود (شکل ۲۶). هم‌نه OQ بر
چهار چرخه بسوی بالا کشش می‌آورد و در حرکت دادن اثری ندارد.
گوئیم هم‌نه نیروئی در يك راستائی اندازه مؤثر آن نیرو است در آن راستا.
برای پیدا کردن هم‌نه‌های نیروئی مانند OR در دو راستای OA
و OB چنین می‌پنداریم که چون اثر نیروی OR مساوی اثر (شکل ۲۷)

همنی نیروها



شکل ۲۶



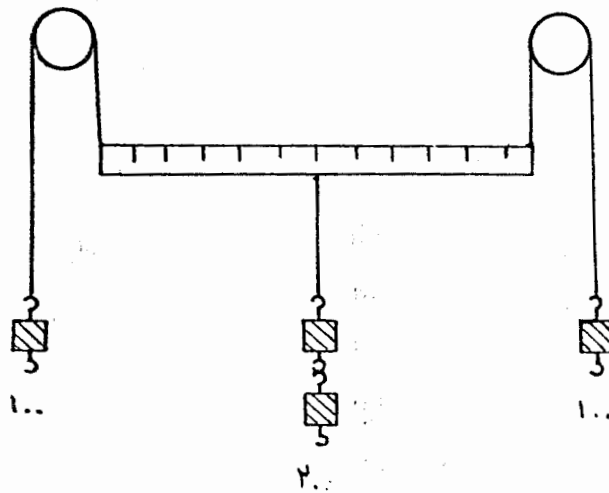
شکل ۲۷

دو همنه آن است پس باید
OR برآیند آن دو همنه
باشد، از این برمیآید که
برای پیدا کردن این دو
همنه باید دستور متوازی
الاضلاع را بکار برد یعنی

باید از نقطه R دو خط یکی موازی OA و دیگری موازی OB کشید
این دو خط در نقطه های P و Q خط های OA و OB را می برند
اندازه های OP و OQ همنه های نیروی OR در دو راستای OA و OB
می باشند.

۲۶- برآیند نیروهای موازی که بنقطه‌های مختلف جسمی اثر میکنند

آزمایش - به دوسر A و B میله‌ای دو ریسمان بسته از روی دو قرقره بگذرانید و با آنها دو سنگ مساوی مانند P بیاویزید (شکل ۲۸).



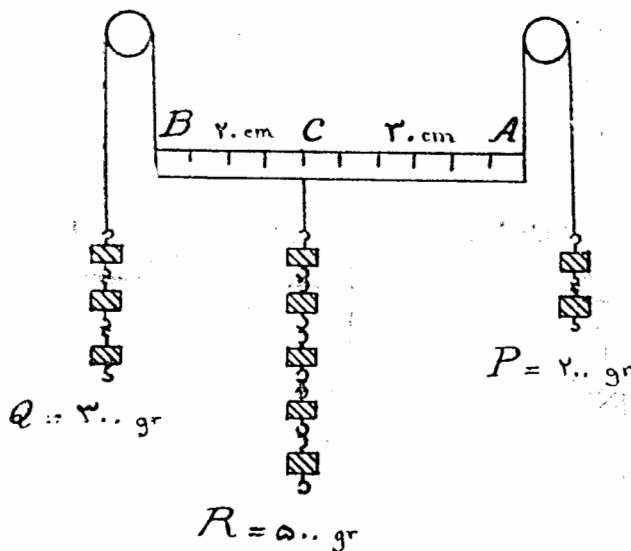
شکل ۲۸

برای اینکه این میله بسوی بالا نرود باید بمیان آن سنگی که دو برابر P باشد بیاویزید .

آزمایش - به دوسر میله AB دو ریسمان بسته از روی دو قرقره بگذرانید به یکی از ریسمان ها سنگ P را و بر ریسمان دیگر سنگ Q بزرگتر از P را بیاویزید. برای اینکه میله بالا نرود و بسوی سنگ Q که بزرگتر است نچرخد باید سنگ R را که مساوی (شکل ۲۹)

همسپی نیروها

مجموع دو سنگ P و Q است بنقطه ای از میله بیاویزید که نزدیکتر به Q باشد. مثلاً اگر $P = 200 \text{ gr}$ و $Q = 300 \text{ gr}$ است و درازی میله ۵۰ سانتی متر است باید سنگ R را در نقطه C که دوری آن از Q بیست



شکل ۲۹

سانتیمتر است بیاویزید تا اینکه میله آرام بماند و کره چنانچه سنگ R بیش تر از ۲۰ سانتی متر از سنگ Q دور باشد میله بسوی Q میچرخد پس دوری R از دو سنگ P و Q به نسبت عکس اندازه آن دو سنگ است

سانتیمتر ۲۰ ۱۰۰ گرم P CB
 سانتیمتر ۳۰ ۳۰۰ گرم Q AC یا میتوان نیز گفت که

حاصل ضرب P در AC مساوی است با حاصل ضرب Q در CB

$$P \times AC = Q \times CB$$

دستور: برآیند دو نیروی موازی همسو نیروئی است موازی با آنها و مساوی مجموع دو نیرو و دوری آن از دو نیرو به نسبت عکس اندازه‌های آن دو نیرو است.

اکنون اگر برآیند چند نیروی موازی همسو را بخواهیم نخست برآیند دو نیرو را پیدا میکنیم سپس این برآیند را با نیروی سوم جمع کرده برآیند سه نیرو را بدست میآوریم این برآیند را با نیروی چهارم ب هم مینهیم و بدینسان رفته رفته برآیند همه نیروها را بدست میآوریم.

۲۷- برآیند نیروهای موازی دارای سوهای مخالف

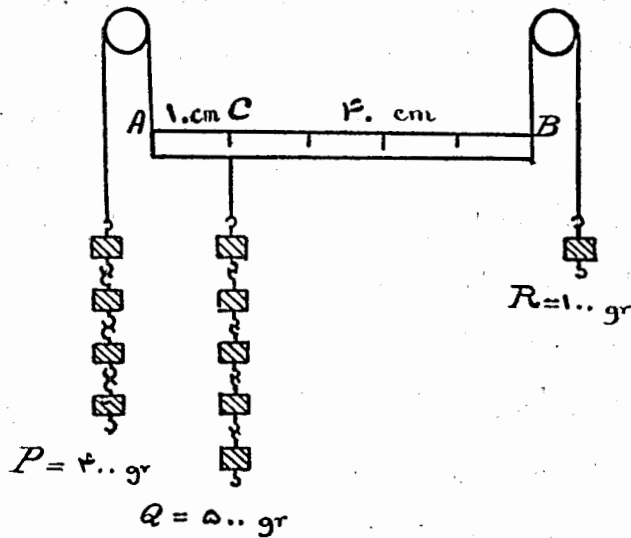
آزمایش - ریسمانی به سر A میله ۵۰ سانتیمتری AB بسته از روی قرقردای میگذرانیم و سنگ P ۴۰۰ گرمی را بآن میآویزیم. سنگ Q ۵۰۰ گرمی را بنقطه روی میله مانند C که در ۱۰ سانتیمتری A است میآویزیم (شکل ۳۰). برای اینکه میله را در آرامش نگاه داریم باید به سر B آن ریسمانی بسته از روی قرقردای بگذرانیم و سنگ R ۱۰۰ گرمی که مساوی تفاضل P و Q است بآن بیاویزیم. در اینجا نیز این وابستگی را داریم

$$P \times BA = Q \times BC \quad \text{یا} \quad \frac{P}{Q} = \frac{BC}{BA}$$

دستور: برآیند دو نیروی موازی که دارای سوهای مخالف باشند نیروئی است موازی با آنها و همسوی نیروی بزرگتر و مساوی تفاضل آنها که نقطه کار بستش برون فاصله آن دو و طرف نیروی بزرگتر و دوری آن از آن دو نیرو به نسبت عکس آن دو نیرو است.

هرگاه چند نیرو داشته باشیم که پاره‌ای از آنها يك سو و پاره دیگر سوی مخالف آنها را داشته باشند نخست برآیند نیروهای همسو را پیدا

همسایه نیروها



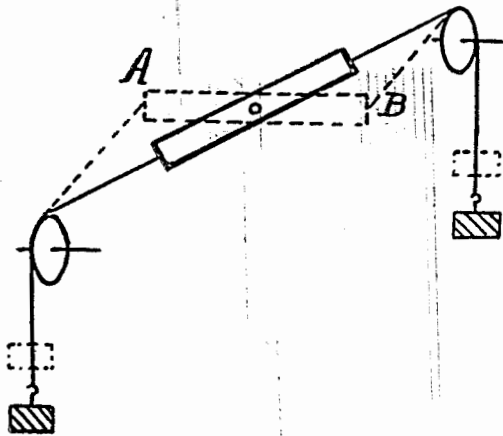
شکل ۳۰

میکنیم دو برآیند $R_1 R_2$ از این راه بدست میآید این دو برآیند $R_1 R_2$ را با هم مینیم یک برآیند R بدست میآید که برآیند همه آن نیروها است.

۲۸ - جفت نیرو

دو نیروی موازی و مساوی که سوهای آنها مخالف یکدیگر باشد دارای برآیند مساوی صفر میشوند لیکن اگر دو راستای آنها روی یک خط نباشد بی اثر نیستند چه میتوانند جسمی را بچرخانند.

آزمایش: خط کشی را در نقطه میانه اش سوراخ کرده روی میخی بگذارید. دو سنگ مساوی به دو ریمان بسته از روی دو قرقره ای که بامیله در یک سطح و دو طرف آن باشند بگذرانید (شکل ۳۱) و سر دیگر



شكل ۳۱

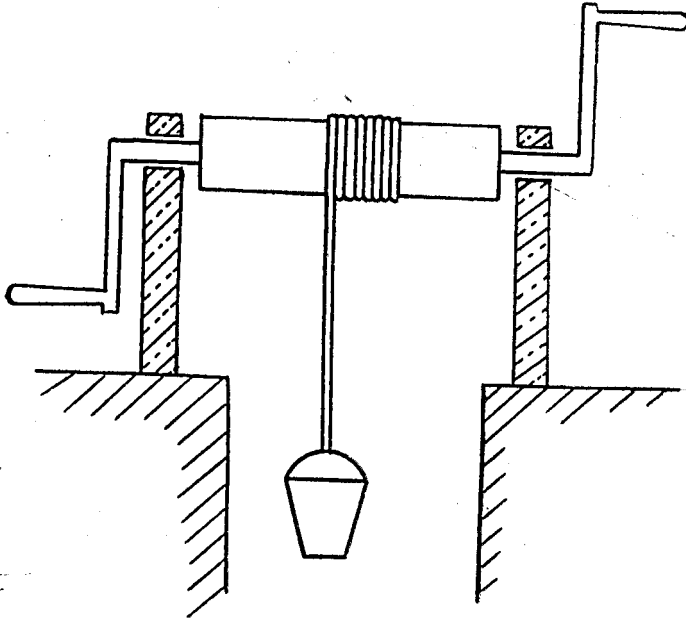
ريسمان ها را به دوسر
A و B ميله ببنديد. می
بينيد که ميله دور خود
ميچرخد تا اينکه در
راستای خط دو قرقره
برسد. در اين حالت
دو نيروی کشش
ريسمان ها در يك خط
افتاده و اثر همدگر را
از ميان ميبرند.

هنگامیکه پیچی را میچرخانیم با انگشتان خود جفت نیرو بدان وارد
مینیم همچنین هنگامی که شیر آب را میچرخانیم مثل دیگر چرخ چاه است
که دو کارگر دو دسته آنرا در سوهای مخالف فشار میدهند و می چرخد
(شکل ۳۲).

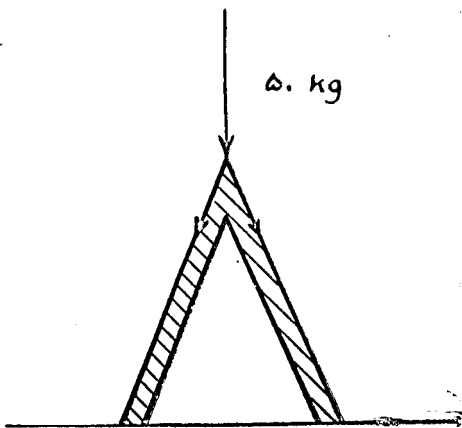
پرسش

۱. برآیند دو نیروی پرسش ۵ بخش يك را پیدا کنید.
۲. گوشه چادری را با دو طناب در راستای عمود بر هم با نیرو
های ۳۰ و ۴۰ کیلو گرام میکشیم. چادر در چه راستائی و با چه نیروئی
کشیده میشود؟

همه نیروها



شکل ۳۲



شکل ۳۳

۳ - دوشاخه ای راروی

زمین نهاده (شکل ۳۳)

نیروی ۵۰ کیلوگرم را

بر سر آن وارد میکنیم

زاویه دوشاخه ۴۵ درجه

است. چه نیروئی به هر

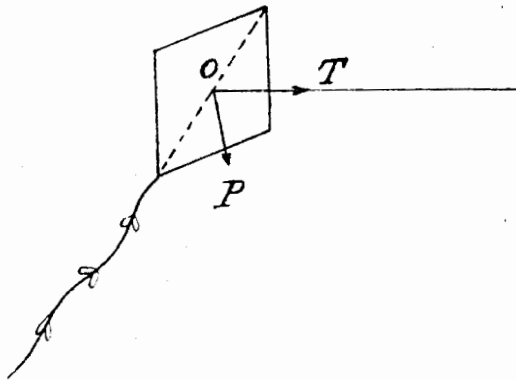
شاخه ای وارد است ؟

۴ - سنگینی بادبادکی

را با خط شاغولی OP

فیزیک

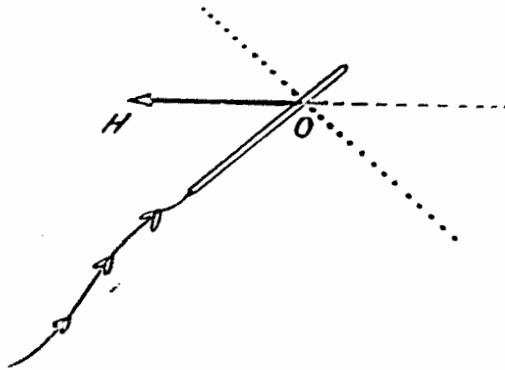
نشان دهید . کششی را که ریسمان بآن می‌آورد با خط OT نشان دهید .
برآیند این دو نیرو را پیدا کنید و به OR نمایش دهید (شکل ۳۴) .



شکل ۳۴

۵- نیروی باد را که
کرنی میوزد با خط OH)
نشان می‌دهیم، هم‌نه OD
آنها که عمود بر باد کی
اثر میکند پیدا کنید .
۶- بگوئید چرا هنگامی
که باد بدهد در بلندی
معینی در هوا میمانند OR
باید مساوی OD باشد و

اگر باد افزون گردد باد بدهد بالاتر می‌رود (شکل ۳۵) .



شکل ۳۵

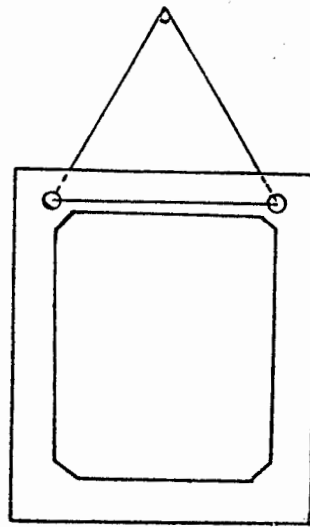
۷- کرجی را با نیروی ۳۰ کیلوگرام روی آب در راستای جنوب

همه‌ی نیروها

میکشیم. وزش باد نیروی ۲۰ کیلوگرام در راستای خاور بآن وارد میکند. درجه راستائی کرجی حرکت خواهد کرد.

۸ - برای آویختن قابی دو سوراخ در آن کرده نخ از آنها میگذرانیم و دو سر نخ را بهمدگر گرد میزنیم و نخ را به میخی می‌آویزیم (شکل ۳۶). فاصله دو سوراخ ۱۰ سانتیمتر و درازی نخ ۳۰ سانتیمتر

و سنگینی قاب ۱ کیلوگرم است. کشش هر طرف نخ را پیدا کنید. نیروئی که به‌میخ وارد است چقدر است؟



۹ - دوسبده را که سنگینی آنها ۶ کیلوگرام و ۹ کیلوگرام است به دوسر میله‌ای که درازیش ۱۲۰ سانتیمتر است می‌آویزیم. میله را از چه نقطه‌اش باید روی شانه گذارد تا کرانی قرار گیرد.

۱۰ - دو نفر سبده را بر نقطه

شکل ۳۶

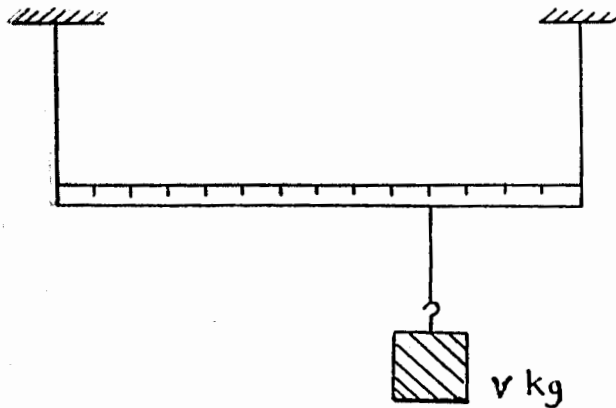
میان میله انداخته میبرند. آیا فرقی

میلند اگر هر دو نفر میله را نزدیک به‌سبد یا دور از آن باده‌ست بگیرند؟ اگر یکی از آنها میله را نزدیک‌تر به‌سبد و دیگری دور تر بگیرد چه فرقی میکند؟ این پرسش را نیز با فرض اینکه سبد ۱۸ کیلوگرام سنگینی و میله یک متر درازی داشته باشد و یکی سر میله را و دیگری نقطه‌در ۲۰ سانتیمتری از سر دیگر میله را گرفته باشد پاسخ دهید.

فیزیک

۱۱- کارگری بر چوب بستنی ایستاده سطلی را بکلمک قرقره و ریسمنی بسوی بالا میکشد. سنگینی کارگر ۷۰ کیلوگرام و سنگینی سطل ۲۰ کیلوگرام است. چه نیروئی پای کارگر بر چوب بست وارد میکند؟

۱۲- دوسر میله سبکی را به دو نخ بسته بدو میخ میآویزیم. این نخ تاب نیروی ۵ کیلوگرام را دارد و برای نیروی بیش از آن میگسلد. جسمی بدسنگینی ۷ کیلوگرام بد میله میآویزیم (شکل ۳۷). آیا میتوان



شکل ۳۷

بی آنکه یکی از نخها بگسلد جسم را بهر کجای میله آویخت؟ اگر نه تاچه اندازه میتوان جسم را یکی از دوسر میله نزدیک کرد؟

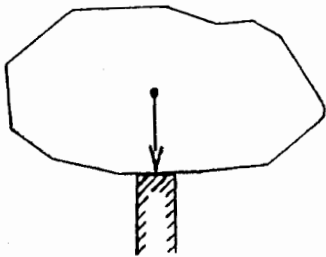
بخش سوم : گرانیکاه و ترازمندی

۲۹- گرانیکاه

آزمایش ۱ - میله یا خط کشی را زوی تکیه‌گاه تیزی گذارده آنرا جابجا کنید تا در آرامش بماند ، دوری تکیه‌گاه را از دو سر میله اندازه بگیرید و ببینید که تکیه‌گاه درست در میان میله قرار گرفته است .

آزمایش ۲ - صفحه گردی ازمقوا یا چوب یا از فلزی بریده روی یک انگشت نگاه دارید و آنرا جابجا کنید تا روی انگشت مانده نیفتد ببینید انگشت شما باید میان صفحه قرار گیرد .

آزمایش ۳ - آزمایش ۲ را بایک کتاب یا جسم دیگری انجام دهید ببینید که در هر جسمی نقطه‌ای میتوان یافت که چون روی تکیه‌گاه آید جسم در آرامش مانده نمیافتد (شکل ۳۸) . هویدا است که در آن هنگام



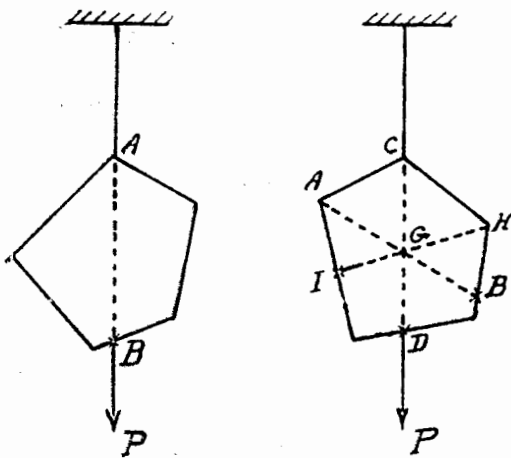
شکل ۳۸

تکیه‌گاه درست در جایی است که راستای نیروی سنگینی جسم از آن میگذرد و فشار سنگینی جسم درست بر تکیه‌گاه می‌آید .

چنین نقطه‌ای را که چون تکیه‌گاه زیر آن آید جسم نمیافتد گرانیکاه جسم می‌نامند .

۳۰ - روش یافتن گرانیگاه جسمی

آزمایش ۱ صفحه‌ای را بر ریسمان بیاویزید. در حالت آرامش ریسمان شاغولی است. خطی در دنباله راستای ریسمان روی صفحه بکشید مانند AB. روشن است که نیروی سنگینی جسم که ریسمان را میکشد در راستای آن است یعنی روی AB است (شکل ۳۹). اکنون ریسمان را باز کرده



شکل ۳۹

بنقطه دیگری از صفحه ببندید و از نو آنرا بیاویزید باز خطی در دنباله راستای ریسمان روی صفحه بکشید مانند CD. اکنون نیروی سنگینی در راستای CD میباشد. پس باید نیروی سنگینی از نقطه G که در آنجا دو خط AB و CD به هم در بر

میخورند بگذرد. اکنون صفحه را در نقطه‌های دیگرش به ریسمان بیاویزیم میبینیم که راستای ریسمان باز از همین نقطه G میگذرد. این نقطه گرانیگاه جسم است. اگر جسم را در همان نقطه بر تکیه‌گاهی قرار دهید نمی‌افتد.

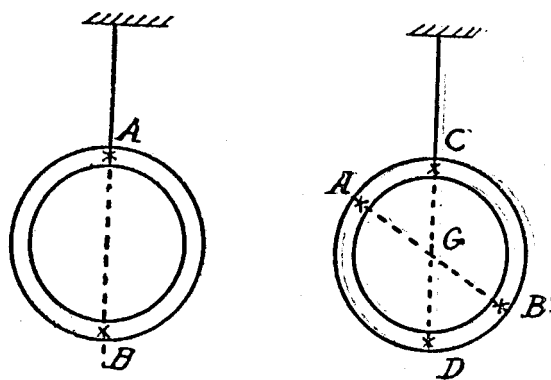
هر پاره کوچکی از جسمی دارای سنگینی است و سنگینی خود جسم جمع سنگینی‌های پاره‌های آن است. مثلاً گرانیگاه آجری در نقطه میانه

گراینگاه و ترازمندی

آن است و چون آجر را بشکنیم هریاره آن گراینگاهی خواهد داشت. سنگینی های پاره های جسمی نیروهائی هستند موازی همدگر و سنگینی همه جسم برآیند این نیروهای موازی است.

گاه میشود که گراینگاه جسمی در نقطه ای میباشد که ماده در آنجا نیست. مثلاً گراینگاه انگشتی یا حلقه ای در میان آن است یعنی در جایی است که هیچ ماده نیست.

آزمایش ۴ - حلقه ای را بر ریسمانی بسته جلوی تخته ای بیاویزید. خطی در دنباله راستای ریسمان روی تخته بکشد (شکل ۴۰)، سپس ریسمان



شکل ۴۰

را باز کرده بنقطه دیگری از حلقه ببندید و دوباره خطی روی تخته در دنباله راستای ریسمان بکشید. همینند که این دو خط در مرکز حلقه همدگر را میبرند.

همچنین گراینگاه سه پایه ای یا میزی در فضای میان آن است.

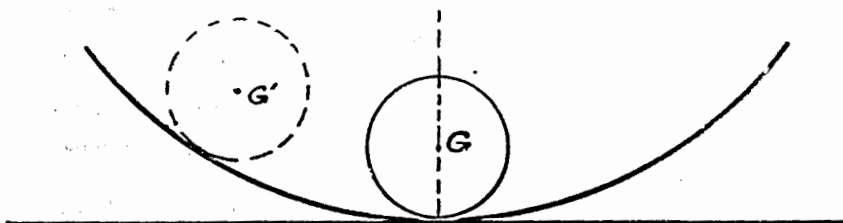
۳۴- ترازمندی

هرگاه جسمی در اثر چند نیرو در آرامش بماند گویند آن جسم در حالت ترازمندی است یا ترازمند است. مانند شاهین ترازو هنگامی که سنگهای مساوی در دو کپه باشد یا فنری که کشش آن مساوی نیروی وارد بر آن باشد یا جسم که در تأثیر نیروی سنگینی است و بر تکیه‌گاه خود در آرامش است.

۳۵- ترازمندی پایدار

هرگاه جسمی را که در حالت ترازمندی است از وضع کنونیش اندکی خارج کنیم بدان حالت برگردد گوئیم جسم در ترازمندی پایدار است مانند میز و صندلی که اگر آنها را اندکی از جایشان تکان دهیم دوباره بحالت خود برمیگردند.

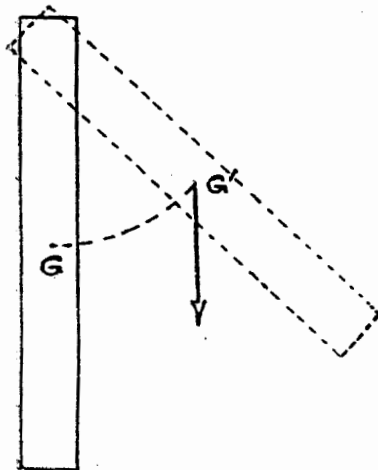
هرگاه تکان کوچکی که بجسم میدهیم گرانیکاه آنرا بالا ببرد جسم در ترازمندی پایدار است زیرا نیروی سنگینی دوباره گرانیکاه را بسوی پائین کشیده و جسم بحالت پیشین خود بر میگردد. مثلاً گلوله‌ای را درون جامی گذارده آنرا تکان دهید چون باید بر دیواره‌های جام حرکت کند گرانیکاهش بالا میرود و نیروی سنگینی آنرا بسوی پائین باز می‌آورد (شکل ۴۱).



شکل ۴۱

کرائیگاه و ترازمندی

خط کشی را به میخی بیاویزید آنرا دور میخ بچرخانید (شکل ۴۲)

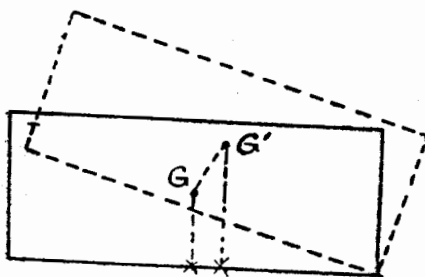


از حالت شاغولیش خارج شده
کرائیگاهش بالا میرود و چون نیروی
سنگینی آن را بسوی پائین میکشد
خط کش دوباره بحالت پیشین خود
بر میگردد.

در شکل ۴۳ جسم در ترازمندی
پایدار است زیرا اگر آنرا دور یکی
از کنج های پائین بگردانیم کرائیگاه

شکل ۴۲

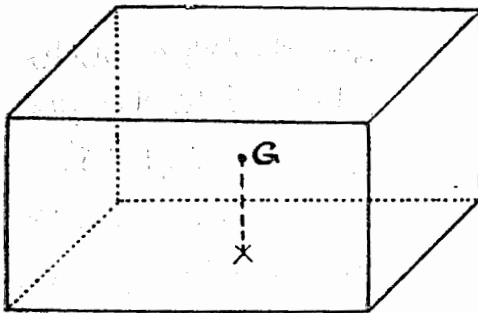
آن بالا رفته و چون نیروی سنگینی
آنرا پائین میآورد جسم دوباره بحالت خود بر می گردد (شکل ۴۳).



شکل ۴۳

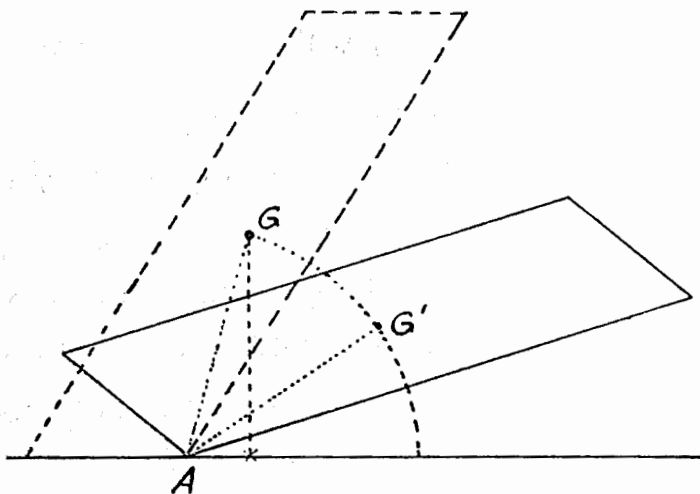
برای جسمی که بر
سطحی قرار گرفته است
دستور ترازمندی را
میتوان نیز چنین داد:
یک خط شاغولی از
کرائیگاه آن بسوی
پائین میکشیم باید این
خط از میان چند گوشه

پایه تکیه جسم بگذرد. مانند (شکل ۴۴) و سه پایه. اگر سه پایه را
دور یکی از گوشه های بچرخانیم کرائیگاه آن بالا میرود. در شکل ۴۵ جسم



شکل ۴۴

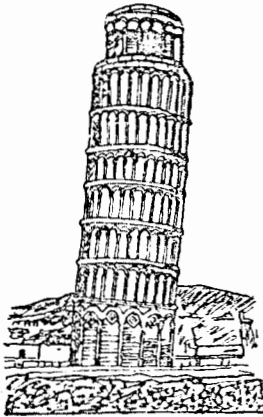
در ترازمندی نیست زیرا
خط شاغولی که از
گرایگاه میگذرد بیرون
چند گوشه پایه تکیه
جسم میافتد و جسم
دور نقطه A چرخیده
گرایگاه آن پائین
میآید و جسم میافتد.



شکل ۴۵

در شهر پیز در ایتالیا برجی است که در سده دوازدهم مسیحی ساخته
شده (شکل ۴۶) و در اثر نشست قسمتی از پی‌ها برج به یکسو کج شده
است. لیکن چون گرایگاه آن پائین است و خط شاغولی گرایگاه از میان
پایه برج میگذرد ترازمندی برج پایدار است.

گرانیکاه و ترازمندی



شکل ۴۶

شرط ترازمندی پایدار برای جسمی که تنها بیک نقطه تکیه دارد این است که گرانیکاه زیر نقطه تکیه باشد زیرا هنگامیکه جسم دور آن نقطه میچرخد گرانیکاه آن بالا میرود و در اثر سنگینی دوباره بحالت اولی خود بر میگردد مانند خط کش در شکل ۴۲ .

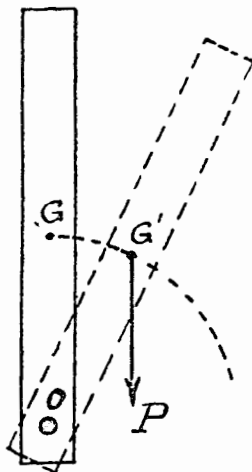
۳۳- ترازمندی ناپایدار

هرگاه جسمی را از حالت خود اندکی خارج کنیم سبب آن شود که از آن حالت دورتر گردد، گوئیم جسم در ترازمندی ناپایدار است. مانند چوبی که روی انگشت خود نگاه داریم چون شاغول گرانیکاه از نقطه تکیه گذرد چوب ترازمند میگردد لیکن اندک تکانی گرانیکاه را پائین تر آورده چوب میافتد. مثال دیگر گلوله ای است که بر بالا ترین نقطه سطح کروی برجسته مانند پشت جام گذاشته باشیم.

هرگاه گرانیکاه جسمی که بر یک نقطه تکیه دارد بالاتر از آن نقطه و بر روی شاغول آن باشد جسم در ترازمندی ناپایدار است. مانند میله ای که بر روی انگشت خود نگاه میداریم و خط کش (شکل ۴۷).

۳۴- ترازمندی بی تفاوت

هرگاه جسمی را از حالت کنونیش اندکی خارج کنیم سبب آن نشود

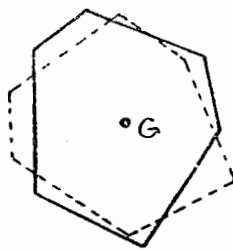


شکل ۴۷

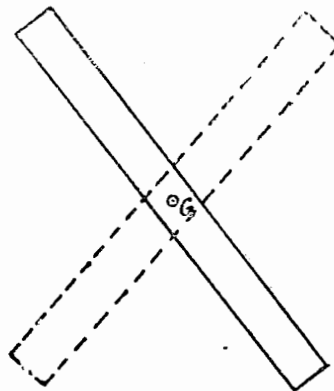
که جسم بجای خود برگردد یا از آن دورتر شود گوئیم جسم در ترازمندی بی تفاوت است. مانند گلوله‌ای که بر سطح تراز باشد اگر اندک تکانی بآن بدهیم جابجا میشود لیکن در هر جائیکه برسد باز تراز مند است و این تکان سبب آن نمیشود که جسم همواره دورتر گردد همچنین چرخ‌کی که دور محور خود میتواند بچرخد در تراز مندی بی تفاوت است. مثال دیگر مدادی است که میتواند روی میز بغلتد.

هر گاه برای اندک تکانی گرانیگاه جسم بالاتر یا پایین تر نرود و در یک سطح تراز بماند جسم

در ترازمندی بی تفاوت است. مانند مثال‌های پیش و نیز هر جسمی که بگرانیگاهش آویزان باشد (شکل‌های ۴۸ و ۴۹).



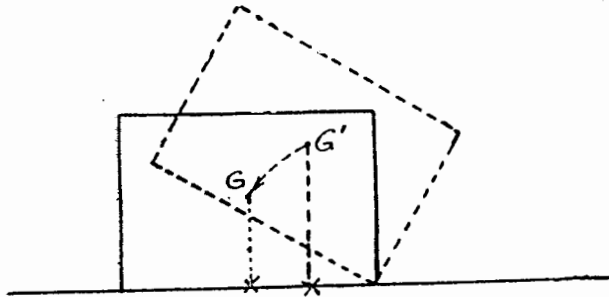
شکل ۴۹



شکل ۴۸

۳۵ - شرط پایدار بودن ترازمندی

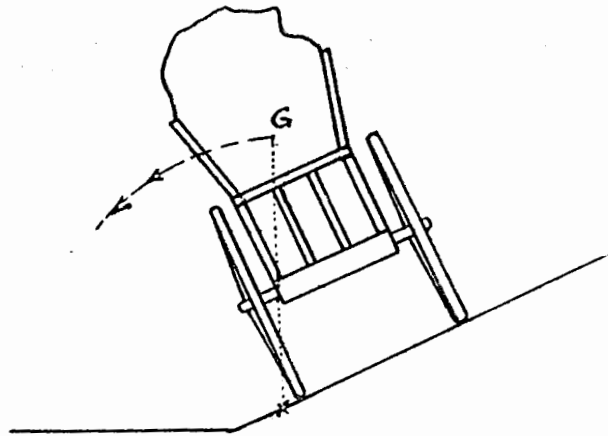
اگر بخواهیم ترازمندی جسم پایدار باشد باید پایه تکیه آنرا پهن بگیریم که شاغول گرائینگاه که از میان چند گوشه پایه تکیه میگذرد دور از پهلوهای آن بگذرد، آنگاه چون جسم دور یکی از پهلوهای پایه تکیه بچرخد شاغول گرائینگاه بزودی از پایه بیرون نمیآید.



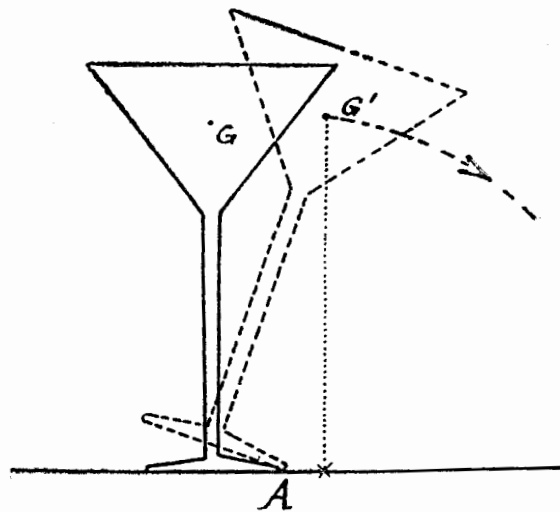
شکل ۵۰

همچنین باید جسم را طوری ساخت که گرائینگاه آن پائین باشد که هرگاه جسم دور یکی از پهلوهای پایه تکیه بچرخد شاغول گرائینگاه دیرتر از میان چند گوشه پایه بیرون آید. اگر گرائینگاه بالا باشد مانند چرخ باز کشی که یار بسیار داشته باشد هنگامی که جسم اندکی کج میشود (شکل ۵۱) شاغول گرائینگاه بزودی از میان پایه تکیه که در اینجا دو چرخ باشد بیرون آمده جسم میافتد. مثال دیگر بیاله ای است که پایه آن بسیار بلند باشد (شکل ۵۲). اگر کسی بخواهد پایدارتر بایستد باید پاهای خود را از هم دور بگذارد که هرگاه تکانی باو بیاید شاغول گرائینگاهش دیرتر از پای تکیه بیرون آید.

فیزیک



شکل ۵۱



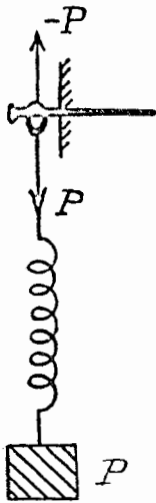
شکل ۵۲

۳۶. عمل و عکس العمل

آزمایش :- نیرو سنجی را به میخی بسته سنگ P را بآن پیاویزید

گرانیگاه و ترازمندی

نیروسنج اندازه P را نشان میدهد. اکنون نیروسنج را برداشته بدوسر آن دو ریسمان ببندید و آنها را از روی دو قرقره گذرانیده دو سنگ مساوی P و P' به آنها بیاویزید. کشش نیروسنج را بخوانید باز میبینید که همان P را نشان میدهد. از این دو حالت چنین بر میآید که همان طوری که نیروسنج به میخ کششی مساوی P بسوی پائین میآورد میخ هم نیز همان کشش را بنیروسنج میآورد ولی بسوی بالا (شکل ۵۳) زیرا اگر این



شکل ۵۳

کشش را میخ بنیروسنج نمیآورد نیروسنج بسوی پائین حرکت کرده میافتد. گوییم در اثر عمل سنگ P میخ نیز عکس العمل مساوی و مخالف P بر ریسمان نیروسنج وارد کرده است :

آیا اگر فنری را بدیوار بسته سر آنرا بسوی خود بکشید بیشتر کشیده میشود یا اینکه سرفنر را شما گرفته سر دیگر آنرا کسی که هم زور شما باشد بگیرد و هر کدام بسوی خود بکشید؟ پاسخ اینست که هیچ فرقی نمیکند. عکس العمل دیوار بر نیروسنج درست مساوی و مخالف نیروئی است که شما بر آن وارد میکنید.

توپ بازی را بر زمین میافکنید بر میجهد. زمین عکس العملی بر توپ وارد کرده است که درست مساوی و مخالف عمل آن است.

از اینرو این قانون همگانی نتیجه میشود: هر عملی را عکس العملی است مساوی و مخالف آن.

فيزيك

پرسش

۱ - گرانیکاه حلقه‌ای راو جعبه مکعبی را چگونه پیدا خواهید کرد؟

۲ - گرانیکاه سببی را چگونه پیدا خواهید کرد؟

۳ - ترازمندی جعبه مکعبی آیا هنگام تهی بودنش پایدارتر است یا

هنگام پر بودنش؟

۴ - چرا کسی که جسم سنگینی را در یکدست داشته باشد راست

نمی‌ایستد؟

۵ - حلقه‌ای داریم که يك نیمه آن نازك و نیمه دیگرش کلفت است

گرانیکاه آنرا چگونه پیدا خواهید کرد؟ گرانیکاه کدام طرف مرکز

خواهد بود؟

۶ - چرا گاهی شن و ماسه در قسمت های پائین کشتی ها میریزند

۷ - اگر مسدادی را روی

نوکش بخواهیم نگاهداریم میافتد

لیکن اگر دو کارد كوچك در آن

فرو بریم (مانند شكل ۵۴) چرا

میتوانیم آنرا ترازمند نگاهداریم؟

۸ - در شكل ۵۵ قسمت

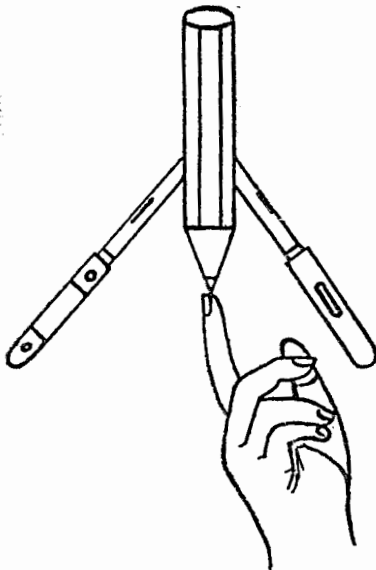
پائین جسم از سرب و قسمت بالای

آن از چوب است. چرا هرگاه آن

را بخواهیم از نو بر میخیزد؟ آیا

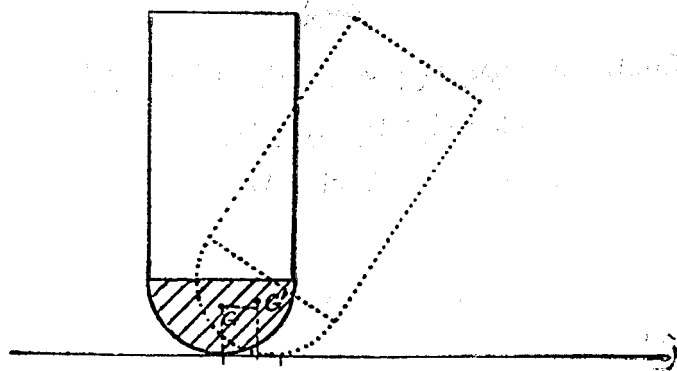
در بالا یا پائین آمدن گرانیکاه آن

چیزی بنظر شما میرسد؟

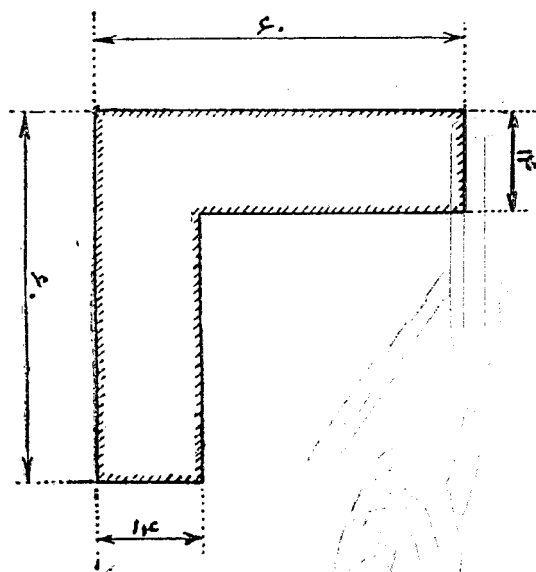


شکل ۵۴

گراینگاه و تراز مندی



شکل ۵۵

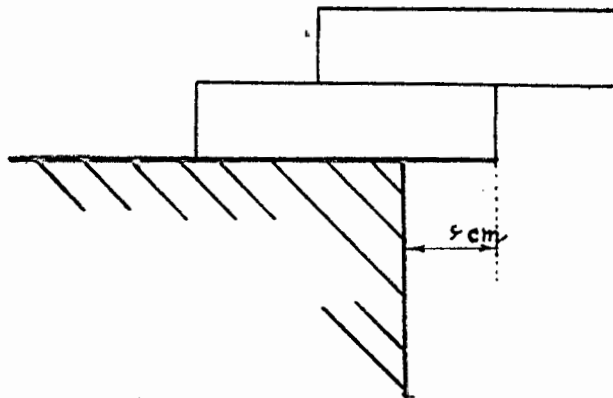


شکل ۵۶

- ۹- آهنی را مانند شکل ۵۶ میبریم . گراینگاه آنرا پیدا کنید.
- ۱۰- آجری را که درازی آن ۲۰ سانتیمتر است بر لبه دیواری

فیزیک

سی‌نهم بطوریکه ۶ سانتیمتر از لبه دیوار جلو باشد. اگر آجر دیگری بخواهیم روی آجر اول بنهیم (شکل ۵۷) تاچه اندازه میتوان آنرا پیش آورد بی آنکه هر دو آجر بیافتند؟

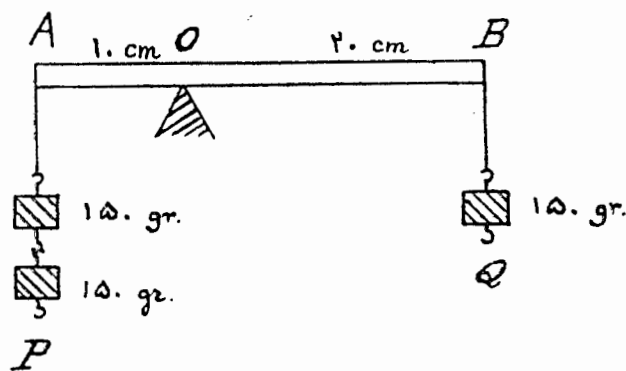


شکل ۵۷

- ۱۱ - هنگامیکه با کیان چند تیر چوب را میکشند اگر تیرها از یکسو بر زمین برسند یکی یا دو تیر را روی زنجیر کیان بسوی مخالف اغزش میدهند تا آنکه همه تیرها کرانی بماند. علت آن چیست؟
- ۱۲ - در راههای کج و واریخته آیا اتومبیل پایدارتر است یا در شکله؟

بخش چهارم : اهرم

۳۷- آزمایش - خط AB را در نقطه O روی تکیه گاه تیزی میگذاریم یا اینکه از همان نقطه O می‌آویزیم . سنک P را بیک طرف خط کش می‌آویزیم خط کش بهمان طرف میچرخد ، اگر سنک دیگری



شکل ۵۸

مانند Q در آن طرف خط کش می‌آویزیم میتوانیم از چرخیدن آن جلوگیری کرده آنرا در آرامش نگاه داریم (شکل ۵۸) . اگر Q مساوی P باشد میبینید که دوری آن از نقطه میانه O باید مساوی دوری P باشد از همان نقطه O " اگر Q مساوی نیمه P باشد میبینید که دوری آن از O باید مساوی دو برابر

فيزيك

دوری P باشد از O . مثلاً اگر P مساوی ۳۰۰ گرام و دوری آن از O ۱۰ سانتیمتر باشد و بخواهیم با سنگ Q مساوی ۱۵۰ گرام خط کش را در آرامش نگاه داریم باید دوری آن از تکیه گاه O ۲۰ سانتیمتر باشد. از اینرو پی میبریم باینکه حاصل ضرب یک نیرو در فاصله آن از تکیه گاه باید مساوی حاصل ضرب نیروی دوم در فاصله اش از تکیه گاه باشد یعنی:

$$P \times OA = Q \times OB$$

مثلاً در این آزمایش ۳۰۰ گرام ضرب در ۱۰ سانتیمتر مساوی است با ۱۵۰ گرام ضرب در ۲۰ سانتیمتر.

اکنون اگر Q را مساوی ۷۵ گرام بگیریم باید OB مساوی ۴۰ سانتیمتر باشد که باز ۷۵ ضرب در ۴۰ نیز مساوی ۳۰۰۰ بشود. اگر $Q = ۷۵$ گرام ولی OB از ۴۰ سانتیمتر کمتر باشد خط کش بسوی P میچرخد. اگر OB بزرگتر از ۴۰ سانتیمتر باشد خط کش بسوی Q میچرخد از اینرو حاصل ضرب نیرو را در فاصله اش از تکیه گاه گشتاور این نیرو نسبت به آن تکیه گاه مینامند مثلاً گشتاور P نسبت به O مساوی است با $M = P \times OA$ هر طرفی که گشتاور باشد جسم بدانسو می گردد.

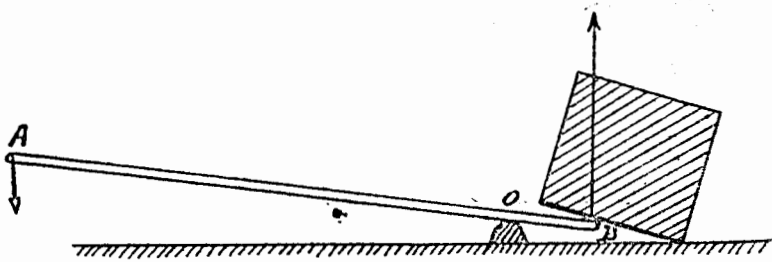
مثال: اگر گرام ۳۰۰ $P =$ و سانتیمتر ۱۰ $OA =$ باشد گشتاور آن نسبت به O مساوی است با $۳۰۰ \times ۱۰ = ۳۰۰۰$ اکنون اگر $Q = ۱۰۰$ باشد و بخواهیم خط کش نگردد باید OB مساوی ۳۰ سانتیمتر باشد ولی اگر مثلاً OB مساوی ۳۵ سانتیمتر باشد گشتاور Q میشود:

$$۱۰۰ \times ۳۵ = ۳۵۰۰$$

و چون این شمار بزرگتر از گشتاور P است که مساوی ۳۰۰۰ است خط کش بسوی Q میگردد. اگر OB کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد خط کش بسوی P میچرخد.

۳۸- اهرم

اگر جسم بسیار سنگینی را بخواهیم تکان دهیم میله‌ای را گرفته یک سر آنرا مانند B زیر جسم برده نقطه‌ای از میله را مانند O که نزدیک B



شکل ۵۹

باشد بر جای سختی تکیه می‌دهیم و بر دیگر میله فشار می‌آوریم. نقطه O را تکیه‌گاه مینامند نیروی P که وارد میکنیم نیروی کارگر و نیروی Q که سنگینی جسم است نیروی ایستادگی نامیده میشود. فاصله OA را بازوی نیروی کارگر و فاصله OB را بازوی نیروی ایستادگی مینامند میله AB اهرم نامیده میشود.

آزمایش پیش بما نشان میدهد که اگر حاصل ضرب نیروی P در فاصله‌اش از تکیه‌گاه O اندکی بزرگتر از حاصل ضرب نیروی Q در فاصله‌اش از O باشد میله بسوی P خواهد گردید. پس اگر Q بسیار بزرگ است یعنی اگر جسم خیلی سنگین است میتوانیم فاصله OB را کوچک و فاصله OA را بزرگ بگیریم و از آنجا با نیروی P کوچکتر از Q بر سر A فشار آورده جسم را تکان دهیم. مثلاً اگر Q مساوی ۲۰۰ کیلوگرم و OB ۱۰ سانتیمتر باشد OA را مساوی یک متر

فیزیک

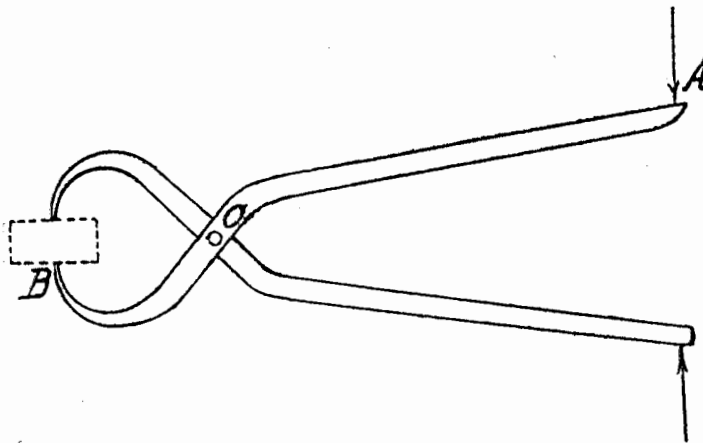
گرفته و با نیروی ۲۰ کیلوگرم جسم را تکان خواهیم داد. در اینجا:
 20×100 200×10

پس شرط ترازمندی اهرم این است که حاصل ضرب نیروی کارگر در بازوی آن باید مساوی حاصل ضرب نیروی ایستادگی در بازویش باشد.
 یعنی $P \times OA = Q \times BO$

میتوان نیز گفت که باید گشتاور نیروی کارگر مساوی گشتاور نیروی ایستادگی باشد.

۳۹ - سه جور اهرم داریم

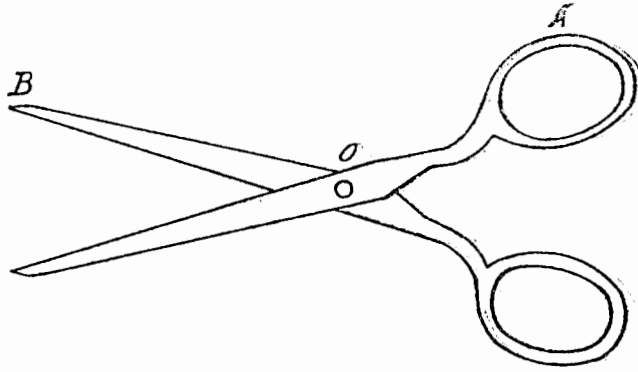
جور نخست - تکیه‌گاه میان نیروی کارگر و نیروی ایستادگی است.
 مثال گاز - قیچی - میخ کش (شکلهای ۶۰-۶۱-۶۲).



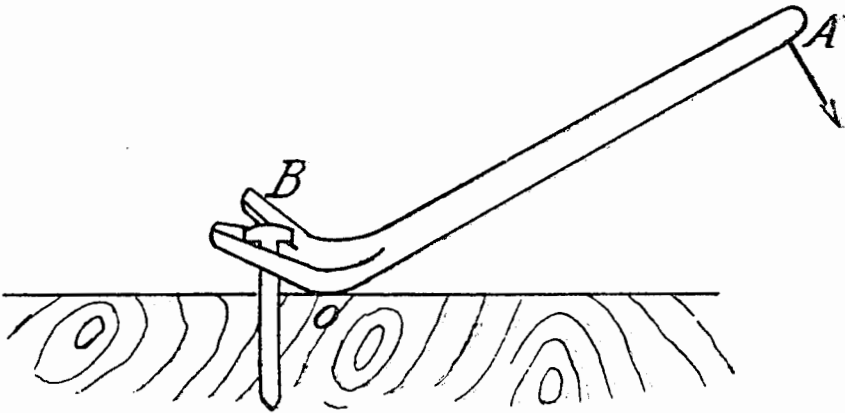
شکل ۶۰

در مثال میله سنگ تراشان و گاز و میخ کش می خواهیم با نیروی کارگر کوچکی بر نیروی ایستادگی بزرگی چیره شویم از اینرو بازوی نیروی کارگر را بزرگتر و بازوی نیروی ایستادگی را کوچکتر برمیگزینیم. در مثال

اھرم



شکل ۶۱

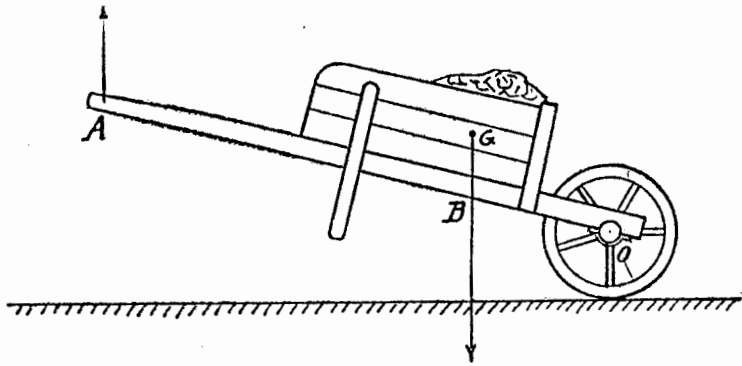


شکل ۶۲

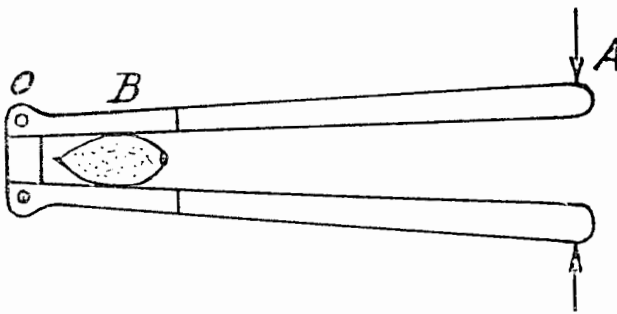
قیچی می‌خواهیم که نقطه کار بست نیروی ایستادگی حرکت بیشتری بکند ولی در برابر نیروی ایستادگی کوچک است پس بازوی نیروی کارگر را کوچکتر و بازوی نیروی ایستادگی را بزرگتر برمیگزینیم.

جور دوم. - نیروی ایستادگی و نیروی کارگر هر دو بیک سوی تکیه‌گاه می‌باشند لیکن نیروی کارگر دورتر است، مانند چرخ خاک کشی و بادم شکن (شکل ۶۳-۶۴). در این جور دوم می‌خواهیم با نیروی

فیزیک



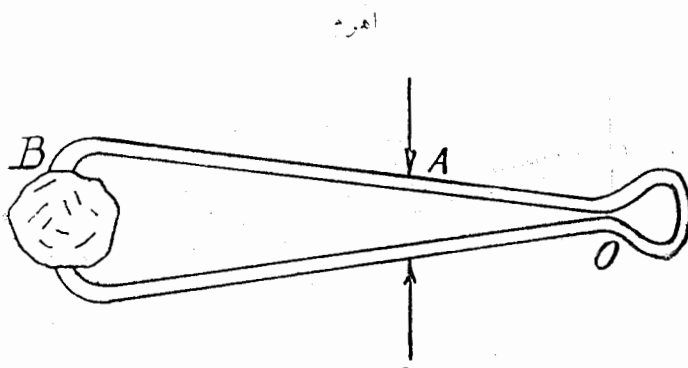
شکل ۶۳



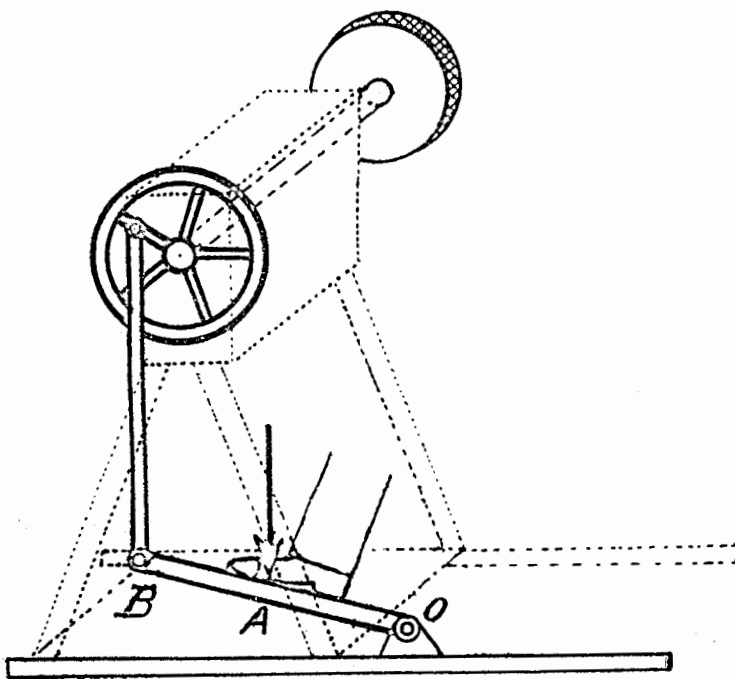
شکل ۶۴

کارگر کوچکتری بر نیروی ایستادگی بزرگتری چیره شویم این است که بازوی نیروی کارگر را بزرگتر برگزیدیم.

جور سوم - باز نیروی کارگر و نیروی ایستادگی هر دو یکسوی تکیه‌گاه هستند ولی نیروی کارگر نزدیکتر بآن است مانند انبر معمولی و چرخ کارد تیز کردن و بازوی انسان (شکلهای ۶۵-۶۶-۶۷). در جور سوم میخواهیم حرکت نقطه کار بست نیروی ایستادگی بیشتر باشد این است که بازوی



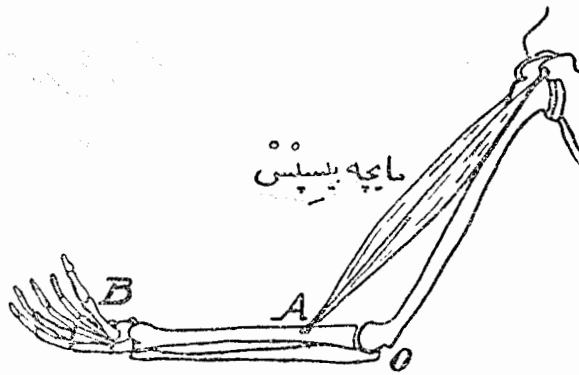
شکل ۶۵



شکل ۶۶

آنرا بزرگتر برگزیدیم، نیروی کارگر باید بزرگتر از نیروی ایستادگی باشد ولی در برابر حرکت بیشتری بنقطه کار بست نیروی ایستادگی می‌دهیم.

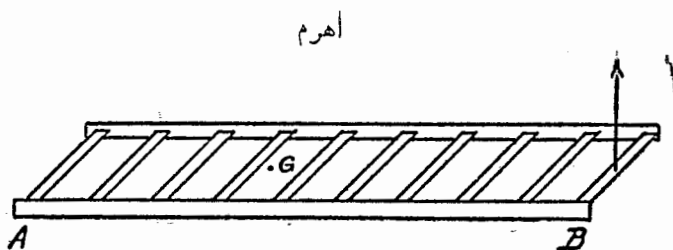
فيزيك



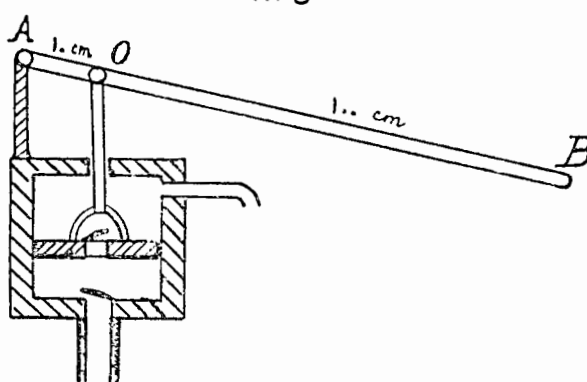
شكل ٦٧

پرسش

- ١ - سنگی که ١٥٠ کیلو گرام سنگینی دارد میخواهیم با اهرمی بلند کنیم. نیروئی که میتوانیم بکار ببریم ٥٠ کیلو گرام است. تکیه گاه در ٢٠ سانتیمتری سنگ است. درازی اهرم باید از چه اندازه کمتر نباشد.
- ٢ - کسی سبدی روی چوبی انداخته و چوب را روی شانه اش گذارده میبرد. اگر سبد را روی چوب جا بجا کند آیا فشاری که بشانه اش میآید کمتر یا بیشتر میشود؟
- ٣ - قند گیر و دسته تلمبه و قیچی چه جور اهرم هائی میباشند؟
- ٤ - هرگاه سنگی خود را بدانید آیا میتوانید بوسیله یک تخته بلندی و يك خط کشی سنگینی يك همشاگردی را پیدا کنید؟
- ٥ - چرا قیچی آهن کوبها دارای دسته بلند و تیغه کوتاه و قیچی درزی ها دارای دسته کوتاه و تیغه بلند میباشد؟



شکل ۶۸



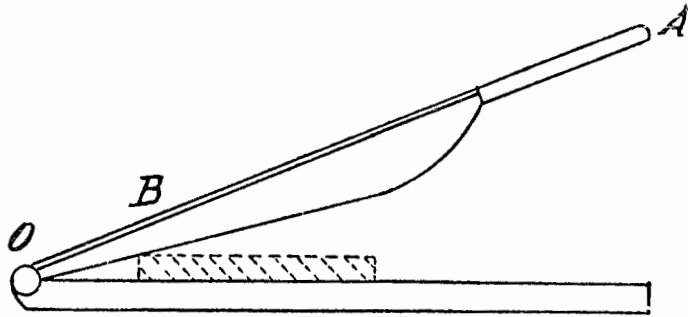
شکل ۶۹

۶ - نردبانی دارای درازی AB مساوی ۵ متر است . سنگینی آن ۵۰ کیلوگرام و گرانیگاهش در دومتري A است (شکل ۶۸) . چه نیروئی باید بر B وارد آورد تا بتوان نردبان را از زمین بلند کرد ؟

۷ - دسته تلمبه بدرازی ۱۱۰ سانتیمتر دور نقطه O که در فاصله ۱۰ سانتیمتر از A است میتواند بچرخد (شکل ۶۹) . بر سر B نیروی ۷ کیلوگرام وارد میکنیم چه نیروئی بر سر سنبه وارد میآید ؟

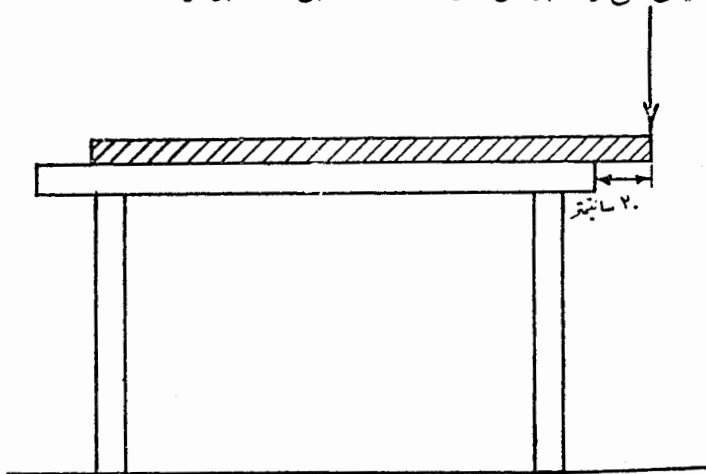
۸ - کارد مقوا بری مانند شکل ۷۰ دارای درازی ۳۰ سانتیمتر است . باید کارد بر مقوا نیروی ۷ کیلوگرام وارد آورد تا مقوا بریده شود . اگر مقوا را در فاصله ۵ سانتیمتر محور O بگذاریم چه نیروئی باید بر A وارد کرد ؟

فیزیک



شکل ۷۰

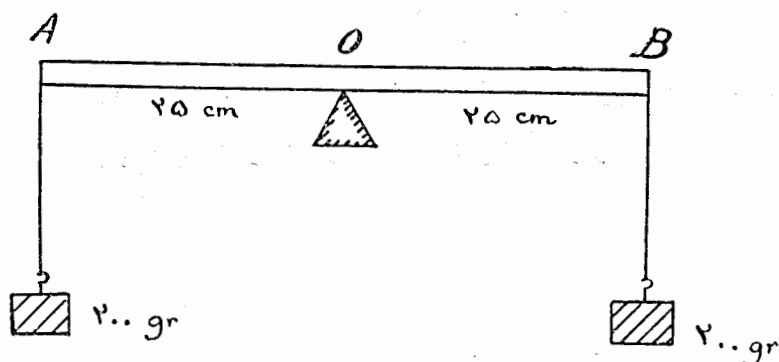
۹- چهار چرخه ای در سر بالائی سختی مانده میخوایم کمک کنیم که از آنجا بگذرد آیا بهتر آنست که پشت چهار چرخه یا پیراهن های جرخ فشار آوریم؟
 ۱۰- تخته ای بدرازی ۲ متر و سنگینی ۱۰ کیلوگرام روی میزی گذارده ایم بطوریکه یک سر آن باندازه ۲۰ سانتیمتر از لبه میز بیرون است. چه سنگینی می توان براین سر تخته گذارد بی آنکه برگردد؟



شکل ۷۱

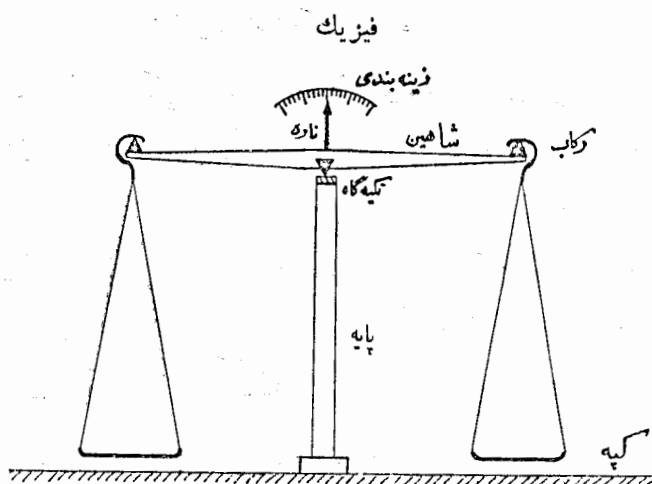
بخش پنجم: ترازو و اندازه گیری توده

۴۰. ترازو میله ای است که از نقطه میانه اش بر تکیه گاهی گذارده شده است. هرگاه دو سنگ مساوی بدو سر آن بیاویزیم میله ترازمند میماند (شکل



شکل ۷۲

(۷۲) اگر دو سنگ مساوی نباشند میله بسوی سنگ بزرگتر میچرخد. میله را شاهین مینامند. در میان میله کارد پولادی یا از عقیق کار میگذارند که تیزی آن بسوی پائین است و بر تکیه گاه ترازو از پولاد یا عقیق قرار میگیرد (شکل ۷۳). در دو سر میله دو کارد دیگری است که تیزی آنها بسوی بالا است و حلقه



شکل ۷۳

کپہ ها بر آنها آویخته است . دوری هر کدام از این کارد ها از کارد میانی بازوی شاهین است و باید دو بازوی شاهین مساوی باشند . در میان شاهین سوزن بلندی است که با آن میچرخد و از جلو نردۀ زینہ داری میگذرد از ایشرو میتوان رفت و آمد و ترازمندی ترازو را درست سنجید . این سوزن را نارۀ ترازو نامند .

۴۱ - اندازه گیری ساده توده

نخست هنگامی که کپہ ها تهی هستند نگاه میکنیم که نارہ در جلو چه نشانه‌ای ایستاده است . سپس جسم را در یکی از کپہ ها گذارده در کپہ دگر باندازه ای سنگ میگذاریم تا نارہ بهمان نشانه برگردد .

۴۲ - درستی ترازو

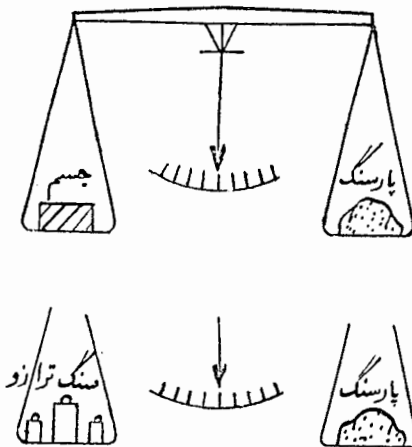
هرگاه کپہ ها تهی و نارہ سر نشانه‌ای بایستد سپس دو سنگ مساوی در دو کپہ بگذاریم نارہ بهمان نشانه برگردد گوئیم ترازو درست است . پس برای درستی ترازو باید دو بازوی شاهین مساوی باشند زیرا اگر

ترازو و اندازه گیری توده

مساوی نباشند گشتاور یکی از سنگها بزرگتر و شاهین بدان سو میچرخد برای آزمودن درستی ترازو پس از کشیدن جسم آنرا از کپه برداشته در کپه دوم می نهیم و سنگ را بجایش در کپه اول میگذاریم. اگر ناره باز بنشانه اولی برگشت ترازو درست است ولی اگر بار دوم باید بسنگها چیزی افزود یا از آنها چیزی کاست تا ناره به نشانه اول برگردد ترازو درست نیست.

۴۳ - سنجش دو گانه

با ترازوی نادرست نیز می توان توده جسمی را بدرستی سنجید. جسم را در کپه ای گذارده در کپه دیگر پاره سنگ میریزیم تا ناره بنشانه



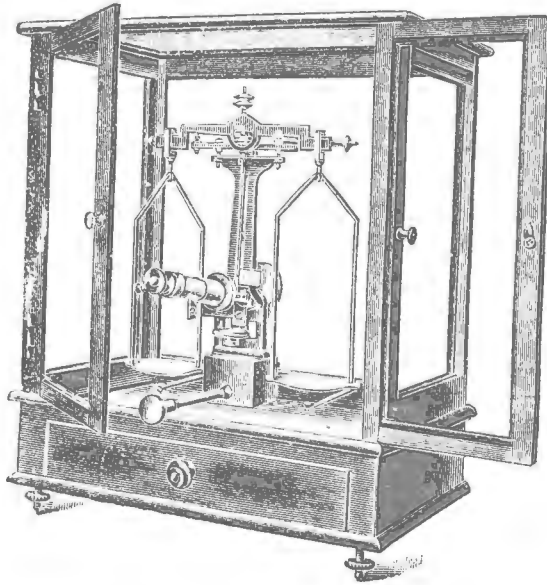
صفریاید. برای پاره سنگ میتوان شن و ماسه بکار برد. سپس جسم را از کپه برداشته جای آن سنگهای دانسته ای میگذاریم تا ناره دوباره بصفر برگردد (شکل ۷۴). در اینجا چون همان بازوی شاهین که برای جسم بکار رفته برای سنگها نیز بکار

رفته است پیدا است که سنگینی جسم و سنگها یک است

۴۴ - حساسیت ترازو

کوچکترین سنگی که ترازویی می تواند بسنجد حساسیت آن است. مثلاً اگر سنگ يك سانتیگرام را در یکی از کپه های ترازویی بگذاریم ناره

فيزيك



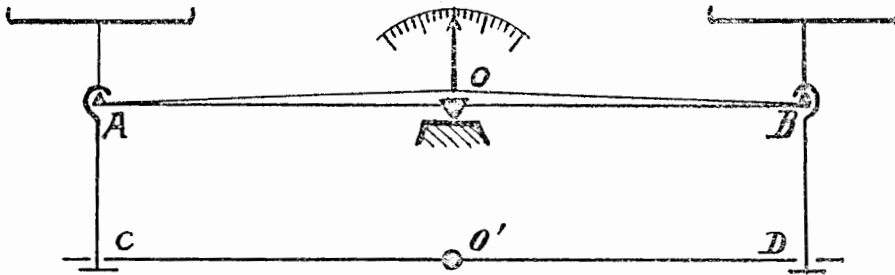
شكل ٧٥

باندازه ای جابجا شود که بتوان سنجید و اگر سنگ کوچکتر از يك سانتیگرام ناره را چندان جابجا نکند که بتوان سنجید گوئیم حساسیت این ترازو يك سانتیگرام است .

ترازوهای بسیار حساس هست که میتوان با آنها تايك هزارم میلیگرام سنجید . یا این گونه ترازوها از ده گرام بیشتر نمیسنجند تا بآنها آسیبی نرسد . از آنجائی که نسبت يك هزارم میلیگرام بده گرام مساوی نسبت يك است بده ملیون گوئیم دقت این ترازو يك ده ملیونم است

ترازوی خیلی دقیق را در جعبه شیشه میگذارند که هم خاک بر آن ننشیند و هم هنگام سنجش وزش هوا ترازمندی آنرا بهم نزنند (شكل ٧٥) . با ترازوهای معمولی داروخانه ها تايك میلیگرام میتوان سنجید ،

ترازو و اندازه گیری توده



شکل ۷۶

بزرگترین سنگی که با آنها میتوان سنجید ۲۰۰ گرم است پس دقت این ترازوها يك دویست هزارم است .

۴۵- ترازوی رو بروال

ترازوی رو بروال را بازرگانان و پیشه وران بیشتر بکار می برند چنانکه در شکل ۶۷ می بینید زیر هر کپه حلقه ای است که برتیزی کارد شاهین قرار دارد . برای اینکه هنگام چرخیدن کپه شاهین کپه ها کج نشوند برای هر حلقه ای دنباله ای رو بیائین گذاشته اند ، این دنباله در بندگاهی بسر میله CD که درازی آن با درازی شاهین برابر است پیوسته است . میله CD میتواند دور نقطه میانه اش O' بچرخد . بدینسان هنگام چرخیدن شاهین دوری نقطه های A و C از يك خط شاغولی مساوی مانده دنباله کپه همواره شاغولی و کپه کرانی میماند . حساسیت يك ترازوی رو بروال که بتوان با آن يك کیلوگرام کشید نزدیک يك دسیگرام است .

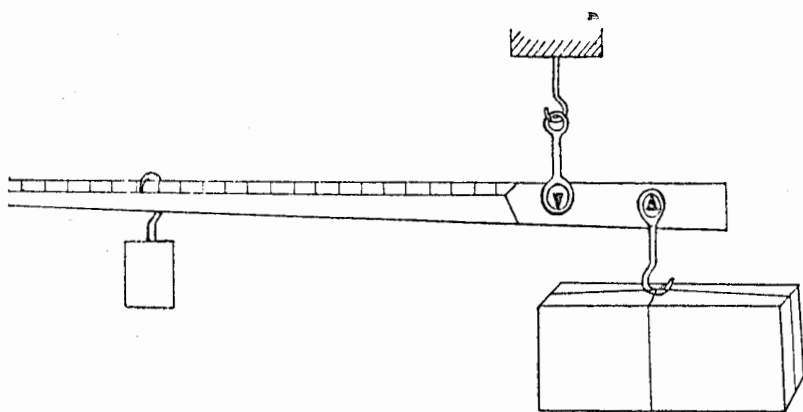
۴۶- کپان

کپان میله ای است که يك سر آن دارای دو کارد نزدیک بهم است . تیزی کاردی که نزدیک تر بسر کپان است رو ببالا است و حلقه ای برای

فيزيك

برداشتن بار بآن آویخته است. تیزی کارد دیگر رو بپائین است و بر حلقه‌ای که به تکیه گاه آویخته است قرار میگیرد. هنگا می که بر حلقه کارد اول باری می‌آویزیم کپان دور کارد دوم چرخیده بار پائین می‌آید و سر دیگر کپان بالا میرود.

اکنون سنگی باین طرف کپان می‌آویزیم و آنرا پس و پیش می‌بریم تا میله ترازمند گردد. میدانم که آنگاه گشتاور سنگینی بار مساوی گشتاور سنگ است یعنی دوری آن دو از کارد تکیه به نسبت عکس سنگینی آنها است. برای زینه بندی کپان بارهای دانسته‌ای بدان می‌آویزیم و سنگ را پس و پیش می‌بریم تا میله ترازمند گردد، سپس در جای سنگ نشانه ای روی میله می‌گذاریم و اندازه بار را نیز همان جا مینگاریم. با کپان های معمولی تا ۱۵۰ کیلوگرام میتوان سنجید.

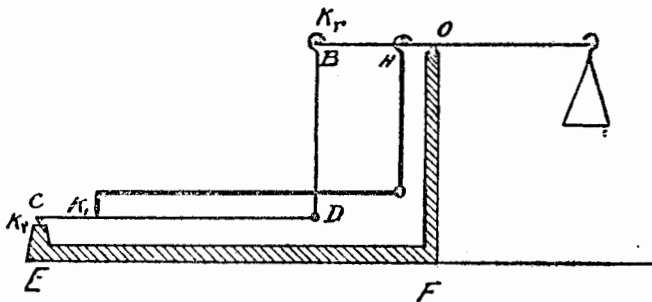


شکل ۷۷

ترازو و اندازه گیری توده

۴۷ - بار سنج

بار سنج دارای تختی است برای گذاشتن بار. این تخت بسر اهرمی آویخته است. بسر دیگر اهرم سنگهای دانسته می آویزند تا ترازمند گردد (۷۸-۷۹). برای اینکه هنگام کشیدن بار تخت بار سنج کرانی



شکل ۷۸

بماند يك سر آنرا با گارد K_1 بر میله چوبی CD تکیه داده اند، میله چوبی CD نیز دو تکیه گاه دارد یکی گارد K_2 که روی پایه EF جای دارد، دیگری گارد K_3 که باهرم آویخته است. نسبت فاصله های OH و BO را روی اهرم مساوی نسبت فاصله های K_1 و K_2 گرفته اند. پس هنگام چرخیدن اهرم پائین آمدن دو نقطه H و K_1 مساویست و تخت کرانی میماند. با بار سنج بار را بیشتر به نسبت ده بر يك میسینجند یعنی با سنگ ده کیلو گرامی که در کپه بگذارند بار سد کیلو گرامی ترازمند می گردد.

پرسش

۱ - جسمی را در يك کپه ترازوئی گذارده میکشیم توده ۵ کیلو

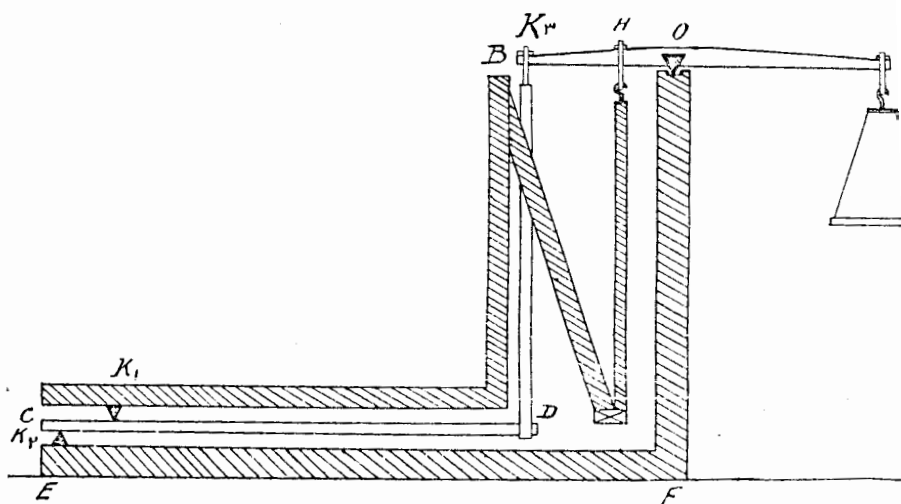
فيزيك

گرام بدست میآید .

۱ اگر در کپه دوم بگذاریم توده ۵۰۵۰ گرام بدست میآید نسبت بازوهای این ترازو چه اندازه است ؟

۲ - آیا میتوان با ترازوی پرسش (۱) توده درست جسم را بدست آورد ؟

۳ - جسم سنگینی ۶ کیلوگرام را با کپانی میکشیم . چنگکی که جسم بآن آویخته است در ۲ سانتیمتری کارد تکیه است و سنگ کپان فاصله ۴۰ سانتیمتر از آن کارد است . سنگینی سنگ کپان را حساب کنید .



شکل ۷۹

۴ - کپان ها معمولا برای آویختن جسم دو گارد دارند که یکی نزدیک تر و دیگری دورتر از کارد تکیه است . یکی را « سرسنگین » و یکی را « سربك » گویند کدام يك برای کشیدن جسمهای سنگین تر است .

بخش هشتم

توده ویژه دج ها و آبگون ها

۴۸ - میدانیم که اگر پاره آهنی و تکه چوبی بگیریم که 'گنج آنها یکی باشد پاره آهن از تکه چوب سنگین تر است . مثلاً اگر مکعبی از آهن داشته باشیم و تکه چوبی را تراشیده بهمان شکل و اندازه درآوریم مکعب آهن از مکعب چوب سنگین تر خواهد بود .

توده ویژه جسمی خارج قسمت توده آنست به 'گنج آن یعنی اگر V گنج جسم باشد و M توده آن، توده ویژه اش $\frac{M}{V}$ خواهد بود . میتوان نیز گفت که توده ویژه جسمی توده يك سانتیمتر مکعب آنست .

آزمایش : تکه چوبی را تراشیده بشکل مکعبی که پهلوش يك سانتیمتر باشد درآورید ، گنج آن يك سانتیمتر مکعب خواهد بود این مکعب را با ترازو کشیده توده آنرا بدست بیاورید . اکنون پاره گچی را نیز بهمان شکل و اندازه درآورید و با ترازو بکشید همین کار را با تکه چوب پنبه ای و پاره سربی نیز انجام دهید . پاره آهنی را با سوهان سائیده بهمین شکل درآورید و بکشید می بینید که توده این مکعبها با همدگر فرق دارند .

فیزیک

توده ویژه آهن ۷۸ گرام بر سانتیمتر مکعب است یک دسیمتر مکعب آهن دارای توده ۷۸ کیلوگرام است. توده ویژه سرب ۱۱۴ گرام بر سانتیمتر مکعب است.

اگر جسم شکل هندسی معینی داشته باشد گنج آنرا از روی اندازه هایش میتوان حساب کرد، سپس جسم را با ترازو کشیده توده آنرا بگنجش تقسیم میکنیم تا توده ویژه اش بدست آید.

۴۹- چگالی یا توده ویژه وابسته - نسبت توده ویژه

جسمی را به توده ویژه جسم دیگری توده ویژه وابسته یا چگالی جسم اول نسبت بجسم دوم گویند. چگالی جسمهای دج و آبگونرا معمولا نسبت باب میسجند. توده یک سانتیمتر مکعب آب مساوی ۰.۹۹۹۹۷۳ گرام است یعنی خیلی نزدیک بیک گرام است. معمولا آنرا مساوی یک گرام می گیرند. پس چگالی جسمی نسبت باب عدداً نزدیک بتوده ویژه آن جسم است. مثلاً چگالی آهن نسبت باب مساوی $\frac{۷۸ \text{ گرام بر سانتیمتر مکعب}}{۱ \text{ گرام بر سانتیمتر مکعب}} = ۸۷$ است.

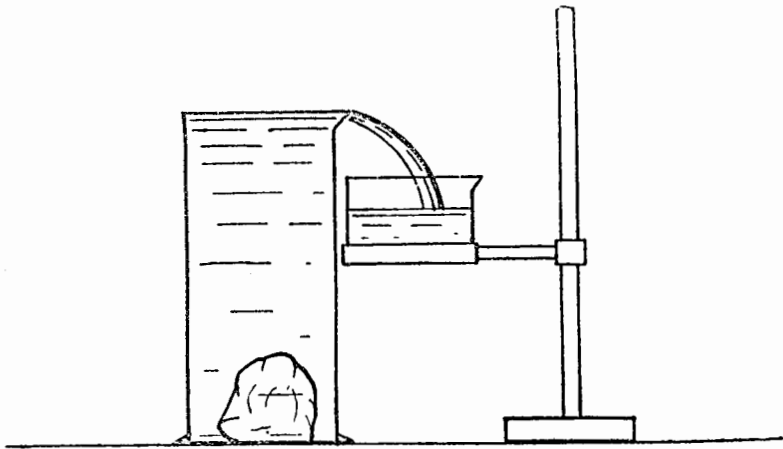
چون چگالی نسبت دو توده ویژه است فقط با عدد گفته میشود و یکه نمی ندارد. چگالی را میتوان نیز چنین تعریف کرد: چگالی جسمی نسبت بجسم دیگر نسبت توده های دو گنج مساوی از این دو جسم است.

۵۰- اندازه گیری چگالی دج ها - الف: برای اندازه

گرفتن چگالی جامدی نسبت باب باید گنجی از آب مساوی گنج جسم بدست آوریم، برای این کار ظرفی پراز آب می کنیم تا لبالب شود، سپس

توده ویژه جامدها و آبکونها

جسم را درون ظرف میگذاریم و آبی که از ظرف بیرون میریزد در ظرف دیگری میگیریم. گنج این آب همان گنج جسم است (شکل ۸۰).

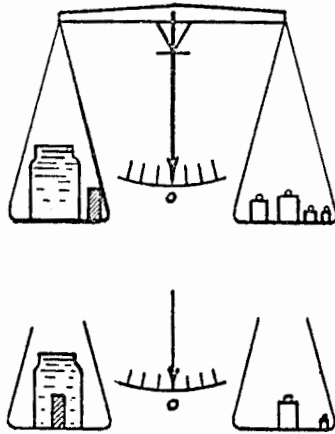


شکل ۸۰

اکنون جسم و این آب همگنج را جداگانه با ترازو میکشیم و توده اولی را به توده دومی تقسیم میکنیم چگالی جسم نسبت باب بدست میآید.
ب - روش تنگ: 'تنگ' کوچک دهانه گشادی را 'پر از آب کرده روی يك کپه ترازو بگذارید، جسمی که چگالی آنرا میخواهید بدست آورید در همان کپه، و سنگهای ترازو را در کپه دوم بگذارید تا ترازمندی بدست آید (شکل ۸۱).

اکنون تنگ را از کپه برداشته جسم را درون آن بگذارید يك اندازه آب از تنگ بیرون میریزد. دیواره تنگ را خشک کنید سپس تنگ را با جسمی که درون آنست در کپه بگذارید چون يك اندازه آب از

فیزیک

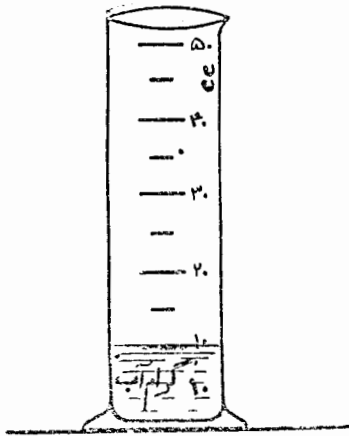


شکل ۸۱

تنک بیرون ریخته است این کپه سبک تر شده است. سنگ هائی که باید از کپه دوم بردارید تا ترازمندی از نو بدست آید مساوی توده آب بیرون ریخته یعنی مساوی توده آب همگنج جسم میباشد. چون توده جسم را جدا گانه با ترازو بدست آوریم و آنرا بر توده آب همگنج تقسیم کنیم چگالی جسم نسبت به آب بدست میآید.

ج - روش شیشه زینه دار : شیشه زینه دارى را میتوانيد بدینسان آماده کنید . شیشه درازى تهیه کنید و يك مقدار آب مثلا ۱۰ گرام با ترازو کشیده در آن بریزید . روی دیواره شیشه برگ کاغذی بچسبانید و روی آن نشانه‌ای در آنجائی که آب رسیده است بگذارید چون گنج ۱۰ گرام آب تقریباً ۱۰ سانتیمتر مکعب است پهلوی نشانه بنویسید ۱۰ سانتیمتر مکعب (شکل ۸۲) ، باز ۱۰ گرام آب در شیشه بریزند و نشانه دیگری بگذارید و پهلوی آن بنویسید ۲۰ سانتیمتر مکعب و

توده ویژه دج‌ها و آبگونها

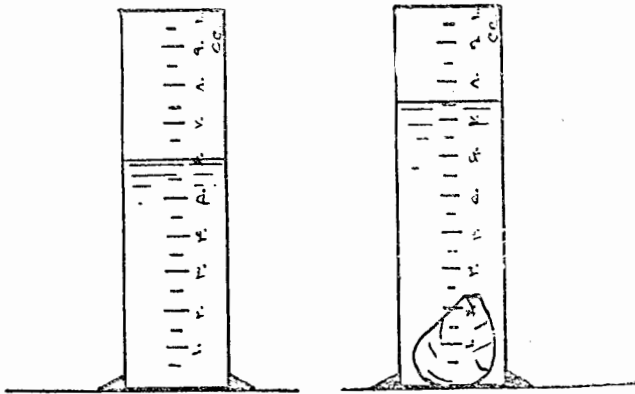


شکل ۸۲

همچنین تاشیشه پر شود. این شیشه زینه دار شده است.

اکنون گنج جسم را میتوانیم با این شیشه پیدا کنیم. یک اندازه آب درون شیشه میریزیم و سطح آنرا نشانه میکنیم. سپس جسم را درون شیشه میگذاریم سطح آب بالا میآید و جلو نشانه دیگری میایستد. گنج جسم مساوی اختلاف این دوزینه است. توده جسم را با ترازو پیدا میکنیم و

با این عدد تقسیم کرده چگالی جسم بدست میآید (شکل ۸۳)



شکل ۸۳

۵۱- چگالی آبگونها: تنگی را در کپه ترازویی گذارده

آنرا پار سنگ نمائید، سپس تنگ را پر از آب کرده و در کپه دیگر سنگ

فیزیک

برازو بگذارید تا ترازمندی پیدا شود توده آب تنک بدست میآید.

۱. گنچون تنک را تهی کرده پر از آبگونی که چگالی آنرا میخواهیم پیدا کنیم می نمائیم (مثلاً نفت یا الکل ...) و از نو میکشیم و توده آبگون را پیدا میکنیم.

بدینسان توده های دو گنچ مساوی از آبگون و آب بدست آوردیم. آن دو را بهم دیگر تقسیم میکنیم چگالی آبگون نسبت به آب بدست میآید مثلاً اگر توده آب تنک ۵۰ گرام و توده نفت تنک ۲۰ گرام بوده است چگالی نفت نسبت بآب مساوی $0.8 = \frac{20}{50}$ است.

برای اینکه اندازه گیری با روش تنک دقیق تر باشد باید گلولی تنک باریک و بلند باشد که اگر سطح آبگون در آن کمی بالاتر یا پایین تر باشد گنچ آن چندان تغییری نکند. برای جامد چون باید جسم را درون تنک برد دهانه آن باید گشاد باشد ولی یک در تو خالی روی آن میگذارند

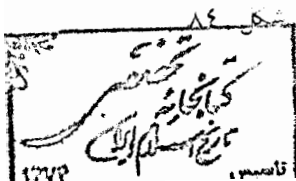
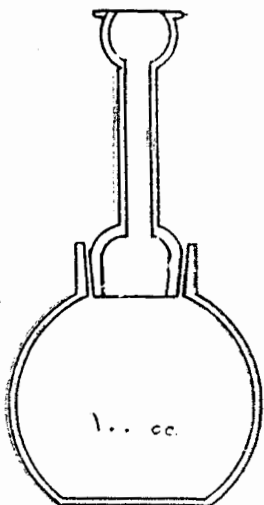
(شکل ۸۲) که لوله را بسیار باریک و

سطح آب در این لوله بالا میآید.

۵۲ - سنگینی و ویژه - سنگینی ویژه جسمی سنگینی یک سانتیمتر مکعب آن جسم است یعنی نیروئی است که ربایش زمین بیک سانتیمتر مکعب آن جسم در نقطه معینی وارد میدهند و به آن گرام نیرو بر سانتیمتر مکعب است.

پرسش

۱ - سنگینی و ویژه قلع چوبی بدرازی ۱۰



توده ویژه دج ها و آبکونها

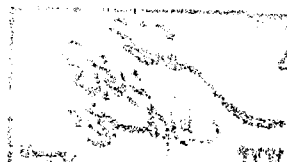
سانتیمتر و پهنای ۴ سانتیمتر و کلفتی ۱۱۲ سانتیمتر و سنگینی ۱۲ گرام
ر پیدا کنید.

۲ - میخوایم سنگ ترازویی از برنج درست کنیم. سنگ باید
استوانه شکل و دارای سنگینی یک کیلوگرام باشد. چگالی برنج ۸۰۴ است
بلندی استوانه باید چه اندازه باشد در صورتیکه قطرش ۵ سانتیمتر است؟
۳ - چند گرام گلیسرین میتوان در شیشه‌ای که ۱۰۰ گرام جوهر
گوگرد میگیرد ریخت؟ چگالی جوهر گوگرد ۱۱۸۴ است. چگالی
گلیسرین ۱۲۶ است.

۴ - چگالی پلاتین (۲۱۴) است. گنج توده‌ای از پلاتین سنگینی
۵۰ کیلوگرام را پیدا کنید.

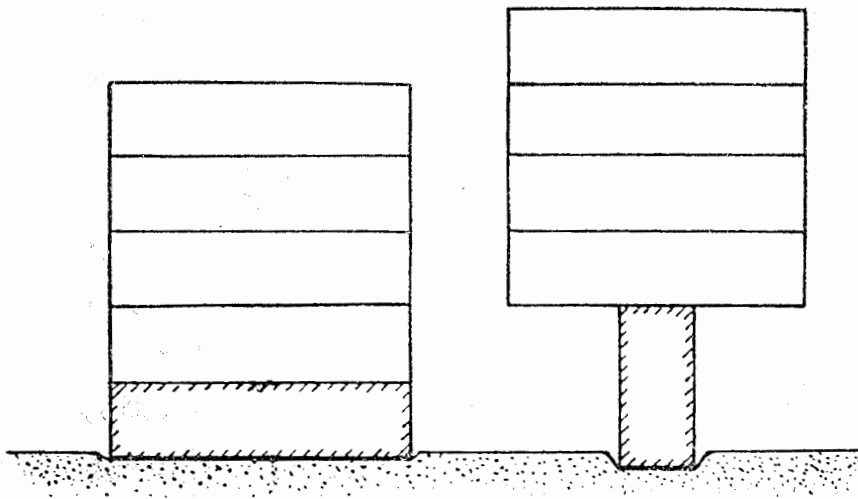
۵ - یک کیلوگرام الکل در استوانه میریزیم الکل تا بلندی ۸
سانتیمتر میرسد. قطر استوانه را پیدا کنید. چگالی الکل ۰۰۷۹ است.
۶ - لوله بسیار باریکی داریم بدرازی ۲۰ سانتیمتر و سنگینی ۴
دسیگرام. برای یافتن قطر آن جیوه در آن می‌ریزیم و لوله با جیوه اش
را با ترازو می‌کشیم ۱۲ دسی‌گرام بدست می‌آید. قطر درونی لوله
چقدر است؟

۷ - ۱۸۰ گرام آب در شیشه زینه داری ریخته تخم مرغی که
سنگینش ۴۰ گرام است در آن می‌گذاریم. آب تا زینه ۲۱۵ سانتی متر
مکعب بالا می‌آید. چگالی تخم مرغ چند است؟



بخش هشتم : فشار

۵۳ - آجری را تخت روی خاک نرم نهاده چند آجر دیگر روی آن بگذارید میبینید که در جای خود اثر خیلی کمی میگذارید. اکنون آجر را از پهلو روی خاک نرم بنهید و همان چند آجر را روی آن بگذارید میبینید که آجر بیشتر در خاک فرو میرود بجای خاک نرم میتوان این آزمایش را با برف هم انجام داد (شکل ۸۵).



شکل ۸۵

فشار

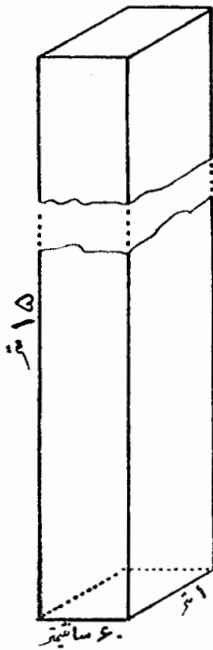
از این آزمایش چنین بر میآید که هرگاه نیروئی بر جسمی وارد بشود هرچه سطح تکیه جسم کمتر باشد بیشتر بر تکیه گاه اثر میکند. از جایی که تازه شفته ریخته باشند هرگاه بگذریم پاها در شفته فرو میروند، بنایان روی شفته تخته پهنی میاندازند و از روی آن میگذرند زیرا سطح تخته بزرگ است و اثر سنگینی تن بر سطح بزرگتری تقسیم شده تخته در شفته فرو نمیرود.

خارج قسمت نیروئی که بر جسمی وارد است بر سطح تکیه آن جسم فشار بر تکیه گاه نامیده میشود. یکه فشار $\frac{1}{\text{کیلو گرام نیرو بر سانتیمتر مربع}}$ است.

اگر پهنای آجر چهار کوشی 20 سانتیمتر باشد سطح آن مساوی $20 \times 20 = 400$ سانتیمتر مربع میشود. اگر سنگینی آجر سه کیلوگرم باشد فشاری که بر تکیه گاهش میآورد مساوی است با $\frac{3}{400} = 0.0075$ کیلو گرام بر سانتیمتر مربع یا 7.5 گرام نیرو بر سانتیمتر مربع. اکنون اگر کفنی آجر 5 سانتیمتر باشد و آجر را از پهلوی بگذاریم سطح تکیه میشود $20 \times 5 = 100$ سانتیمتر مربع و فشاری که بر تکیه گاه میآید مساوی $\frac{3}{100} = 0.03$ کیلو گرام نیرو بر سانتیمتر مربع یعنی بر هر سانتیمتر مربع تکیه گاه 30 گرام نیرو وارد میآید. این فشار چهار برابر فشار پیش است از این رو اثر آن بیشتر است.

هرگاه بخواهیم اثر نیروئی بر تکیه گاهی کم باشد باید نیرو را بر سطح بزرگتری وارد کنیم. مثلاً اگر بخواهیم چهار چرخه ای را از جای پرگلی گذر دهیم که بیم فرو رفتن چرخ ها می رود باید چند تخته پهن روی زمین بیندازیم و چرخ ها را از روی آن ها بگذرانیم. فرش کنیم که

سنگینی چهار چرخه و بارش يك تن باشد نیروئی که بر یکی از چرخها وارد است مساوی $\frac{1000}{4} = 250$ کیلو گرام است و ممکن است چرخ را در گل فروبرد. لیکن اگر تخته‌ای زیر دو چرخ راست و تخته‌ای زیر دو چرخ چپ بگذاریم که پهنای آنها را ۳۰ سانتیمتر و درازی آنها را ۲ متر فرض کنیم سطح آنها $30 \times 200 = 6000$ سانتیمتر مربع میشود و نیروئی که به دو چرخ وارد میشود بر این سطح تقسیم میگردد پس فشار مساوی $\frac{250 \times 2}{6000} = 0.083$ کیلو گرام یا ۸۳ گرام نیرو بر سانتیمتر مربع خواهد بود



شکل ۸۶

هنگامی که میخواهیم دیوار بلندی بسازیم باید پی آنرا باندازه کافی بهن بگیریم که زیاد فشار بر زمین نیاید و از نشست دیوار جلوگیری شده باشد. به آزمایش رسیده است که برای زمین رس معمولی نباید فشار از ۲ کیلو گرام بر سانتیمتر مربع بیشتر باشد. اگر بلندی دیوار ۱۵ متر و پهنای آن ۶۰ سانتیمتر باشد (شکل ۸۶) میخواهیم سنگینی آن را برای درازی يك متر حساب کنیم. گنج آن میشود $15 \times 0.60 \times 9 = 81$ متر مکعب. اگر چگالی سنگهای دیوار ۱۰۸ باشد سنگینی دیوار میشود $81 \times 108 = 8748$

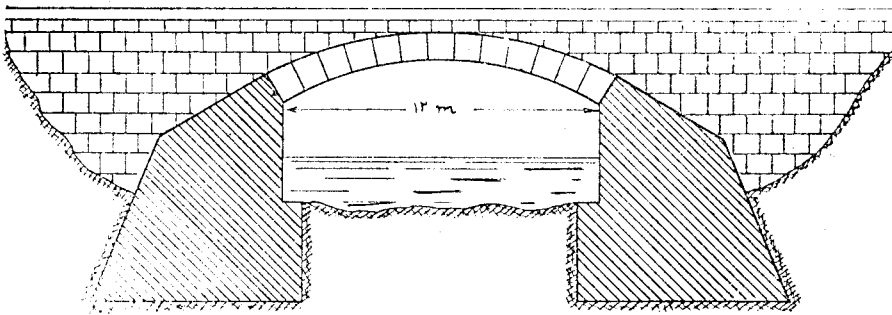
تن. برای پیدا کردن سطحی که برای پی لازم است این سنگینی را بر فشار ۲ کیلو گرام بر سانتیمتر مربع تقسیم میکنیم $\frac{8748}{2} = 4374$ سانتیمتر مربع چون درازی

فشار

دیوار را يك متر گرفتیم پهنای پی میشود $\frac{1100}{100} = 11$ سانتیمتر. برای اطمینان پهنای پی را ۸۵ سانتیمتر میگیریم. اگر روی دیوار باید طاقی ساخته شود سنگینی آنرا نیز باید در نظر گرفت.

در ساختن پلها اگر زمین رودخانه سست است باید پایه پل را بسیار

پهن گرفت که نشست نکند (شکل ۸۷).

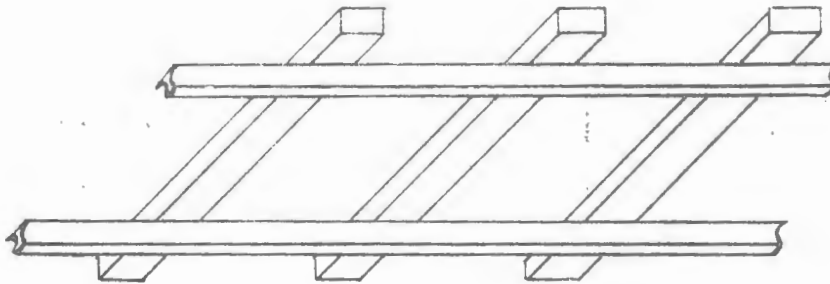


شکل ۸۷

در راه آهن فشاری که اوکوموتیو یا واگون های سنگین بر ریل میآورند بسیار بزرگ است و اگر ریل را مستقیماً روی زمین بگذارند فرو میرود پس ریل را روی تخته های پهنی میگذارند که سنگینی بر سطح بزرگتری تقسیم شود (شکل ۸۸).

پارهای ماشین های کشاورزی که برای شخم زدن زمین ها بکار میروند بوسیله نوارهای پهنی روی زمین حرکت میکنند (شکل ۸۹). چون سطح تکیه این نوار ها بزرگ است ماشین در شخم فرو نمیرود. در کشورهایی که برف بسیار میبارد از دیر زمانی با افزار های ویژه ای بکار برده اند که در برف فرو نمیرود. این با افزار ها دارای تخت

میزیک



شکل ۸۸



شکل ۸۹

سیار دراز و پهنی هستند و نوک آنها بسوی بالا بر آمده است ، آنها را شی یا اسکی مینامند (شکل ۹۰) .

اگر بخواهیم فشار بزرگی بیاوریم باید سطح تکیه را کوچک بگیریم تا نیروئی که کار میبریم بر سطح کوچکی تقسیم شود و فشار بزرگی پدید آید.

فشار



شکل ۹۰

سوزن چون سطح نوکش بسیار كوچك است
بآسانی فرو میرود. لبه‌های گازانبر چون نیز است
سطح آنها كوچك و با آن به نیروی دست میتوان
میخ آهنی را چید

پرسش

۱ - درازی سنگی ۶۰ سانتیمتر، پهنای
آن ۳۰ سانتیمتر و بلندی آن ۳۰ سانتیمتر میباشد.
سنگینی ویژه آن ۲۲ است. چه فشاری بزمین
میاورد؟

۲ - میخواهیم انبار آبی را بکنج ۲۰۰ متر مکعب بر چهار ستون
قرار دهیم. زمین پیش از فشار يك كيلو گرام بر سانتیمتر مربع را تاب ندارد
مقطع يك ستون را پیدا کنید.

۳ - تیر چراغ برق که از سیمان ساخته شده است دارای بلندی ۵
متر و مقطع مربعی است که پهلوی آن ۲۰ سانتیمتر است. اگر سنگینی
ویژه سیمان را ۲۵۰۰ گرام بر سانتیمتر مکعب فرض کنیم چه فشاری این تیر
بر زمین میآورد؟

۴ - برای پیدا کردن فشاری که زمین میتواند تاب آنرا بیاورد
چهارپایه‌ای را بکار میبریم که دارای پایه های مربعی است که پهلوی آنها
۴ سانتیمتر است. بر چهارپایه ۱۹۲ كيلو گرام سنگ میگذاریم تا آغاز
فرو رفتن بکند. این زمین تاب چه فشاری را دارد؟

گفتار دوم

ایست شناسی آبگون ها

بخش نخست : اجازه های بنیادی

ترازمندی آبگونها

۵۴- تعریف شاره

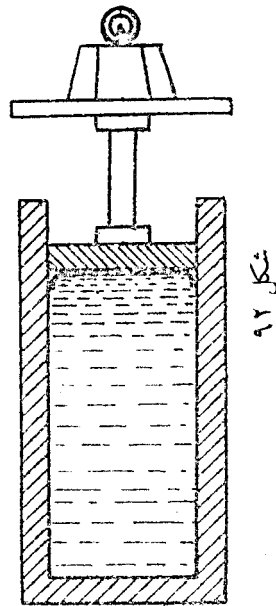
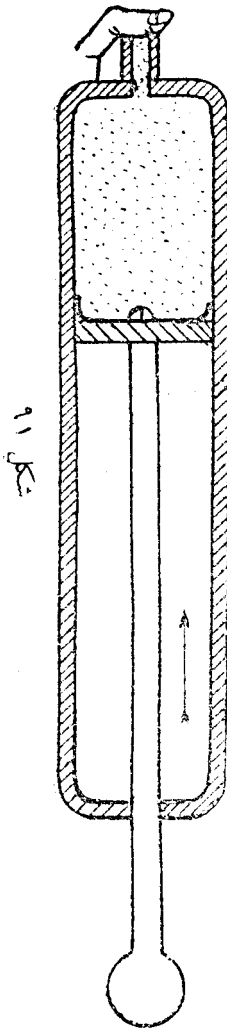
آبگونها و گازها شکلی مخصوص بخود ندارند و هرگاه آنها را از طرفی بظرف دیگر بریزیم بدون هیچگونه ایستادگی تغییر شکل پیدا کرده و همیشه شکل ظرف را بخود میگیرند (۴).

چنین جسمها را شاره گوئیم.

۵۵- آبگونها با آسانی بهم فشرده نمیشوند

آزمایش : آبدزدك شیشه‌ای را پُر از آب کنید و سر آنرا با انگشت بسته برسنبه فشار آورید، میبینید که سنبه پیش نمیرود (شکل ۹۱) همین آزمایش را با تلمبه دو چرخه، یا همین آبدزدك هنگامیکه در آن آب نیست

ایست شناسی آبکونها



(یعنی پر از هوا است) انجام دهید . میبینید که
 باسانی میتوان سنبه را در استوانه تلمبه رانده
 و هوای درون آنرا فشرده .

آبگونهها باسانی بهم فشرده نمیشوند ،
 در صورتیکه گازها را باسانی میتوان بهم
 فشرده و گنج آنها را کم کرد .

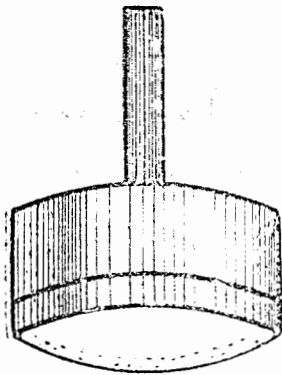
مثال : اگر گنجی از آب مساوی يك لیتر
 بگیریم و بر سطح آن فشاری مساوی يك کیلو گرام

بیاوریم گنج آن باندازه ۵۰ میلیمتر مکعب کم میشود یعنی باندازه $\frac{1}{2000}$
 گنجش از آن کاسته می شود . (شکل ۹۲)

اگر همین آزمایش را با هوا بکنیم گنج آن نصف میگردد .

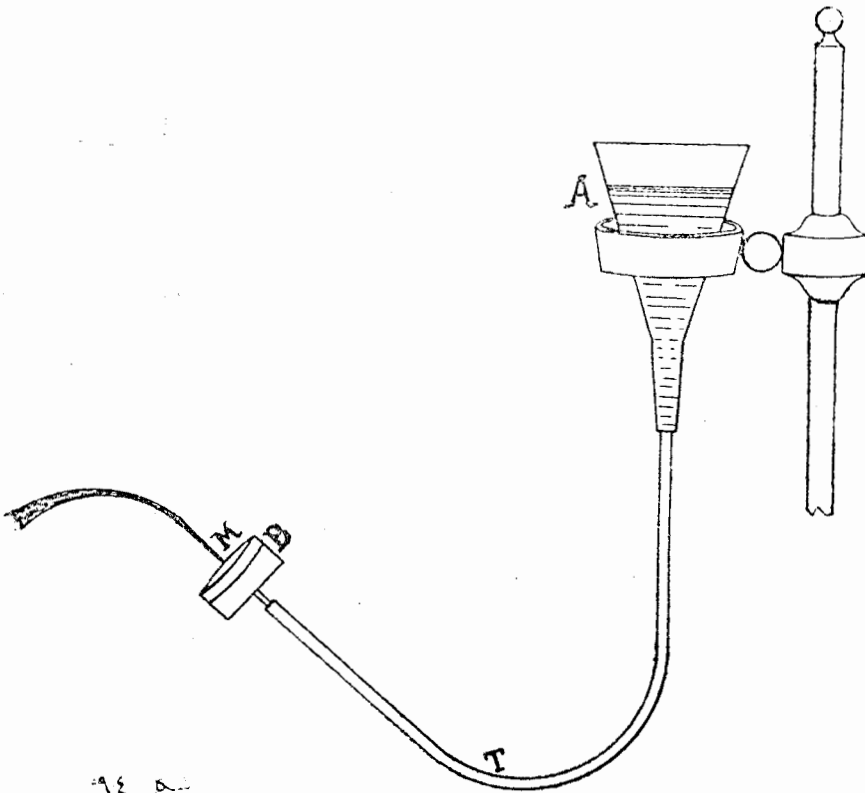
میزیک

۵۶ - خاصیت‌های آبگون‌ها



شکل ۹۳

آزمایش ۱ - قوطی گرد کوچک فلزی را گرفته (B، شکل ۹۳ و ۹۴) و روی آن برده لاستیکی نازک M را میکشیم و نه قوطی را سوراخی کرده و یک لوله کوچک فلزی بآن لحیم میکنیم و لوله لاستیکی دراز T را بآن وصل می‌کنیم لوله لاستیکی T را بقیف A وصل



شکل ۹۴

ایست شناسی آبگونها

نمائید و مقداری آب در قیف بریزید. اکنون قوطی B را پائین تر از قیف A نگاه دارید می بینید که پرده M برجسته میشود. پس آبگون بان فشار آورده است.

آزمایش ۳ - ظرف فلزی V را گرفته و دیواره های آنرا در چند جا سوراخ کنید (شکل ۹۵) و لوله های کوتاهی بسوراخها لحیم نموده و دهانه هر یک را با پرده لاستیکی نازکی ببندید. آبگونی در این ظرف بریزید خواهید دید که همه پرده ها برجسته شده و هر چه لوله پائین تر باشد برجستگی پرده بیشتر است. از این گذشته هرگاه دست خود را بر یکی از پرده ها بگذارید، فشاری را که بر پرده میآید بخوبی حس میکنید. این آزمایش ها نشان میدهند که آبگون بر دیواره ظرفش فشار میآورد.

۵۷ - راستای فشار بر دیواره ها

هنگامی که با آبش آب میاشیم (شکل ۹۶) می بینیم که راستای جهش آب در هر نقطه عمود بر سطح سر آبش است. از این گذشته اگر در دیواره های دیگر آبش سوراخهایی باشد، راستای جهش آب عمود بر آن دیواره خواهد بود.

آزمایش ۱ - پرده لاستیکی آزمایش نخست بند ۵۶ را با سوزن سوراخ نمائید می بینید که آب در راستایی عمود بر سطح پرده میجهد و قوطی را بهر سو که نگاهدارید باز راستای جهش آب عمود بر سطح پرده است.

آزمایش ۲ -

در آزمایش ۲ بند ۵۶

هریک از پرده ها را

سوراخ نمائید (شکل

۹۷)، خواهید دید که

آب در راستای عمود

بر سطح پرده میچهد.

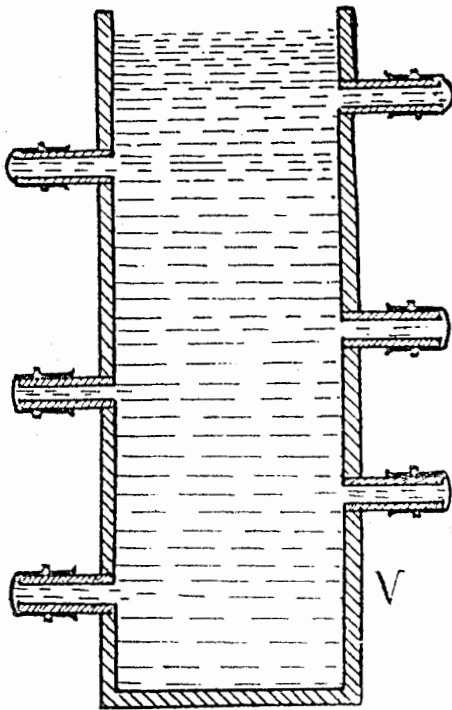
پس : فشاریکه

آبگون بر دیواره های

ظرف خود می آورد

عمود است بر آن

دیواره .



۵۸ فشار آبگون بر جسمیکه درون آن باشد

آبگونها بر جسمهائیکه درون آنها هستند فشار می آورند .

آزمایش ۱ - لوله ایکه دوسر آن باز باشد بگیرید (مثلا لوله لامپا)

و سر پائینی آنرا با گرده فلزی که بریسمانی آویزان است ببندید (باید

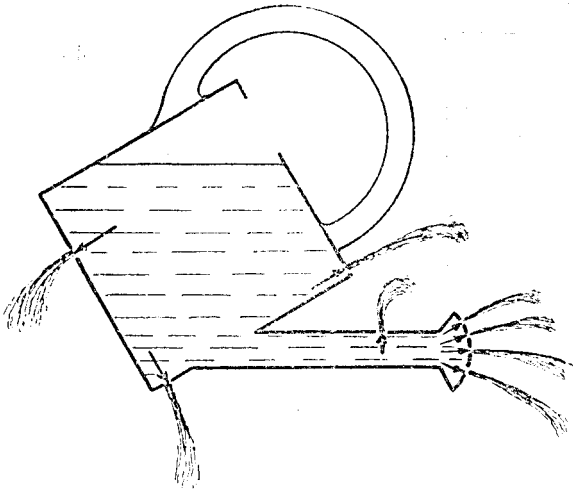
قاعده لوله طوری تخت باشد که بین صفحه و لوله رخنه ای نماند) سپس همین

سر لوله را (شکل ۹۸) داخل ظرف آبی کرده ، سر آزاد نخ را رها نمائید .

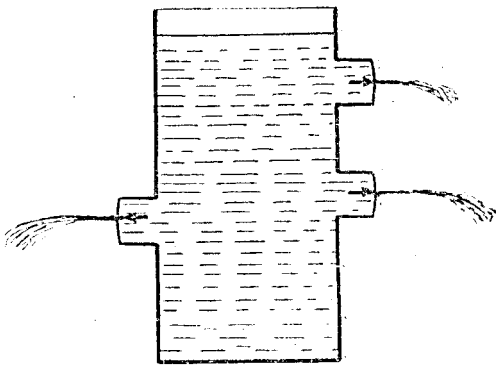
خواهید دید که گرده فلزی که از آب سنگینتر است و باید به ظرف بیفتد ،

از لوله جدا نشده و از ورود آب بدرون آن جلوگیری میکند ؛ در این

آزمایش بجای گرده فلزی میتوان یک صفحه شیشه ای نگار برد ، باید



شكل ٩٦



شكل ٩٧

صفحه را با دست

لوله گرفته و در آب

فروبرد : اگر دست را

برداریم شیشه نمیافتد.

آزمایش ۲ -

سرقوطی کوچکی را تا

پرده لاستیکی نازکی

بیندید و آن را داخل

ظرف آب نمائید .

فشار آب پرده نازک را

بدرون قوطی میراند.

آزمایش ۳ -

قوطی حلبی بلندی که در

چند جای آن سوراخ

های کوچک کرده باشید

در آب فرو برید خواهید

دید که آب از سوراخ

های کوچک با فشار در

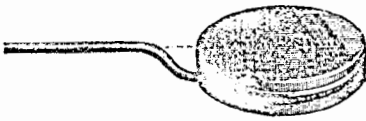
راستای عمود دیواره بدرون قوطی میجهد .

از این آزمایشها چنین بر میآید : فشار به آنگونها بر دیواره های

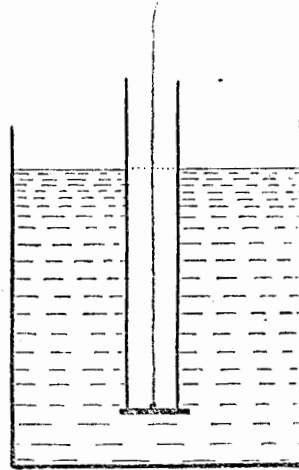
ظرف خود و جسمها ثبکه در آنها هستند میآورند . در هر نقطه عمود بر

سطح جسم است

میزیک



شکل ۹۹

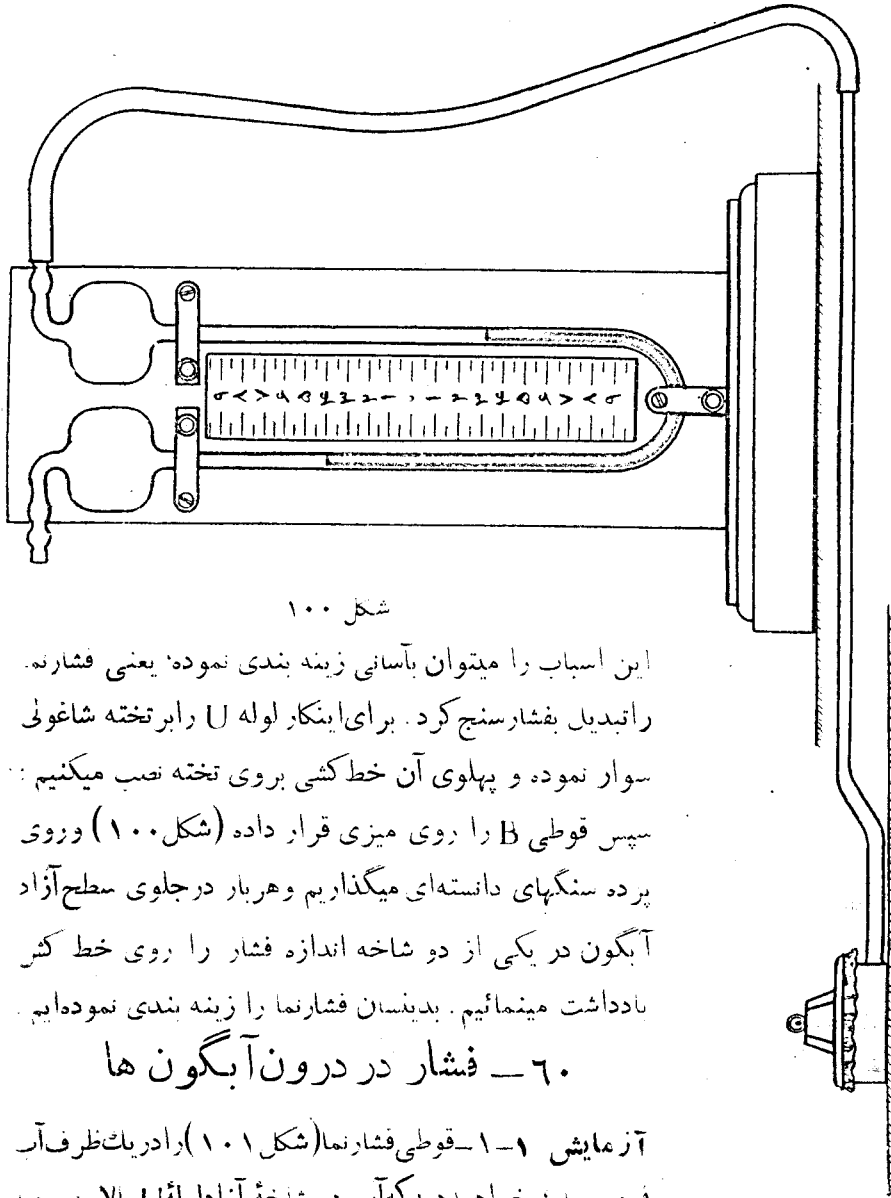


شکل ۹۸

۵۹ - فشارنما برای آبگون‌ها

دهانه قوطی فلزی را (شکل ۹۹ و ۱۰۰) با پرده لاستیکی نازکی بسته‌ایم در یکی از دیواره‌های کنار آن سوراخی است که لوله کوتاه فلزی T بآن نصب است. یک سر لوله شیشه‌ای U مانندی را با لوله لاستیکی درازی به T وصل می‌کنیم، در لوله U آب رنگین میریزیم، در حالت ترازمندی در دو شاخه لوله U آب هم سطح است. اکنون اگر بسطح پرده نازک فشار وارد آورند (مثلاً با دست فشار آورند یا سنگهای نشاندار کوچکی روی آن بگذارند) پرده کمی فرو میرود و هوای درون قوطی را میراند و در نتیجه آب در شاخه آزاد لوله U بالا میرود و بالا رفتن آب در یک شاخه لوله نشانه فشاریست که بر پوست نازک آمده است.

آزمایش - سنگ ترازویی روی پرده نازک بگذارید و چند سنگ دیگر یکی پس از دیگری بر آن بیفزائید، خواهید دید که هر چه سنگینی روی پرده زیادتر شود آب در شاخه آزاد بالاتر میرود.

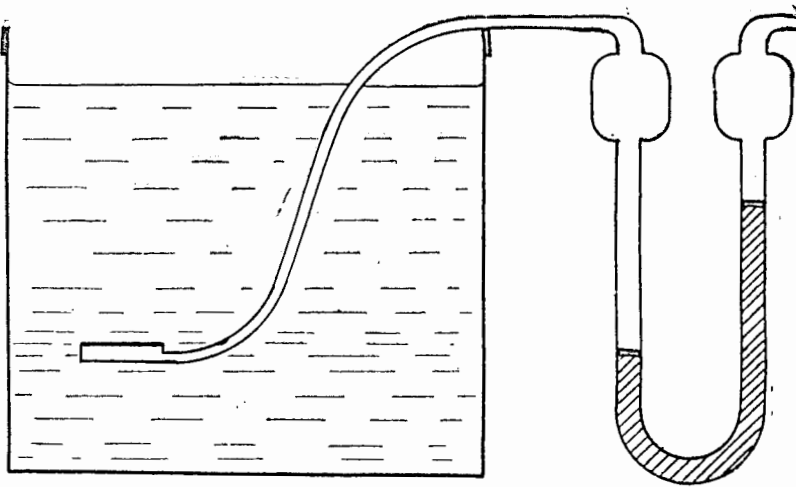


شکل ۱۰۰

این اسباب را میتوان باسانی زمینه بندی نموده یعنی فشارنه را تبدیل بفشارسنج کرد. برای اینکار لوله U را برتخته شاغولی سوار نموده و پهلوی آن خط کشی بروی تخته نصب میکنیم سپس قوطی B را روی میزی قرار داده (شکل ۱۰۰) و روی پرده سنگهای دانسته ای میگذاریم و هر بار در جلوی سطح آزاد آبگون در یکی از دو شاخه اندازه فشار را روی خط کسر بادداشت مینمائیم. بدینسان فشارنما را زمینه بندی نموده ایم.

۶۰- فشار در درون آبگون ها

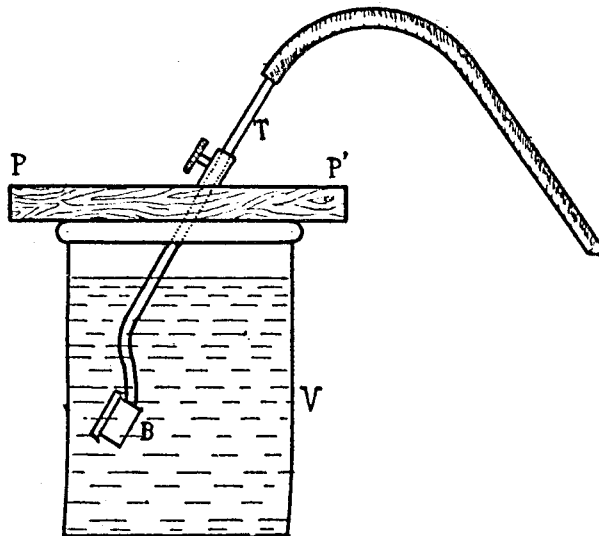
آزمایش ۱-۱- قوطی فشارنما (شکل ۱۰۱) را در یک ظرف آب فرو برید. خواهید دید که آب در شاخه آزاد لوله U بالا میرود.



شکل ۱۰۱

یعنی آب ظرف بر سطح پرده نازک فشار آورده است .

- ۲ - هر چه قوطی را در آب بیشتر فرو بریم فشار نما فشار بیشتری نشان میدهد ؛ پس هر چه در آب پایین تر رویم فشار افزون میگردد .
- ۳ - قوطی B را درون آبگون بسانی جابجا کنید که همیشه در يك سطح کرانی بماند . برای آسانی آزمایش لوله فلزی T فشارنما را بتخته ای متصل کرده و تخته PP را روی ظرف بزرگ شیشه V میگذارند . اکنون اگر تخته را پیش و پس کنند ، قوطی B جابجا میشود ولی همیشه در يك گودی می ماند (شکل ۱۰۲) . در اینصورت خواهید دید که فشار نما فشار پایائی نشان میدهد ، فشار در همه نقطه های يك سطح کرانی یکی است چنین سطحی که فشار در همه نقطه های آن پایا باشد سطح تراز نامیده می شود .



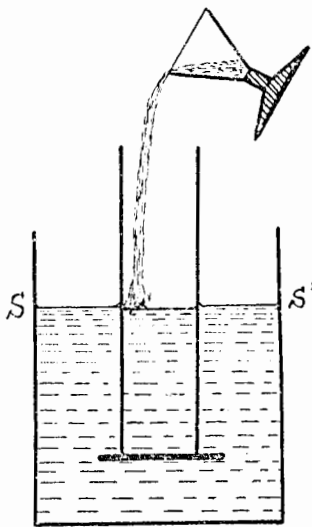
شکل ۱۰۲

۴ - اکنون بی آنکه تخته را پیش و پس کنید، لوله فلزی را دور خودش بچرخانید، یعنی پرده نازک را در راستاهای مختلف قرار دهید؛ خواهید دید که بازهم فشار تغییر نمی‌کند.

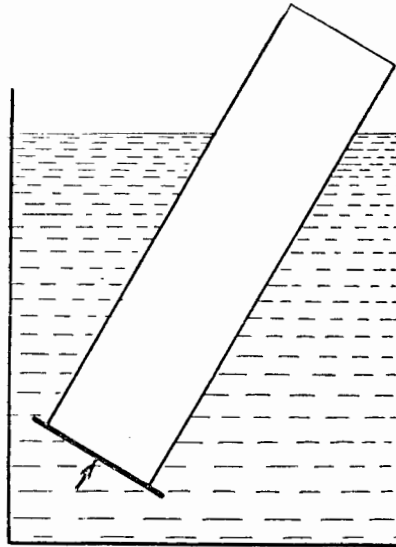
آزمایش ۲ - ۱ - لوله و صفحه آزمایش نخست بند ۵۸ شکل ۹۸ را از نو گرفته و چنانکه گفته شد در آب فرو برید: میدانید که صفحه از لوله جدا نمی‌شود، زیرا آبگون بآن فشار می‌آورد.

۲ - چنانچه لوله را باندازه کافی در آب فرو برده باشید، اگر آنرا اندکی کج کنید صفحه نخواهد افتاد، یعنی آبگون از هر سو بآن فشار می‌آورد (شکل ۱۰۳).

۳ - اکنون آب در لوله بریزید می‌بینید تا سطح آب در درون



شکل ۱۰۴



شکل ۱۰۳

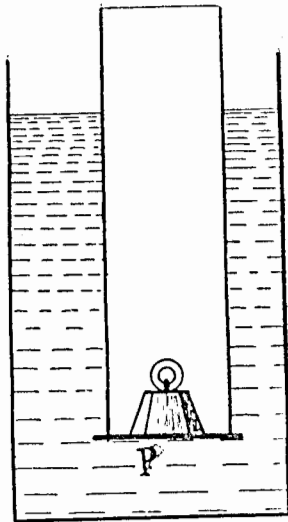
لوله بسطح SS' آزاد آبگون درون ظرف نرسیده گرده فلزی نمیافتد ولی هنگامی که آب لوله با آن ظرف هم تراز میشود صفحه از لوله جدا شده و بته ظرف میافتد (شکل ۱۰۴)، این آزمایش بما نشان میدهد که در این هنگام بصفحه از هر دو سو فشار میآید و چون این دو فشار مساوی و مخالف هم میباشند اثر یکدیگر را از میان میبرند.

از این آزمایشها چنین برمیآید که فشاریکه آبگونهابر سطح جسمهای مجاور خود میآورند، در هر نقطه عمود بر سطح است.

۶۱- اندازه فشار در درون آبگونها

آزمایش ۱- در آزمایش ۲ بند ۶۰ بجای آنکه در لوله آب بریزید (شکل ۱۰۵) روی صفحه کم کم سنگهای ترازو بگذارید تا صفحه از

ایست شناسی آبگونها



شکل ۱۰۵

استوانه جدا شود و بته ظرف بیفتد. آشکار است که در این هنگام فشاریکه این سنگها از بالا پائین بر صفحه P میآورند برابر است با فشار آبگون که از پائین رو به بالا بر همین صفحه میآید. اکنون اگر اوله را کمتر یا بیشتر در آب فرو برید می بینید که هر چه اوله را پائین تر ببرید باید بر سنگها بیفزائید تا صفحه جدا شود.

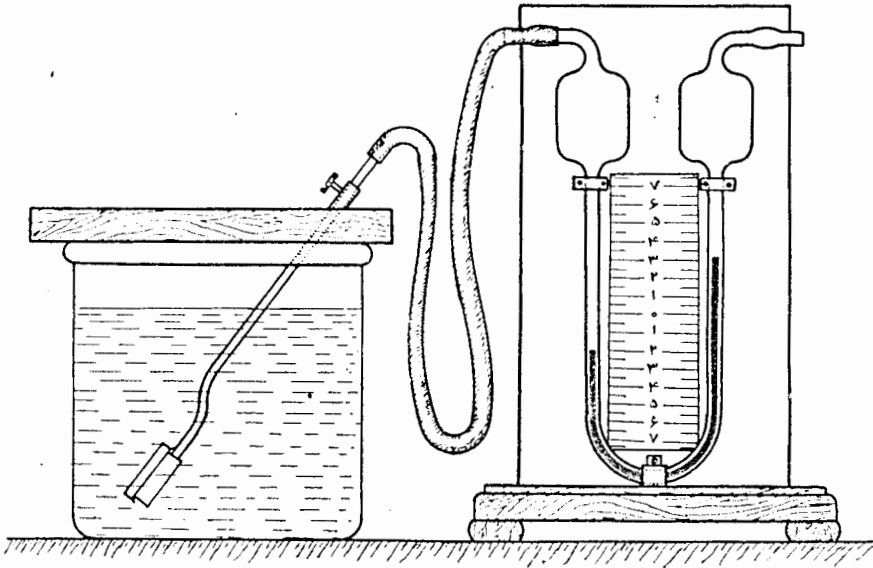
با این آزمایش اندازه فشار را در هر يك

از نقطه های آبگون میتوان بدست آورد.

مثلا اگر در آزمایشی فاصله صفحه از سطح آزاد آب تحت ۳۰ سانتیمتر باشد و سطح مقطع اوله ۱۰ سانتیمتر مربع، آزمایش نشان میدهد که باید با اندازه ۳۰۰ گرام سنگ روی صفحه گذارد تا آنکه صفحه از استوانه جدا شود. پس فشار آبگون در این سطح که فاصله اش از سطح آزاد آبگون ۳۰ سانتیمتر است برابر است با $30 = \frac{300}{10}$ گرام بر سانتیمتر مربع، یعنی مساوی است با سنگینی ستونی از آبگون که بلندی آن برابر فاصله آن نقطه از سطح آزاد آبگون و سطح آن يك سانتیمتر مربع باشد.

آزمایش ۲ - با فشار سنج شکل ۱۰۰ هم میتوان اندازه فشار را

در هر نقطه از آبگون معلوم نمود. شکل ۱۰۶ نشان میدهد که چگونه باید آزمایش را آراست. اندازه فشار را روی خط کش زینه دار



شکل ۱۰۶

میخوانند. مثلاً اگر در آزمایشی سطح آب رنگین در برابر زینه ۶۷۵
گرام ایستاده باشد و مساحت پرده لاستیکی در این آزمایش ۷۵ سانتیمتر
مربع باشد، فشار آب بر این پرده مساوی $\frac{175}{75}$ یا ۹ گرام بر سانتیمتر مربع
خواهد بود.

از این آزمایشها چنین برمیآید که :

اندازه فشار در هر نقطه درون آبگون مساوی است با سنگینی
ستونی از آبگون که سطح قاعده اش یک سانتیمتر مربع و بلندی
باندازه فاصله آن نقطه از سطح آزاد آبگون باشد.

مثال ۱ - در ظرفی به بلندی ۴۰ سانتیمتر الکل ریخته ایم، فشار
وارد بر ته ظرف را میخواهیم پیدا کنیم. سنگینی ویژه الکل ۰.۸ است؛
پس فشار $۳۲ = ۴۰ \times ۰.۸$ گرام بر سانتیمتر مربع است.

ایست شناسی آبگونها

۲ - در لوله ۷۶ سانتیمتر جیوه ریخته ایم و سنگینی ویژه جیوه ۱۳۶ است؛ فشار وارد بر ته لوله برابر: $۱۳۶ \times ۷۶ = ۱۰۳۳۶$ یا ۱۰۳۳ کیلو گرام بر سانتیمتر مربع است.

۳ - فشار وارد بر سطحی که در گودی هزار متری درون آب دریا باشد کمی بیش از ۱۰۰ کیلو گرام بر سانتیمتر مربع است (زیرا که سنگینی ویژه آب دریا کمی از يك بیشتر است).

۶۲ - اختلاف فشار میان دو نقطه آبگونیکه

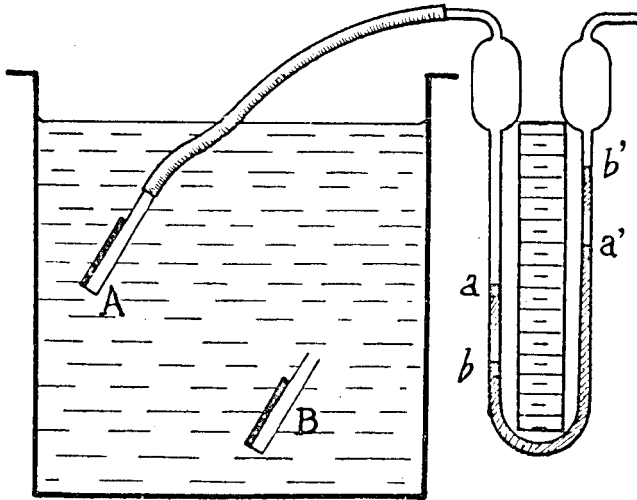
در ترازمندی باشد

آزمایش - قوتی كوچك فشار سنج شكل ۱۰۰ را در تشت بزرگ پراز آبی تا اندازه ای فرو برید و فشار را روی خط كش زینه دار بخوانید، سپس قوطی را بیشتر فرو برده فشار را بخوانید، و فاصله شاغولی دو نقطه را با خط كش زینه داری اندازه بگیرید (شكل ۱۰۷). در این آزمایش نخست خواهید دید که هر چه فاصله شاغولی میان دو نقطه زیاد شود، اختلاف فشار هم زیاد میشود.

۲ - اگر فاصله شاغولی دو نقطه را ثابت نگاه دارید ولی جای دو نقطه را تغییر دهید، خواهید دید با اینکه فشار در هر نقطه تغییر میکند تفاضل دو فشار تغییر نمیکند پس: اختلاف فشار میان دو سطح تراز تنها بفاصله آن دو سطح بستگی دارد.

آزمایش پیش اندازه این اختلاف فشار را نیز معلوم میکند، آزمایش با آبگونهای مختلف نشان میدهد که: اختلاف فشار در دو نقطه از دو سطح کرانی در آبگونی برابر سنگینی ستونی از همین آبگون است.

فيزيك



شكل ۱۰۷

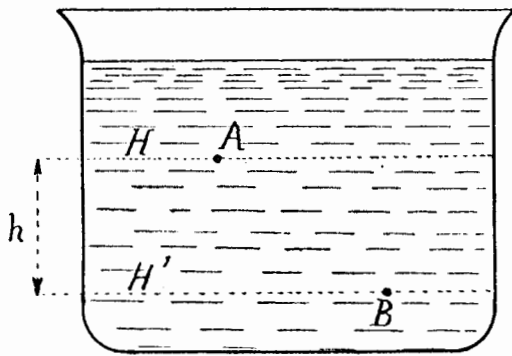
که قاعده اش يك سانتيمتر مربع و بلنديش باندازه فاصله ميان اين دو سطح باشد .

اگر فشار در نقطه از سطح کرانی H را (شکل ۱۰۸) P و فشار در نقطه از سطح کرانی H' را P' و فاصله اين دو سطح را h و سنگيني ويژه آبگون را d فرض کنيم ، خواهيم داشت :

$$P' - P = hd$$

اين فرمول را فرمول بنيادی ايست شناسی آبگونها نامند . پس از اين خواهيم ديد که ميتوان از راههای دقيق ديگری در اين فرمول تحقيق کرده و بصحت آن پي برد .

مثالهای عددی - ۱ - سنگيني ويژه جيوه ۱۳۶۰۹ است ، اختلاف فشار بين دو نقطه داخل جيوه را که فاصله شاغوليشان ۷۶ سانتيمتر است معلوم نماييد .



شکل ۱۰۸

از روی فرمول بنیادی،
این اختلاف برابر است
با:

$$10.33 = 13509 \times 67$$

گرام بر سانتیمتر مربع

۲ - بلندی ستون

آب‌گونی باید چند برابر

بلندی ستونی از آب‌گون

دیگر باشد تا آنکه اختلاف فشار بین دو قاعده یکی، مساوی اختلاف فشار
میان دو قاعده دیگری باشد؛

فرض کنیم h بلندی ستون يك آب‌گون و d سنگینی ویژه آن باشد
 h' و d' بلندی ستون آب‌گون دیگر و سنگینی ویژه آن. چونکه باید
اختلاف دو فشار مساوی باشند میتوانیم بنویسیم:

$$hd = h'd'$$

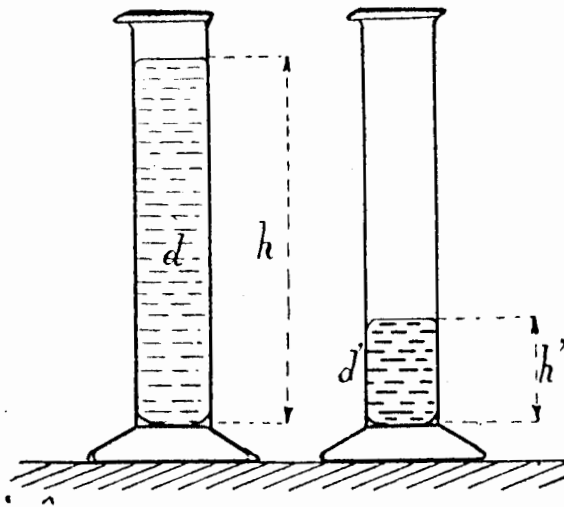
$$\frac{h}{h'} = \frac{d'}{d}$$

پس

یعنی بلندیهای دو ستون بنسبت عکس سنگینی‌های ویژه میباشند
(شکل ۱۰۹). مثلاً اگر دو آب‌گون یکی جیوه و دیگری آب باشد، چون
سنگینی ویژه جیوه ۱۳۵۰۹ و سنگینی ویژه آب يك است، بلندی ستون آب
۱۳۵۰۹ بار از بلندی ستون جیوه زیادتر خواهد بود.

پرسش

۱- در صورتیکه در اثر فشار يك کیلو گرام بر سانتیمتر مربع هر لیتر



شکل ۱۰۹

آب باندازه ۵۰ میلیمتر مکعب گنجش کم شود، برای آنکه گنجش یکمتر مکعب آب باندازه ۱۰۰ سانتیمتر مکعب کم شود چه فشاری لازم است؟
 ۲ - در گودی سد متر در دریاچه‌ای گنجش یک گرام آب چقدر است در صورتیکه هر کیلو گرام فشار بر سانتیمتر مربع از گنجش باندازه $\frac{1}{2000}$ مقدارش بکاهد؟

۳ - گودی آب انباری ۳ متر و فاصله شیر از کف آن ۰.۵ متر است تعیین کنید که آب در پشت شیر چه فشاری بر حسب کیلو گرام بر سانتیمتر مربع دارد؟

۴ - در لوله‌ای بلندی ۳۹ سانتیمتر جیوه میریزند. تعیین کنید فشار وارد بر ته ظرف را.

ایست شناسی آبگونها

- ۵ - چگالی آب دریا بطور متوسط ۱۰۲۶ است . تعیین کنید فشار وارد بر هر سانتیمتر مربع بدن ماهیانی که در گودیهای ۳۰۰، ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ متری زیست میکنند .
- ۶ - چگونه میتوان از وضع ایستادن آب در زمین زراعتی نا همواری آنرا شناخته و رفع نمود؟
- ۷ - برای اندازه گرفتن گودی آب ، فشارسنجی را در دریا فرو برده ایم و فشار ۱۳ است کیلوگرام بر سانتیمتر مربع را نشان میدهد؛ در صورتیکه چگالی آب دریا ۱۰۲۶ است معلوم کنید گودی در آنجا چندراست؟
- ۸ - در دیوار آب انباری دوشیر که فاصله شاغولی آنها سه متر است کار گذارده اند، اختلاف فشار آبر را در دهانه دوشیر معلوم کنید ؟

بخش دوم:

کاربردهای قانون ترازمندی

آبگونها

۶۳- سطح آزاد آبگونها

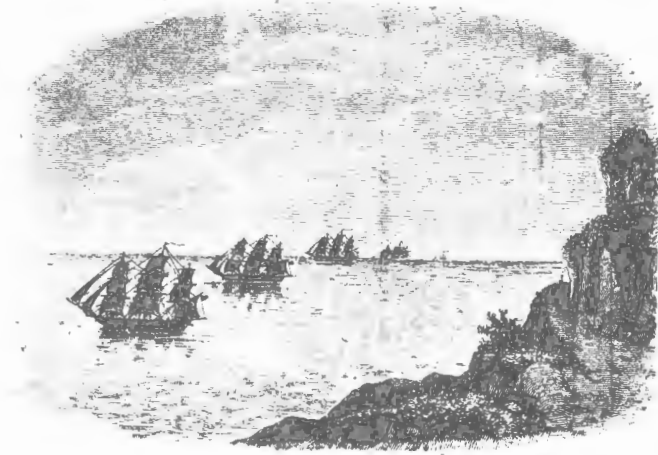
چنانچه در آزمایش ۲ بند ۱۲ گفتیم سطح آزاد آبگونی که بسیار پهناور نباشد در حال آرامش کرانی است. هرگاه سطح بسیار پهناور باشد مانند سطح آب دریای آزاد، سطح آن در هر جا عمود بر راستای شاقولی است و چنین سطحی را سطح تراز گفتیم؛ در اینجا این سطح گوی سان است. با سانی میتوان پی برد که سطح آزاد دریاها گوی سان است: هنگامی که (شکل ۱۱۰) کشتی دور میشود آخرین قسمتی که نا پدید میگردد بلندترین نقطه آن یعنی دکل است.

در بنائی و نقشه برداری برای تعیین کرانی بودن سطحی خاصیت کرانی بودن سطح آزاد آبگون ها را بکار میبرند.

۶۴- تراز با حباب هوا

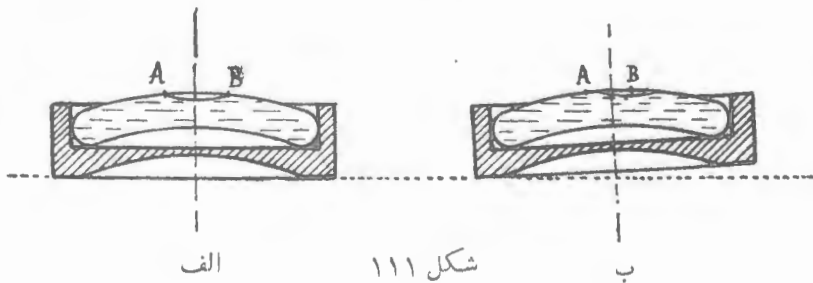
تراز با حباب هوا لوله شیشه کمائی شکلی است که در آن آبگون روانی (مانند الکل) ریخته اند؛ آبگون تمام گنج درون لوله را نگرته

کاربردهای قانون ترازمندی آبگونها



شکل ۱۱۰

ويك حباب هوائي در آن باقی مانده است. (شکل ۱۱۱) که در بالا جای گیر میشود (گاهی آبگون را رنگین مینمایند تا حباب هوا بهتر دیده شود). در قسمت وسط لوله دو خط A و B را نشان میکنند و لوله را برپایه پهنی



شکل ۱۱۱

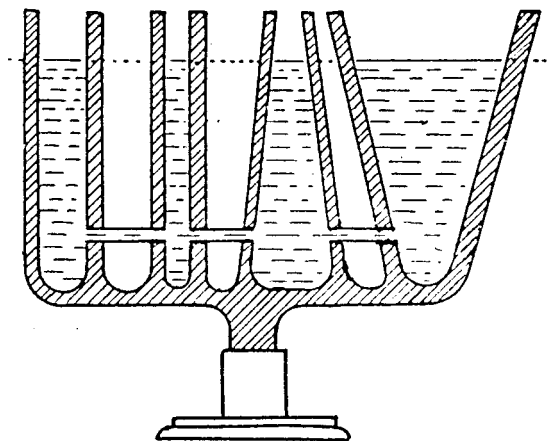
پسانی کار میگذارند که چون تراز روی سطح کرانی گذارده شد حباب میان دو نشانه A و B بایستد.

فيزيك

اکنون برای اینکه بینیم سطحی کرانی است یا نه کفیت که تراز را در سوهای مختلف بر آن سطح قرار دهیم ، اگر در تمام حالتها حباب هوا در وسط ، یعنی در قسمت B و A قرار گرفت ، معلوم میشود که آن سطح کرانی است (شکل ۱۱۱ - الف) .

۶۵ - ظرفهای پیوسته

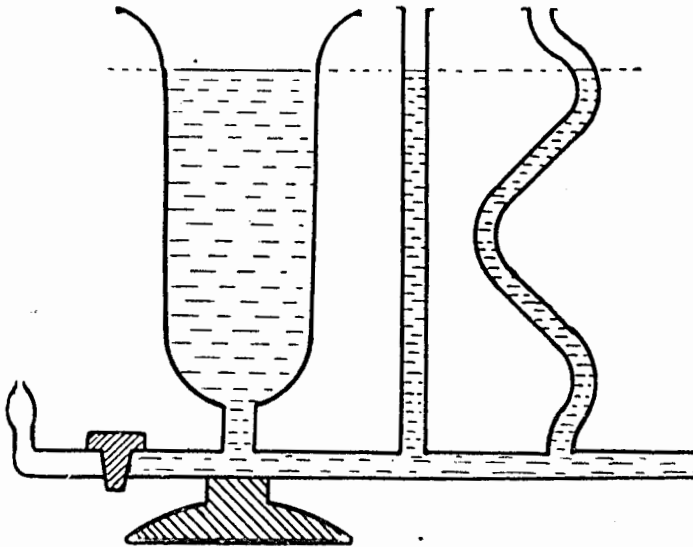
ظرفهاییکه بهمراه داشته باشند ، بسانیکه آبگون درون یکی بتواند بآزادی بدیگری برود ، ظرفهای پیوسته نام دارند (شکل ۱۱۲) .



شکل ۱۱۲

آزمایش - چندین ظرف بشکل های گوناگون را با یکدیگر مربوط نمائید (شکل ۱۱۳) بطوریکه آبگون بآزادی بتواند از یکی بدرون دیگری برود ؛ پس از آنکه آبگون در تمام ظرفها در ترازمندی قرار گرفت سطح آزاد آبگون در تمام آنها در يك سطح کرانی خواهد بود .

کار بردهای قانون ترازمندی آبگوها



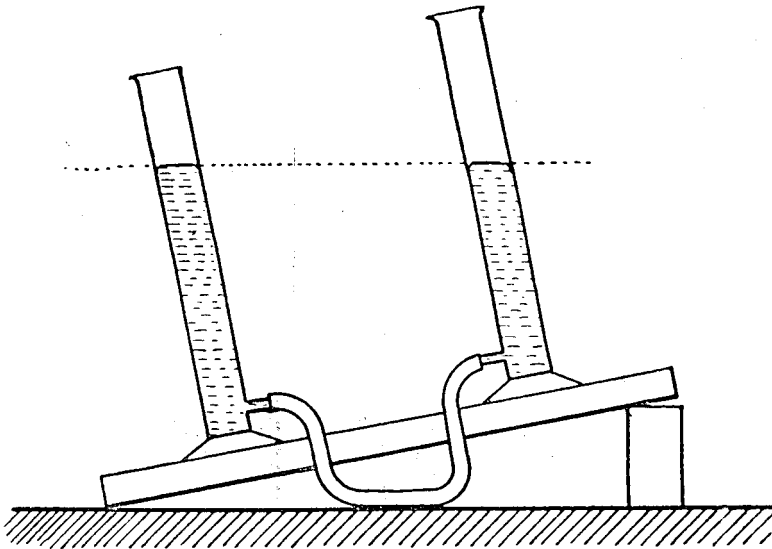
شکل ۱۱۳

این خاصیت که بسیار بکار می‌رود، بستگی بشکل ظرف ندارد و میتوانیم چند ظرف پیوسته را چون يك ظرف پنداریم. دو ظرف شکل ۱۱۴ را که با لوله لاستیکی بهم پیوسته شده‌اند نسبت بهم جابجا نموده و بالا و پائین ببرید، خواهید دید که در همه حالاتها سطح آزاد آب در دو ظرف در يك سطح کرانی است.

۶۶- کار بردهای خاصیت ظرفهای پیوسته

۱- تقسیم آب در شهرها

برای تقسیم آب در شهرها آب انبار بزرگی در جای بلندی میسازند؛ این آب انبار از بلندترین عمارت شهر بالاتر است. لوله‌های زیر زمینی



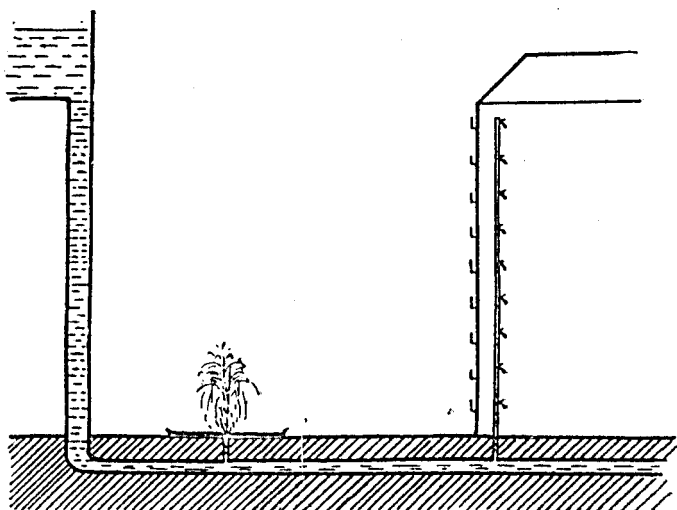
شکل ۱۱۴

این آب انبار را بهمه خانه‌های شهر مربوط مینماید. انتهای این لوله‌ها در هر خانه مربوط بشیری است که چون آنرا باز نمایند آب با فشار از آن بیرون می‌آید: شرط لازم آنست که شیرها از سطح آزاد آب در آب‌انبار پائین‌تر باشند (شکل ۱۱۵).

۲- فواره

آزمایش - یک سرلوله لاستیکی را بشیرانبار A وصل کنید (شکل ۱۱۶)، هرگاه سر دیگر لوله را پائین‌تر از سطح آب‌انبار A و بسوی بالا نگاهدارید آب رو بی‌الامیجهد، در اثر مانع‌هائی مانند ایستادگی هوا و مالش آب بدیواره‌های لوله، بلندی جهش آن بسطح آزاد آب در A نمیرسد.

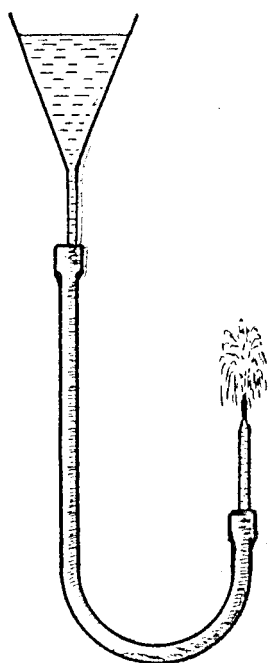
کاربردهای قانون ترازمندی آبگونها



شکل ۱۱۵

۳ - تراز آبی

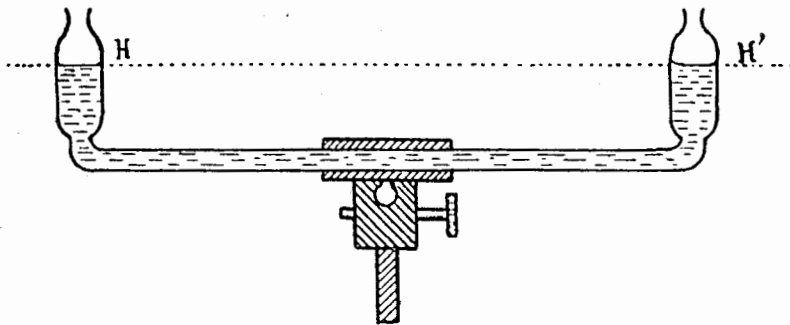
تراز آبی اسبابی است که در نقشه برداری برای تعیین اختلاف بلندی دو نقطه بکار می رود. این اسباب لوله فلزی است تقریباً بدرازی يك متر که بدو انتهای آن دو لوله شیشه ای عمودی نصب شده است (شکل ۱۱۷). اکنون اگر در آن آبگون رنگینی بریزیم سطح آزاد آبگون دو لوله شیشه ای H و H' در يك سطح تراز قرار خواهد گرفت. این لوله را روی سه پایه ای نصب می کنند و برای تعیین اختلاف بلندی میان دو نقطه P و P' تراز را در B



شکل ۱۱۶

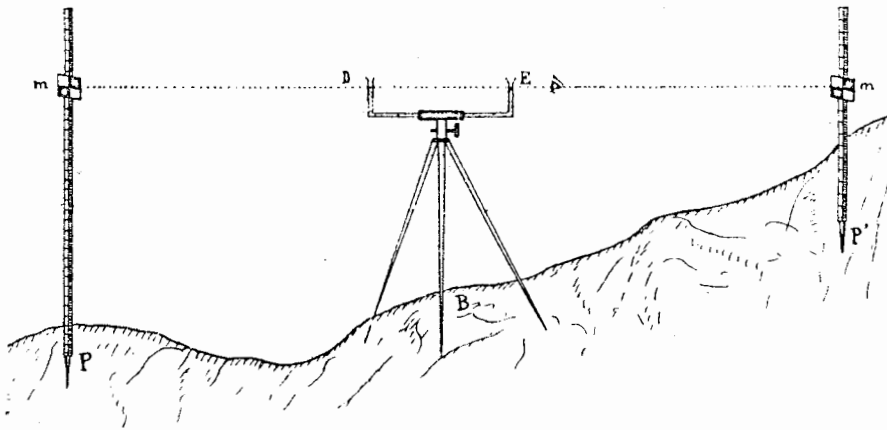
۱۱۲

فيزيك



شكل ۱۱۷

میان دو نقطه P و P' قرار میدهند (شكل ۱۱۸) و دریکی از نقطه ها مثلاً P

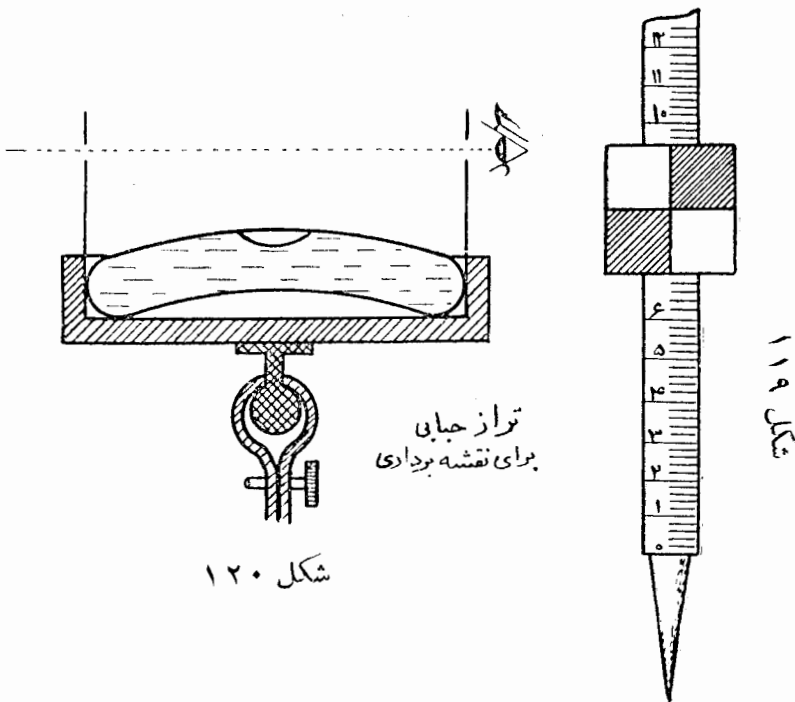


شكل ۱۱۸

خط کش مدرج درازی (شكل ۱۱۹) روی زمین میگذارند و نشانه m را روی این خط کش پائین و بالا میبرند تا هنگامیکه روی خط کرانی که مماس بر سطح آزاد DE آبگون در دو لوله است واقع شود: جای نشانه را روی خط کش یادداشت میکنند، سپس بی آنکه بتراز دست بزنند خط کش را از

کاربرد های قانون ترازمندی آبگونها

نقطه P برداشته و در نقطه دیگر P' میگذارند و دوباره نشانه را در سطح تراز DE میآورند و از نو جای آنرا در نقطه m' روی خط کش یاد داشت میکنند. اختلاف بلندی دو نقطه P و P' مساوی فاصله دو نقطه m و m' است روی خط کش. در نقشه برداری تراز جابی را هم بکار میبرند (شکل ۱۲۰)

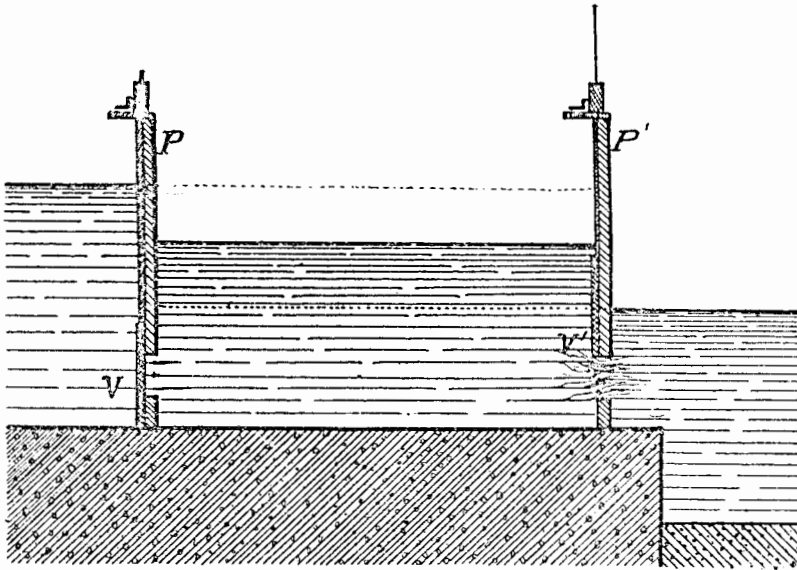


۴ — آب بند یا اکلوز (Ecluse)

برای رفت و آمد کشتیهای نسبتاً کوچک از رودخانه ای برود خانه دیگر یا از کنالی به کنال دیگر و یا بطور کلی از دو منبع آب که سطحشان بایکدیگر اختلاف زیادی دارد، کنالی میکنند که در فاصله های معین پلکانهائی دارد.

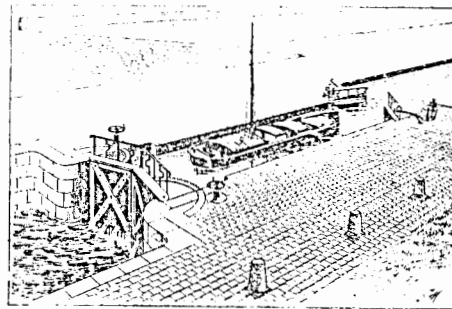
فيزيك

در اول هرپله‌ای درآهنی بزرگی کار گذاشته اند بطوریکه میان دو در آبگیری که دست کم گنجایش يك کشتی را داشته باشد درست میشود. (شکلهای ۱۲۱-۱۲۲) میان هر دو آبگیر دریچه کوچکی مانند V و V'



شکل ۱۲۱

نیز کار گذاشته اند. برای اینکه کشتی از رودخانه ای پرودخانه دیگر وارد شود، دریچه میان رودخانه و یکی از آبگیرها را باز نمایند. این دریچه کشویی است که آنرا بسوی بالا میکشند و کم آب



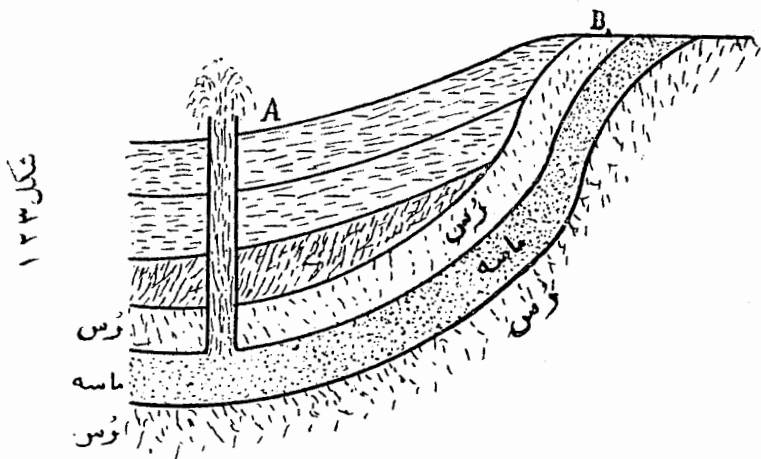
شکل ۱۲۲

کار بردهای قانون ترازمندی آبگونها

از رودخانه وارد آبگیر میشود تا سطح آب در هر دو جا بیک بلندی برسد؛
 آنگاه در P' را که بین رودخانه و آبگیر اولی است باز میکنند و کشتی وارد
 این آبگیر میگردد. سپس در P' را بسته و دریچه کوچک V' را باز مینمایند:
 از روی قانون ظرفهای پیوسته آب در آبگیر اولی و در آبگیر دومی بیک
 سطح رسیده و چون در P' را باز نمایند کشتی میتواند به آبگیر دوم برود:
 اینک کشتی باندازه یک پله پائین (یا بالا) رفته است. بهمین ترتیب کشتی
 تمام درازی کنال را پیموده و هر بار قدری پائین تر (یا بالاتر) میرود تا
 به رودخانه دیگری (یا دریا) برسد.

۵- چاههای آرتزین (Artésien)

چاه آرتزین چاهی است که آب بخودی خود از آن بالا میجهد:
 این اسم را بمناسبت ناحیه آرتوا (Artois) در فرانسه که اول در آنجا این
 نوع چاه کنده شده باین چاهها داده اند.
 آب باران و آب برف در زمینهای شن زار فرو میرود تا بلایه
 ناتراوایی مانند گل رُس برسد. در اینصورت گاهی میشود آب در میان
 دولایه ناتراوا بماند و انبار آبی تشکیل گردد. اگر این لایهها مانند شکل ۱۲۳

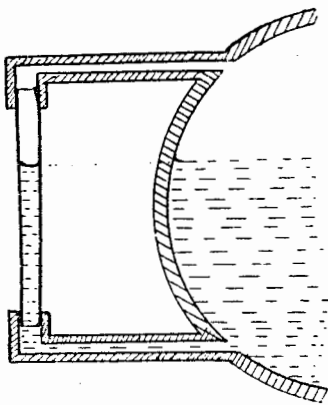


فيزيك

باشند و چاهی در نقطه مانند A بکنیم، آب از روی خاصیت ظرفهای پیوسته بالا میجهد، ولی اگر در نقطه مانند B چاهی کنده شود چاه معمولی است.

۶- تراز نما

هرگاه بخواهند بلندی سطح آبکونی را در ظرف کدري بدانند، لوله



شیشه بکنار آن وصل می کنند بطوریکه آبگون درون ظرف با آن مربوط شود. از روی قانون ظرفهای پیوسته سطح آزاد آبگون در ظرف و در لوله همیشه یکی است. مثلاً در دیكهای بخار و در بعضی انبارهای نفت و بنزین همین اسباب را

شکل ۱۲۴

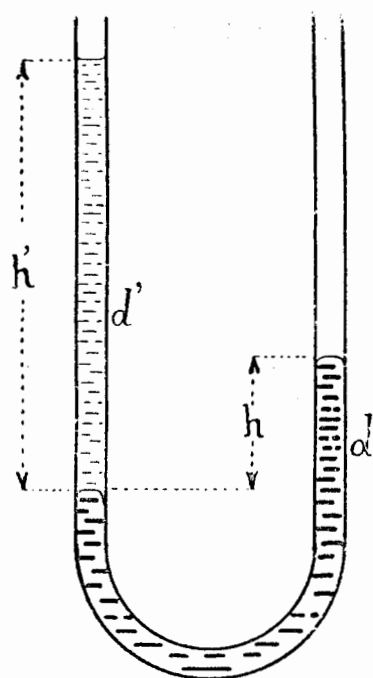
بکار میبرند (شکل ۱۲۴).

۶۷- ترازمندی چند آبگون در ظرفهای پیوسته

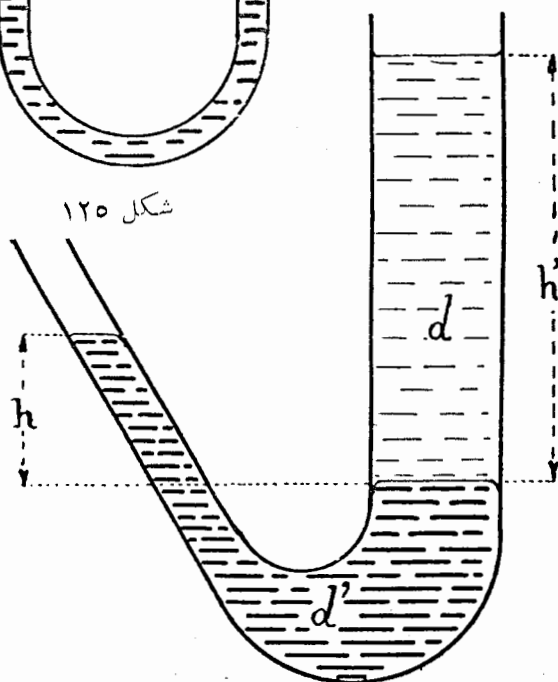
آزمایش نشان میدهد که: در دو ظرف پیوسته بلندی سطحهای آزاد دو آبگون آمیزش ناپذیر از سطح جدائی آنها به نسبت عکس سنگینهای ویژه دو آبگون میباشد.

مثلاً در لوله U مانندی (شکلهای ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۷) هرگاه دو آبگون مختلف بریزند، آبگون سنگینتر ته ظرف را فرا میگیرد و نسبت دو بلندی

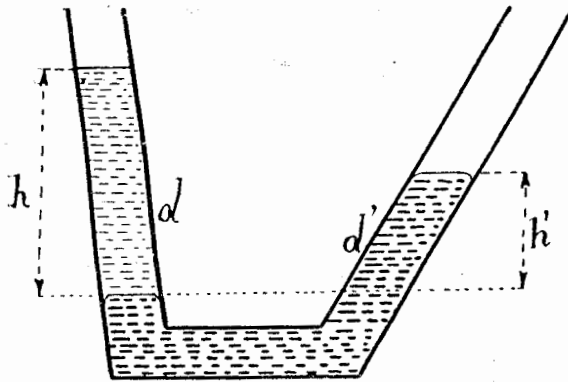
کاربرد های قانون ترازمندی آبگونها



شکل ۱۲۵



شکل ۱۲۶



شكل ١٢٧

h و h' به نسبت عكس دو سنگینی ویژه d و d' خواهد بود .

$$\frac{h}{h'} = \frac{d'}{d}$$

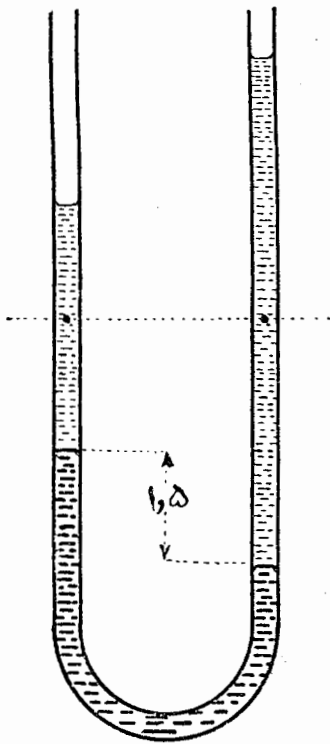
۶

پرسش

- ۱ - می‌خواهیم چگالی آبگونی را پیدا کنیم : در يك شاخه لوله U مانندی جیوه و در شاخه دیگرش از این آبگون میریزیم و میبینیم که سطح مشترك جیوه و آبگون در شاخه دومی است و سطح آزاد آبگون از این سطح ۳۰ سانتیمتر بلند تر است و سطح آزاد جیوه در شاخه اول ۲۸ سانتیمتر از همان سطح بلند تر است . معلوم کنید چگالی آبگون را.
- ۲ - می‌خواهیم زمین باوی را کرانی نمائیم ، بچه وسیله هائی میتوانید اینکار را انجام دهید ؟

کاربرد های قانون شرازمندی آبگونها

۳ - در لوله ای بشکل U روغن زیتون و جیوه میریزند. سنگینی ویژه این دو آبگون بترتیب ۰٫۹۳ و ۱۳٫۵۹ میباشد. بلندی ستون جیوه از سطح مشترك ۴۵۳ سانتیمتر است؛ بلندی ستون روغن را از همین سطح مشترك تعیین کنید.



شکل ۱۲۸

۴ - در لوله U مانندی باندازمای جیوه ریخته اند که سطح آزاد جیوه در هریک از دو شاخه در ۳۰ سانتی متری دهانه لوله است. در یکی از دو شاخه لوله آنقدر آب میریزند تا آن شاخه پر شود؛ در این هنگام بلندی آب در لوله چقدر است؟ سنگینی ویژه جیوه ۱۳٫۶ است.

۵ - در لوله U مانندی نخست جیوه ریخته و روی جیوه در دو شاخه به بلندی های مختلف آب می ریزند. سطح جدائی جیوه و آب در دو شاخه ۱٫۵ سانتیمتر از یکدیگر فاصله دارند. حساب کنید

اختلاف فشار میان دو نقطه ای را که در آب در دو شاخه در يك سطح کرانی باشند (شکل ۱۲۸).

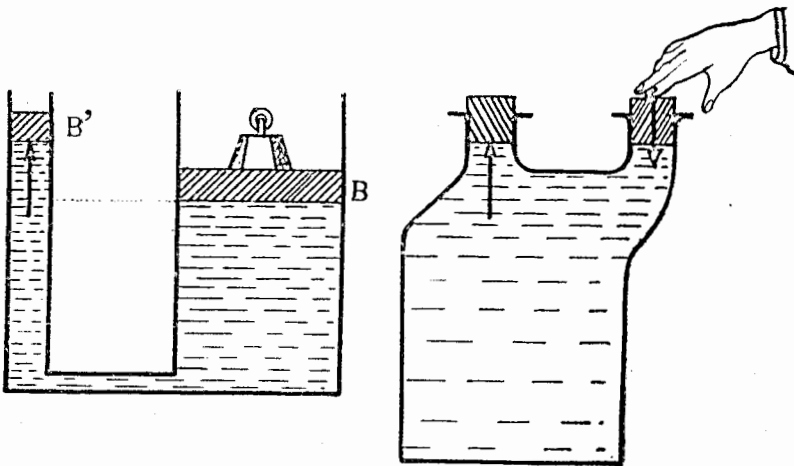
بخش سوم

انتقال فشار در آبگورها

۶۸ - آغاز پاسکال

آزمایش ۱ - شیشه‌ای که دو دهانه داشته باشد (شکل ۱۲۹) پر از آب کنید و دو دهانه را با دو چوب پنبه یا دو تکه لاستیک ببندید؛ سپس یکی از دو چوب پنبه از بالا بیابین فشار آورید، خواهید دید که چوب پنبه دیگر رو بیلا پرتاب میگردد.

آزمایش ۲ - شکل ۱۳۰ دو ظرف استوانه‌ای را نشان میدهد



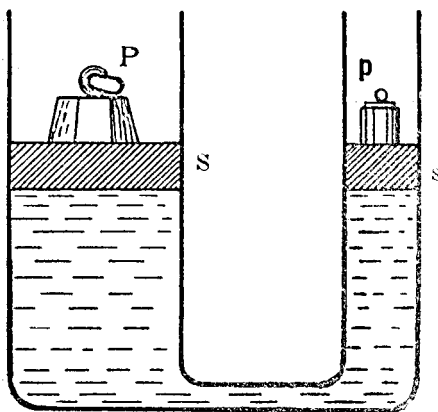
شکل ۱۳۰

شکل ۱۲۹

انتقال فشار در آبکونها

نه از پائین با لوله‌ای بهم راه دارند و در آنها آب ریخته‌اند؛ سطح آب در دو ظرف در يك تراز است. اکنون دو سنبه نازك و سبك (مثلا دو سنبه چوبی) B و B' در دو لوله روی آب بگذارید و بر سطح یکی از سنگ P گرامی را بنهید؛ خواهید دید که سنبه دیگر بالا می‌آید. از اینرو آشکار می‌شود که: آبکونها در حال تراز مندی فشار را از جایی بجای دیگر می‌رسانند.

اگر در آزمایش ۲ سطح یکی از دو سنبه s و سطح دیگری S باشد و بر سطح s سنگ p گرامی را گذارده باشیم، می‌خواهیم ببینیم چند گرام (P) باید روی سطح S گذارد تا تراز مندی دستگاه بهم نخورد (شکل ۱۳۱).



شکل ۱۳۱

خواهیم دید که نسبت دو سنگ برابر نسبت دو سطح سنبه‌ها می‌باشد:

$$\frac{P}{p} = \frac{S}{s}$$

مثلا اگر سطح s مساوی

۱۰ سانتیمتر مربع و سطح

$S = ۱۰۰۰$ سانتیمتر مربع

باشد دیده می‌شود که سنگ

يك كيلو گرامی که روی S

گذارده شده است با سنگ ۱۰ گرامی که روی s گذارده‌اند تراز می‌شوند.

میتوان گفت چون فشار وارد بر هر سانتیمتر مربع سطح s مساوی

$p:s$ و فشار وارد بر هر سانتیمتر مربع سطح S برابر $P:S$ است و چون

این دو عدد مساوی می‌باشند، پس آبگون فشار را درست انتقال می‌دهد.

فيزيك

يعنى : همان فشاريکه يك جاى آن وارد شده است به همه جاهای ديگر ظرف نيز ميرسد .

اين آغاز بنام آغازۀ پاسكال مشهور است .

٦٩-- منگنه آبی

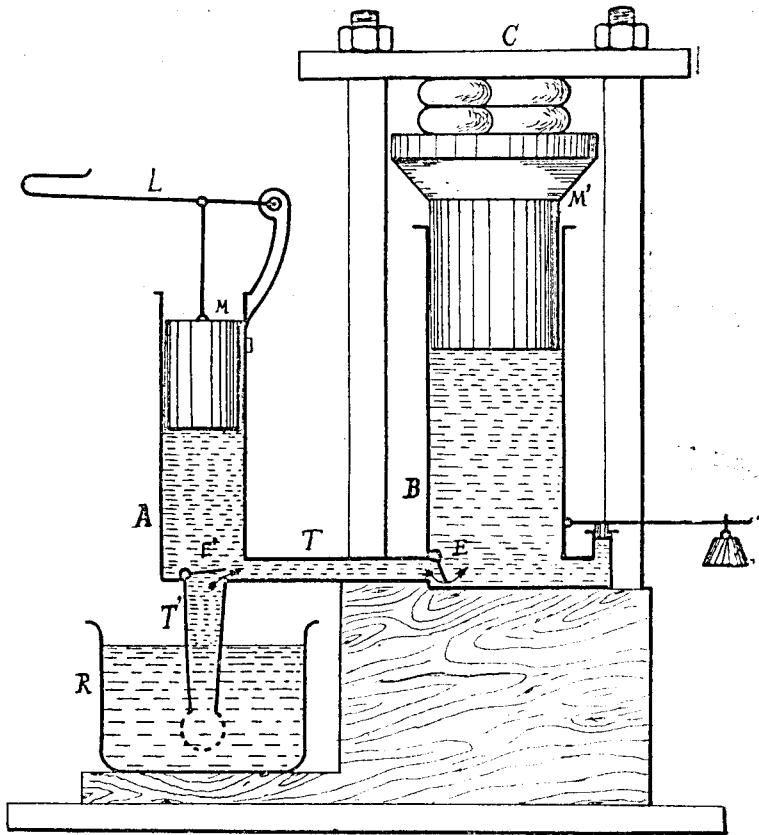
از روی اين خاصيت برای آنکه نیرو های بزرگ بدست بياورند اسبابی بنام منگنه آبی را برای فشردن بسته های بزرگ و گرفتن روغنهای گیاهی و کارهای ديگر ساخته اند .

اساس اين اسباب بر آن است که هرگاه نیروی برابر p بر سطح s سنبه استوانه کوچکی وارد آورند ، بر سطح S سنبه بزرگ نیروی P پديد می آید که نسبت آن به p مانند نسبت S است به s ، شکل ١٣٢ منگنه آبی را نشان میدهد . دو استوانه A و B را که قطرهايشان مختلف میباشد با لوله T بیکدیگر مربوط میکنند . در پیوستگاه استوانه بزرگ B و لوله T دریچه E را بسانی کار گذاشته اند که بدرون استوانه B باز شود و آب را بآن راه می دهد ولی نمی گذارد آب از استوانه B به استوانه A برگردد .

استوانه A هم با لوله T به انبار آبی مربوط میباشد و در پیوستگاه استوانه A بلوله T دریچه E' بسانی گذارده شده که بدرون استوانه A باز میشود و آب را بآن راه می دهد ، ولی از بازگشت آب از استوانه A به انبار R جلوگیری میکند .

اکنون بوسیله اهرم L سنبه کوچک M درون استوانه A را بالا میکشند . هوای درون استوانه A رقیق شده و فشار درون استوانه B دریچه E را می بندد و فشار انبار R دریچه E' را باز میکند و کمی آب از انبار R وارد

انتقال فشار در آبگون ها

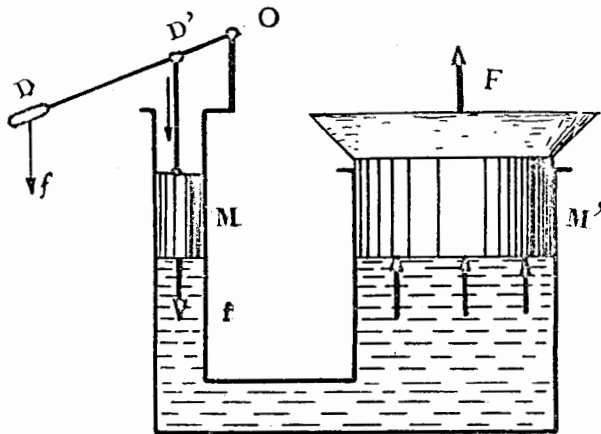


شکل ۱۳۲

استوانه A میشود. هنگام پائین آوردن سنبه M دریچه E باز شده، دریچه E بسته میشود و آب داخل استوانه B میشود. به همین ترتیب در هر نواخت سنبه M قدری آب با فشار وارد استوانه B شده و سنبه بزرگ M' را کمی بطرف بالا میراند. در بالای سنبه M' صفحه ثابت و محکم C را قرار داده اند و جسم هائی را که میخواهند بفشارند میان سنبه M' و این صفحه قرار میدهند تا جسم با نیروی زیادی فشرده شود.

فيزيك

نیروی F که جسم را میفشارد از نیروئی که بسر میله اهرم L وارد آورده اند بسیار بزرگتر میباشد. مثلاً فرض کنیم که بازوی $oD = 1\text{ m}$



شکل ۱۳۳

و بازوی $oD' = 10\text{ cm}$ باشد (شکل ۱۳۳)؛ هرگاه نیروی $f = 20$ کیلوگرم باشد؛ نیروئی بر سطح سنبه M کارگر خواهد شد برابر 200 کیلوگرم. از طرفی اگر سطح سنبه M' سد بار از سطح سنبه M بزرگتر باشد. نیروی F که جسم را میفشارد مساوی 20000 Kg یا 200×100 یا 20 تن نیرو خواهد بود.

بخش چهارم

نیروئی که فشار آبگونها بر دیواره های ظرف پدید می آورد

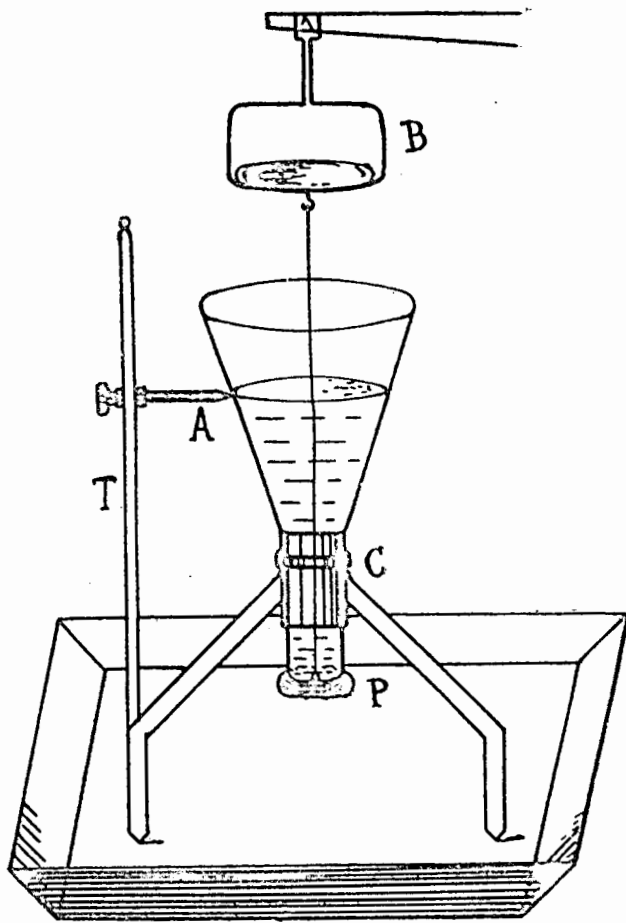
۷۰ - تا کنون از فشار آبگونها بر دیواره های ظرف، یعنی نیروی وارد بر هر یک سطح (سانتیمتر مربع) گفتگو نمودیم؛ ولی اکنون میخواهیم برآیند نیروهای وارد بر هر یک از دیواره ها را تعیین نماییم.

۱. نیروی وارد بر ته ظرف

برای تعیین این نیرو دستگاهی بکار میبریم که:

قسمت اصلی آن عبارت از استوانه کوتاه فلزی C است که بپایه ای متصل است (شکل ۱۳۴) و میتوان ظرفهای مختلفی مانند ظرفهای ۱ و ۲ و ۳ (شکل ۱۳۵) بدانه بالای آن پیچ نمود. قسمت پائین استوانه C کاملاً هموار است که صفحه فلزی (یا شیشه ای) P که بنخی آویزان است بتواند ته لوله را بگیرد و آب از آن نریزد. سر دیگر این نخ را زیر کپه ترازوی B وصل میکنند (شکل ۱۳۶).

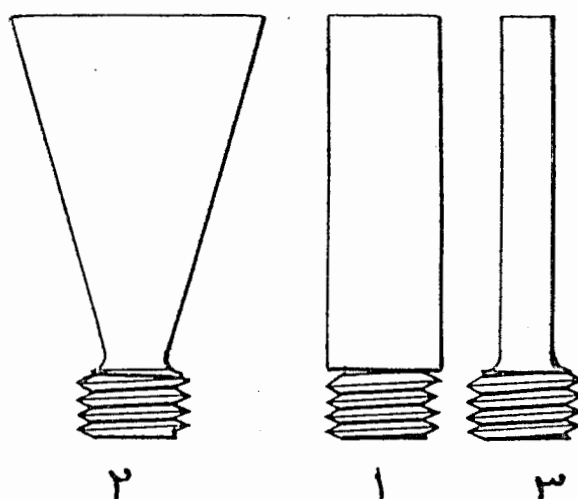
آزمایش -- یکی از سه لوله، مثلاً لوله دهان گشاد (۲) را روی استوانه C پیچ میکنیم و از طرفی در کپه دیگر ترازو پارسنگ میگذاریم تا با سنگینی صفحه P ترازمندی نماید؛ سپس در همان کپه سنگ دانسته ای



شکل ۱۳۴

(مثلاً ۳۰۰ گرم) میافزائیم: صفحه P از پائین بیابا با نیروی ۳۰۰ گرا- کشیده میشود و بدهانه استوانه C میچسبد. اکنون در لوله کم کم آب میریزیم، می بینیم هنگامی که بلندی آب در لوله بنقطه معینی رسید، صفحه P از استوانه C جدا شده و آب استوانه میریزد؛ پس در این هنگام نیروئی

نیروی که فشار آب‌گونه‌ها بر دیواره‌های ظرف پدید می‌آورد



شکل ۱۳۵

که آب به‌صفحه وارد میکند مساوی ۳۰۰ گرم است . ب سوزن A که روی میله شاغولی T میتواند بالا و پائین رود سطح آب را در لوله نشان می‌کنیم.

اکنون لوله دهان گشاد را برداشته و لوله‌های دیگر را نیز روی استوانه C پیچ میکنیم و همان آزمایش را تکرار میکنیم، میبینیم که هر بار هنگامیکه سطح آب برابر سوزن A میرسد صفحه از استوانه جدا شده و آب میریزد. در این آزمایشها اندازه‌آبی که در لوله ریخته شد مختلف بود: مثلاً در لوله (۲) باندازه ۶۰۰ گرم آب ریختیم، در لوله (۱) ۳۰۰ گرم و در لوله (۳) ۱۰۰ گرم؛ تنها چیزیکه در این آزمایشها یکی بود نخست مساحت ته لوله و دوم بلندی آب در لوله‌ها بود. پس معلوم میشود که نیروئی که آب بته ظرف‌هایی که يك مساحت داشته باشند

فیزیک

وارد می‌کنند، بمقدار آب بستگی ندارد و تنها بلندی آب در ظرف بستگی دارد.

در آزمایش بالوله (۱) دیدیم که سنگینی آبی که برای جدا نمودن صفحه از استوانه لازم است ۳۰۰ گرام است، یعنی برابر با سنگینی سنگ ترازوییست که در کپه گذاشته‌ایم و چون بالوله (۱) استوانه‌ای می‌باشد ۳۰۰ گرام سنگینی ستونی از آب است که قاعده‌اش برابر ته ظرف و بلندیش با اندازه بلندی آب در ظرف باشد. بنابر این بطور کلی می‌توان گفت: نیروئی که آبگونی بر ته کرانی ظرفش وارد می‌کند برابر با سنگینی ستونی از همان آبگون است که قاعده‌اش سطح ته ظرف و بلندیش با اندازه فاصله آن سطح تا سطح آزاد آبگون باشد.

اگر مساحت قاعده ظرف S سانتیمتر مربع و بلندی آبگون در ظرف

h سانتیمتر باشد، نیروی وارد بر ته ظرف بر حسب گرام.

$$P = d \cdot h \cdot S = d \cdot V$$

خواهد بود؛ در صورتیکه d سنگینی ویژه آبگون باشد، این نتیجه را ممکن است از اصل بنیادی ترازمندی آبگونها نیز بدست آورد.

میدانیم که در هر نقطه آبگونی فشار برابر است با سنگینی ستونی

از آبگون که قاعده‌اش یک سانتیمتر مربع و بلندیش با اندازه فاصله آن نقطه از سطح آزاد آبگون باشد. پس فشار در هر نقطه از ته ظرف در صورتی که h بلندی آبگون در ظرف و d سنگینی ویژه آن باشد، مساوی است به:

$$P = hd \text{ گرام بر سانتیمتر مربع}$$

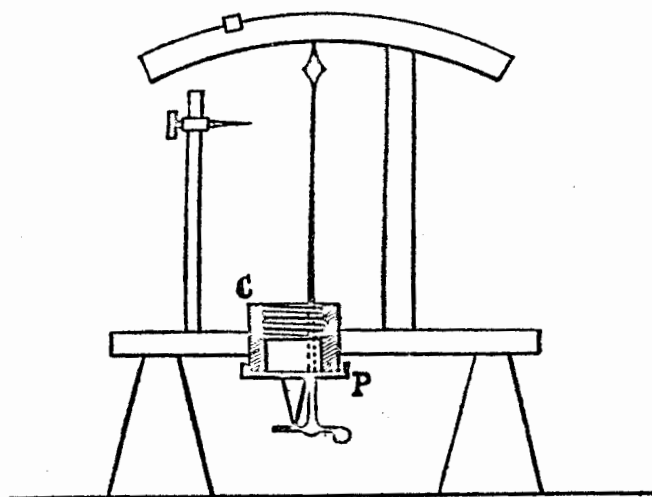
پس نیروئی که بر ته ظرفی که سطحش S سانتیمتر مربع باشد وارد میشود

نیروئی که فشار آبگونها بر دیواره‌های ظرف پدید می‌آورد مساوی است به .

$$F = pS = hdS \text{ گرام}$$

$$F = Shd = Vd$$

و این همان نتیجه‌ایست که با آزمایش بدست آوردیم .
در پاره‌اسبابها مانند دستگاه پلا برای جلوگیری از جدا شدن صفحه P بجای سنگ و ترازو فنی بکار می‌برند (شکل ۱۳۶) .



دستگاه پلا - برای نشان دادن نیروی که بر به ظرف پراز آب وارد است

شکل ۱۳۶

۷۱- نیروی وارد بر دیواره‌های ظرف

نیروئی که بر قسمتی از دیواره ظرف وارد میشود برابر است با فشاریکه در آنجا وجود دارد ضرب در مساحت آن قسمت .
مثال - آبگیری به گودی ۷ متر دارای دریچه‌ایست در قسمت

ویزبك

پائین دیوار که پهنای آن ۴۰ و بلندی آن ۶۰ سانتیمتر است. نیروئی که بر آن وارد است حساب کنید.

فشار مساوی است به: $p = hd$ و چون گودی متوسط دریچه

$$670 = 700 - \frac{60}{2} = 700 - 30 = 670 \text{ سانتیمتر است فشار مساوی میشود به } 670 \times 1 = 670$$

گرام بر سانتیمتر مربع و نیرو برابر است با:

$$F = PS = 670 \times 40 \times 60 = 1608000 \text{ گرام} = 1608 \text{ کیلوگرام}$$

پرسش

۱ - قطر سنبه کوچک منگنه آبی ۱۴ میلیمتر و قطر سنبه بزرگ آن ۲۰ سانتیمتر است. سنبه کوچک را بکمک اهرم ABO پائین و بالا میبرند؛ این اهرم طوری است که بازوی AO هشت برابر بازوی BO است.

$$AO = 8 \times BO$$

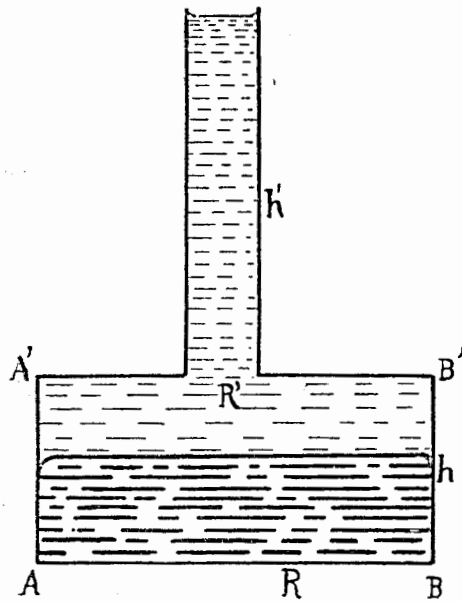
در نقطه A نیروئی وارد میکنند برابر ۵۰ کیلو گرام معلوم نمائید: فشار وارد و نیروئیکه بر سنبه بزرگ اثر میکنند.

۲ - در لوله های آب شهری فشار آب ۶ کیلو گرام بر سانتیمتر مربع است. این آب را وارد استوانه ای میکنیم که قطر آن ۲۵ سانتیمتر است سنبه در این استوانه میتواند حرکت کند، چه باری را میتوان با این سنبه بلند کرد.

۳ - لوله ای بشکل U داریم که يك شاخه آن باریك و بلند است و شاخه دیگرش کوتاه و بمساحت ۱۲۰ سانتیمتر مربع. در این شاخه کوتاه سنبه ای قرار دارد. اگر اختلاف بلندی آب در دو لوله ۲ متر باشد چه باری باید روی سنبه گذارد تا سنبه بالا نیاید؟

نیروی که فشار آبگونها بر دیوارهای ظرف پدید میآورد

۴ - ظرفی درست شده است از دو استوانه بشعاع ۱۰ و ۲۰ سانتیمتر و بلندی ۱۲ و ۲۰۰ سانتیمتر که روی هم کار گذارده شده اند (شکل ۱۳۷).



شکل ۱۳۷

نخست در این ظرف ۲۰

کیلو گرام جیوه میریزند

(چگالی آب ۱۳۶

است) و روی آن آب

میریزند تا ظرف پر شود

معلوم نمائید نیروی وارد

بر ته AB ظرف و نیروی

وارد بر جدار A'B' آنرا.

۵ - دیوار شاغولی

بند آبی (سدی) بدرازی

۵۰ متر است و آب در

پشت آن بلندی ۸ متر است. تعیین کنید نیروی وارد بر این دیوار را (برای

تعیین نیروی فشار متوسط، یعنی فشار وارد بر سطح گرانگادرا بکار برید).

۶ - روی خمره چوبی پر از آبی لوله باریکی بلندی ۱۵ متر کار

میگذارند و در آن آب میریزند تا پر شود. حساب کنید نیروی وارد بر دو

قاعده خمره را. قطر هریک از دو قاعده ۰.۶ متر و فاصله دو قاعده ۰.۸

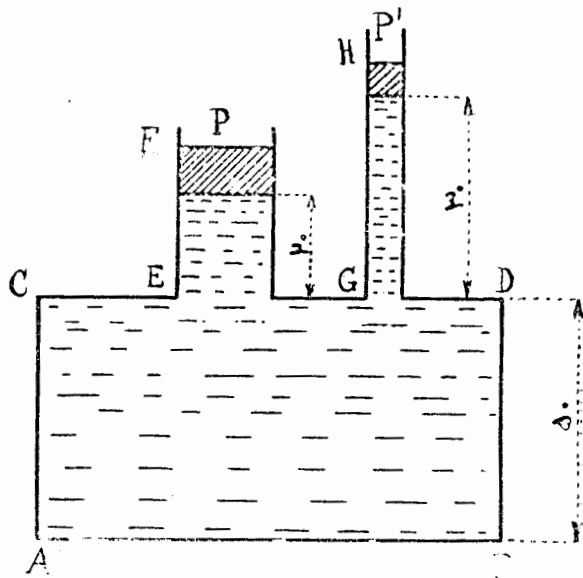
متر است (آزمایش خمره پاسکال: خمره را میتوان بدینوسیله ترکاند)

۷ - ته کشتی سوراخ شده و آب از سوراخ وارد کشتی میشود

فيزيك

برای جلوگیری از آمدن آب چوبی که قالب سوراخ باشد بر آن نهاده اند و سنگی روی آن میگذارند. سنگینی این سنگ چه اندازه باشد تا از آمدن آب بخوبی جلوگیری شود؟ شعاع دایره سوراخ ۱۰ سانتیمتر و بلندی سطح آب دریا تا لب سوراخ ۳ متر است. چگالی آب دریا ۱۰۲۶ است

۸ - ظرف ABCD که قاعده AB اش ۴ دسی متر مربع و بلندی ۵۰ سانتیمتر است دارای دو لوله EF و GH میباشد (شکل ۱۳۸). قاعده



شکل ۱۳۸

لوله اول ۲۰ سانتیمتر مربع و قاعده لوله دوم ۲۵ سانتیمتر مربع می باشد در این ظرف آب ریخته و دو سنبه P و P' را در لوله ها روی آب میگذاریم بطوریکه بلندی آب در لوله FE ۲۰ سانتیمتر و در لوله GH ۳۰ سانتیمتر است

نیروئی که فشار آبگونها بر دیواره‌های ظرف پدید می‌آورد سنگینی سنبه P ۲۷ کیلو گرام است. معین کنید سنگینی سنبه P را و فشاریکه برته ظرف وارد میشود.

۹- در ظرفی جیوه، آب و روغن ریخته‌ایم: بلندی جیوه ۳ سانتیمتر و چگالی آن 13.6 است بلندی آب ۱۰ سانتیمتر و بلندی روغن ۱۵ سانتیمتر و چگالی آن 0.74 است.

فشار وارد برته ظرف را حساب کنید و معین‌نمائید چه بلندی از آبگونی بچگالی 1.84 باید در ظرف ریخت تا همان فشار برته آن وارد شود. ۱۰- پهنای در آب بندی ۳ متر است. بلندی آب در یک طرف در ۲۰۵ متر و در طرف دیگر آن آب نیست. تعیین کنید نیروی وارد بر این در را (نتیجه بشما نشان خواهد داد که تا بلندی آب در دو طرف در یکی نشود نمیتوان آنرا باسانی بسوئی که آب بلندتر است باز نمود).

۱۱- گاهی میتوان کوزه پراز آبی را بزدن مشت روی چوب پنبه

که در آن گذاردایم ترکاند. چرا؟

بخش پنجم:

نیروئی که آبگون بر جسم‌های غوطه‌ور و شناور وارد میکند

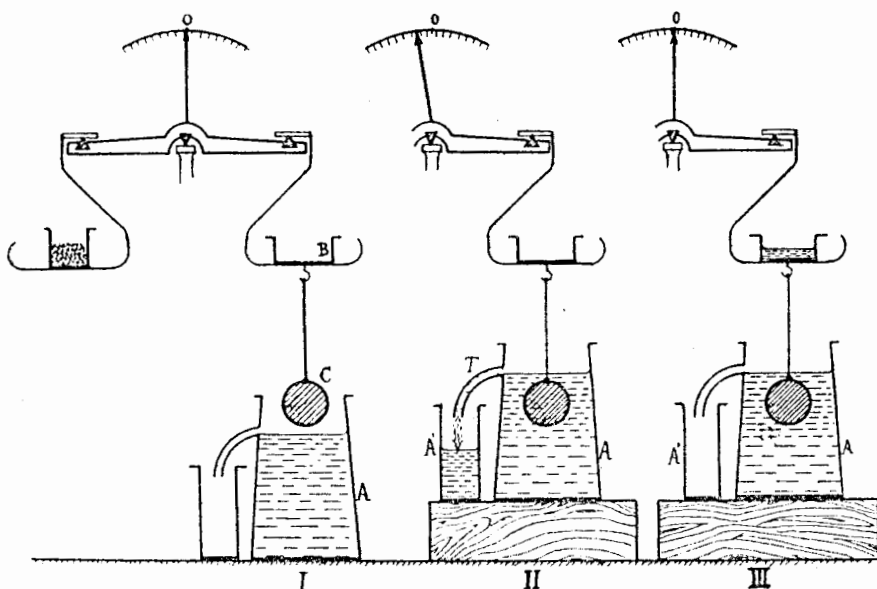
۷۲ - آغازۀ ارشمیدس

۱ - بطری خالی را در آب بیندازید، در آب فرو نمرود و در سطح آب شناور میماند. کوشش کنید تا بطری را در آب فروبرید، در این هنگام ایستادگی از طرف آبگون حس خواهید کرد. هر اندازه جسمی را که در آبگون فرو می‌برند بزرگتر باشد، ایستادگی آبگون هم زیادتیر میشود: مثلاً هنگامیکه آبشیرا در آب فرو می‌برید ایستادگی زیادی حس میکنید و بسختی میتوانید آنرا در آب داخل نمائید. برعکس هنگامیکه همین آبش را از آب بیرون می‌آورید؛ نیروی لازم برای بلند کردن آن نخست کم است و تدریجاً که آبش از آب بیرون می‌آید نیروی زیادتیری برای اینکار لازم است.

بدینسان آشکار میشود که از طرف آبگون بهر جسم که درون آن رود نیروئی وارد میشود که آنرا بسوی بالا میراند.

۲ - آزمایش ۱ جسم جامد C را با ریسمانی زیر کپه ترازوئی بیاویزید در همان کپه يك تشتك نهی B قرار دهید. در کپه دیگر آنقدر

جسمهای غوطه‌ور و شناور

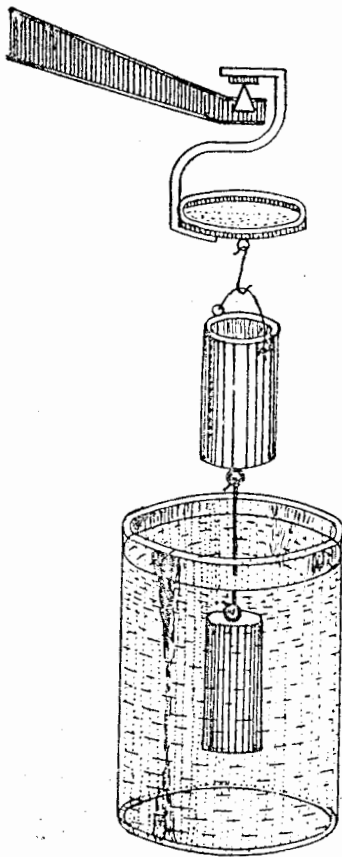


شکل ۱۳۹

پارسنگ بگذارید تا ترازو ترازمند گردد و ناره (عقربه) شاهین مقابل صفر بایستد. ظرف پر از آب A را زیر جسم C آورده بالا برید تا جسم C در آب فرو رود و آب جابجا شده و از لوله T در ظرف دیگری A' بریزد هنگامیکه جسم در آب فرو رفت ترازمندی ترازو بهم میخورد و شاهین به سوی کپهای که در آن پارسنگ گذارده‌اید میچرخد. پس معلوم میشود که آب از پائین بیلا نیروئی بر جسم C وارد کرده است.

اکنون آبی که از ظرف A ریخته است در تشتک تهی B بریزید، از نو ترازو ترازمند میشود و عقربه جلوی صفر میایستد و بدینسان آشکار میشود که اندازه نیروئی که آبگون بر جسم وارد میکند برابر سنگینی آبگون هم گنج جسم است.

آزمایش ۲ - دو استوانه یکی توپیر و دیگری توتهی طوری ساخته شده اند که گنج درونی استوانه توتهی درست برابر گنج استوانه توپیر است، یعنی دو استوانه قالب هم می باشند. این دو استوانه را بهم پیوسته بکپه ترازو آویزان کنید (شکل ۱۴۰) و در کپه دیگر پارسنگ بگذارید تا



شکل ۱۴۰

ترازمند شود. اکنون ظرف آب را زیر کپه آورده بالا بريد تا استوانه توپیر در آب فرو رود، ترازمندی ترازو بهم می خورد. در استوانه توتهی کم آب بریزید، همینکه از آب پر شد ترازو دوباره ترازمند میگردد. بنابراین هرگاه جسمی در آبگونی فرو رود باندازه سنگینی آبگون هم گنجش سبك میشود نخستین کسی که به این پدیده پی برد ارشمیدس بود.

آغازۀ ارشمیدس

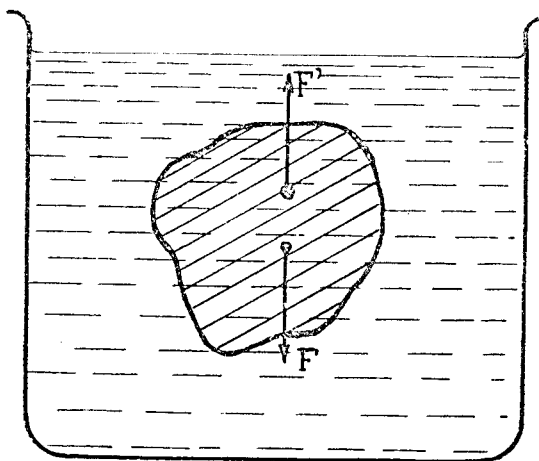
هرگاه جسمی در آبگونی فرو رود نیروئی باندازه سنگینی آبگون جابجا شده (یعنی آبگون هم گنج جسم) از پائین بالا به آن اثر میکند و بان میماند که از سنگینی جسم کاسته شده باشد.

جسمهای غوطه‌ور و شناور

۷۳ - جسمهای غوطه‌ور و شناور

جسمی را غوطه‌ور گویند هرگاه جسم کاملاً درون آب باشد. اگر جسم آزادانه روی آب قرار گیرد یا قسمتی از آن در آب و قسمتی بیرون آب باشد آن را شناور گویند.

بر جسم غوطه‌ور دو نیرو اثر میکنند: یکی نیروی شاغولی سنگینی جسم F که سوی آن از بالا پائین و نقطه کار بستش گرانیکاه جسم است (شکل ۱۴۱) و دیگری نیروی فشار آبگون F' که آنهم شاغولی است



شکل ۱۴۱

و سوی آن از پائین بالا میباشد و نقطه کار بستش گرانیکاه آبگون جابج شده است. برآیند نیروهای وارد بر جسم در راستای شاغول است و اندازه

$$آن: F' - F = f$$

میباشد. اکنون با تفاوت سنگینی و اثره جسم غوطه‌ور و آبگون سد حالت پیش می‌آید اگر سنگینی جسم از سنگینی آبگون جابج شده بیشتر باشد ($F > F'$)

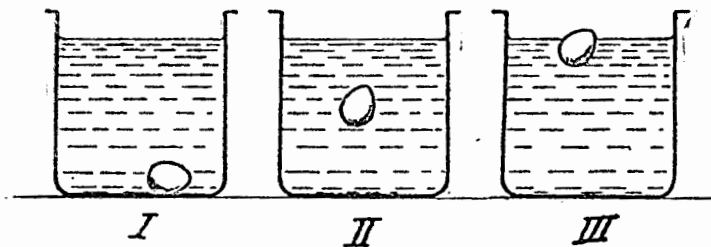
فیزیک

جسم از بالا به پائین می افتد تا به ته ظرف برسد.

۲- اگر سنگینی جسم از سنگینی آبگون هم گنجش کمتر باشد.
($F < F'$) جسم در سطح آبگون شناور میماند.

۳- اگر سنگینی جسم برابر سنگینی آبگون هم گنجش باشد ($F = F'$) جسم را درون آبگون هر جا رها کنند در همانجا می ماند و پائین و بالا نمی رود.

آزمایش ۱- در ظرفی کمی آب نمک غلیظ ریخته تخم مرغی در آن بیندازید. چون سنگینی تخم مرغ از سنگینی آب نمک هم گنجش کمتر است، تخم مرغ در سطح آبگون شناور میماند (شکل ۱۴۲)

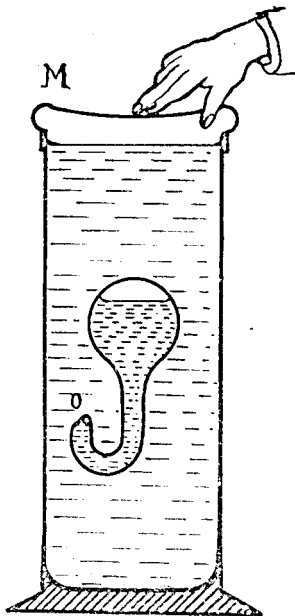


شکل ۱۴۲

اکنون کم کم آب خالص در ظرف بریزید، آبگون سبک شده و تخم مرغ بتدریج در آبگون فرو میرود و هنگامی می رسد که تخم مرغ در میان آبگون غوطه ور میشود، باز اگر کمی آب در ظرف بریزید خواهید دید که تخم مرغ به ظرف می افتد.

آزمایش ۴- لودیون (Ludion) جسم کوچکی تو خالی است که در پائین آن، نقطه o سوراخی است (شکل ۱۴۳)، سنگینی جسم

جسمهای غوطه‌ور و شناور

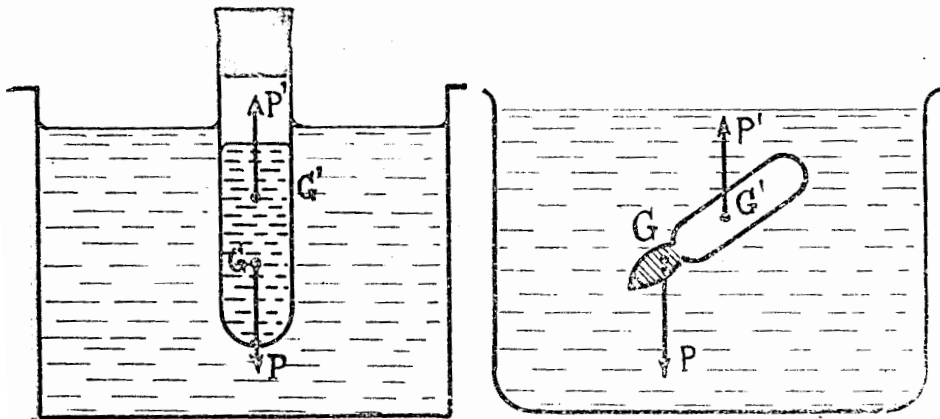


شکل ۱۴۳

آنندکی از سنگینی آب هم گنجش کمتر است . چون این جسم را در ظرف پر از آبی بیندازیم و بالای ظرف را با پرده لاستیکی نازکی بیندیم جسم در سطح آب شناور می ماند ، ولی اگر روی پرده فشار آوریم ، آب از روزنه O وارد جسم می گردد و سنگینی آن زیاد می شود و جسم در آب فرو می رود . چون فشار را از پرده برداریم جسم در آب کون بالا آمده و بر سطح آب از نو شناور می شود ، زیرا دمای درون جسم که فشرده شده بود آزاد شده و آب را از جسم بیرون می کند .

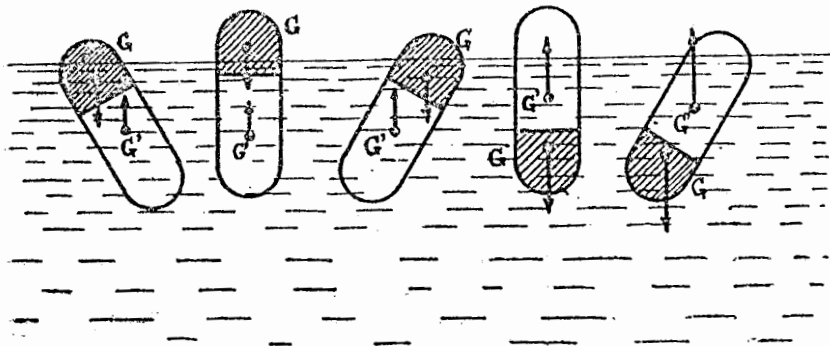
۷۴ - ترازمندی جسمهای شناور و غوطه‌ور

دیدیم که هرگاه سنگینی جسمی با سنگینی آبگون جابجا شده برابر باشد . جسم در آبگون غوطه‌ور خواهد بود و در میان آبگون خواهد ماند . ولی اگر گرانیگاه جسم و گرانیگاه آبگون جابجا شده در یک راستای شاقولی نباشند ، جسم در اثر یک جفت نیرو قرار خواهد گرفت و خواهد چرخید تا دو نقطه روی یک راستای شاقولی قرار گیرند (شکل ۱۴۴) . برای جسمهای شناور نیز چنین است (شکل های ۱۴۵ و ۱۴۶) . ترازمندی جسم های شناور و غوطه‌ور هم سه حالت دارد .



شکل ۱۴۵

شکل ۱۴۴



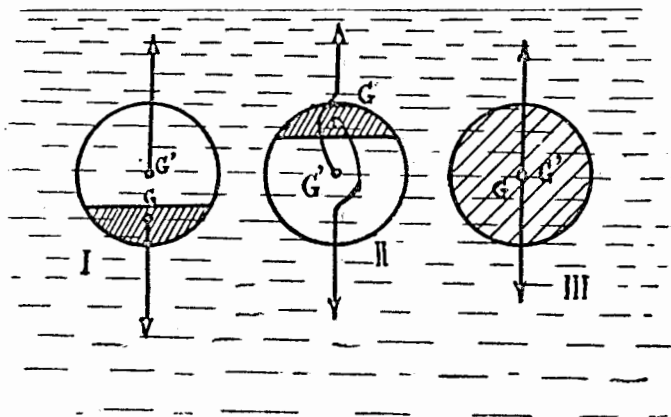
شکل ۱۴۶

۱ - اگر گرانیگاه پائین تر از مرکز فشار باشد تراز مندی پایدار است (شکل ۱۴۷، I).

۲ - اگر گرانیگاه بالاتر از مرکز فشار باشد تراز مندی نا پایدار است (شکل ۱۴۷، II).

جسم های غوطه‌ور و شناور

۳- اگر گرانیگاه روی مرکز فشار باشد ، ترازمندی بی تفاوت است (شکل ۱۴۷، III)



شکل ۱۴۷

بخش هشتم

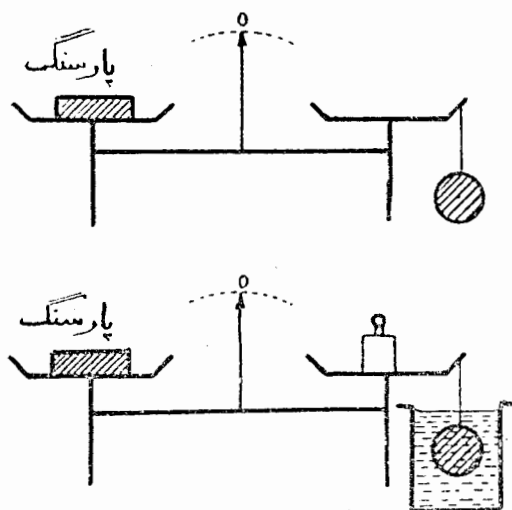
کاربردهای آغازه ارشمیدس

۷۵- اندازه گیری گنج و چگالی جسم جامد

میتوان آغازه ارشمیدس را برای پیدا کردن چگالی بکار برد: جسم را به کپه ترازوئی آویخته در کپه دیگر پارسنگ می گذاریم تا ترازو ترازمند گردد. سپس ظرفی پر از آب زیر جسم آورده بالا میآوریم تا جسم در آب فرو رود؛ این کپه سبک شده شاهین بسوی پارسنگ میچرخد. اکنون در کپه جسم چند سنگ ترازو میگذاریم تا شاهین از نو ترازمند گردد. اندازه این سنگ ها مساوی نیروئی است که از طرف آب از پائین به بالا به جسم وارد میآید، یعنی مساوی سنگینی آب همگنج جسم است. نسبت سنگینی جسم به این سنگینی چگالی جسم نسبت به آب است (شکل ۱۴۸).

۷۶- اندازه گیری چگالی ابگون ها

این کار را به کمک يك جسم جامدی میتوان انجام داد: چگالی d_1 جسم را بسانی که گفته شد نخست نسبت به آب پیدا میکنیم سپس همین آزمایش را بجای اینکه با آب انجام دهیم با آبگون انجام میدهیم؛ چگالی

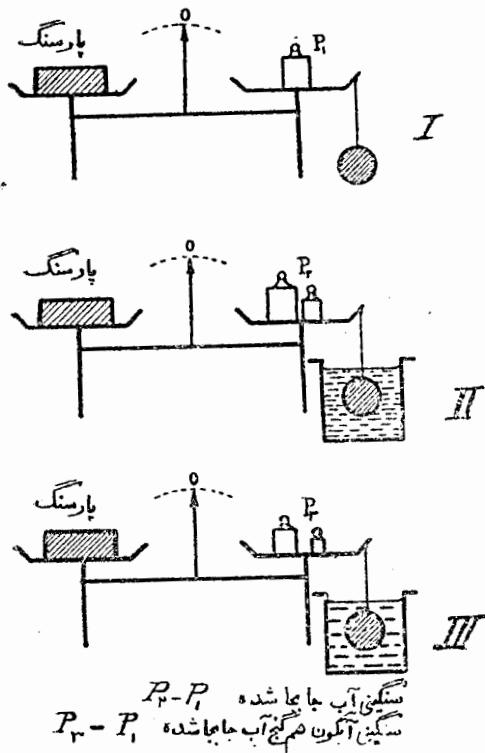


شکل ۱۴۸

d_r جسم نسبت به آن بگون پیدا میشود. چگالی آب نسبت به آب مساوی نسبت این دو چگالی است، یعنی مساوی $d = \frac{d_1}{d_2}$ زیرا نیرو هائی که از طرف آب و آب بگون به جسم وارد میآید مساوی سنگینی های دو گنج مساوی از آب و آب بگون است (شکل ۱۴۹).

۷۷ - چگالی سنج (Densimètre یا Aréomètre)

چگالی آب بگون ها، مانند الکل، اسیدها، و غیره را میتوان با چگالی سنج معین کرد. چگالی سنج جسمی است که در آب بگون شناور است (شکل ۱۵۰). هر چه آب بگون سبکتر باشد، جسم شناور بیشتر در آن فرو میرود زیرا باید گنج بیشتری از آب بگون جا بجا شود تا آنکه سنگینی آن مساوی سنگینی جسم شود.



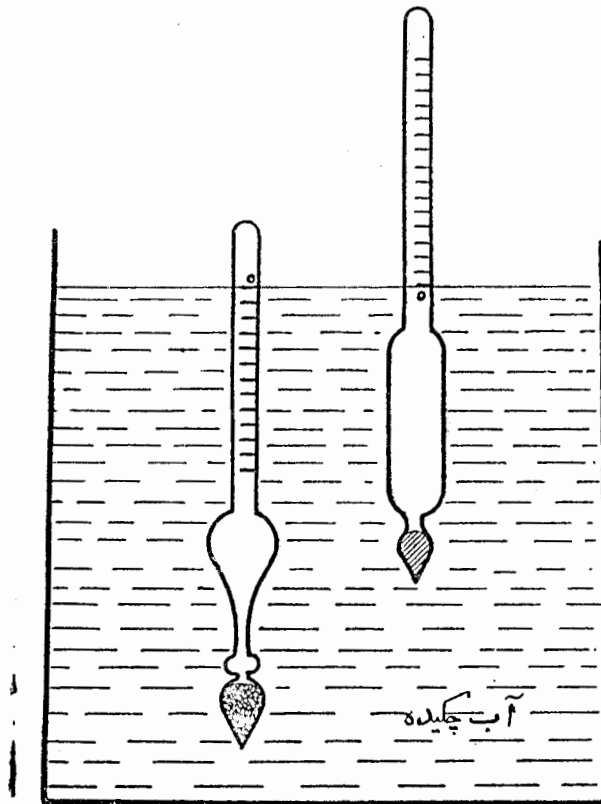
شکل ۱۴۹

چگالی سنج ساقه‌ای دارد مانند AB برای زینه‌بندی چگالی سنج آن را در آبگونهای که چگالی آنها را میدانیم وارد کرده روی ساقه نشانه مقابله سطح آبگون میگذاریم و اندازه چگالی را نزدیک آن نشانه می‌نماییم. برای آبگونهای دیگر چگالی سنج را در آنها فرو برده چگالی آنها را از روی این زینه‌بندی میخوانند (شکل ۱۵۱)

۷۸ - ترازمندی کشتی‌ها

کشتی جسمی است شناور و باید ترازمندی آن پایدار باشد، یعنی اگر هنگام کولاک کشتی برآست و چپ و یا بجلو و عقب کج شد، نیروهایی که به آن اثر مینمایند طوری باشد که کشتی را بحال ترازمندی برگردانند. کشتی را طوری میسازند که گرانگاه آن نامیتوان پائین باشد. شکلهای ۱۵۲ و ۱۵۳. نشان می‌دهد که در حال ترازمندی گرانگاه و مرکز فشار روی

کاربردهای آغازه ارشمیدس

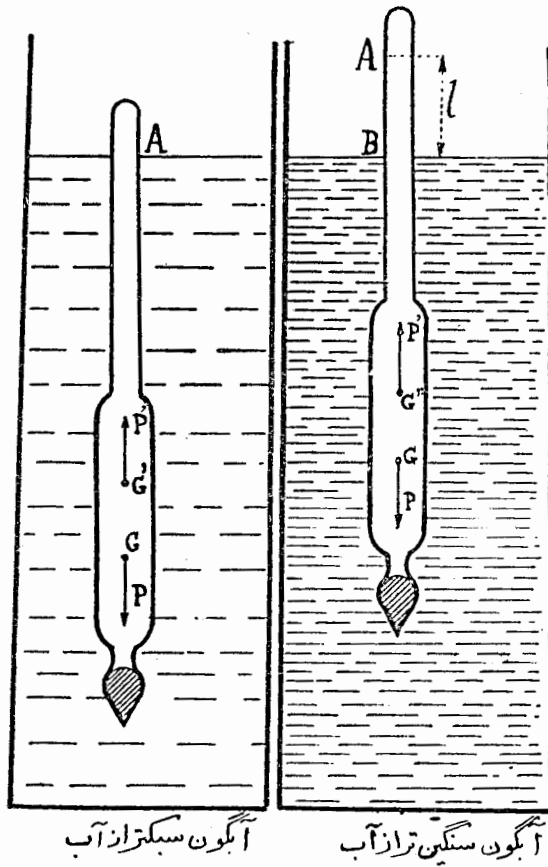


شکل ۱۵۰

يك خط شاغولی میباشند و هنگامیکه کشتی کج شود مرکز فشار P' در آن طرفی است که در آب فرو رفته و جفت نیروئی که در اثر فشار و سنگینی پیدا میشود کشتی را بحال نخستین برمی گرداند.

۷۹- زیر دریائی

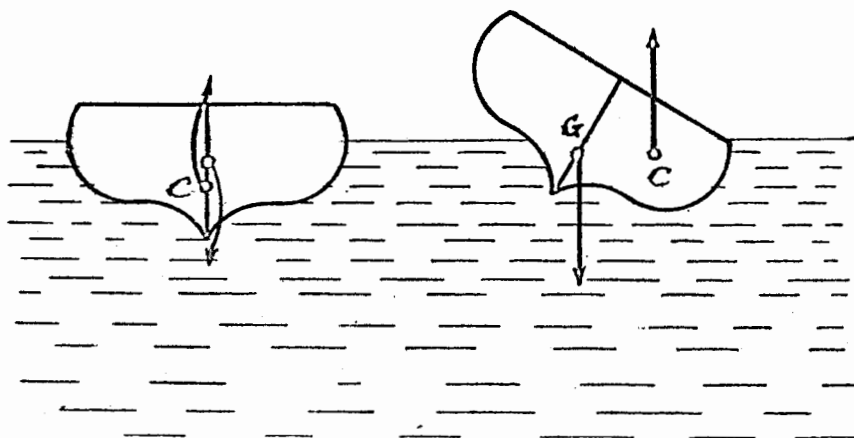
زیر دریائی ها کشتی هائی هستند که میتوانند هم روی آب و هم



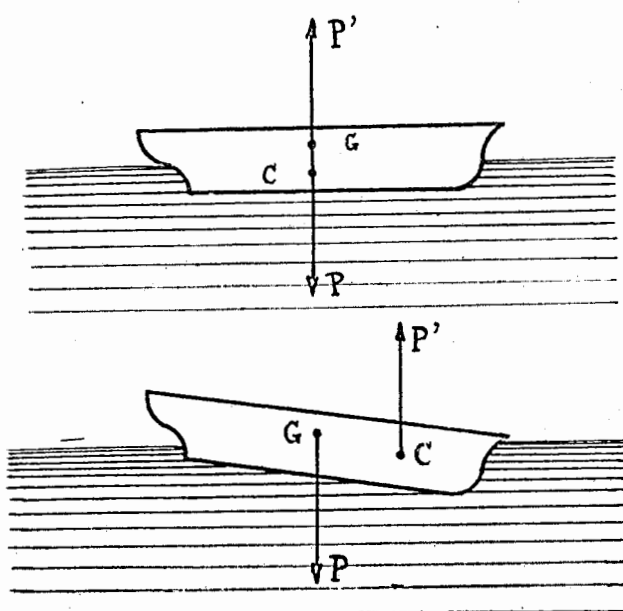
شکل ۱۵۱

زیر آب بروند (شکل ۱۵۴). برای اینکه زیر دریائی غوطه ور شود آب دریا را در محفظه های مخصوصی راه می دهند که کشتی سنگین شود برای بالا آمدن؛ این آب را با تلمبه یا هوای فشرده از محفظه ها بیرون میکنند (شکل ۱۵۵).

کاربردهای آغازیه ارشمیدس

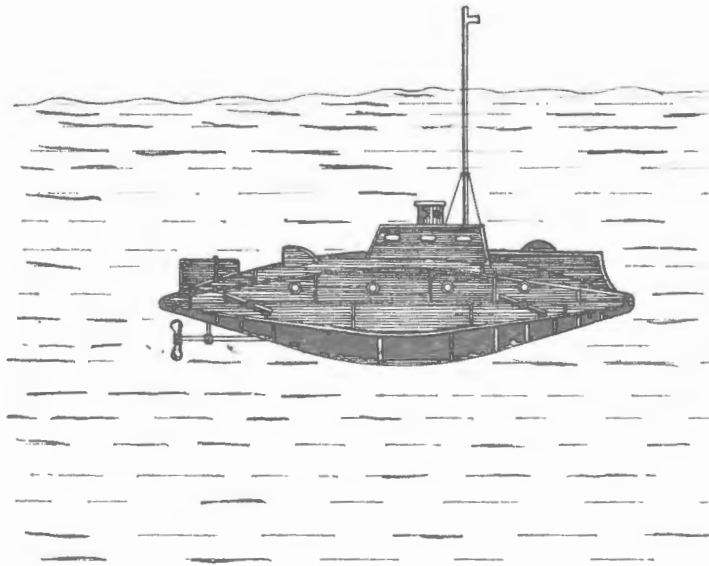


شکل ۱۵۲



شکل ۱۵۳

فيزيك



شكل ۱۵۴

پرسش

۱- تکه چوبی که چگالش ۵/۰ است در آب میاندازیم. چه برخه ی از گنجش درون آب خواهد بود؟

۲- در بعضی رودخانهها صندوقهای بزرگ چوبی برای بردن بار از کناری بکنار دیگر بکار میبرند. در یکی از این صندوقها که مکعب مستطیلی است بدرازی ۱۰ متر و پهنای ۵ مترباری را گذاشته و می بینند که صندوق ۱۰ سانتیمتر در آب بیشتر فرو میرود. سنگینی بار چقدر است؟

۳- چگونه ممکن است کشتیهای جنگی که دیواره هایش فولادی

کاربرد های آغازۀ ارشمیدس



شکل ۱۵۵

و بکلفتی ۵۰ سانتیمتر

است روی آب بماند ؟

۴ - صندوقی مانند

صندوق پرشش (۲) به

درازی ۳۰ متر و پهنای

۲۵ متر است و یک متر

از بلندی آن بیرون از

آب است آیا میتوان

روی آن لوکوموتیو

۱۰۰ تنی را بار کرد ؟

۵ - آیا می توانید

بوسیله مکعب چوبی و

ظرف پر از آب چگالی

روغنی که در ظرف دیگری است پیدا کنید ؟

۶ - شمش از زر و نقره سنگینی ۵۰۰ گرام را در آب میاندازیم

سنگینیش ۷۰ گرام میشود. اگر چگالی زر ۱۹٫۳ و چگالی نقره ۱۰٫۵

باشد، عیار شمش را معلوم کنید (پرشش ارشمیدس).

۷ - انگشتی که نگین الماس دارد در دست است. می خواهیم

بدون جدا کردن نگین سنگینی الماس را حساب کنیم. سنگینی انگشت در

هوا ۷۵۷۵۰ گرام و در آب ۳۶۳٫۴ گرام است. عیار زر حلقه انگشت

فيزيك

۹۰۰. است : سنگینی الماس را حساب کنید .

سنگینی ویژه زر ۱۹۲۶

» » مس ۸۸۵

» » الماس ۳۵ میباشد

۸ - در ظرفی که دارای جیوه و آب است گلوله آهنی میاندازیم .
نسبت گنجی که در آبست به گنجی که در جیوه است پیدا نمائید . سنگینی
ویژه جیوه ۱۳۶ و سنگینی ویژه آهن ۷۸ است :

۹ - باستوانه چوب پنبه ای که بلندیش ۱۵ سانتیمتر است استوانه
آهنی بهمان قطر و به بلندی ۲ سانتیمتر میچسبانند (سنگینی ویژه آهن
۷۸ و سنگینی ویژه چوب پنبه ۰.۲۶ است) هرگاه آنرا در آبگونی بچگالی
۱۳ بیاندازیم بچه اندازه در آن فرو میرود .

۱۰ - باستوانه چوبی که بلندیش ۳۰ سانتیمتر و سنگینی ویژه اش
۰.۶۵ است استوانه فلزی بهمان قطر و به بلندی ۱ سانتیمتر میچسبانند
سنگینی ویژه فلز ۸ است :

هرگاه جسم را در آب بیندازند تاجه بلندی در آب فرو میرود و
فاصله گرانیگاه جسم از مرکز فشار چقدر است ؟

۱۱ - کره فلزی بسنگینی ۴۶۴ کیلو گرام را بریسمانی بسته آهسته
در تشتک پر از آبی که روی کپه ترازوی رُبروال گذاشته و پارسنگ
کرده اند فرو میبریم . ترازمندی ترازو بهم میخورد و باید ۶۲۵ گرام
سنگ پیارسنگ افزود تا ترازو از نو تراز گردد . سنگینی ویژه فلز
۸۸۸ است .

از این آزمایش چه دریافت میشود (عکس آغازه ارشمیدس) .

کار بردهای آغاز ازشمیدس

۱۲ - کره‌ای از پلاتین را (سنکینی ویژه ۲۱۰۵) در تشت جیوه فرو میکنیم و در جیوه غوطه ور میماند. شعاع خارجی کره يك دسیمتر است و سنکینی ویژه جیوه ۱۳۰۶، حساب کنید کلفتی پلاتین را.

۱۳ - تشتك پر از آبی و چند سنك نشاندار را در کپه ترازویی گذارده و با پارسنك ترازو را ترازمند مینمایند؛ سپس جسم جامدی را که به بندی آویزان است در آب تشتك فرو میبرند و می‌بینند که باید ۱۲۰۵ گرام از سنگهای نشاندار برداشت تا ترازمندی ترازو بهم نخورد. آنگاه نخ را رها میکنند تا سنك بته تشتك بیافتد، در این هنگام لازم است که ۹۷۰۵ گرام دیگر از سنكهای نشاندار برداشته شود تا ترازو ترازمند شود. معین کنید: گنج جسم جامد و چگالیش را.

۱۴ - در لوله زینه داری جیوه ($d = ۱۳۰۶$) و آب ریخته‌اند و جسم جامد را در آن میاندازند؛ این جسم در سطح جدائی آب و جیوه غوطه‌ور میماند بطوریکه سطح جیوه را از زینه ۲۵۰ سانتیمتر مکعب به زینه ۲۹۸۰۵ میرساند و سطح آبر را از زینه ۵۰۰ سانتیمتر مکعب به زینه ۵۹۰ تعیین نمائید: گنج، سنکینی ویژه جامد را.

۱۵ - تکه یخی سنکینی ۲۰۰ گرام (سنکینی ویژه یخ ۰۰۹۲ است) را در تشتك آبی انداخته‌اند: تعیین کنید گنج قطعه یخ و گنج قسمتی از آنرا که در آب فرو رفته است. روی آب بنزین میریزند (سنکینی ویژه آن ۰۰۸۸ است) تا یخ کاملاً غوطه‌ور شود: در این هنگام گنج یخ که در آب میباشد چقدر است؟

۱۶ - سنکینی آدمی ۷۰ کیلو گرام است و سنکینی ویژه متوسطاو ۱۰۰۷؛ این شخص میخواهد کمربندنجاتی که از هوا پر شده است برای خود

فيزيك

بسازد بطوريكه هر گاه كمر بند را بكمربندد و در آب دريا رود در آب شناور بماند و تنها سرش (۵ دسيمتر مكعب) از آب بيرون باشد (سنگيني ويژه آب دريا ۱۰۲۶ است و از سنگيني كمر بند چشم ميپوشند). گنج كمر بند چقدر است؟

۱۷ - سنگيني چگالي سنجي ۱۵ گرام و سطح مقطع لوله آن ۰.۰۵ سانتيمتر مربع است. نخست چگالي سنج را در آب فرو برده و برابر سطح آزاد آب روي لوله زينه صفر را نشان ميكنند. اکنون اگر اين چگالي سنج را در آبگوني بسنگيني ويژه ۰.۸ يا ۱.۸ فرو برند سطح آزاد آبگون بچه فاصله از صفر خواهد ايستاد.

۱۸ - سطح مقطع لوله چگالي سنجي $S = ۰.۰۲۵$ سانتيمتر مربع است نخست چگالي سنج را در الكل فرو ميبرند (سنگيني ويژه الكل ۰.۷۹). و سطح آزاد الكل را روي لوله نشان ميكنند و سپس آنرا در آب فرو ميبرند و مي بينند كه لوله ۱۵ سانتيمتر بيشترو فرو ميرود؛ گنج چگالي سنج كه در الكل فرو رفته بود چقدر است و سنگيني آن چه مي باشد.

۱۹ - كوه يخ بزرگي بشكل منشور در سطح دريا شناور است (در دريا هاي نزديك قطب) و سطح بالاي آن ۳۰ متر از آب بالاتر است. چگالي يخ ۰.۹۱۴ و چگالي آب دريا ۱۰۲۶ است. تعيين كنيد چه اندازه از اين كوه يخ زير آب است.

۲۰ - لوله استوانه اي بسيار نازكي بسگيني ۵۰ گرام در دست است و آنرا بطور شاقولي وارد آب مي كند: لوله در آب شناور ميماند و ثانيه در آب فرو ميرود. گنج لوله چقدر است؟ سپس ثانيه آنرا پراز بنزين مينمايند و مي بينند كه اين بار تا $\frac{1}{3}$ بلنديش در آب فرو ميرود. سنگيني ويژه بنزين چقدر است؟

گفتار سوم

ایست شناسی گازها

بخش نخست : هوا - سنگینی هوا - فشار هوا

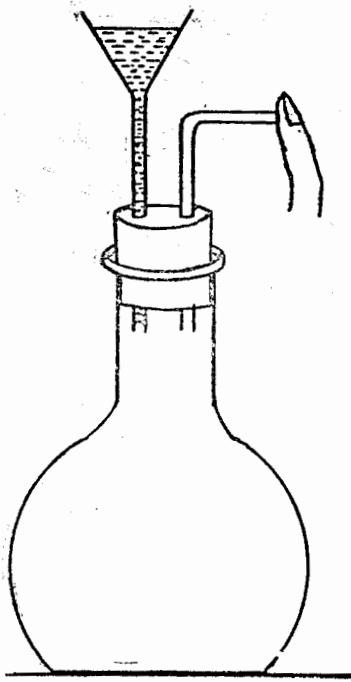
۸۰ - آزمایش ۱ - تنگی را درحوض فروبرید خواهید دید که حبابهای هوا از آن بیرون آمده بالا میآیند و تاققداری هوا بیرون نیاید آب بدرون تنگ نمیروند. معلوم میشود که فضای درون تنگ تهی نبوده و پر از هوا بوده است.

آزمایش ۲ - لوله خمیده و قیفی را باچوب پنبه در دهانه تنگی سوار کنید و با انگشت دهانه لوله را ببندید. چون در قیف آب بریزید می بینید که هوای درون تنگ برای بیرون رفتن بر انگشت شما فشار میآورد و تا هنگامی که انگشت را از دهانه لوله برنداشته اید و هوای بیرون نرفته است آب قیف نمیتواند داخل تنگ گردد (شکل ۱۵۶). علت این نیز همانند آزمایش پیش آنست که تنگ پر از هوا بوده و چون انگشت مانع بیرون رفتن هوای آن شده بود آب نمیتوانست بدرون تنگ رود.

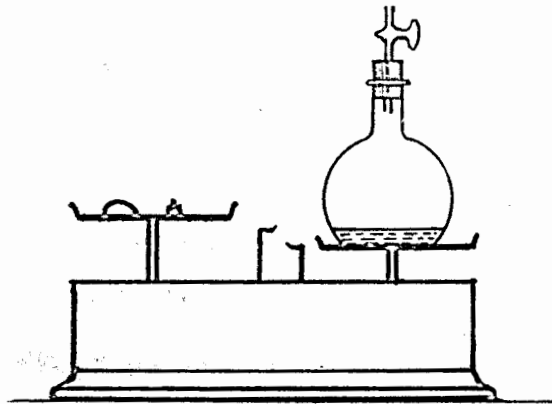
فیزيك

آزمایش ۴ - شیشه ای را که

گنجایشش نزدیک بیک لیستر باشد
بر داشته و در آن کمی آب ریخته
بجوشانید و چون چند دقیقه گذشت
و بخار آب هوای آن را بیرون کرد
دهانه اش را بادرلاستیکی خوب ببندید
و پس از سرد شدن با ترازو بکشید.
چون دهانه شیشه را باز کنید و هوا
در آن رود می بینید که شیشه سنگینتر
میشود (شکل ۱۵۷). از این آزمایش
چنین بر می آید که هوامانند جسمهای
دیگر سنگین است.



شکل ۱۵۶



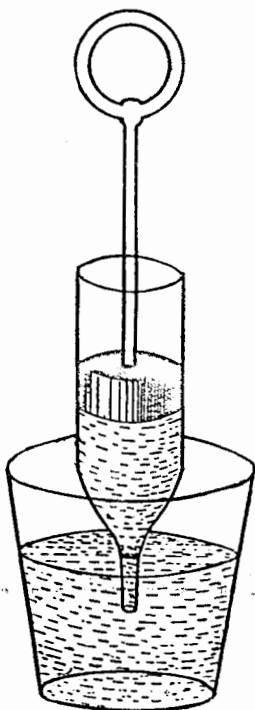
شکل ۱۵۷

۸۱ - سنگینی هوا

شیشه محکمی را برداشته در آن آب بریزید و از آنرو گنج درونی آنرا معلوم سازید، سپس یکبار آنرا با هوا و بار دیگر پس از آنکه با ماشین تهی گرهوای آنرا بیرون کردید با ترازو بکشید می بینید شیشه ای که پر از هواست سنگینتر از شیشه ایست که هوای آنرا تهی کرده ایم. اگر گنجایش شیشه یک لیتر باشد می بینید که شیشه با هوا یک گرام و سه دهم گرام

۸۲ - فشار هوا

آزمایش ۱ - سر آبدزدکی را در آب گیلای گذارده سنبه اش را بالا بکشید چون فضای زیر سنبه تهی میشود آب در نتیجه فشار هوا که بر سطح آن در گیلای وارد می آید بالا رفته آبدزدک را پر میسازد (شکل ۱۵۸).



شکل ۱۵۸

آزمایش ۲ - لوله دهانه باریکی را در آب کرده و پس از آنکه پر شد با انگشت دهانه بالائی آنرا بسته از آب بیرون آورید می بیند که آب از لوله بیرون نمیریزد بدین وسیله با آسانی میتوان آبگونی را از ظرفی بیرون آورد در آزمایش گاهپ برای این کار لوله های مخصوصی را بسکار میبرند که میانشان پهن تر و گنجایش زیادی دارند و پی بت نامیده میشود.

(شکل ۱۵۹)

آزمایش ۳ - دو صفحه شیشه تخت را برهم نهاده فشار دهید می بینید که دو صفحه چسبختی از هم جدا می شوند و مانند آنست که

قیزیک

آندو را بهم چسبانیده باشند. میتوان گفت که چسبیدن آنها در اثر فشار زیادی میباشد که هوا بر آندو وارد میکند

آزمایش ۴ - هرگاه دو نیمکره

فلزی را که لبه کاملاً تختی داشته باشد بر هم نهاده با تلمبه تهی گر هوای درونی آندورا تهی کنید خواهید دید که دو نیمکره را بسختی میتوان از هم جدا کرد و هنگام جدا شدن در نتیجه ورود هوا صدای بلندی شنیده میشود.



اتوفن گریک شهر دار شهر

ماگدبورگ در آلمان در ۱۶۵۴ میلادی

برای نشان دادن فشار هوا این آزمایش

شکل ۱۶۰

را انجام داد و دو نیمکره بقطر ۴۵ سانتیمتر را بر هم نهاده هوای درونشان را تهی نموده نشان داد چنانچه هشت اسب از هر طرف آنها را بکشند. بسختی آنها را میتوانند از هم جدا سازند.

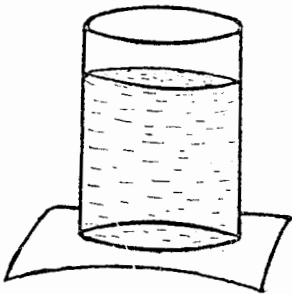
آزمایش ۵ - فنجان را پراز آب

کرده با صفحه کاغذی درشرا ببندید و بدست گرفته آنرا آهسته بر گردانید می بینید که آب نمیریزد. این



ایست شناسی گاز ها

آزمایش میرساند که هوا از زیر بر صفحه کاغذ فشار میآورد (شکل ۱۶۱)



شکل ۱۶۱

در آزمایشهای ۲ و ۵ گلاس و لوله اگر پر از آب هم نشده باشند باز همین پدیده دیده میشود زیرا همینکه کمی آب بریزد هوای بالای آن رقیقتر شده و فشار آن از فشار بیرون کمتر میشود.

آزمایش ۶ - در حلبی بترین بی رخنه ای کمی آب ریخته بجوشانید و پس از چند دقیقه جوشیدن سوراخ دهانه را بالحیم بگیرید همینکه حلبی سرد شود می بینید که برهم می پیچید. علت این پیش آمد آنست که چون آب بجوش آمد بخار آب هوا را بیرون نموده خود جای آنرا گرفت و چون در نتیجه سرد شدن بخار به آب بدل گردید و جایش تهی ماند فشار هوای بیرون حلبی را در هم پیچید.

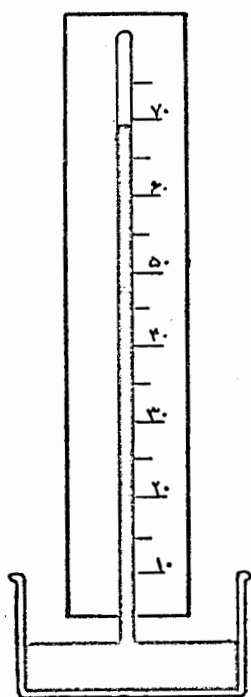
۸۳ - فشار گازها از برخورد مولکولهای آن بدیوارهای ظرف یا جسمهای درون آن پدید میآید. هر چه شمار مولکولها بیشتر باشد این برخورد ها بیشتر و فشار گاز زیادتر میگردد.

هر چه بندی مولکولها بیشتر باشد فشار گاز زیادتر میشود پس هر چه گاز را گرمتر کنیم چون بر بندی مولکولها افزوده میگردد فشار گاز هم بیشتر میشود. هر گاه گاز را بهم بفشریم چون مولکولهای آن باید جای

تنگ تری گردد آیند انبوه تر شده و ازینرو نیز فشارشان افزون می گردد.

۸۴- اندازه گیری فشار هوا

آزمایش تریچلی - لوله شیشه ای را که يك سر آن باز و درازیش بیش از هشتاد سانتیمتر باشد پر از جیوه کنید و پس از گرفتن دهانه اش آنرا بر تشتکی از جیوه واژگون نمائید می بینید که جیوه در لوله تا اندازه ای پایین می آید و در نقطه ای می ایستد و نمیتواند پائین تر آید (در تهران جیوه در بلندی ۶۷ سانتیمتر می ایستد). در این حالت فشار ستون جیوه با فشاری که از طرف هوا بر سطح جیوه تشتك وارد می آید برابری میکند (شکل ۱۶۲).



شکل ۱۶۲

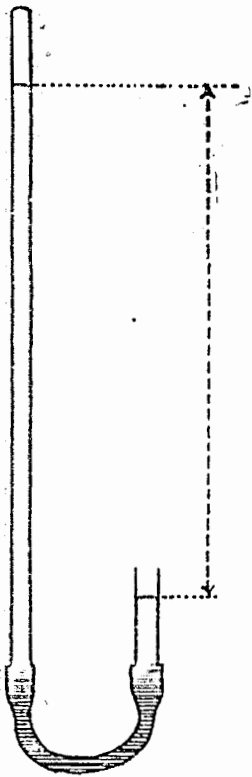
آزمایش ۴ - لوله شیشه ای ده پایانزده

سانتیمتری را با لوله لاستیکی بسر لوله هشتاد سانتیمتری آزمایش پیش وصل کنید و پس از آنکه لوله بلندتر را از جیوه پر ساختید آنرا واژگون سازید بطوریکه سر لوله كوچك بسوی بالا باشد (شکل ۱۶۳). می بیند که جیوه از شاخه كوچك بیرون نمیریزد. اکنون اگر از لوله كوچك بدمید فشار درونی آن که زیاد میشود جیوه را در شاخه هشتاد سانتیمتری بالا میبرد و چون هوای آنرا بکمید کم شدن فشار شاخه كوچك جیوه را در شاخه بزرگ پائین می آورد.

پس چنین نتیجه میگیریم که اگر سر لوله كوچك باز بماند کم و زیاد شدن فشار هوای بیرون سبب بالا و پائین رفتن جیوه در لوله بلند میشود

ایست شناسی گازها

و میتوان از روی بالا و پائین رفتن سطح جیوه زیاد و کم شدن فشار هوا پی برد.



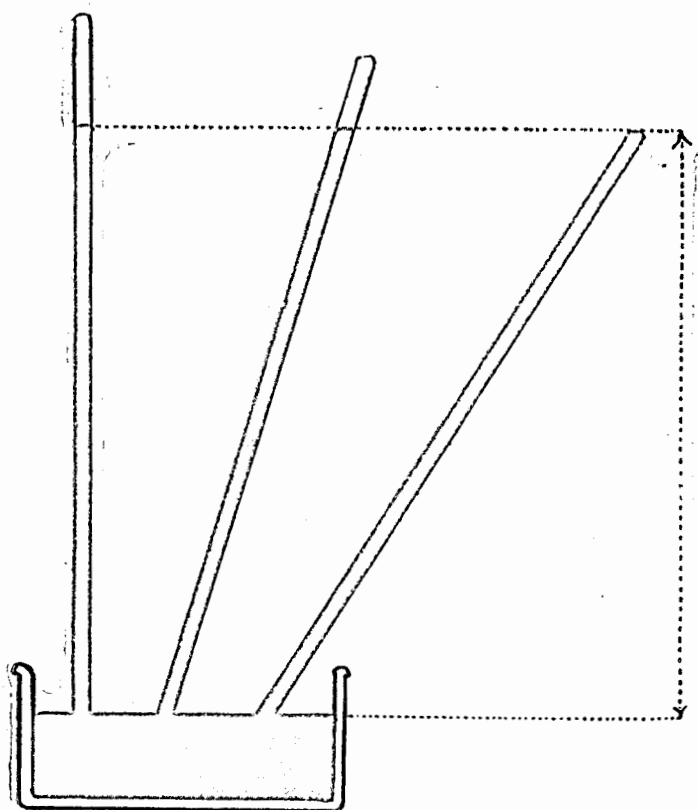
شکل ۱۶۳

آزمایش ۳ - لوله شیشه‌ای آزمایش بک رابی آنکه بیشتر در جیوه فرو برید یا بالاتر آورید به آمستگي کج کنید می بینید که جیوه کم کم لوله را پر میکند ولی در هر حال فاصله شاعولی سطح جیوه در لوله و تشتک تغییر نمی‌کند (شکل ۱۶۴).

آزمایش ۴ - همین آزمایش را با چند لوله بشکلهای گوناگون که آنها را کم و بیش کج نگاهداشته‌اید تکرار کنید می بینید که سطح جیوه در همه آنها در یک سطح قرار می‌گیرد (شکل ۱۶۵).

نتیجه - از آزمایشهایی که گفته شد چنین بر می‌آید که هوا بر جسمانی که در آن می‌باشد فشاری می‌آورد که اندازه‌اش در کنار دریای آزاد با فشار ستونی از جیوه که ۷۶ سانتیمتر بلندی دارد برابر و در نقطه‌های دیگر که بالاتر از سطح دریا هستند تفاوت کمتر است.

فشار ۷۶ سانتیمتر جیوه مساوی ۱۳۰۶×۷۶ یعنی ۱۰۳۳۰۶ گرم بر سانتیمتر مربعست و این فشار را بنام **دم سپهر** (آتمسفر) بعنوان یک فشار بکار می‌برند (یک **دم سپهر** برابر با فشار ستون آبی است که ده متر و سی و سه سانتیمتر بلندی داشته باشد. گاهی تقریباً آنرا برابر با یک کیلو گرام بر سانتیمتر مربع می‌گیرند).

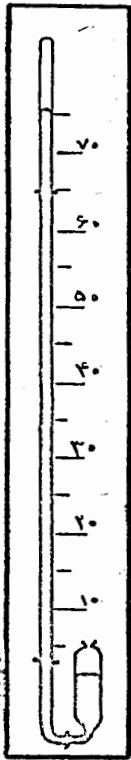


شكل ١٦٤

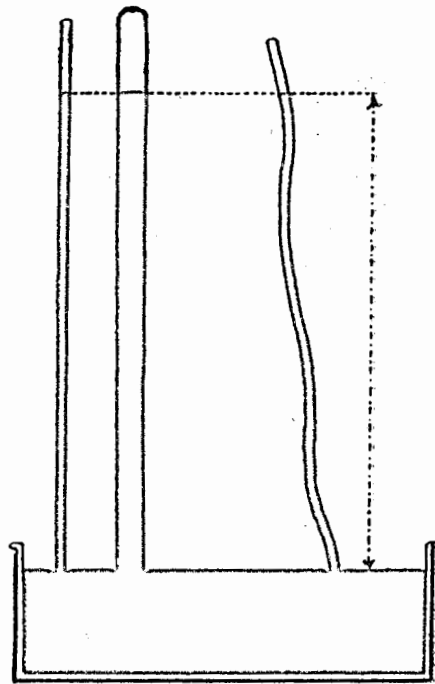
٨٥ - بارومتر

الف: بارومتر جیوه - اوله شیشه آزمایش ۳ را میشود جلوی خط کشی سوار کرده بدینسان اسبابی ساخت که بوسیله آن بتوان فشار هوا و تغییرات آنرا در هر لحظه معلوم نمود. چنین اسبابی بارومتر یا هواسنج نامیده میشود (شکل ۱۶۶)، یکجور بارومتر دیگری رانیزیکار

ایست شناسی گازها



شکل ۱۶۶



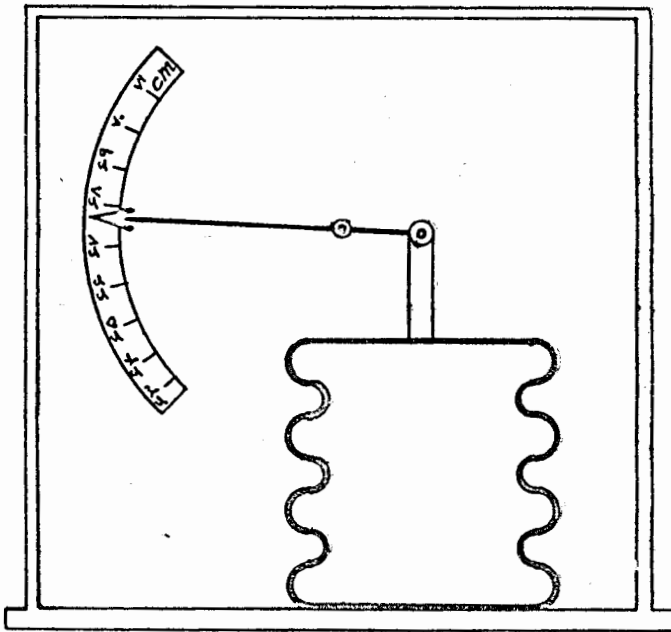
شکل ۱۶۵

میبهرند که بسیار کوچکتر است و آسانتر میتوان آنها را با خود به جابرد و آن بارومتر فلزی است .

ب : بارومتر فلزی - از قوطی فلزی ساخته شده است که دهانه آنها با پرده فولادی نازکی پوشانیده و آنها را از هوا تهی ساخته اند از طرفی هم ناره (عقربه) که میتواند روی صفحه اسباب حرکت کند با چند اهرم بوسط پرده فلزی پیوسته است . هنگامیکه پرده فلزی در اثر

فيزيك

تغییر فشار هوا و کم و بیش بدرون قوطی فشرده میشود ناره را کم و بیش جلوی صفحه حرکت میدهد و بر حسب زینه هائی که از روی سنجش با بارومتر جیوه نداشتند اند فشار هوا معلوم میگردد (شکل ۱۶۷).



شکل ۱۶۷

۸۶ - تغییر فشار هوا

اگر با بارومتری فشار هوا را مثلاً در بالا و پائین کوهی اندازه بگیرید می بینید که فشار هوای بالا کمتر از پائین است و هر چه متری که بالا رویم فشار نزدیک بیک میلیمتر جیوه پائین می آید، میتوان از این راه بلندی جاهای مختلف را معین ساخت.

ایست شناسی گازها

همچنین دیده میشود که فشار هوای هر نقطه نیز همیشه ثابت نمیماند و هنگام خوبی هوا فشار زیاد و هنگام طوفان ناگهان کم میشود بطوریکه ازینرو میتوان با بارومتر چگونگی هوا را تا اندازه ای پیش بینی نمود .

پرسش

- ۱ - چگونه میتوانید ثابت کنید که هوا فشار دارد ؟
- ۲ - باچه وسایل ساده ای میتوانید از راه آزمایش نشان دهید که هوا سنگین است ؟
- ۳ - باچه اسباب ساده ای میتوانید ثابت کنید که فشار هوا در همه سو هست ؟
- ۴ - آیا میتوانید با اسبابهائی که در دسترس دارید يك بارومتر بسازید ؟
- ۵ - چگونه میتوانید بفهمید که فضای بالای جیوه بارومتر شمش کمالا تهیست ؟
- ۶ - فشار هوای نقطه ۴ و ۷ سانتیمتر جیوه است - آن نقطه چقدر از سطح دریا بالاتر است ؟
- ۷ - در جایی که هستید فشار هوا چقدر است .
- ۸ - بارومتر جیوه ای در تهران ۶۷ سانتیمتر جیوه را نشان میدهد ستون بارومتر آبی چه بلندی را خواهد داشت ؟
- ۹ - اگر بارومتر رانده چاهی ببریم ستون جیوه چه تغییری میکند ؟
- ۱۰ - اگر اوله بارومتر را که در ایش ۱۲۰ سانتیمتر است از

فيزيك

راستای شاغولی ۵۰ درجه خم کنید درازی ستون جیوه چه اندازه میشود؟

۱۱ - اگر شاخه آزاد بارومتري را يك متر در حوضی فروبریم

بلندی ستون جیوه چه اندازه میشود؟

۱۲ - بمیان تکه چرم نخي بسته چرم را تر نموده بروی سنگی فشار بد

سپس نخ را بکشید سنگ بلند میشود - چرا ؟

۱۳ - چرا در بلندی های زیاد گاهی از گوش و بینی خون میآید؟

۱۴ - چرا برای تهی کردن بنزبن از حلبی باید حلبی را از دوجا

سوراخ نمود ؟

۱۵ - برای کار کردن زیر آب سرپوش بزرگ و سنگینی را واژگون

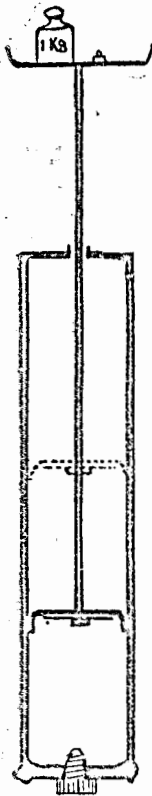
نموده در آب فرو میبرند مقداری هوا در آن میماند که کارگرها در آنجا

کار میکنند - چرا آب سرپوش را پر نمیکند ؟

بخش دوم

وابستگی فشار و گنج گازها

۸۷ - آزمایش ۱ دهانه تلمبه را با انگشت محکم گرفته سنبه را



بدرون فشار دهید می بینید که هر اندازه گنج هوای درون تلمبه را کمتر کنید فشار هوای آن بر انگشت شما زیادتر میشود.

آزمایش ۲ - در آزمایش پیش بجای آنکه دهانه تلمبه را با انگشت بگیرید آنرا با پیچی محکم ببندید و بجای اینکه بادت بر سنبه فشار دهید چند سنک ترازو را برای فشار دادن بکار برید (شکل ۱۶۸). می بینید اگر فشاری که سنگها میآورند برابر با فشار هوا باشد سنبه گنج هوای درون استوانه را به نصف میرساند و اگر سنگینشانرا دو برابر کنید گنج هوای درونی يك سوم میشود، از این آزمایش چنین نتیجه می شود که اگر فشار هوایی را زیاد و کم کنیم گنج آن بطور منظمی کم و زیاد میگردد.

شکل ۱۶۸

آزمایش ۳ - دولوله که دهانه یکیشان را

میتوان با شیری بست با لوله لاستیکی بهم مربوط نموده و در آن ها جیوه بریزید اگر شیر باز باشد از روی قانون ظرفهای پیوسته سطح جیوه در هر دولوله يك تراز می ایستد، اکنون اگر شیر لوله

فیزیک

نخستین رابطه ولوله دیگری بالا برید تا سطح جیوه اش باندازه فشار هوای همان محل بالاتر از سطح جیوه لوله پائینی بایستد می بینید که گنج هوای لوله سر بسته نصف شده است و اگر لوله را باز هم بالاتر برید با اختلاف دو سطح جیوه لوله ها دو برابر ستون جیوه هوا سنج گردد گنج هوای درونی يك سوم میشود (شکل ۱۶۹).

۸۸ - قانون بویل - ماریوت

از آزمایشی که گفته شد میتوان چنین نتیجه گرفت که هر اندازه فشار گازی را زیاد کنیم گنجش بهمان نسبت کم میشود و برعکس اگر گنج گازی زیاد شود بهمان نسبت از فشارش کاسته میشود این نتیجه را بویل انگلیسی از یکطرف و ماریوت فرانسوی از طرف دیگر تقریباً در يك زمان بدست آوردند و از آنرو این نتیجه در فیزیک بقانون بویل - ماریوت مشهور شد و چنین بیان میشود:

گنج هر گاز اگر دمای آن تغییر نکند با فشارش نسبت معکوس دارد یعنی با ثابت ماندن دما همیشه حاصل ضرب گنج گاز و فشار آن مقداری ثابت است:

$$P \times V = P_0 \times V_0$$

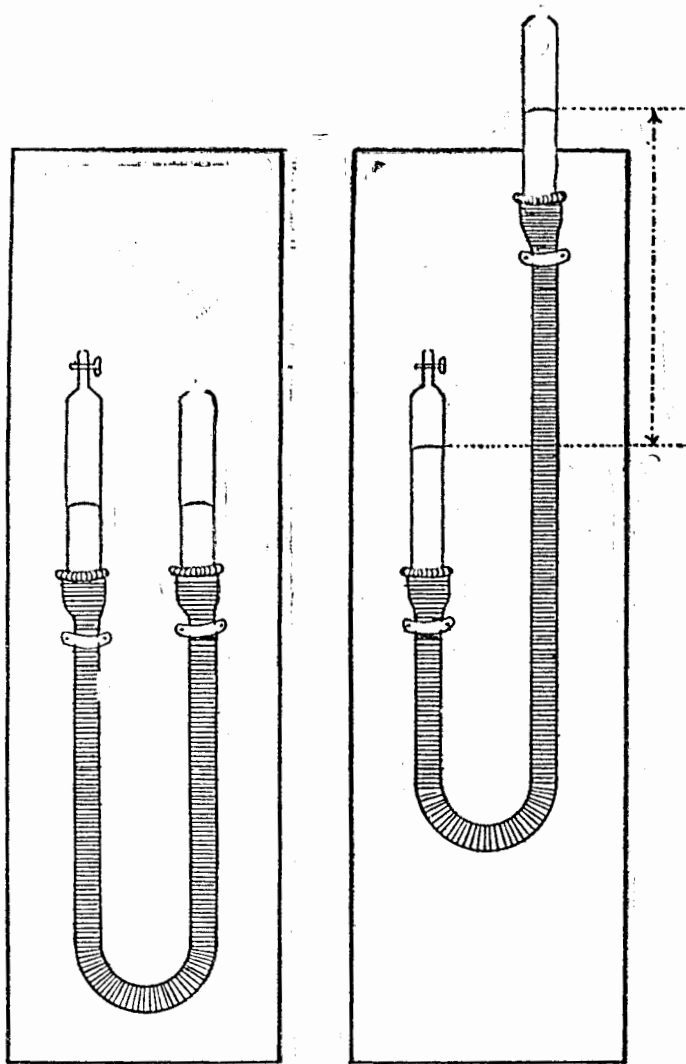
که در آنجا P_0 و V_0 فشار و گنج گاز پیش از فشرده شدن و P و V فشار و گنج گاز بعد از تغییر فشار یا گنج گاز است.

مثال - گازی که دو لیتر گنج دارد و فشارش ۷۶ سانتیمتر جیوه است اگر ده لیتر گنج پیدا کند فشارش چه اندازه خواهد شد؟

جواب - اگر در رابطه بویل - ماریوت بجای P_0 و V_0 و P بترتیب مقادیر شان ۷۶ - ۲ و ۱۰ را بگذاریم چنین نتیجه میشود:

$$P = \frac{76 \times 2}{10} = 15.2$$

وابستگی فشار و گنج گازها



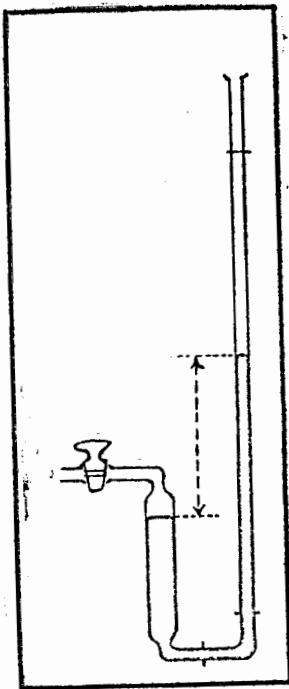
شکل ۱۶۹

۸۹- فشار سنج

الف - فشارسنج با هوای آزاد - فشار سنج با هوای آزاد از لوله

فیزیک

خیده‌ای بشکل L درست شده که در آن جیوه یا آب ریخته‌اند. برای تعیین فشار در یک ظرفی یکی از شاخه‌های فشارسنج را بوسیله لوله بدان ظرف وصل میکنند و شاخه دیگر را باز میگذارند (شکل ۱۷۰).



شکل ۱۷۰

بر سطح جیوه شاخه باز فشار هوا و بر سطح جیوه شاخه که بطرف راه دارد فشار درونی ظرف وارد می‌آید از اینرو تفاوت فشار درونی ظرف و فشار هوای بیرون برابر تفاوت بلندی ستون جیوه در دو شاخه خواهد بود
ب - فشارسنج با هوای بهم فشرد

این فشارسنج مانند فشارسنج با هوای آزاد است ولی سر شاخه باز آنرا بسته‌اند که با هوای بیرون پیوستگی نداشته باشد. بنابر این هنگامی که فشار سطح جیوه را در شاخه بسته بالا میبرد هوای این شاخه بهم فشرد شده و از بالا رفتن جیوه جلوگیری می‌کند شکل ۱۷۱.

فشارسنج با هوای بهم فشرده را در تعیین فشارهای زیاد میتوان بکاربرد

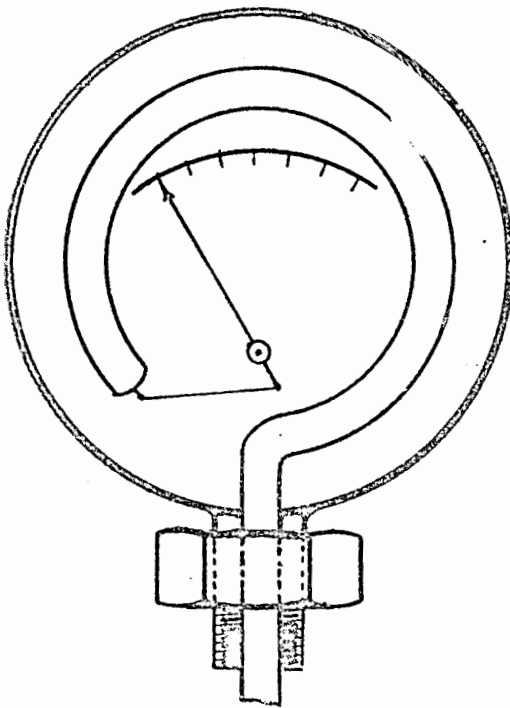
ج - فشارسنج فلزی - این فشارسنج مانند هوا سنج فلزی

است که در آن فشار بخار بوسیله لوله به قوطی نازک فلزی وارد می‌آید

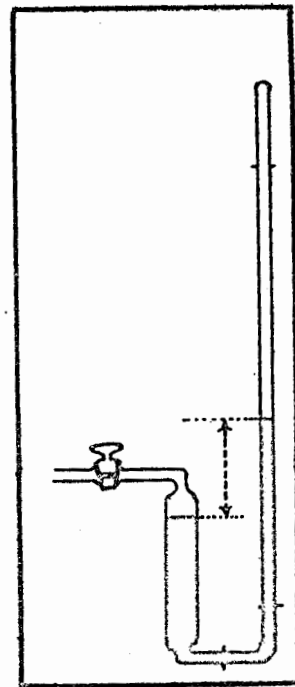
و از حرکت ناره بر صفحه زینه دار اندازه فشار معلوم میگردد.

وابستگی فشار و گنج گازها

پاره فشار سنج های فلزی از لوله فلزی خمیده ای ساخته شده اند ، هنگامی که هوا یا بخار با فشار وارد آن بشود قسمت خمیده لوله بازتر میشود (چنانچه فشار آب هم لوله لاستیکی خمیده ای را از هم باز میکند) . ناره این تغییر شکل را بر صفحه زینه داری نشان میدهد (شکل ۱۷۲)



شکل ۱۷۲



شکل ۱۷۱

۹۰ - سنگینی ویژه گازها

چنانچه در پیش دیده ایم (بند ۴۸) برای تعیین توده ویژه هر جسمی باید توده یکه گنج آنرا معلوم نمود ولی در پاره ای گازها که با سانی بهم فشرده میشوند

فيزيك

بايستی فشار گاز را نیز دو نظر گرفت زیرا در دمای پایا هر اندازه که فشار گاز زیادتر باشد سنگینی و اثره‌اش بیشتر است زیرا شماره مولکولها در گنج معینی بیشتر است.

برای پیدا کردن سنگینی و اثره گازی نخست سنگینی گنج معین گاز را چنانکه برای هوا گفته شد (بند ۸۱) با بالنی اندازه میگیریم و برگنج گاز تقسیم می‌نمائیم.

پرسش

۱ - اگر در فضائی که يك لیتر گنج دارد با تلمبه که سد سانتیمتر گنج دارد سد بار بدمیم چه فشاری پیدا میشود؟

۲ - يك سانتیمتر مکعب هوا را چقدر باید بفشریم تا فشارش از

۶۷ سانتیمتر جیوه به‌زار سانتیمتر برسد؟

۳ - سربوشتی را واژگون کرده دو متر زیر آب فرو

برید گنج هوای درون آن بچه نسبت کم میشود؟

اگر بارومترى را در آنجا بگذاریم چه فشاری را نشان می‌دهد.

۴ - هوانوردی با بالنش بجائی میرسد که در

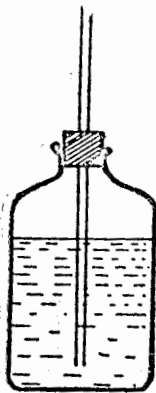
آنجا فشار هوا ۱۸ سانتیمتر جیوه است؛ در این

بلندی هوانورد چند بار باید نفس بکشد تا کاریک

نفس کشیدن در روی زمین را کرده باشد؟

۵ - اگر در لوله‌ایکه مانند (شکل ۱۷۳) بر تنگ پر از آبی سوار

شده است بدمید چه پیش می‌آید؟



شکل ۱۷۳

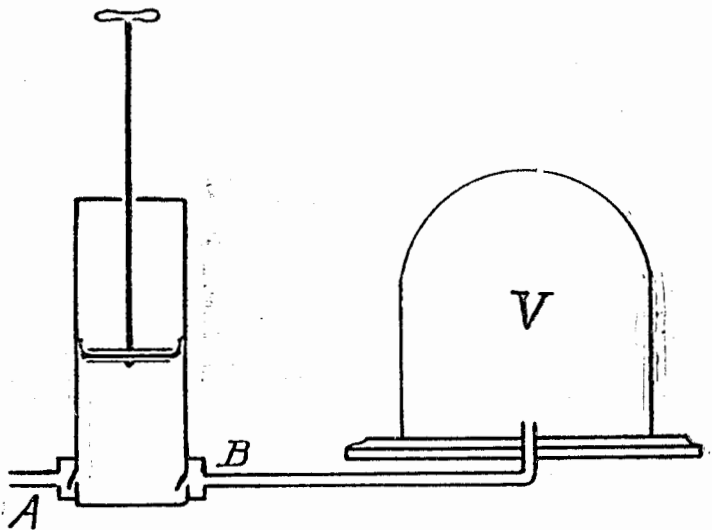
بخش سوم

کاربردهای فشار هوا

تلمبه ها : تلمبه ها اسبابهائی هستند که برای جابجا کردن شاره‌ها (آبگونها و گازها) بکار میروند.

۹۱- تلمبه تهی گر هوا

تلمبه تهی گر هوا دارای استوانه و سنبه‌ای است و نیز دو دریچه دارد که (شکل ۱۷۴) یکی از آنها از استوانه رو بولوله A و دیگری از لوله B رو

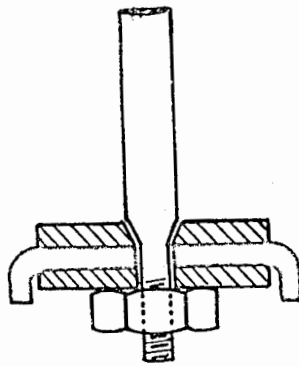


شکل ۱۷۴

فيزيك

باستوانه باز ميشود . هرگاه استوانه را با لوله B بطرفي مربوط ساخته سنبه را بالا بكشيد هواي زير سنبه رقيق ميشود و در نتيجه فشار هواي بيرون دريچه A را ميندود ولي فشار هواي ظرف دريچه B را باز ميكند و كمی از هواي ظرف V بدرون استوانه ميآيد و چون سنبه را پائين آورندهوائي كه در زير سنبه فشرده ميگردد دريچه B را بسته و دريچه A را باز ميكند و از آنجا بيرون ميرود . بدینسان چون چندبار سنبه را بالا و پائين كشند مقداري از هواي ظرف بيرون كشیده ميشود .

برای آنكه رخنه های سنبه هنگام بالا كشیدن خوب گرفته شود چرمي بدور سنبه گذاشته قطر آنرا كمی از قطر استوانه بزرگتر گرفته لبه آنرا بطرف بالا خم ميكند تا در اثر فشار هواي بيرون محكم بديواره استوانه بچسبد .



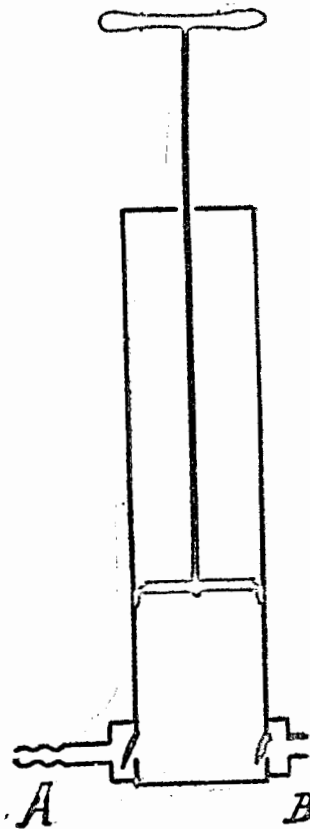
شكل ۱۷۵

کاربردهای فشار هوا

۹۲ - تلمبه فشاری

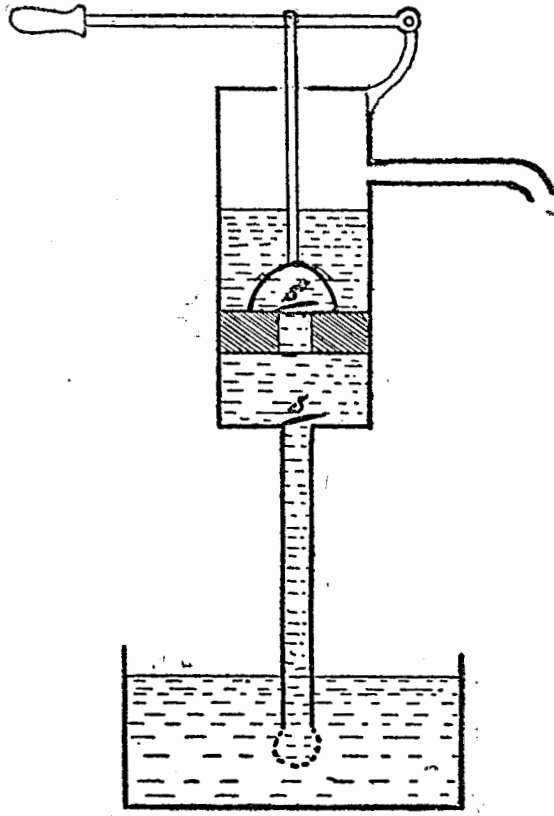
ساختمان تلمبه فشاری هوا که تلمبه دو چرخه نمونه‌ای از آن است کاملاً مانند تلمبه تهی‌گر هواست جز آنکه چرم سنبه آنرا بجای آنکه بسوی بالا خم کرده باشند بسوی پائین برگردانده‌اند (شکل ۱۷۵) تا هنگام فرو بردن سنبه فشار درون استوانه آنرا محکم بدیواره بچسباند . برای فشردن هوا در ظرفی آنرا بلوله A وصل میکنند و بدینسان چون سنبه را بالا میکشند هوای بیرون از لوله B بدرون تلمبه می‌آید و چون سنبه را پائین بیاورند از لوله A بدرون ظرف فشرده میگردد (شکل ۱۷۶) .

شکل ۱۷۶



۹۳- تلمبه مکند

این تلمبه چنانچه در (شکل ۱۷۷) نموده شده دارای استوانه و سنبه‌ای است ، زیر استوانه لوله ای کار گذارده‌اند که سر دیگرش در



شکل ۱۷۷

آب انبار یا چاه آبی که می‌خواهند آبش را بالا بکشند فرو می‌برند و نیز مانند تلمبه تهی‌گر دارای دو دریچه است که یکی (S) میان لوله و استوانه و از لوله بطرف استوانه باز میشود و دیگری (S') روی سنبه که

کار بردهای فشار هوا

از استوانه به بیرون باز می‌گردد.

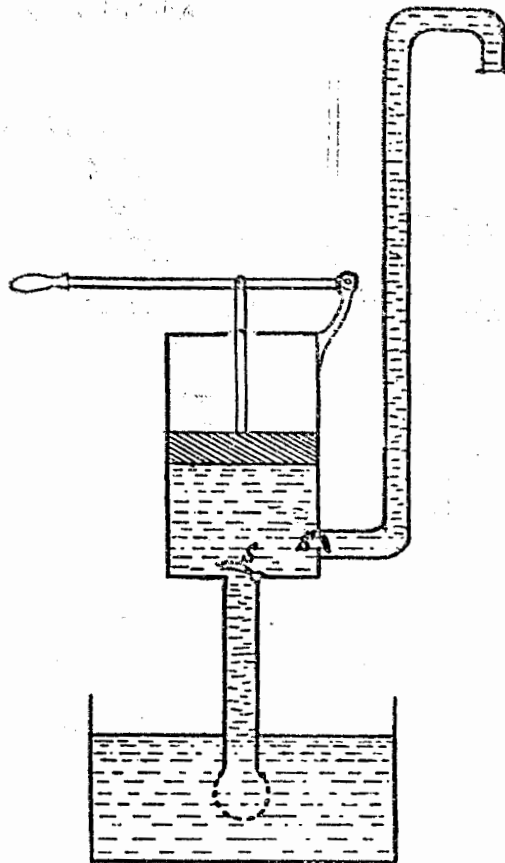
اگر سنبه را بالا بکشند فشار هوای درون استوانه کم میشود و در نتیجه دریچه S' بسته و S باز می‌گردد و کمی از هوای لوله با استوانه کشیده میشود و آب بر اثر فشار هوایی که از بیرون بر سطح آن در چاه یا آب انبار وارد می‌آید از لوله بالا می‌رود و چون سنبه را پائین بیاورند دریچه S در اثر فشردگی هوای درون استوانه بسته شده هوای استوانه از S' بیرون می‌رود و بهمین ترتیب چون چند بار این کار را تکرار کنند کم کم آب از لوله بالا آمده استوانه را پر و از آنجا توسط دریچه S' بیرون میریزد.

۹۴ - تلمبه فشاری

تلمبه که در بالا ذکر شد نمیتواند آب را بیش از ده متر بالا بکشد زیرا چنانچه دیده‌ایم آنچه که آب را در لوله تلمبه بالا می‌آورد فشار هواییست که بر سطح آب انبار یا چاه وارد می‌آید و از طرفی هم میدانیم (بند ۸۴) که این فشار برابر با 10336 گرم بر سانتیمتر مربع است یعنی برابر با فشار ستون آبی است که نزدیک ده متر بلندی داشته باشد. از اینرو در جاهایی که بخواهند آبر را بنقطه‌های بالاتر از ده متر برسانند بجای آنکه دریچه S را روی سنبه کار گذارند آنرا در دهانه لوله (شکل ۱۷۸) که بیابین بدنه استوانه وصل است و برای بردن آب به بالا بکار می‌رود سوار میکنند بطوریکه از استوانه رو بلوله باز گردد بدینسان هنگام بالا کشیدن سنبه آب استوانه را پر میکنند و چون آنرا پائین آورند فشار آب دریچه S' را باز نموده و با فشار از آنجا در لوله بالا می‌رود.

۹۵ سیفون

سیفون (زانوئی) لوله خمیده ایست (شکل ۱۷۹) که برای تهی کردن ظرفی از آبگونه بی آنکه آنرا سرازیر کنند بکار میرود. برای اینکار نخست زانوئی را از آبگونه پر کرده يك شاخه اش را در ظرف آبگونه میگذارند. اگر دهانه شاخه دیگر زانوئی از سطح آب ظرف پائین تر باشد بنا بر قانون ظرفهای پیوسته آب ظرف تا سطحیکه بادهاند شاخه بیرونی زانوئی همراز باشد تهی میشود.

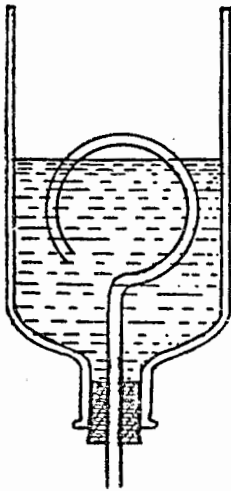


شکل ۱۷۸

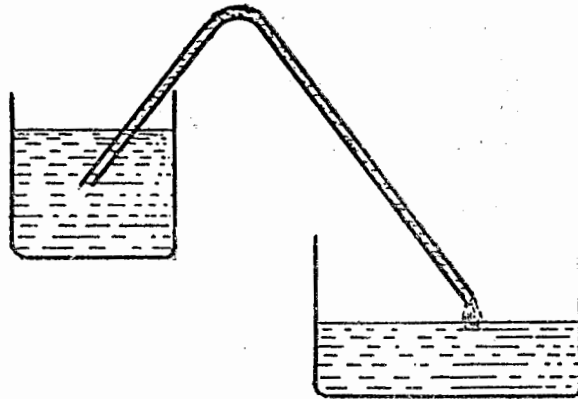
۹۶ چشمه های گاه بگاهی

از لوله شیشه ای مانند شکل ۱۸۰ زانوئی ساخته يك شاخه آنرا از گیلای که ته آن سوراخ باشد بیرون بیاورید. اگر در گیلای کم آب بریزید نخست چون زانوئی تهی است از گیلای آب بیرون نمیریزد

کار بردهای فشار هوا



شکل ۱۸۰



شکل ۱۷۹

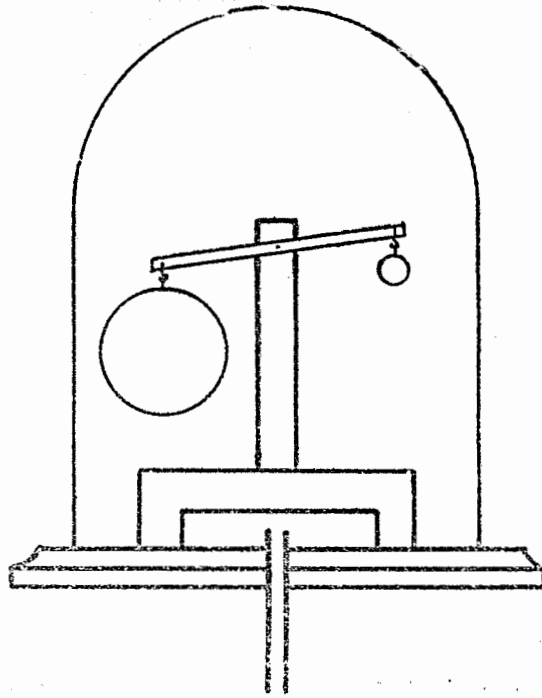
و همینکه آب به خم زانوئی رسید روان آب آغاز میگردد. گاهی میشود که آب انبارهای زیر زمینی نیز بار از انومانندی به بیرون راه مییابند؛ بدینسان انبار کم کم از آبهای که بدان رخنه یافته اند پر میشود و چون زانوئی پر شود به بیرون روان میگردد.

۹۷ - سنگینی جسم در هوا

آغاز ارشمیدس (بند ۷۲) در باره گازها نیز درست است و اگر دو جسم هم گنج نباشند و ترازو سنگینی آنها را برابر نشان دهد در حقیقت چون در شارهای مانند هوا میباشند یک سنگینی را ندارند چنانچه اگر آنها را زیر سرپوش ماشین تهی گری بکشیم خواهیم دید که جسم بزرگتر چون در هوا بیشتر سبک شده بود اکنون سنگین تر نشان داده میشود (شکل ۱۸۱)، اینست که در اندازه گیری های دقیق سنگینی هوای هم گنج جسم را حساب نموده

فیریک

و به سنگینی جسم میافزایند.



شکل ۱۸۱

۹۸ بالان

خاصیت سبک شدن جسم را در هوا با یکار برده بالان را اختراع کرده اند و آن پارچه بی رخنه است که بشکل کره ای (بالن) دوخته و با کائوچو نیز اندوده اند، چون بالان را از گازهای سبکتر از هوا مانند هیدروژن، هلیوم پُر سازند سنگینی هوای هم گنج بالان که بیشتر از سنگینی پارچه و گاز درونی بالان میشود سبب بالا رفتن بالان میگردد. چون به بالان بزرگ سبکی بیاویزند

کاربردهای فشار هوا

چند نفر میتوانند در آن نشسته و به هوا بالا روند^{۱)} (شکل ۱۸۲).

پرسش

۱- چندراه میتوانید
زانوئی را از آبگون پُر
سازید؟

۲- در کجاها میتوانید
زانوئی را بکار برید؟
چرا هنگام تلمبه زدن
هر بار بیشتر از بار پیش نیرو
لازمست تا هنگامیکه
روان آب آغاز گردد

۴- آیا یک بالنی تاجه
بلندی بالا خواهد رفت



شکل ۱۸۲

د - برای آنکه بالن بتواند صد کیلو گرم سنگینی را به هوا برد چقدر
باید نیدرژن داشته باشد در صورتیکه بدانیم هر لیتر هوا ۱۲۳ گرم و هر
لیتر هیدرژن ۰۰۶۹ گرم سنگینی دارد.

گفتار چهارم : گرما

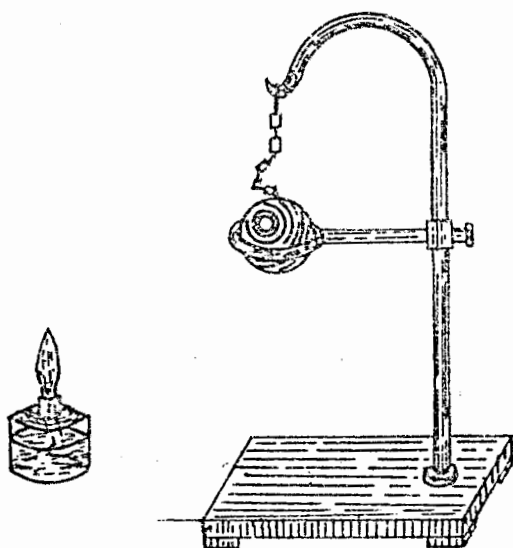
بخش نخست

دما

۹۹ - اثرهای گرما

آزمایش - تکه یخی را در ظرفی بگذارید و آنرا با چراغ گرم کنید، نخست یخ آب شده آنگاه کم کم دمه میگردد تا بکلی ظرف تهی شود، در این آزمایش گرما مسبب شده که دج به آبگونه و آبگونه به دمه تغییر حالت یابد.

آزمایش - گلوله فلزی و حلقه ای که کمی قطرش بیشتر باشد فراهم نمائید



شکل ۱۸۳

گلوله با سانی از حلقه میگذرد. با چراغ گلوله را گرم کنید گلوله در اثر گرما بزرگتر شده و از حلقه نمیتواند بگذرد چون گلوله را سرد کنید دوباره از حلقه خواهد گذشت (شکل ۱۸۳).

برای کار گذاردن دوزه چرخ های ارابه حلقه آهنی که قطرش کمی

کرما

از قطر چرخ کوچکتر است فراهم کرده و آنرا گرم میکنند، در نتیجه حلقه بزرگتر میشود و با سانی چرخ را داخل آن قرار میدهند، پس از سرد شدن حلقه کوچکتر شده چرخ را محکم نگاه میدارد. از این دو آزمایش پی میبریم باینکه:

۱ - تغییر حالت جسمها از دج به آبگونه و از آبگونه به دمه در نتیجه کرما انجام میگیرد.

ب - چون جسمی گرم شود انبساط مییابد یعنی جادهها و گنجش افزون میگردد، مولکولهای هر جسم در جای خود جنبش دارند چون جسم گرم شود جنبش مولکولهایش تندتر و دامنه آنها بیشتر میگردد و از اینرو جسم گنج بیشتری را فرا میگیرد.

افزونی دامنه جنبش پیوستگی مولکولها را میکاهد و چون گرم کافی باشد مولکولها رفته رفته آزاد میشوند و جسم تغییر حالت مییابد.

۱۰۰ دما

چون آهن تخته را در آب سرد فرو برید آهن سرد و آب گرم میشود آهن تخته میتواند به آب گرما بدهد گوئیم آهن تخته از آب گرمتر است.

از دو جسم آنکه بتواند بدیگری گرما بدهد آنرا گرمتر گوئیم. حالت گرمی جسم را دمای آن گوئیم از دو جسم آنکه بتواند به دیگری گرما دهد دمایش بیشتر است.

آزمایش - سه ظرف که در اولی آب یخ، دومی آب نیم گرم و در سومی آب گرم باشد فراهم کنید. نخست دست خود را در آب یخ مدتی

نگاهدارید و سپس داخل ظرف دوم نمائید چنان مینماید که آب این ظرف گرم است.

در آزمایش دیگر نخست دست را در آب گرم فرو برده سپس درون ظرف آب نیم گرم ببرید حس میکنید آب این ظرف سرد است. از این دو آزمایش پی میبریم باینکه حس سردی و گرمی ما نسبی است و دقیق نیست برای تشخیص حالت گرمی جسمها باید وسیله دقیق بکار برد. اسبابی که برای اندازه گرفتن دما بکار میرود دماسنج نامند.

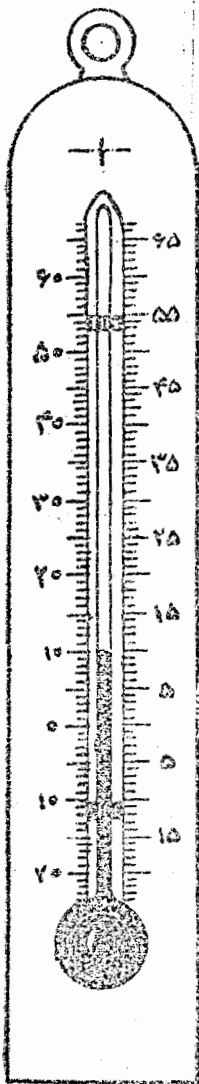
۱۰۱ — دماسنج

برای سنجش دما از خاصیت های جسم که در نتیجه گرما تغییر میکند استفاده میشود.

یکی از این خاصیت ها انبساط جسم در اثر گرما است. انبساط آبگونهای بیش از دج ها. انبساط دمه ها و گازها بیش از آبگونها است. دماسنج با آبگونه ساده تر و معمولتر بوده و ما از آن گفتگو میکنیم.

۱۰۲ — دماسنج جیوه (شکل ۱۸۴)

انبار گوی سان یا ستوانه ای پراز جیوه بلوله باریکی پیوند گردیده است سر لوله بسته و درون آن تپی از هوا است لوله زینه بندی شده است.



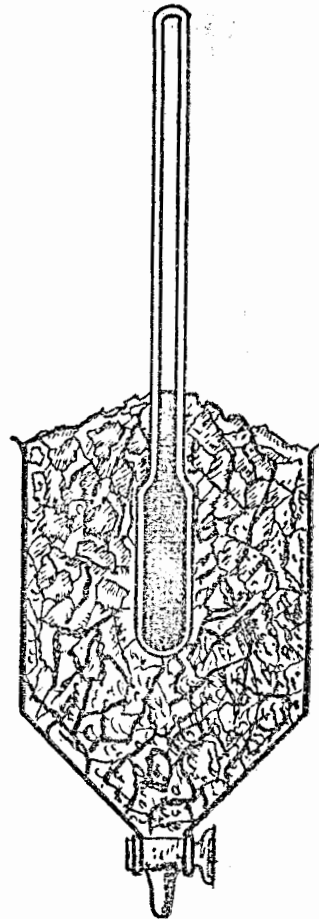
شکل ۱۸۴

کرما

سطح جیوه برابر هر زینه بایستد دمای فراگیر را نشان میدهد.

آزمایش - يك دماسنج را در آمیزه آب و یخ فرو ببرید و بنگرید جیوه برابر زینه صفر میایستد سپس دماسنج را در ظرف آبی نگاهداشته و ظرف را گرم کنید ، جیوه رفته رفته بالا میرود تا هنگامی که آب بجوش میآید جیوه برابر زینه میایستد اگر آزمایش در جایی هم سطح دریا که فشار ۷۶ سانتیمتر جیوه است انجام بگیرد زینه جوشش آب چکیده سد زینه خواهد بود . هر چه از سطح دریا بالاتر رویم فشار هوا کمتر گردد زینه جوشش پایین تر میآید .

چون تهران خیلی بالاتر از سطح دریا است (تقریباً ۲۰۰ متر) فشار هوا در تهران معمولاً ۶۷ سانتیمتر جیوه و زینه جوشش آب چکیده ۹۶/۵ است

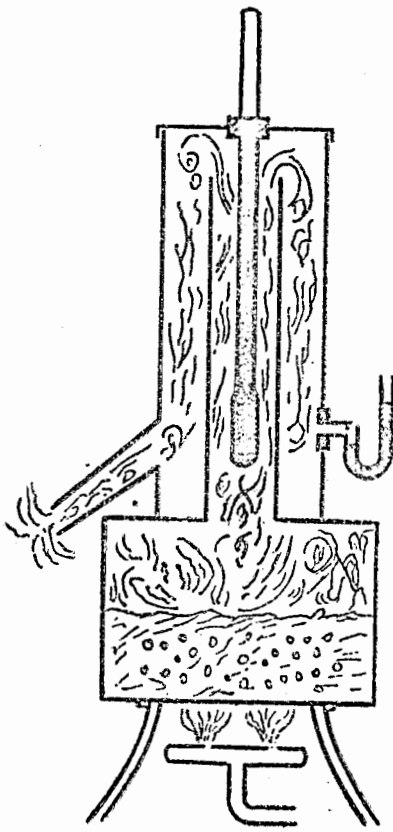


شکل ۱۸۵

۱۰۳ زینه بندی دماسنج

برای زینه بندی دماسنج نخست آنرا در آمیزه آب و یخ فرو برده (شکل ۱۸۵) هر جا جیوه ایستاد در برابرش روی لوله یا تخته که پهلوی

آن قرار گرفته زینه صفر میگذارند. سپس دماسنج را در ظرفی که دارای دمه آب جوش با فشار ۷۶ سانتیمتر جیوه باشد نگاهداشته (شکل ۱۸۶) هر جا سطح جیوه ایستاد برابرش زینه سد میگذارند. فاصله این دو نقطه



شکل ۱۸۶

را به سد قسمت مساوی تقسیم نموده و هر يك را يك زینه سد قسمتی نامند چنانچه سطح جیوه برابر تقسیم ۲۵ بایستد گوئیم دما ۲۵ زینه است و آنرا به ۲۵ نمایش میدهم. زیر صفر و بالای سد از همین زینه ها میگذارند و دمای کمتر از صفر یا بیشتر از سدر امیخوانند زینه های زیر صفر را با علامت منهای (-) نمایش میدهند. در زمستان هنگامیکه جیوه برابر زینه ۱۲ زیر صفر میایستد گوئیم دما منهای دوازده زینه است (۱۲-).

جیوه در ۴۰- جامد شده و در ۳۵۷ میجوشد - الکل در ۱۳۰-.

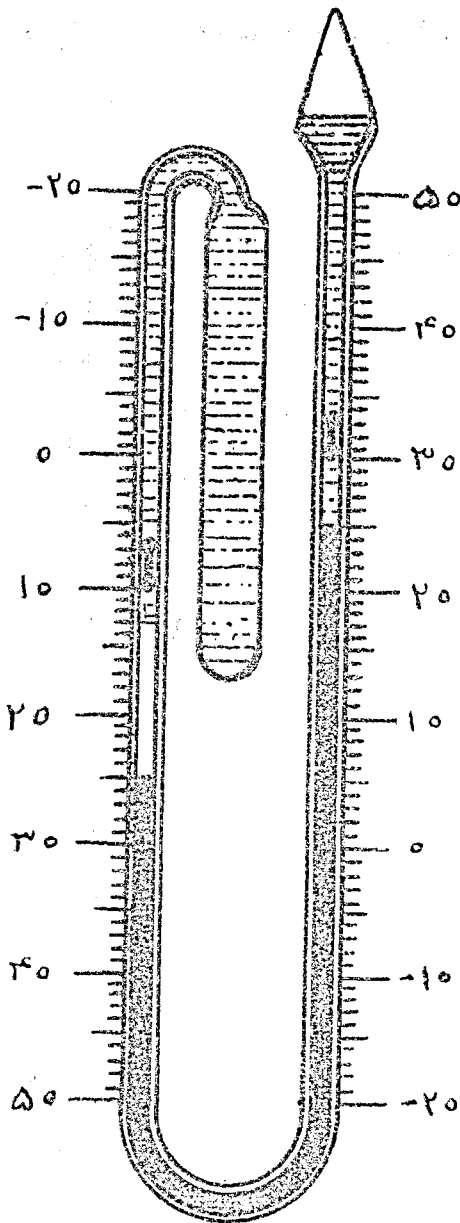
جامد میشود و در 78° میجوشد از اینرو برای اندازه گرفتن دماهای کم دماسنج الکلی که با ماده سرخی رنگین شده بکار میبرند.

بجز زینه بندی سد قسمتی زینه بندی های دیگر نیز بکار میرود - در زینه بندی فارنهایت که بیشتر در انگلستان و امریکا معمولست دمای امیزه معینی از یخ و نمک را صفر میگذارند - صفر سد قسمتی برابر 32° فارنهایت و زینه جوشش آب که در سد قسمتی سد است در فارنهایت 212° می باشد.

میان دوزینه 32° و 212° را به ۱۸۰ قسمت مساوی تقسیم نموده و هر قسمت یک زینه فارنهایت است. پس سد زینه سد قسمتی برابر ۱۸۰ زینه فارنهایت میشود - و هر زینه سد قسمتی برابر $\frac{180}{100}$ یا $\frac{9}{5}$ زینه فارنهایت میگرد - از اینرو میتوان اندازه دمائی را که در یک زینه بندی معلوم باشد در زینه بندی دیگر پیدا کنیم مثلاً - دمای 20° سد قسمتی را میخواهیم در زینه بندی فارنهایت پیدا کنیم: صفر سد قسمتی برابر زینه 32° فارنهایت است و هر زینه سد قسمتی $\frac{9}{5}$ زینه فارنهایت میباشد. پس باید $20 \times \frac{9}{5} = 36$ را با ۳۲ جمع کنیم زینه فارنهایت 68° برابر 20° سد قسمتی بدست میآید

۱۰۴ - دماسنج مہین نما و کھین نما

در شکل ۱۸۷ اوله وسطی و قسمتی از بالای شاخه چپ و بالای شاخه راست تا وسط حباب دارای الکل میباشد و میان این دو قسمت یک ستون جیوه قرار گرفته است یک سوزن فولادی بالای سطح جیوه در هر شاخه درون الکل گذارده شده است. در اثر سرما کنج الکل شاخه چپ کم شده در نتیجه



شکل ۸۷۱

سطح جیوه شاخه چپ و
سوزن فولادی بالا می‌آید
چون دما با ورود گنج‌الکل
شاخه چپ زیاد شده و سطح
جیوه پائین می‌آید ولی مالش
از پائین آمدن سوزن
جلوگیری کرده و قاب
آهن را با پائینش می‌آورند سر
جای خود می‌ایستد. این نقطه
که در آنجا الکل شاخه چپ
کمترین گنج را داشته
دمای کپین را نشان می‌دهد.
در اثر گرما ستون جیوه
در لوله شاخه راست بالا
می‌رود و سوزن فولادی
راست را بالا می‌راند تا آنجا
که گرمای دمای مپین می‌رسد
سوزن فولادی در نقطه‌ای
می‌ایستد پس از آن چون دما
کمتر شود ستون جیوه در
لوله راست پائین می‌آید ولی
سوزن بعلت وجود مالش

در جای خود میماند و دمای مپین را نشان میدهد.

۱۰۵ - دماسنج پزشکی

در میان انبار و لوله راه خمیده باریکی کار گذاشته شده چون دماسنج را در دهان گذاریم جیوه گرم شده و گنجش افزون میگردد - مقداری از آن از راه باریک گذشته و سطح جیوه برابر زینه ای که دمای تن است میایستد. پس از دور کردن دماسنج از بدن جیوه نمیتواند از راه باریک به انبار برگردد و همان دمای تن را نشان میدهد (شکل ۱۸۸)

انبساط دجها را برای ساختن بعضی دماسنج های مخصوص مثلا دماسنج نگارنده بکار میبرند. با گازهایی مانند هیدروژن ازت و هلیوم دماسنجهایی میسازند که از روی تغییر فشار گاز دما را اندازه میگیرند.

پوسش

- ۱- فنجانی را وارونه روی نعلبکی گذارده و آب گرم رویش بریزید می بینید حبابهای هوا از درون فنجان بیرون می آید - چرا ؟
- ۲- چرا در زمستان آب چاه بنظر گرم و در تابستان سرد می آید ؟
- ۳- چرا هر چه لوله دماسنج باریکتر بشد فاصله زینه ها بیشتر و دماسنج حساستر است .



شکل ۱۸۸

فیزیک

۴- دمای بدن انسان 37°C صد قسمتی است - حساب کنید درزینه
فارنهایت چیست؟

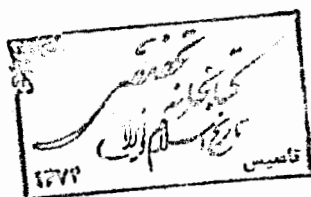
۵- دماهای صد قسمتی ذیل را در زینه بندی فارنهایت پیدا کنید .
دمای مپین چکالی آب 4°C

دمای جوشش الکل خالص 87°C

دمای 19°C - که با امیزه از دو قسمت برف و یک قسمت نمک طعام
میتوان بدست آورد

دمای 51°C - که با امیزه سه قسمت برف و چهار قسمت
کلروردوکلسیم میتوان بدست آورد

۶- تحقیق کنید دمای مپین و کپین محل سکونت شما در زمستان
و تابستان چیست ؟



بخش دوم

چندۀ گرما

۱۰۶ - آزمایش - میله آهنی داغی را در ظرف آب سرد فرو ببرید با دماسنج بیازمائید آب گرم میشود - آهن داغ چندۀ ای گرما به آب داده و دمای آنرا بالا میبرد .

آزمایش - در ظرفی ۲۵۰ گرم آب به دمای 20° بریزید و آن را روی چراغ الکلی گرم کنید بپسیند زمان لازم برای آنکه آب به دمای 60° برسد چیست . سپس همین آزمایش را با آمیزه از سد گرم آب و ۱۵۰ گرم آهن به دمای 20° در همان ظرف و روی همان چراغ انجام دهید بپسیند که این بار زمان لازم برای انجام آزمایش کمتر است .

در آزمایش دوم ۱۵۰ گرم آب کمتر از آزمایش اول بوده و ۵۰ گرم آهن افزوده شده یعنی بجای ۱۵۰ گرم آب ۱۵۰ گرم آهن گذارید چون زمان لازم برای گرم کردن از 20° به 60° در آزمایش دوم کوتاه تر است پی میبریم باینکه آهن برای گرم شدن کمتر از آب چندۀ گرما لازم دارد .

۱۰۷ - آنکه چندۀ گرما

چندۀ گرمائی که یک گرم آب چکیده میگیرد تا دمای یک زینه افزون شود یکۀ چندۀ گرما گزیده شده و آنرا کالری نامند .

فیزیک

گرمای ویژه - چنده گرمائیكه يك گرم از جسمی میگیرد تا دمایش يك زینه افزون شود گرمای ویژه جسم نامند.

جسم	گرمای ویژه	جسم	گرمای ویژه
آب	۱	نقره	۰.۰۵۷
شیشه	۰.۱۲	سرب	۰.۰۳۱
آهن	۰.۱۴	برنج	۰.۰۹۴
مس	۰.۰۹۵		

در جدول بالا می بینید كه گرمای ویژه آب ده برابر گرمای ویژه مس است.

پرسشی - چنده گرما كه ۱۰۰ گرم آب میگیرد تا دمایش از ۲۰°

به ۸۰° برسد چه اندازه است؟

هر گرام آب يك كالری میگیرد تا دمایش يك زینه افزون شود از

۲۰° تا ۸۰° افزونی دما برابر ۶۰° - ۲۰° = ۸۰° میباشد

پس يك كرام آب ۶۰ × ۱ كالری برای گرم شدن از ۲۰° به ۸۰° میگیرد

و ۱۰۰ گرم آب

$$۱۰۰ (۸۰^{\circ} - ۲۰^{\circ}) = ۶۰۰۰ \text{ كالری}$$

چنده گرما میگیرد تا دمایش از ۲۰° به ۸۰° برسد.

۱۰۸ - گرما سنجی

چون دو جسم را كه دمایشان یکی نباشد پهلوی هم آورند آنكه

گرمتر است چنده گرما بدیگری بخشیده تا دمای هر دو یکی شود این

خاصیت را برای گرما سنجی (روش آمیزش) بکار میبرند.

آزمایش - ۱۰۰ گرم آب ۴۰° را با ۱۵۰ گرم آب ۲۰° بیامیزید

۲۵۰ گرم آب ۲۸° بدست میآید.

چنده گرما

در نتیجه آمیزش ۱۰۰ گرم آب 40° به 28° رسیده است و باندازه

$$100(40 - 20) = 1200 \text{ کالری}$$

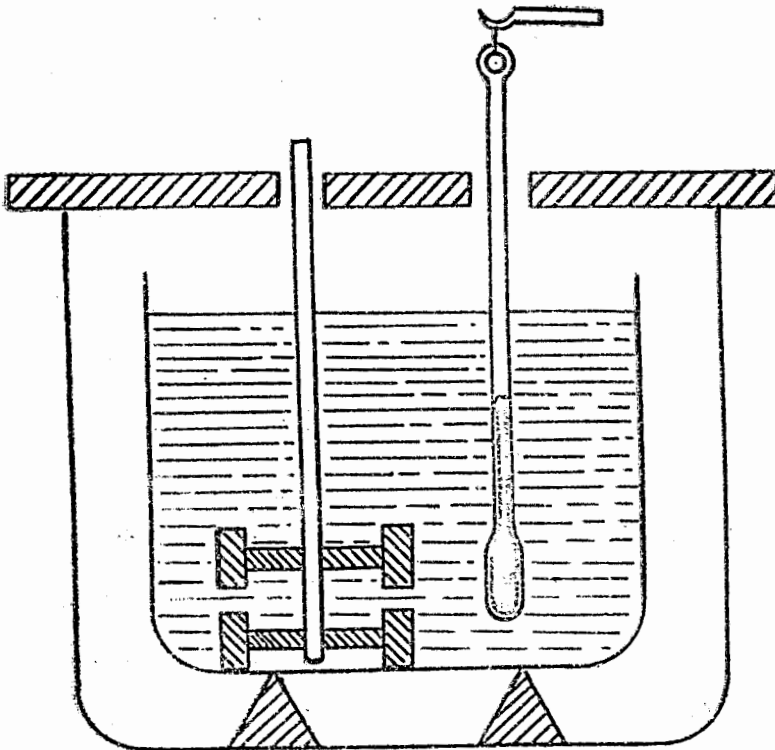
از دست داده است - از طرف دیگر ۱۵۰ گرم آب 20° برای گرم شدن تا

$$28^{\circ} \text{ باندازه } 1200 \text{ کالری} = 150(28 - 20) \text{ گرفته است}$$

از اینرو میتوان چنده گرما که جسمی برای گرم شدن یا تغییر حالت میگیرد همچنین چنده گرما که در فعل و انفعالهای شیمیائی پیدامیشود اندازه گرفت اسبابی را که برای اندازه گرفتن چنده گرما بکار میرود گرما سنج نامند

۱۰۹ گرما سنج

گرما سنج ظرفی است که دارای مقداری آب و يك دماسنج میباشد



فیزیک

برای اینکه این ظرف از بیرون گرم نگردد به بیرون نیز گرما ندهد روی پایه های چوب پنبه و درون ظرف دیگری جایگرفته است. سطح بیرونی ظرف درونی و سطح درونی ظرف بیرونی پرداخت شده و سرپوشی که سوراخ برای گذراندن دماسنج دارد روی ظرفها را می پوشاند. گاهی نیز ظرف بیرونی را نمد پوش مینماید.

پرسش - در گرماسنجی که ۲۵۰ گرم آب به دمای 15° دارد ۱۰۰ گرم آهن میگذاریم پس از همزدن می بینیم دمای آن 20° شده است. پیدا کنید سد گرم آهن چند کالری بگرما سنج داده و دمایش چه اندازه بوده است.

پاسخ - دمای ۲۵۰ گرم آب از 15° به 20° رسیده است یعنی باندازه

$$20^{\circ} - 15^{\circ} = 5^{\circ}$$

گرم شده است. هر گرم آب برای یک زینه گرم شدن یک کالری میگیرد پس ۲۵۰ گرم آب برای ۵ زینه گرم شدن باندازه.

$$250 \times 5 = 1250 \text{ کالری}$$

گرفته است. یعنی سد گرم آهن ۱۲۵۰ کالری بگرما سنج داده است. پس هر یک گرم آهن برابر $\frac{1250}{100}$ یا ۱۲.۵ کالری در گرم سنج از دست داده است تا دمایش به 20° رسیده است چون گرمای ویژه آهن ۰.۱۴ است تغییر دمای آهن برابر

$$\frac{1250}{0.14} = 8912^{\circ}$$

$$8912 + 20 = 8932$$

و دمای آن

بوده است.

چند ده گرما

پرسش

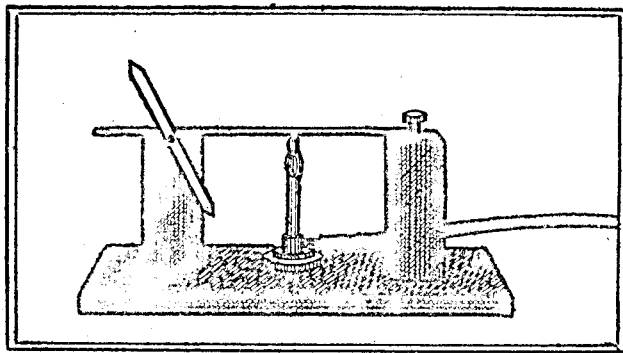
- ۱ - چند ده گرما که ۲۰۰ گرم مس میگیرد تا دمایش از 15° به 120° برسد چیست؟
- ۲ - يك تکه آهن و يك تکه مس و يك تکه سرب را که سنگینی برابر دارند و دمای آنها یکیست در ظرف آب جوش میگذاریم کدام يك بیشتر گرما از آب میگیرند؟
- ۳ - ظرف مسی ۲۰۰ گرمی دارای ۱۵۰ گرم آب 10° میباشد چند ده گرما که ظرف میگیرد تا دمایش به 80° برسد چیست؟
- ۴ - ۳۰۰ گرم سرب به دمای 80° را در ۲۵۰ گرم آب 15° میگذاریم دمای آب چه اندازه بالا میرود؟
- ۵ - ظرف دما سنجی از برنج ساخته شده و سنگینی آن ۲۰ گرم است این ظرف ۲۵۰ گرم آب به دمای 90° دارد. پاره سرب ۵۰ گرمی به دمای 70° در گرما سنج میاندازیم پیدا کنید دمای آن چه اندازه بالا میرود؟
- ۶ - قاشق نقره ۲۰ گرمی که دمایش 15° است در فنجانکی که 100 سانتیمتر مکعب چای به دمای 80° دارد فرو میبریم چای چند زینه سرد میشود؟
- ۷ - پانصد گرم آب 20° چه اندازه یخ را میتواند آب کند در صورتیکه هر گرم یخ هنگام آب شدن ۸۰ کالری گرما میگیرد.
- ۸ - ۴ گلوله ۵۰ گرمی از مس و آهن سرب و شیشه را در آب جوش میگذاریم پس از مدتی آنها را بیرون آورده و روی تکه یخی میگذاریم پیدا کنید هر يك چه اندازه یخ آب می نمایند؟
- ۹ - گرمای ویژه آب از همه جسمهای دج یا آبگونه بیشتر است ، بیان کنید چرا تغییر دما در يك جزیره وسط دریا از تغییر دما در وسط خاک کمتر است.

بخش سوم

انبساط دجها و آبگونها

۱۱۰ - انبساط دجها

آزمایش: دو پایه چوبی روی میز یا صفحه سوار کنید



شکل ۱۹۰

(شکل ۱۹۰). میخی را تا نصفه بروی یکی از پایه هابکوبید، تکه مقوایی بشکل عقربه بریده و سوزنی از میان آن بگذرانید، سوزن را روی پایه دیگر بخوابانید بطوریکه عقربه بیرون پایه قرار گیرد و یک میله فلزی که درازیش از فاصله دو پایه کمی بیشتر باشد فراهم کنید. یک سر میله را پشت میخ روی پایه اول گیر داده و تنه اش

انبساط دجها و آبگونها

را روی سوزن بگذارید، آنگاه با چراغ میله را گرم کرده ببینید عقربه میچرخد. چراغ را دور کنید عقربه در سوی وارون چرخیده و بجای نخست می ایستد.

این آزمایش بمانشان میدهد که گرما میله را انبساط داده و درازیش را افزون نموده است و این سبب چرخش سوزن و عقربه شده است.

یک ریل ۱۱ متری راه آهن چون دمایش 40° بالا رود بر درازیش ۵ میلیمتر افزوده میشود. هر سانتیمتر آهن چون یک زینه دمایش بالا رود باندازه ۰۰۰۰۰۰۱۲ سانتیمتر درازتر میگردد.

افزونی درازی یک سانتیمتر جسم راهنگامی که دمایش یک زینه بالا رود همگر انبساط درازی آن مینامند.

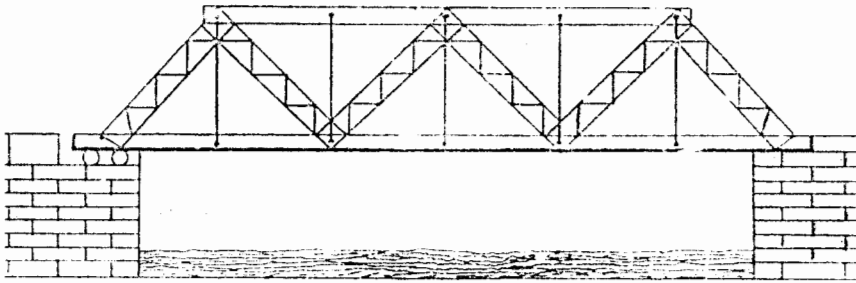
جسم	همگر انبساط	جسم	همگر انبساط
آهن	۰۰۰۰۰۰۱۲	شیشه	۰۰۰۰۰۰۰۹
مس	۰۰۰۰۰۰۱۴	طلای سفید	۰۰۰۰۰۰۰۹
برنج	۰۰۰۰۰۰۱۹		

در ساختمانها از یک یا دو طرف تیر و میله های فلزی جابرای انبساط باز میگذارند و گرنه انبساط نیروی زیادی پدید آورده سبب خرابی ساختمان یا خمیدگی مصالح فلزی میگردد. مثلاً اگر از دو طرف راه ریل آهنی جاباز نگذارند در نتیجه 40° بالا رفتن دما در دوسر ریل نیروئی برابر ۴۰۰۰۰ کیلو گرام نیرو پدید آمده و ریل کج میشود.

در یک یا دو سر پلهای آهن مطابق شکل ۱۹۱ جا برای انبساط میگذارند برای راست کردن ستونهایی که کج شده است گاهی سیمهای کلفت از یکطرف به ستون و از طرفی دیگر پیایه محکمی بسته سیمها را گرم

فیزیک

میکند. سپس آنها را تاب داده که خوب کشیده شوند. پس از سرد شدن چون درازیشان میخواند کاسته شود نیروی زیادی پدید آمده و ستون راست میشود.



شکل ۱۹۱

۱۱۱ - همگرانبساط گنجی

دج ها در اثر گرما از همه طرف انبساط میابند و گنج آب ها افزوده میشود افزایش گنج هر سانتیمتر مکعب دج ها را همگرانبساط گنجی آن دج نامند و اندازه اش سه برابر همگرانبساط درازی جامد است.

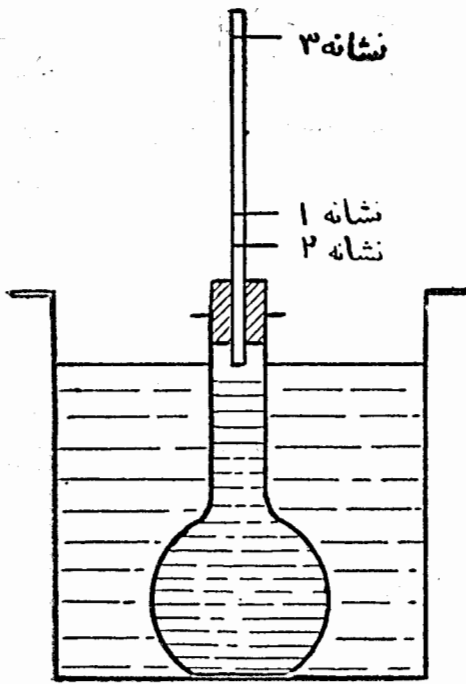
۱۱۲ - انبساط آبگونها

آزمایش: بالنی را از آب پر کرده و با چوب پنبه که از میانش لوله باریک شیشه گذرانده اید (شکل ۱۹۲) دهانه آنرا ببندید و سطح آنرا در لوله نشان کنید (نشانه - ۱ -)

سپس بالن را در ظرف آب گرمی فرو ببرید بنگرید نخست سطح آب یابین رفته (نشانه - ۲ -) آنگاه بالا میآید و درجائی (نشانه - ۳ -) بالاتر از نشانه - ۱ - میایستد.

این آزمایش بمانشان میدهد که هنگام فرو بردن بالن در آب گرم

انبساط دج‌ها و آب‌گونه‌ها



شکل ۱۹۲

دیوارهٔ بالن زودتر از آب درونی گرم شده و در نتیجه انبساط بالن سطح آب پائین آمده سپس آب درونی کم‌کم گرم شده و انبساط یافته سطحش بالا می‌رود و چون سطح آب از جای نخست بالا رفته بنا براین انبساط گنجی آن بیش از شیشه است عموماً آب‌گونه‌ها مانند دج‌ها چون گرم شود انبساط می‌یابند. انبساط آب‌گونه‌ها از دج‌ها بیشتر

است. افزونی گنج یک سانتیمتر مکعب آب‌گونه‌ای را که یک زیند گرم‌تر شود همگر انبساط آب‌گونه نامند.

آب‌گونه	همگر انبساط	آب‌گونه	همگر انبساط
جیوه	۰۰۰۰۱۸	گلیسرین	۰۰۰۰۰۵
بنزین	۰۰۰۱۱۷	الکل	۰۰۰۰۱۲

یاد آوری - چون آب از 0° تا 4° گرم شود گنج آن پیوسته کاسته می‌شود یعنی بین 0° و 4° همگر انبساط آب منفی است ولی از 4° به بالا گنج آب در اثر گرما افزون می‌شود از اینرو سنگینی ویژه آب در 4° همین است.

فيزيك

پرسش

۱ - چرا هنگامیکه دفعتاً آب داغ در گیلایس بریزید گیلایس می شکند.

۲ - میله مس بدرازی ۲ متر را گرم میکنیم تا دمایش ۳۰۰ زینه بالاتر رود. چه اندازه درازتر میگردد؟

۳ - چرانمیتوان آهن را بشیشه لحیم نمود ولی طلای سفید باسانی لحیم میشود؟

۴ - دمای حلقه آهنی بقطر يك متر از ۱۰° به ۳۰۰° رسیده است افزایش محیطش چه اندازه میشود؟

۵ - دمای ظرف شیشه که گنجش يك لیتر است از ۱۰° به ۵۰° رسیده است افزونی گنجش چیست.

۶ - يك لیتر جیوه را از ۲۰° به ۸۰° میبریم افزونی گنجش چه اندازه است؟

۷ - ظرف شیشه دارای لوله باریکی است که زینه بندی شده است، گنج ظرف تا زینه صفر ۲۵۰ سانتیمتر مکعب و گنج هر زینه لوله $\frac{1}{4}$ سانتیمتر مکعب باشد. ظرف تا برابر زینه صفر دارای جیوه بدمای ۲۰° میباشد، اگر ظرف را گرم کنیم تا دمایش ۶۰° بشود سطح جیوه چند زینه بالا خواهد رفت؟

۸ - از لوله آهنی پنج متری بدمای ۱۰° دمه ۱۰۰° میگذرانیم. لوله چه اندازه درازتر میشود؟

بخش چهارم

تغییر حالت

۱۱۳ - آبگونه شدن دج -

در هوای گرم یخ کم کم آب میشود : کره - موم - قلع - سرب - شیشه - آهن در دماهای مختلف آبگونه میگردند .

بعضی جسمها مانند ید و کافور بدون آنکه آبگونه شوند دما میگردند و برخی دیگر مانند کاغذ و چوب در اثر گرما تجزیه شده و انفعال شیمیائی انجام میگیرد .

قلع و سرب را در بوتله گذاشته و گرم کنید تا آبگونه شود می بینید تغییر حالت دج بعد از دج به آبگونه انجام می گیرد . یخ نیز بی آنکه نرم شود آب می شود . این جور آبگونه شدن را آبگونه شدن ساده نامیم .

لوله باریک شیشه ای را روی شعله بگیرید چون سرخ شود با سانی آنرا میتوانید خم کنید هر چه دما بیشتر شود شیشه بحالت آبگونه نزدیکتر میگردد . آبگونه شدن شیشه و موم را که رفته رفته نرم میشوند تا آبگونه گردند آبگونه شدن خیری نامیم .

قانون های آبگونه شدن ساده - آزمایش - ظرفیکه دارای آمیزه آب و یخ است روی چراغ گذاشته و بادما سنج بیازمائید : تا تمام یخ

فيزيك

آب نشده دما در زينه صفر پايا ميماند ، گوگرد را در ظرفي گرم کرده و بيازماييد در دمای 113° آبگونه ميشود .

در لوله امتحان کمی فسفر ريخته و با آب روی آن را بپوشانيد پس لوله را روی چراغ گرفته بيازماييد در دمای 44° آبگونه ميشود از اين آزمايشها پی ميبريم باينکه :

- ۱ - آبگونه شدن جسم در دمای معين انجام ميگيرد .
- ۲ - در تمام مدت آبگونه شدن دما پايا ميماند .
- ۳ - چون دج را به دمای آبگونه شدن ببريم چندهای گرما بايد به آن داد تا آبگونه شود مثلاً هر گرم يخ 80 کالری برای آبگونه شدن ميگيرد . اين چنده گرما را گرمای نهان آبگونه شدن نامند .

جدول دمای آبگونه شدن چند جسم

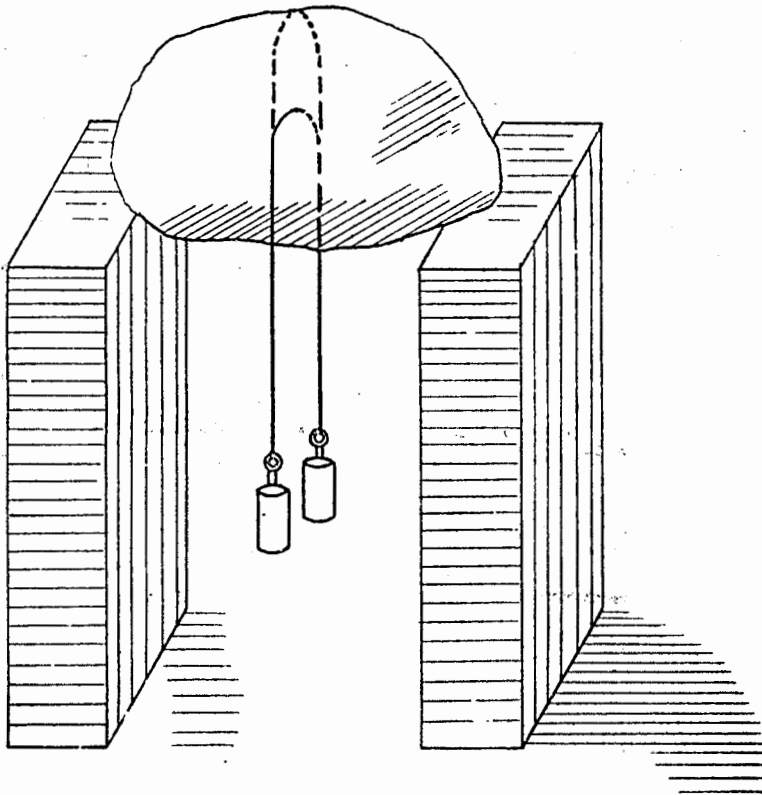
۳۲۷°	سرب	- ۳۹°	جيوه
۹۶۱°	نقره	.	آب
۱۰۸۳°	مس	۴۴°	فسفر
۱۵۰۰°	آهن	۱۱۳°	گوگرد
		۲۳۲°	قلع

۱۱۴ دمای آبگونه شدن با فشار تغيير ميکند

آزمایش : دو پاره يخ را بیکديگر فشار دهيد بهم می چسبد در اثر فشار قدری يخ آب شده و چون فشار از میان برود آب دو پاره يخ بسته و دو پاره بهم می چسبد .

آزمایش (شکل ۱۹۳) تکه يخی را روی دو پايه گذارده و ريسماني

تعمیر حالت



شکل ۱۹۳

که دوسرش دووزنه آویزان کرده اید روی آن قرار دهید میبینید ریسمان
رفته رفته یخ را بریده و پائین میآید. هر چه ریسمان پائین میآید جای

فيزيك

بريدگی بالای آن یخ می‌بندد فشار ریسمان یخ را آب کرده ریسمان پائین می‌آید سپس چون فشار از میان برود آب بالای ریسمان دوباره یخ می‌بندد - هر چه ریسمان یخ را میبرد از بالا دوباره پیوستگی می‌آید. در یخچالهای طبیعی یخ از بسترهای پیچ و خمدار میتواند بگذرد بدینسان که دیواره پیچ و خم به توده یخ فشار آورده و قسمت جلوی آنرا آب میکند سپس آب از پیچ و خم گذشته دوباره یخ می‌بندد و رفته رفته توده یخ از پیچ و خم میگذرد.

۱۱۵ - دج شدن آبگونه

آب در زمستان یخ مینندد. سرب آبگونه شده را از چشمه گرما دور کنید دج میشود. چون جسم آبگونه شده را سرد کنیم میتوان آنرا دج کرد. در جسمهائی مانند آب و سرب آبگونه شده که دفعتاً سخت میشود دج شدن را ساده گوئیم. در جسمهائی مانند کرد - روغن - شیشه که رفته رفته حالت خمیری گرفته تا سخت شوند دج شدن را خمیری نامیم. آزمایش: ۵۰ گرام اسیداستاریک را در ظرفی ریخته آنرا در آب داغ بدمای بیش از 68° (دمای آبگونه شدن اسیداستاریک) بگذارید تا تمام اسید آبگونه شود سپس ظرف را از آب گرم بیرون آورده و با دما سنج تغییر دما را بیازمائید - نخست دما رفته رفته پائین آمده تا به 68° برسد در این هنگام بلورهای اسیداستاریک پیدا میشوند و دما به 68° پایا میماند و تا تمام آبگونه دج نشود جیوه دما سنج پائین نمی‌آید. این آزمایش بمانشان میدهد که:

۱ - دج شدن آبگونه در همان دمای آبگونه شدن دج انجام میگیرد.

۲ - در تمام مدت دج شدن دما پایا میماند.

تغییر حالت

۳ - همانطور که دج برای آبگون شدن چنده ای گرما میگیرد که آنرا گرمای نهان نامیدیم آبگونه هنگام دج شدن همان چنده گرما را پس میدهد.

در آزمایش بالا دیدید چگونه با وجودیکه ظرف گرم گرمابفراگیر میداد دما در تمام مدت دج شدن پایا ماند.

سرد شدن آبگونه سبب دج شدن آن شده و در نتیجه گرمای نهانی که پس میدهد دما در مدت تغییر حالت پایا می ماند.

۱۱۶ - تغییر گنج هنگام دج شدن

یخ روی آب میایستد زیرا چگالش از آب کمتر است پس آب هنگام یخ بستن گنجش زیاد میشود - برخی جسم ها مانند آب و نقره و بیسموت در حالت دجی گنج بیشتری دارند - برخی مانند موم و سرب گنجشان در حالت آبگونی بیشتر است.

۱۱۷ - دمه شدن

پارچه تر را آویزان کنید خشک میشود - کمی الکل یا اتر روی صفحه ای ریخته و میسینید رفته رفته از میان می رود صفحه را پس از مدتی بو کنید اثری از الکل یا اتر نیست - در این دو آزمایش آبگونه به دمه تبدیل شده و پراکنده میگردد.

آب دریا در اثر تابش آفتاب دمه شده و بهوا می رود - در اثر سرما در لایه های بالای هوا از آن دمه قطره های ریز آب درست شده و ابر تشکیل میشود - باد ابرها را بهر سو رانده بارش از آن نتیجه میشود - از آزمایشهای روزانه پی میبریم به این که :

۱ - هر چه سطح آبگونه بیشتر باشد دمه شدن تندتر انجام میگیرد .
جامه های شسته را پهن کرده و هر چه بیشتر از یکدیگر باز میکنند
تا زودتر خشک شوند .

آزمایش : در دو ظرف که سطح دهانه آنها مختلف باشد اتر یا الکل
ریخته و آنها را در دو کپه ترازویی جای دهید - سپس شن در یک ظرف
افزوده تا دو کپه ترازمند شوند و عقربه برابر صفر بایستد . میبینید پس
از مدتی آن کپه که در آن ظرف تنگتر جایگرفته پائین میآید - در این
ظرف آبگونه کمتر دمه شده است .

۲ - هر چه دما بیشتر باشد دمه شدن تندتر انجام میگیرد
زمین در تابستان زودتر از زمستان خشک میشود - ظرف آبی که
روی بخاری میگذارند دیده اید زود خالی میشود - در حال آنکه در گوشه
اطاق چندین روز ممکنست بماند و آب آن چندان کاسته نشود .
۳ - هر چه دمه آبگونه در هوا کمتر باشد دمه شدن تندتر
انجام میگیرد .

جامه تر در حمام خشک نمیشود زیرا دمه آب در آنجا زیاد بوده و
مانع خشک شدن جامه میگردد .

هنگام وزش باد جامه تر زود خشک میشود زیرا هر چه آب دمه
شود باد آنرا دور کرده دمه شدن ادامه میابد .

چون مولکولهای آبگونه تندی کافی یابند میتوانند از سطح آبگون
خارج شده و به هوا روند - هر چه دما افزون گردد شماره بیشتری تندی
کافی پیدا کرده و خارج میشوند . هر چه سطح آبگون بیشتر باشد عده
زیادتری میتوانند بیرون بروند و دمه شدن تندتر انجام میگیرد .

تغییر حالت

چنانکه در فراگیر دمه آبگونه موجود باشد چون مولکولهای آن از هر سو حرکت میکنند برخی وارد آبگونه میشوند از اینرو وجود دمه در آبگونه از تندی دمه شدن میگذرد.

۱۱۸ - افرازش

چنانچه در پیش دیدیم بعضی جسم ها مانند ید و نفتالین و کافور بی آنکه آبگونه شوند از دج به دمه تغییر حالت مییابند گوئیم این جسم ها افرازش مییابند - افرازش نیز همان قانونهای دمه شدن را پیروی مینماید.

۱۱۹ - آبگونه هنگام دمه شدن گرما میگیرد

آزمایش: کمی اتر روی دست بریزید رفته رفته اتر دمه شده و دست خنک میشود - اتر هنگام دمه شدن چندهای گرما از دست گرفته است آب در تنگ سفالی بی لعاب خنک میماند - زیرا آبیکه از سوراخهای دیواره بیرون تراوش میکنند هنگام دمه شدن چندهای گرما از تنگ گرفته و سبب میشود که آب درونی خنک شود

۱۲۰ - جوش

آزمایش: ظرف آبی را روی چراغ الکلی نهاده و دما سنجی درون آن بگذارید. هنگامیکه دما بالا میرود حبابهایی ته ظرف پدید آمده و به بالا میآیند و در سطح آب از هم باز میشوند - این حبابها از هوایی که در آب و دمه آب محلول است تشکیل شده اند. در این موقع بادما سنج بیازمائی در ته ظرف و نزدیک سطح دمای آب یکسان نیست ولی رفته رفته آب گرم و حبابهای دمه که از زیر به بالا میآیند لایه های رور اگر گرم میکنند دمه شدن تندتر انجام میگیرد - هنگامی میرسد که حبابهای دمه در همه جای ظرف

فيزيك

پیدایش یافته و هر چه بالاتر آیند بزرگتر میشود - آب باشد تبهم خورده دمه زیادی از سطح بر میخیزد گوئیم آب بجوش آمده است - در این هنگام جیوه دما سنج برابر زینه ای ایستاده و بالا نمیرود - جوش در دمای معین انجام میگیرد . در سطح دریا فشار هوا ۷۶ سانتیمتر است آب در زینه سد بجوش میآید .

۱۲۱ - دمای جوش با فشار تغییر میکند

هر چه فشار کمتر باشد آبگونه زودتر میجوشد - زیرا حباب ها آسانتر درست شده و از آبگونه بیرون میآیند در تهران آب چکیده در ۹۶°۵ میجوشد در قله دماند آب در نزدیکی ۸۰° میجوشد .

دمای جوش آبگونه در فشار ۷۶ سانتیمتر جیوه را دمای جوش هنجاری نامند .

جدول دمای جوش هنجاری

آبگونه	دمای جوش	آبگونه	دمای جوش
آتر	۳۵°	آب	۱۰۰°
بترین	۸۰°	گلیسیرین	۲۹۰°
الکل خالص	۷۸°	جیوه	۳۵۷°
گوگرد	۴۴۵°		

۱۲۲ چکیده گیری

چون دمه سرد شود دوباره آبگونه میگردد .

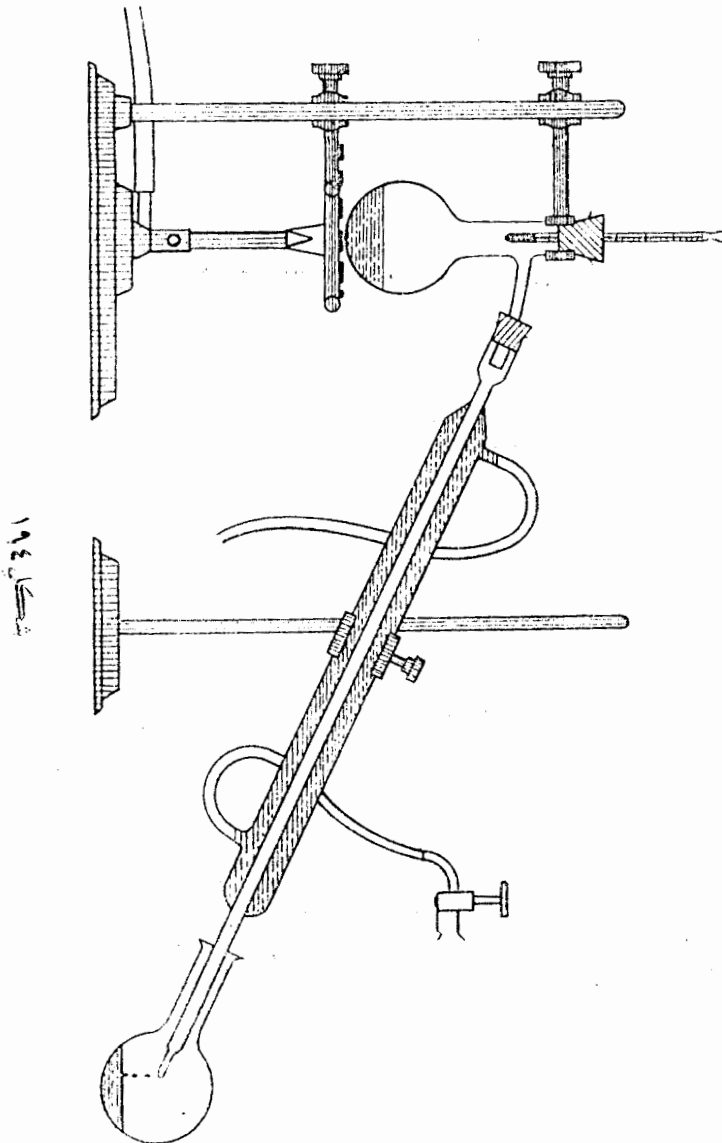
آزمایش: صفحه فلزی را بالای ظرف آبجوش بگیرید - چکه های آب روی آن جمع میشود - روی شیشه بدمید دمه آب تنفسی تبدیل بآب شده و روی آن مینشیند . ۲۰۷

تغییر حالت

چون دمه آب در اثر سرمای شب آبگونه شود روی زمین و گیاهها.

نشسته شبهم درست میشود.

بوسیله سرد کردن دمه آبگونه خالص بدست میآورند و این کار را
چکیده گیری نامند (شکل ۱۹۴) دمه آب جوش از تنك به لوله که دورش



آب سرد روانست رفته و در آنجا تبدیل به آب می شود - چکه های آب خالص از این لوله سرازیر و در ظرفی جمع می شود .

پرسش

- ۱- چرا در زمستان بعضی حوضها شکستگی پیدا می کند ؟
- ۲- چرا در ریختگری باسرب نقشهای قالب خوب نمایان نمیشوند ؟
- ۳- چرا یخ بیش از همان اندازه آب صفر زینه میتواند آبرای خنك نماید ؟

۴- چه اندازه گرما لازم است تا ۵۰ گرم یخ را آب کرده به زینه ۲۰ برساند ؟

- ۵- اگر دستمال تر را روی آتش بگیریم زودتر خشك میشود - چرا ؟
- ۶- هنگام وزش باد زمین زودتر خشك می شود - چرا ؟
- ۷- چرا پس از بیرون رفتن از گرمابه عرق بدن زودتر از درون گرمابه خشك می شود ؟
- ۸- چرا نفتالین که آنرا برای جلوگیری از بیدزدگی لباس بکار می برند پس از مدتی از میان می رود ؟
- ۹- هنگامیکه می خواهند در اتوموبیل بنزین بریزند آتش نباید در آن نزدیکی باشد - چرا ؟

۱۰- تفاوت دمه شدن و افرازش چیست ؟

- ۱۱- چرا هنگامیکه خود را باد میزنید خنك می شوید ؟
- ۱۳- سربازان برای خنك نگاهداشتن آب نمذ روپوش قمقمه خود را تر میکنند - چرا ؟

تغییر حالت

۱۳ - پیش آهنگان برای یافتن سوی وزش باد انگشت خود را تر کرده و در هوا نگاه میدارند هر پهلوی آن که خنک شد سوی باد را نشان می‌دهد - چرا؟

۱۴ - آب در بالای کوه زودتر می‌جوشد یا در دامنه؟

۱۵ - آب و الکل و جیوه کدام یک زودتر و کدام یک دیرتر به جوش می‌آیند؟

۱۶ - اگر آب جوش در ظرف سرباز روی آتش بماند آیا دمايش

بالا می‌رود؟

فهرست کتاب فیزیک سال دوم متوسطه

صفحه	صفحه
بخش ۴ : نیروئی که فشار آبکونها بر دیوارهای ظرف پدید میاورد ۱۲۶	پیشگفتار ۳
بخش ۵ : نیروئی که آبگون بر جسم ای غوطه وروشناور وارد میکند ۱۳۵	گفتار نخست - نیرو و سنگینی
بخش ۶ : کاربردهای آغازه ارشمیدس ۱۴۳	بخش نخست : نیرو و سنگینی و توده ۱۲
گفتار سوم : ایستگانی گازها	بخش ۲ : همبندی نیروها ۲۸
بخش نخست : هوا - سنگینی هوا -	بخش ۳ : گرانیگاه و ترازمندی ۴۴
فشار هوا ۱۵۴	بخش ۴ : اهرم ۵۸
بخش ۲ : وابستگی فشار و گنج گازها ۱۶۶	بخش ۵ : ترازو و اندازه گیری توده ۶۸
بخش ۳ : کاربردهای فشار هوا ۱۷۲	بخش ۶ : توده ویژه دج ها و آبکونها ۷۶
گفتار چهارم : گرما	بخش ۷ : فشار ۸۳
بخش نخست : دما ۱۸۱	گفتار دوم : ایستگانی آبکونها
بخش ۲ : چنده گرما ۱۹۰	بخش نخست : آغازه های بنیادی ۸۹
بخش ۳ : انبساط دج ها و آبکونها ۱۹۵	بخش ۲ : کاربردهای قانون ترازمندی آبکونها ۱۰۷
بخش ۴ : تغییر حالت ۲۰۰	بخش ۳ : انتقال فشار در آبکونها ۱۲۱

