J. F r i d r i c h s o n s
Latvijas Valsts Universitātes docents.

F I Z I K A .

I. daļa.

K o n s p e k t s
Ar rokraksta tiesībām.

Lasīts Medicinas fakultātes studentiem 1940/41.māc.g.

R ī g ā , 1 9 4 1

Latvijas Valsts Universitātes izdevniecība

Fizikas lekciju konspekts.

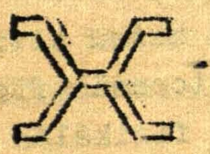
Fizika (grieķiski physis - daba), kā to rāda pats nosaukums ir mācība par dabu un tās parādībām. Senātnē arī tiešam fizikā ietilpa visas dabas, kā dzīvās, tā nedzīvās, parādības. Atziņu skaitam pieaugot, no fizikas atdalījās, kā patstāvīgas zinātnes, dabas zinātnes, ķīmija, astronomija, medicīna u.t.t. Fizika tagad apskata tās dabas parādības, kuŗas vielas sastāvs nemainas. Arī tagad fizika ir pamats daudzām speciālām zinātnēm un vispār nevar vilkt noteiktu robežu starp fiziku un citām radniecīgām zinātnēm, piem., ķīmiju, astronomiju un fizikālās pētīšanas metodes un rezultātus izmanto visās eksaktās zinātnēs.

Dabas parādību fizikālo pētīšanu var iedalīt trijos etapos:

1. Parādības novērošana
2. Skaitliskas sakarības atrašana starp parādībā novērojamiem fizikāliem lielumiem.
3. Parādības izskaidrošana un tās saistīšana ar citām dabas parādībām (fizikala teorija).

Fizikā bieži parādību mēgina radīt mākslīgi, lai to varētu pētīt jebkuŗā laikā un netraucēti no citiem blakus apstākļiem (fizikals eksperiments, eksperimentālā fizika).

Fizikalo lielumu skaitliskai raksturošanai ir jāprot lielumus m ē r ī t , tas ir, tos salīdzināt ar tāda pat lieluma par vienību pieņemtu daudzumu. Ērtības pēc lielumu vienības jāpieņem internacionālas. Šo domu realizēja Franču zinātņu akademija Franču revolūcijas laikā. Lai vienības varētu arvien nozaudēšanas gadījumā dabūt no jauna, tās jāizvēlas ņemot par pamatu uz zemes arvien pieejamus lielumus. Par gaŗuma vienību izvēlējas 1:40000000 no zemes apkārtmēra un pēc attiecīgiem mērījumiem pagatavoja šāda gaŗuma stieni no platina - iridija kausējuma x-veidīgas formas, lai tas būtu izturīgāks pret deformācijām (Metra prototips, metre des archives). Šo



gaŗuma vienību nosauca par metru.

Vēlākie mērījumi rādija, ka šis prototips drusku atšķiras no 1:40000000 Parīzes meridiana gaŗuma.

Otrs svarīgākais fizikālais lielums ir masa, kas raksturo vielas daudzumu kādā fizikālā ķermenī. Par masas vienību pieņēma 1 dm^3 tīra ūdens masu pie $4^{\circ}C$ un pagatavoja no platin-iridija

VZ - 200
1941/V

kausējuma cilindri ar tikpat lielu masu (kilogramma prototips, kilogramme des archives). Tūkstošo daļu no šīs vienības nosauca par gramu. Vēlākie mērījumi, tāpat kā pie metra, rādīja, ka kilogramma prototipa masa nav pilnīgi vienāda ar 1 dm^3 ūdens masu (atšķirība apm.0,4 gr.), bet tomēr par vienību paturēja prototipa masu.

Trešais fizikālais pamatlielums ir laiks. Tā mērīšanai lieto vidējo saules dienu, jo laika sprīdis starp divām saules kulminācijām (pusdienas stāvokļiem) dažādos gada laikos nav vienāds. 1:(24x60x60) daļa no vidējas dienas ir sekunde, laika vienība.

Ar šīm trim pamatlielumu vienībām var izteikt visus pārējos fizikālos lielumus. c g s (centimetrs, grams, sekunde) mēru sistēma.

Fizikā apskatamās parādības var iedalīt vairākās nodaļās, starp kurām tomēr noteiktu robežu nevar vilkt. Vēsturiski iegājies šāds sadalījums.

1. Mechanika - mācība par fizikālo ķermeņu kustībām un īpašībām. Šo nodaļu vēl sadala:
   a. Kinematikā - mācība par kustību veidiem,nerunājot par to cēloņiem.
   b. Dinamikā - mācība par spēkiem kā kustību cēloņiem.
   c. Statikā - mācība par fizikālu ķermeņu līdzsavara noteikumiem.
2. Siltums
3. Akustika
4. Optika
5. Elektrība un magnetisms.

I Mechanika.

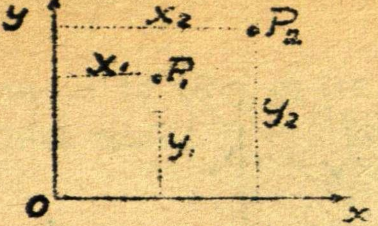
1. KINEMATIKA.

Par kustību saucam fizikālu ķermeņa stāvokļa maiņu attiecībā pret kādu citu ķermeni. Kustības ir visbiežāk sastopamās fizikālās parādības un ir pamats domāt, ka visas pārējās fizikālās parādības galu galā var novest uz kustībām, kā to vēlāk arī arvien redzēsim.

Kustību aprakstam, kustošā ķermeņa stāvokļa maiņas noteikšanai lieto tā sauc.koordinātu sistēmas, ar to ķermeni pret kuŗu kustību attiecina, nekustīgi saistītas iedomātas taisnes vai plāksnes. Tās ir koordinātu asis vai plāksnes. Izmērot kustošā ķermeņa attālumus no šīm līnijām vai plāksnēm, nosakams katrā brīdī ķermeņa stāvoklis.

Visbiežāk lieto taisnleņķa jeb ortogonālās koordinātas, kur koordinātu līnijas un plāksnes savstarpēji perpendikulāras.

Kustībai <u>pa plāksni</u> pietiek ar divām koordinātu līnijām - asīm.

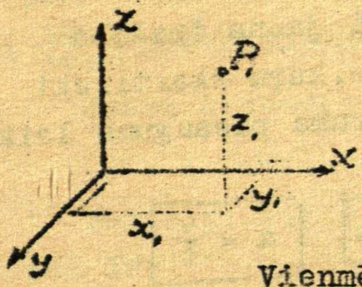


P_1, P_2 kustošā punkta stāvokļi

x_1, y_1 punkta koordinātes stāvoklī P_1

x_2, y_2 punkta koordinātes stāvoklī P_2

Vispārīgi kustības raksturošanai vajadzīgas trīs koordinātes - telpiska koordinātu sistēma.



Šīs koordinātes izsaka kustošā punkta attālumu līdz trim savstarpēji perpendikulārām koordinātu plāksnēm.

Vienmērīga taisnlīnijas kustība.

Vienādos laika sprīžos ķermenis noiet vienādus ceļa gabalus. Kustību raksturo kustošā ķermeņa jauna īpašība - ātrums. Ātrumu var skaitliski raksturot kā laika vienībā noieto ceļa gabalu.

$$\boxed{v = \frac{s}{t}} \quad \text{jeb} \quad \boxed{s = v.t}$$

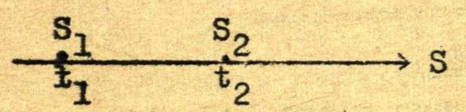
Ātrums - atvasināts lielums $\quad v = \frac{s}{t} \cdot \left[\frac{cm}{sec}\right]$

Izteiksme [ ] , kas rāda kā atvasinātā vienība atvasināta no pamatvienībām, tiek saukta par <u>dimensiju.</u>

Nevienmērīga kustība.

Kustība, kurā ātrums mainas. Ja ātrums mainas vienmērīgi, pieaug vai samazinas - vienmērīgi paātrināta vai vienmērīgi palēlināta kustība.

Pie nevienmērīgas kustības var runāt par <u>vidējo</u> un <u>acumirklīgo</u> ātrumu

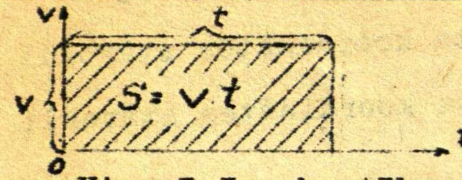


$$V_{vid} = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1}$$

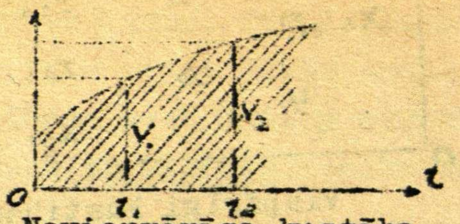
Acumirklīgo ātrumu dabon, sadalot noieto ceļa gabalu arvien mazākās daļiņās. Pie ļoti maza (bezgala maza) noietā ceļa gabala ΔS, kas tiek noiets arī ļoti mazā (bezgala mazā) laika sprīdī t, dabonam ātrumu dotā vieta un laika mirklī.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}.$$

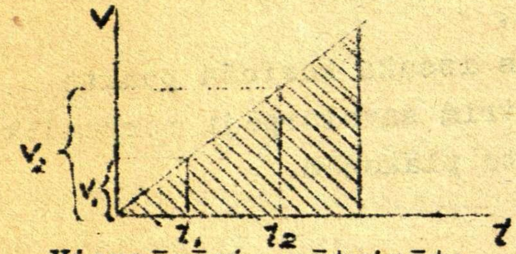
Kustību grafisks attēls



Vienmērīga kustība



Nevienmērīgā kustība



Vienmērīgi paātrināta kustība

Šai kustībai jauna īpašība paātrinājums, kuŗu skaitliski raksturo ātruma pieaugums laika vienībā.

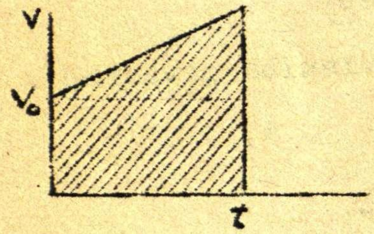
$\boxed{v = a.t}$ $\boxed{a = \frac{v}{t}}$

Paātrinājuma dimensija

$$a = \frac{v}{t}\left[\frac{cm}{sec} : sec\right] = \frac{v}{t}\left[\frac{cm}{sec^2}\right]$$

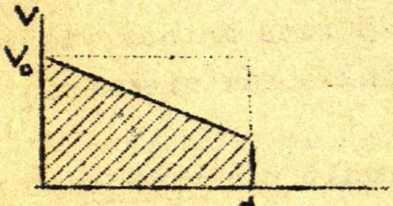
Vienmērīgi paātrinātā kustībā noietais ceļš, ja laika skaitīšanas sākumā ķermenis atradies mierā:

$$\boxed{s = \frac{1}{2}\,v.t = \frac{1}{2}\,at^2}$$



Ja paātrinājumam sākoties, ķermenis jau kustējies ar ātrumu v_o

$$\boxed{s = v_o t + \frac{1}{2}\,at^2}$$



Ja paātrinājums negativs (palēninājums)

$$\boxed{s = v_o t - \frac{1}{2}\,at^2}$$

II Dinamika.

NUTONA LIKUMI.

1. Katrs ķermenis cenšas piepaturēt savu miera stāvokli vai vienmērīgu kustību pa taisnu līniju, ja uz to neiedarbojas ārēji spēki. Inerces likums.

2. Ķermeņa kustības maiņa (paātrinājumā) ir proporcionāla pieliktam spēkam un vērsta spēka virzienā.
3. Katrai darbībai ir arvien tikpat liela un pretējā virzienā vērsta pretdarbība.

Otrais likums raksturo spēku, kā kustības maiņas (paātrinājuma) cēloni

$$a = c.F$$

Viena un tā paša spēka radītais paātrinājums ir jo mazāks, jo lielāka masa.

$$a = \frac{F}{m}$$

$$\boxed{F = a.m}$$

Par spēka vienību izvēlamies spēku, kas pie $m = 1$ g, dod $a = 1 \frac{cm}{sec^2}$ paātrinājumu. Šo vienību sauc par <u>dini</u> (dyn).

Spēka dimensija

$$F = a.m \left[\frac{cm.g}{sec^2}\right]$$

Zemes pievilkšanas spēka radītais paātrinājums brīvā kritienā ir:

$$g = 981 \frac{cm}{sec^2}$$

Zemes pievilkšanas spēks

$$F = g.m \text{ dines}$$

Šo spēku ikdienišķā dzīvē saucam par ķermeņa <u>svaru</u>.

Brīvā kritiena izteiksmes

$$s = \frac{1}{2} gt^2$$

$$v = gt$$

Vertikāls sviediens

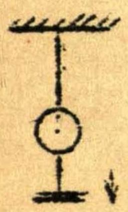
$$s = v_o t - \frac{1}{2} gt^2$$

$$v = v_o t - gt$$

No II Ņutona likuma

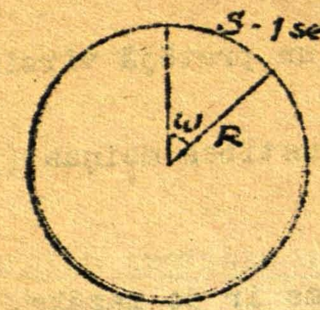
$$F = a.m \text{ un}$$

$$\underbrace{F.t}_{\text{Spēka impulss}} = a.m.t = \underbrace{mv}_{\text{Kustības daudzums}}$$



Spēka radītais ātrums atkarīgs no spēka darbības ilguma un ķermeņa masas. Liels spēks, darbodamies īsu laiku, nespēs iekustināt lielu masu. Piemēri.

Vienmērīga kustība pa riņķi.



Ātrums $v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T}$

Lineārais ātrums.

T - riņķošanas periods

Leņķa ātrums, leņķis pa kuŗu radiuss pagriežas vienā laika vienībā

$$w = \frac{360^o}{T}$$

Mērot leņķi radianos (loka garumos pie radiusa R = 1)

$$w = \frac{2\pi}{T}$$

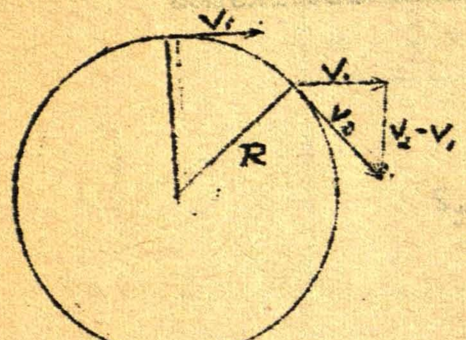
$$\boxed{v = w.R}$$

$\frac{1}{T} = n$ ir apgriezien skaits sekundē - frekvence

$$v = 2\pi R.n$$

$$w = 2\pi n$$

Riņķojošā punkta inerces pārvarēšanai, kuŗas dēļ punkts ietu pa riņķa tangenti taisnā līnijā, ir vajadzīgs spēks, kas pastāvīgi maina punkta kustības virzienu, noturot to uz riņķa līnijas. Šis spēks darbojas no kustības centra uz riņķojošo punktu. To sauc par centripetalo jeb centrtieces spēku. Šī reālā spēka iespaidā punkts iegūst paātrinājumu, kas gan neizpaužas ātruma lieluma, bet tikai virziena maiņā.

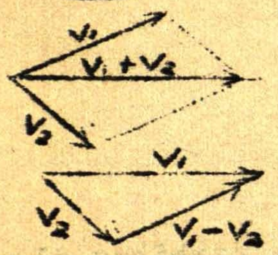


Ātrumi ir vektorieli lielumi, kas raksturoti ar skaitlisku lielumu un virzienu, atšķirībā no skalariem, kam ir tikai skaitliska nozīme. Vektoru salikšanu un atņemšanu izdara ar vektoru paralelograma paņēmienu

$$\frac{R}{vt} = \frac{v}{\Delta v} = \frac{v}{a.t}$$

$$\boxed{a = \frac{v^2}{R} = w^2 R.}$$

Centripetālais paātrinājums.



$$\boxed{F = m.a = \frac{m\,v^2}{R} = m\,w^2\,R}$$

Centripetālais spēks.

Centripetālais spēks pārvar inerces pretestību centrifugālo spēku un riņķošana pa nemainīga radiusa riņķi notiks, ja šie abi spēki vienādi.

$$F_{centrifug.} = -m\,\frac{v^2}{R} = -m\,w^r R.$$

Centrifugālā spēka piemēri.

1. Centrifugālās mašīnas - separatori.
2. Zemes lodes saplakums.
3. Slīdēšana braucot pa riņķi.

Ņutona gravitācijas likums un planetu kustība.

Ņutons izejot no novērojumiem secinājis, ka jebkuŗas masas savstarpēji pievelkas ar spēku, kas proporcionāls masām un pretēji proporcionāls attāluma kvadrātam.

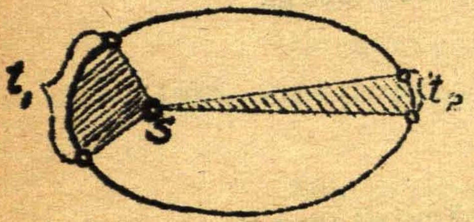
$$\boxed{F = k\frac{m_1 m_2}{r^2}}$$

k - gravitācijas konstante - $6{,}7.10^{-8}$, ja m mēra gramos, r - centimetros un F - dinēs.

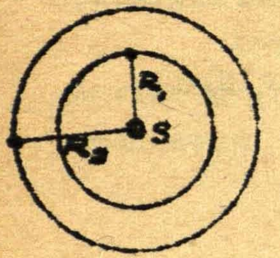
Šis gravitācijas spēks reprezentē planetu kustībās centripetālo spēku un tādā kārtā var izskaidrot planetu kustību likumības.

Planetu kustību likumības pirms Ņutona jau bija izteicis Keplers savos trīs likumos.

1. Planetas kustas ap sauli pa elipsiem,kuŗu degpunktā atrodas saule.
2. Vienādos laika sprīžos radiusi vektori no saules uz planetu apraksta vienādus laukumus.
3. Divu planetu periodu (apgriešanās laiks ap sauli) kvadrāti attiecas tāpat kā šo planetu atstatumu kubi.



$$\boxed{\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}}$$



Šī sakarība seko no gravitācijas likuma, jo ja gravitācijas spēks ir planetu kustības centripetālais spēks, tad pirmai planetai

$$m_1 w_1^2 R_1 = k\frac{m_o m_1}{R_1^2}$$ ./. m_o - saules masa

un otrai

$$m_2 w_2^2 R_2 = k\frac{m_o m_2}{R_2^2}$$

$$\frac{m_1 4\ {}^2 R_1}{T_1^2} = k\frac{m_o m_1}{R_1^2}$$

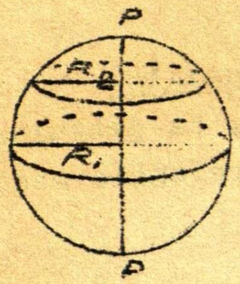
$$\frac{m_2 . 4\ {}^2 R_2}{T_2^2} = k\frac{m_o m_2}{R_2^2}$$

un

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

VZ - 200
1941/V

Zemes griešanās radītais centrifugālais spēks izsauc zemes pievilkšanas spēka paātrinājuma maiņu uz zemes lodes, atkarībā no geografiskā platuma, jo vislielākais attālums ķermeņiem no zemes griešanās ass ir uz ekvatora, uz poliem tas ir nulle.



Tā kā centrifugālais spēks darbojas pretim gravitācijas spēkam, tad uz ekvatora g bus vismazākais,uz pola vislielākais. Te klāt vēl nāk tas, ka zeme nav pareiza lode, bet saspiesta no poliem, tādēļ arī atstatums līdz zemes centram,kas nosaka gravitācijas spēku, uz ekvatora būs lielāks (g - mazāks) un uz poliem otrādi.

DARBS un ENERĢIJA.

Iedarbojoties uz pilnīgi brīvu ķermeni ar zināmu spēku, ķermenis iegūs paātrinājumu kustēties ar paātrinātu kustību. Ja pieliktam spēkam darbojas pretīm vēl cits spēks,piem.berze,tad ķermenis nekustēsies, ja pieliktais spēks ir mazāks,vai kustēsies vienmērīgi, ja pieliktais spēks ir vienāds ar pretspēku. Ja pretspēks ir mazāks par pielikto spēku, kustība būs gan paātrināta, bet ar mazāku paātrinājumu.

Spēka darbību var raksturot ar ķermeņa kustībai vajadzīgo spēku un ķermeņa noieto ceļa gabalu uz kuŗa pieliktais spēks pārvar pretestību (berzi vai citu pretspēku).

Spēka padarītais darbs

$$\boxed{D = F.s}$$

Darbu, ko padara vienu dini liels spēks, pārvietojot ķermeni par 1 cm, pieņem par darba vienību - ergu.

Praktiskām vajadzībām ergs par mazu, tad lieto lielāku vienību - džaulu.

$$1 \text{ džauls} = 10^7 \text{ergu.}$$

Darba dimensija

$$D = F.s \; \frac{g.cm}{sec^2} \; . \; cm \; = Fs \; \frac{g\; cm^2}{sec^2}$$

Pārvarot zemes pievilkšanas spēku, kādu ķermeni ar svaru P paceļot mēs daram darbu

$$D = P.s$$

Technikā un ikdienas dzīvē svaru izsaka arī gramos un kilogramos un nevis dinēs. Tad darbu var raksturot arī citās, techniskās vienībās tā sauc. kilogrammetros. Kgm ir darbs, kas jāpadara,lai

VZ - 200
1941/V

1 kgm svaru paceltu 1 m.

$$1 \text{ kgm} = 1000.981.100 = 9{,}81.10^7 \text{ ergu}$$
$$= 9{,}81 \text{ džauli}.$$

Kustošam ķermenim, kuŗa kustības radīšanai patērēts zināms darbs, piemīt darba spēja, viņš var darīt darbu iekustinot kādu citu ķermeni. Šo kustoša ķermeņa spēju darīt darbu sauc par energiju.

Ķermeņa paātrināšanai padarītais darbs būs

$$D = F.S = F.\frac{1}{2}\,at^2 = ma.\frac{1}{2}\,at^2$$
$$D = \frac{1}{2}\,m.(at)^2 = \frac{1}{2}\,m.\,v^2$$

Šis pie ķermeņa pastrādātais darbs būs arī viņa energija.

Kustoša ķermeņa energiju sauc par kinetisko energiju, jeb kustības energiju

$$\boxed{K = \frac{1}{2}\,m\,v^2}$$

Spēja darīt darbu zināmos gadījumos piemīt arī nekustīgiem ķermeņiem. Piem. savilkta atspere, pacelts smagums. Šādu energiju sauc par potenciālo jeb stāvokļa energiju.

Zemes pievilkšanas spēku pārvarot un ķermeni ar masu m paceļot augstumā h, tā potenciālā energija būs

$$\boxed{P = m.g.h. \text{ ergu}}$$

Ķermenim krītot potenciālā energija pārvērtīsies kinetiskā, bet arvien

$$\boxed{K + P = \text{const.}}$$

Bez mechaniskās energijas ir daudzi citi energijas veidi, piem.siltuma, ķīmiskā, elektriskā energija.

Arī šie energijas veidi var pārvērsties viens otrā, bet arvien noslēgtā sistēmā, kuŗai energiju nepievada klāt un nenovada nost, visu energijas veidu kopsumma ir nemainīgs lielums

$$\boxed{E_1 + E_2 + \ldots = \text{const.}}$$

Energijas nezūdamības likums.

Spēka darbības raksturošanai bieži jāzin cik lielu darbu spēks var padarīt zināmā laikā, jāzin darba darītāja jauda. Jaudu skaitliski izsaka ar laika vienībā padarīto darbu

$$\boxed{W = \frac{D}{t}}$$

Praktiskā jaudas vienība ir vats (Watt). Tā ir darba darītāja jauda, kas 1 sekundē izdara 1 džaulu darba.

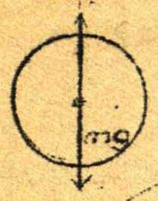
$$1\ W = \frac{1\ \text{džauls}}{1\ \text{sec.}}$$

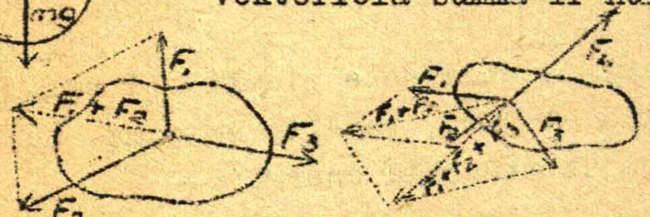
Technikā kā jaudas vienību bieži lieto zirga spēju ./.HP, PS./.

$$1\ HP = 736\ W = 75\ \frac{\text{kgm}}{\text{sec.}}$$

III Statika.

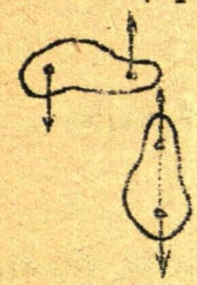
Vairākiem spēkiem uz ķermeni iedarbojoties tas zināmos gadījumos var arī nekustēties. Tas būs tad, ja šie spēki viens otru līdzsvaro. Piem. uz diegā iekārtu lodi darbojas zemes pievilkšanas spēks mg. Diegu izstiepjot šis spēks rada diega deformācijas spēku, kas vērsts uz augšu un pirmo spēku līdzsvaro - kompensē. Vairāku, vienā punktā pieliktu spēku gadījumā līdzsvars būs tad, ja pielikto spēku vektorielā summa ir nulle.





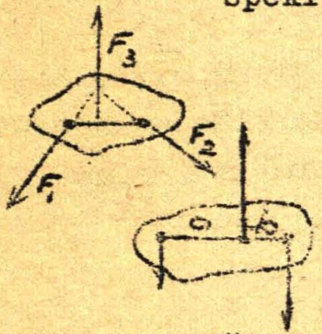
$$\boxed{\sum F = 0}$$

Ja ķermenim pielikti divi vienādi pretēja virziena spēki dažādos punktos (spēku pāris), ķermenis pagriezīsies līdz abi spēki būs uz vienas līnijas un tad iestāsies līdzsvars.



Ja ķermenim pielikti divi spēki dažādos punktos, tas var līdzsvarot ar trešo spēku.

Visbiežāk sastopams gadījums, kad abi pieliktie spēki ir paraleli



Tad $F_1 + F_2 = F_3$

un $F_1 a = F_2 b$

a un b - spēku pleci.

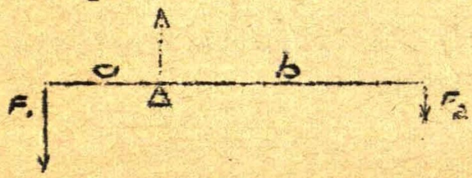
$F_1 a$ - spēka F_1 moments M_1

$F_2 b$ - spēka F_2 moments M_2

Šinī gadījumā līdzsvara noteikumi ir

$$\boxed{\begin{aligned} \sum F &= 0 \\ \sum M &= 0 \end{aligned}}$$

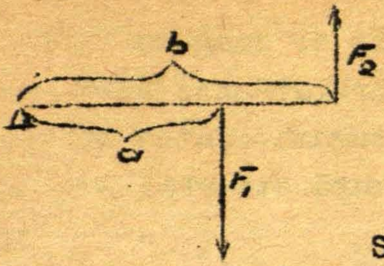
Uz šiem līdzsvara noteikumiem pamatojas sviras, ar kuŗu palīdzību lielāku spēku var līdzsvarot ar mazāku.



I šķiras svira

$F_1 a = F_2 b$

VZ - 200
1941/V

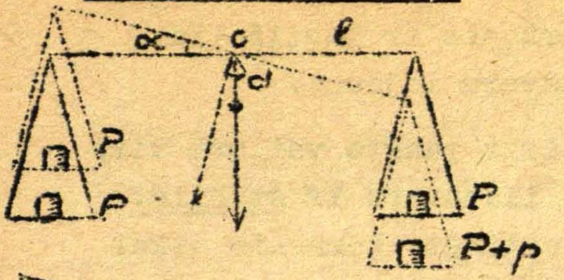


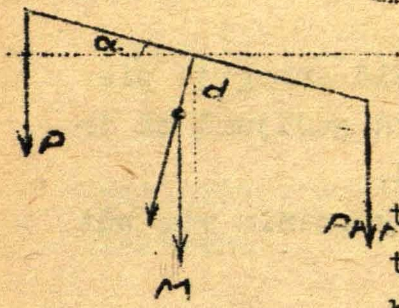
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{b}{a}.$$

II šķiras svira.

Sviru piemēri. Sviras cilvēka organismā.

Analītiskie svari.





l - sviras garums līdz atbalsta punktam O

M - svaru sistēmas svars

d - smaguma centra attālums līdz atbalsta punktam

P - sveramais svars

p - pārsvars

α - kārts pagrieziena leņķis pie pārsvara.

Svaru jūtību raksturo svaru kārts vai rādītāja pagrieziens pie pielikta pārsvara. Parasti to definē kā pagriezienu uz vienu pārsvara vienību (miligramu).

Momenti kreisā pusē Labā pusē

$$P l \cos\alpha + M d \sin\alpha = (P+p) l \cdot \cos\alpha$$

$$M d \sin\alpha = p \, l \cos\alpha$$

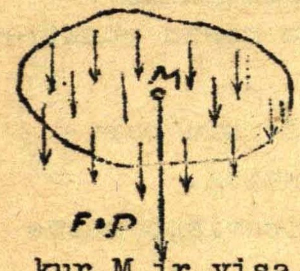
$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha \cdot p} = \frac{l}{M d} = \frac{tg\,\alpha}{p}.$$

Pie maziem leņķiem $tg\,\alpha = \alpha$

$$\boxed{\frac{\alpha}{p} = \frac{l}{M \cdot d}}$$

Svaru jūtība proporcionāla kārts garumam un pretēji proporcionāla svaru sistēmas svaram un smaguma centra atstatumam līdz O.

Ķermeņu līdzsvars zemes pievilkšanas spēka iespaidā.

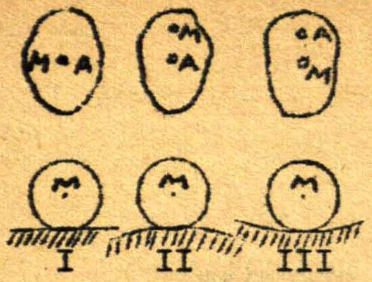


Uz katru ķermeņa masas punktu darbojas zemes pievilkšanas spēks f = mg, ja m ir punktu masa. Visus šos paralelos spēkus var aizvietot ar vienu rezultējošo spēku

$$F = \Sigma m.g = g \sum m = g.M = P ,$$

kur M ir visa ķermeņa masa. Šis rezultējošais spēks būs ķermeņa svars un tas būs pielikts noteiktā ķermeņa punktā - ķermeņa smaguma centrā.

Atbalstīts smags ķermenis var būt dažādos līdzsvara stāvokļos, atkarībā no smaguma centra stāvokļa.



I Ja atbalsta punkts A sakrīt ar smaguma centru M vai ja tas pie pārbīdīšanas nemaina savu atstatumu no smaguma centra M, ķermenis ir līdzsvarā jebkurā stāvoklī - indiferents līdzsvars.

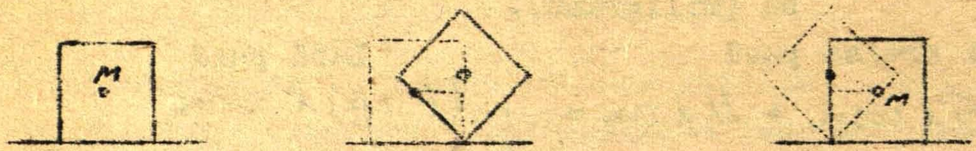
II Ja smaguma centrs atrodas virs atbalsta punkta un ieņem pie tam visaugstāko iespējamo stāvokli, ķermenis ir labilā līdzsvarā, mazākais izvirziens var šo līdzsvaru izjaukt.

III Ja smaguma centrs atrodas zem atbalsta punkta vai arī virs tā, bet viszemākā iespējamā stāvoklī - līdzsvars ir stabils.

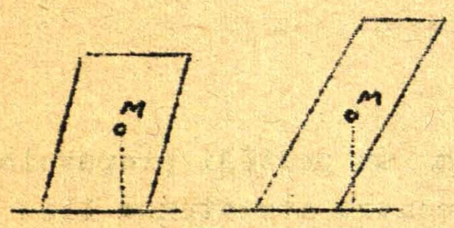
Šinī gadījumā no līdzsvara izkustināts ķermenis atkal pats no sevis atgriežas agrākā stāvoklī.

Indiferentā līdzsvara gadījumā potenciālā energija pie ķermeņa pārbīdīšanas nemainas, stabilā līdzsvara gadījumā tā ir vismazākā, labila līdzsvara gadījumā vislielākā.

Atkarībā no formas (atbalsta plāksnes) ķermenim var būt arī vairāki stabili stāvokļi.



Jo lielāka atbalsta plāksne un jo zemāks ir smaguma centrs, jo ķermeņa līdzsvars ir stabilāks.

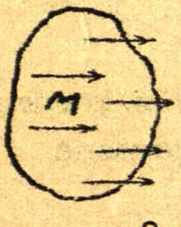


Ja perpendikulārs no smaguma centra M iet ārpus atbalsta plāksnes līdzsvars nav stabils, ķermenis krīt un ieņem jaunu, stabilāku stāvokli.

Rotācijas kustība.

Fizikālam ķermenim, kas sastāv no daudziem masas punktiem, iespējamās kustības var būt divējādas.

1. Visi ķermeņa punkti kustas ar vienādu ātrumu paralelos virzienos. Tā ir translācijas kustība.

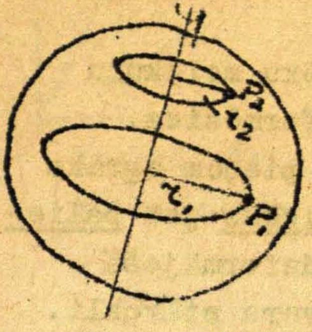


Kustības kinetiskā energija būs atsevišķo masas punktu energija summa

$$K = \sum \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} M v^2$$

2. Ķermenim kustoties daži punkti stāv mierā, bet pārējie kustas pa riņķa līnijām ap līniju, kas savieno nekustošos punktus. Tā būs rotācijas kustība.

Līnija, kas iet caur nekustošiem punktiem ir rotācijas jeb griešanās ass. Pie šīs kustības katram punktam, kas atrodas citā atstatumā no griešanās ass, būs savs ātrums. Ja visi punkti saistīti savā starpā, ~~leņķa ātrums visiem būs vienāds~~.



$$w = \frac{2\pi}{T} \qquad v = wr$$

Katra punkta energija būs

$$k_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 w^2 r_1^2$$

$$k_2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^3 = \frac{1}{2} m_2 w\, r_2^2$$

Visa rotējošā ķermeņa energija būs

$$\boxed{K = \frac{1}{2} w^2 \sum m\, r^2}$$

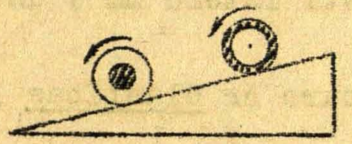
Summu $\sum m\, r^2$ sauc par rotējoša ķermeņa <u>inerces momentu - I.</u>

$$\boxed{K = \frac{1}{2} I\, w^2}$$

Salīdzinot ar kinetiskas energijas izteiksmi translācijas kustībai

$$K = \frac{1}{2} M\, v^2$$

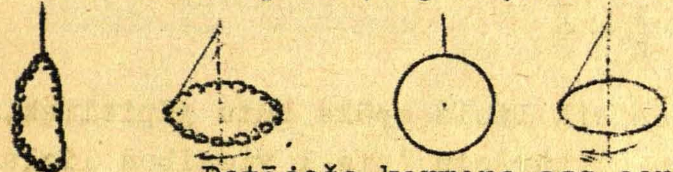
Redzams, ka pie rotācijas nekrīt svarā pati ķermeņa masa, bet gan masas sadalījums ap rotācijas asi. Jo masa tālāk no rotācijas centra, jo inerces moments un līdz ar to energija lielāka.



Ļaujot ripot diviem vienādi smagiem cilindriem, kuŗam vienam masa sadalīta ap ārējo perifēriju (liels inerces moments), bet otram ap centru (mazs inerces moments), pirmais ripos lēnāki, otrais ātrāki.

Mēģinājumi ar griezošu platformu.

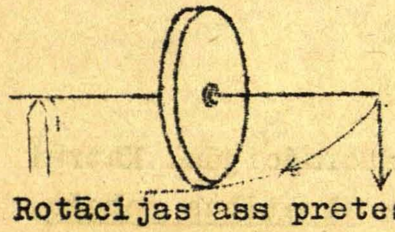
Ja rotējošais ķermenis var izvēlēties rotācijas asi, tas rotēs ap asi, ap kuŗu inerces moments ir vislielākais.

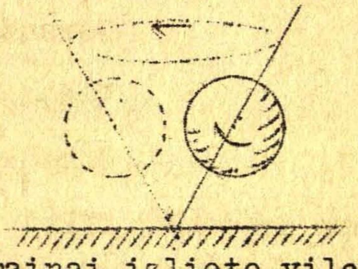


Rotācijas brīvā ass - ass, ap kuŗu inerces moments vislielākais.

Rotējoša ķermeņa ass cenšas piepaturēt savu virzienu un izrāda pretestību piespiestai virziena maiņai.

Ja uz rotācijas asi darbojas pastāvīgs spēks, rodas <u>precesija</u>, rotācijas ass griešanās.





Rotācijas ass pretestību virziena maiņai izlieto vilcina kompasos - žirokompasos.

Cietu vielu elastiskās īpašības.

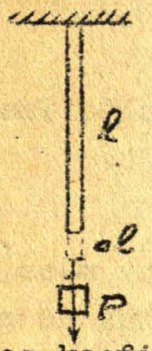
Cietos ķermeņos molekulu savstarpējie spēki ir lieli un tur molekulas noteiktos līdzsvara stāvokļos.

Iedarbojoties uz cietu ķermeņi ar ārēju spēku molekulu līdzsvara stāvoklis var tikt mainīts - ķermenis deformēsies.

Deformācijas var būt elastiskas - ķermenis pieņem agrāko formu deformējošam spēkam izbeidzoties, un neelastiskas jeb paliekošas, ķermenis paliek deformētā stāvoklī arī pēc deformējošā spēka izbeigšanās, molekulas ieņēmušas jaunu līdzsvara stāvokli.

Ar pietiekoši lielu spēku var deformēt katru ķermeni, absolūti nedeformējamu ķermeņu nav.

Stiepes deformācija.



Stiepes pagarinājums (deformācija) proporcionāla pieliktam spēkam

Hooka likums.

$$\boxed{\Delta \ell = k \frac{P.\ell}{S}}$$

k - stiepes koeficients

s - deformējamā ķermeņa šķērsgriezuma laukums

Stiepes koeficients rāda par kādu daļu no sava garuma dotā viela pagarinas, ja tās šķērsgriezums ir 1 vienība (parasti izteic mm^2) un pieliktais spēks arī viena vienība (kg).

Biežāki vielu stiepes deformāciju raksturo ar elastības jeb Janga (Young) moduli.

$$\frac{\Delta\ell}{\ell} \cdot \frac{1}{k} = \frac{P}{s}$$

Ja $\frac{\Delta\ell}{\ell} = 1$, tas ir $\Delta\ell = \ell$ - pagarinājums vienāds ar sākuma garumu

$$\frac{1}{k} = \frac{P}{s}$$

$\frac{1}{k} = C$ - elastības modulis, rāda cik liels spēks būtu jāpieliek, lai stiepjot ķermeni, tā garumu divkāršotu (pie 1 vienības liela šķērsgriezuma laukuma). Praktiski tik lielu spēku nevar pielikt, ķermenis pārtrūks (izņēmums piem. gūmija).

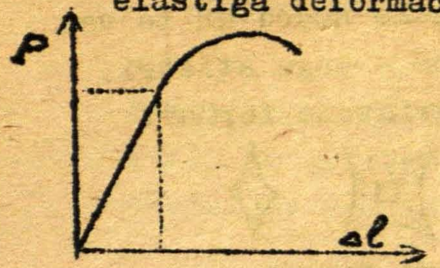
$$\text{Tēraudam } C = 20000 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\text{Varam } C\ldots = 10000 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\text{Gumijai } C. = 0{,}1 \frac{kg}{mm^2}$$

Huka likums ir vietā tikai pie elastīgām deformācijām. Katrai vielai pie zināmas slodzes P, kuru sauc par elastības robežu,

VZ - 200
1941/V



elastīgā deformācija kļūst par neelastīgu. Dažas vielas vēl aiz elastības robežas var stipri izstiept (mīksta dzelzs, svins un ļoti daudzas citas vielas), citas turpretīm pēc elastības robežas pārsniegšanas ātri pārtrūkst (tērauds, stikls).

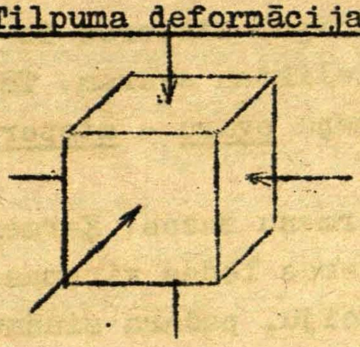
Katrai vielai ir arī noteikta izturības robeža - slodze, pie kuras viela sadalas, pārtrūkst.

Tērauds..... - 100 kg/mm^2
Varšs....... - 40 kg/mm^2
Gumija...... - 1 kg/mm^2

Pie stiepes deformācijās mainas arī šķērsgriezums - tas samazinas, izņemot nedaudzas vielas, piem. korķis, kurām šķērsgriezums paliek nemainīgs.

Izotropām vielām elastības modulis visos virzienos vienāds, kristaliskām var būt arī dažādos virzienos dažādi elastības moduļi. Tāpat arī nevienādi sadalītām vielām - kokam, organiskiem audiem, kauliem.

Tilpuma deformācija.



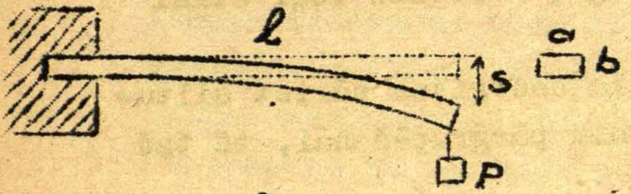
Saspiežot ķermeni vienmērīgi no visām pusēm, tā tilpums samazināsies. Elastības robežās arī te būs vietā Huka likums.

$$\Delta v = K \frac{P.v}{s}$$

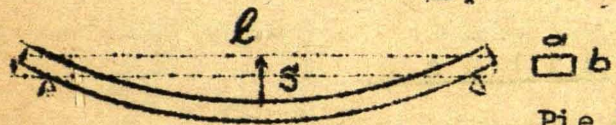
$$\frac{\Delta v}{v} .C = \frac{P}{s}$$

Δv - tilpuma maiņa, v - sākuma tilpums, P - deformējošais spēks, s - ķermeņa virsmas laukums, K - saspiežamības koeficients, C - tilpuma elastības modulis.

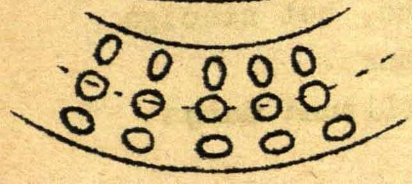
Lieces deformācija.



$$s = K \frac{P l^3}{a b^3}$$



$$s = K \frac{P l^3}{16 ab^3}$$



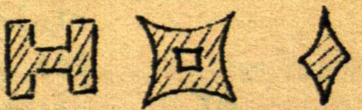
Pie lieces vienas malas daliņas tiek saspiestas, otras malas izstieptas, vidū ir kārta, kas savu garumu nemaina (neitrālā kārta).

Tādēļ šī kārta izturībai pret lieci neko nedod un to var materiāla ietaupījuma dēļ atnest. Piemēri dabā - augu stiebri.

Lieces pretestības atkarībā no šķērsgriezuma formas.

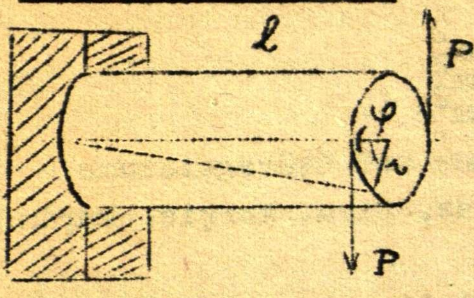
mаza pretestība

liela pretestība



Stiebru formas.

Vērpes deformācija.



Vienā galā iestiprināts stienis savērpjas, ja tā brīvā gala diametra galos iedarbojas ar spēka pāri PP. Savērpšanos var raksturot ar brīvā gala šķērsgriezuma radiusa pagrieziena leņķi vai arī lenķi α ,par kuŗu pagriežās stieņa veidojošā.

$$= \frac{M.\ l}{\sigma.r^4}$$

M - spēka pāra moments, σ - vērpes moduls.

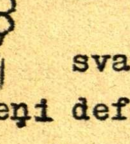
Īpatnējs vērpes piemērs ir spirālveidīgās atsperes izstiepšanās. Izstiepšanās ir proporcionāla pieliktam svaram. Tādā kārtā ar izstiepšanos var mērīt ķermeņa svaru - atsperu svari.

Ar kārts svariem salīdzina ķermeņu masas. Ķermeņu svars mainas atkarībā no vietas uz zemes lodes virsmas. Ķermeņi deformējošais spēks, izdarot deformāciju, padara zināmu darbu, kas tiek uzkrāts ķermenī kā deformācijas energija. Ja deformācija ir elastiska, šī energija var atkal deformācijai izbeidzoties, darīt darbu. Piem., uzvilkta atspere, izstiepta gumija. Elastiskai lodei krītot, atsišanās brīdī kinetiskā energija pāriet deformācijas energijā, lodīte saspiežas, bet tad lodītei pieņemot agrāko formu, deformācijas energija uzsviež lodi atkal uz augšu.

Pie neelastīgas deformācijas daļa energijas pāriet siltumā un daļa tiek izlietota ķermeņa molekulu pārgrupēšanai, tā tad paliek pašā ķermenī.

Šķidrumu īpašības.

Šķidrumiem ir ievērojama tilpuma elastība, bet niecīga formas elastība. Šķidrumu saspiežamība ir ļoti maza.



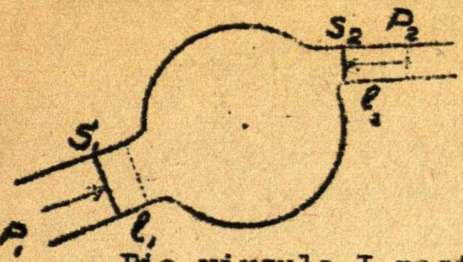
v - sākuma tilpums Δ v - tilpuma maiņa

$$\boxed{\Delta v = k.P.v}$$

k - saspiežamības koeficients

Ūdenim $k = 40.10^{-10}$
Eterim $k = 110.10^{-10}$

P a s k a l a likums. Spiediens šķidrumā izplatas uz visām pusēm un ir vērsts perpendikulāri trauka sienām. Šis likums ir energijas neiznīcības likuma sekas.



S_1 un S_2 - virzuļu šķērsgriezumu laukumi.
ℓ_1 un ℓ_2 - virzuļu noietie ceļa gabali.
Šķidrumu nesaspiežamības dēļ

$$S_1 \ell_1 = S_2 \ell_2$$

Pie virzuļa I pastrādātais darbs vienāds ar pie II iegūto

$$P_1 \ell_1 = P_2 \ell_2$$

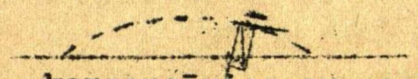
$P_1 = p_1 s_1$ un $P_2 = p_2 s_2$, ja p_1 un p_2 ir spiediens uz 1 šķērsgriezuma vienību

$$p_1 s_1 \ell_1 = p_2 s_2 \ell_2$$

$$p_1 = p_2$$

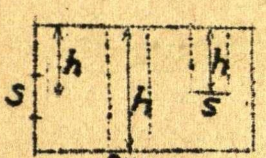
Spiedieni uz šķērsgriezuma vienību visās vietās uz trauka sienām ir vienādi.

Šķidruma līmenis traukā ieņem arvien horizontālu stāvokli (neņemot vērā pašas trauka malas, par ko būs runa vēlāk). Ja tas tā nebūtu, šķidrumu molekulas nevarētu būt līdzsvarā, jo uz molekulu darbojošos zemes pievilkšanas spēku tad varētu sadalīt divās komponentēs, perpendikulāri virsmai un paraleli tai. Perpendikulārā komponente kompensēsies ar apakšējo molekulu pretspiedienu, paralelā varēs mazās šķidrumu formas pretestības dēļ pārvietoties.



Hidrostatiskais spiediens.

Arī bez ārējā spiediena šķidrums pateicoties savam svaram izdara uz trauka sienām, dibenu un tāpat uz katru šķidrumā iegremdētu virsmu zināmu spiedienu. Šis hidrostatiskais spiediens atkarājas no šķidruma līmeņa augstuma virs attiecīgas virsmas un no šķidruma blīvuma. Tas ir vienāds ar šķidruma staba svaru virs attiecīgās virsmas.

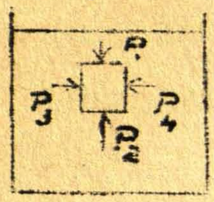


$P = s.h.d.g$ dines
$P = s.h.d$ gramos

s - šķērsgriezuma laukums, h - šķidruma staba augstums, d - šķidruma blīvums, g - zemes pievilkšanas spēka paātrinājums.

Hidrostatiskā spiediena dēļ nav iespējams bez speciālām ierīcēm nolaisties dziļāk kā apm. 50 m zem ūdens līmeņa, jo šādā dziļumā spiediens uz katru cm^2 ir jau 5 kg.

A r c h i m e d a likums. Ķermenis zaudē no sava svara šķidrumā tik, cik sver izspiestais šķidruma tilpums.



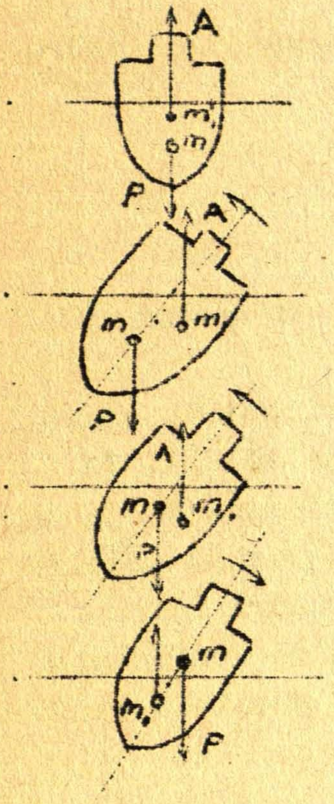
$$P_3 = P_4$$

$$P_2 = s\,h_2 d \qquad P_1 = s\,h_1 d$$

$$P_2 - P_1 = s\,(h_2 - h_1) d$$

$P_2 - P_1$ - ķermeņa svara zudums

$s(h_2-h_1)\ d = v.d$ = ķermeņa tilpums. šķidruma blīvums = šķidruma svars ķermeņa tilpumā.



Peldoša ķermeņa stabilitāte.

Svars P, kas darbojas uz ķermeņa smaguma centru m, vienāds ar Archimeda spēku A, kas darbojas uz izspiestā šķidruma smaguma centru m_1.

Peldošam ķermenim, izkustoties no līdzsvara stāvokļa (kad abi smaguma centri ir uz vienas vertikālas līnijas), ķermeņa smaguma centrs nemainīsies, bet izspiestā šķidruma smaguma centrs pārvietosies, jo izspiestam šķidrumam būs cita forma. Ķermeņa stabilitāti no līdzsvara izvestā stāvoklī nosaka Archimeda spēka virziena krustpunkts ar ķermeņa simetrijas līniju AB.

Ja šis krustpunkts M - tā sauc. metacentrs - atrodas virs smaguma centra m, ķermenis atgriežas agrākā stāvoklī, tas peld stabili. Ja metacentrs ir zem m, ķermenis sveras tālāk.

Vielu blīvums un īpatnējais svars un to noteikšana ar Archimeda likuma palīdzību.

Blīvums $d = \frac{m}{v} \left[\frac{g}{cm^3}\right]$ m - masa, v - tilpums

Īpatnējais svars $s = \frac{p}{v} \left[\frac{g.cm}{sec^2.cm^3}\right] = \frac{p}{v} \left[\frac{g}{sec^2 cm^2}\right]$

p - ķermeņa svars.

1. Hidrostatiskās svēršanas metode.

$$S = \frac{p_1}{p_1 - p_2}$$

p_1 - ķermeņa svars gaisā

p_2 - ķermeņa svars ūdenī.

VZ - 200
1941/V

$$S_{šķidr.} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_3}$$

p_1 - kāda ķermeņa svars gaisā
p_2 - tā paša " " šķidrumā
p_3 - " " " " ūdenī.

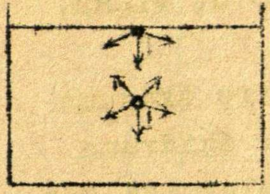
2. Westphala svari.

S = 1,254

3. Areometri.

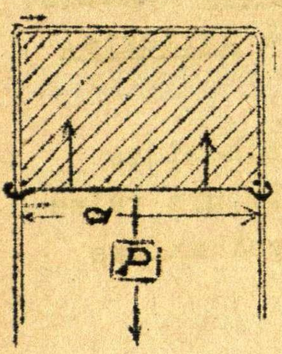
Šķidrumu virsmas parādības.

Uz molekulu darbojošies starpmolekulārie spēki būs vienmērīgi uz visām pusēm tikai tad, ja molekula atrodas vielas



iekšienē. Uz virsmas molekulām darbojas tikai zem tām atrodošās molekulas,tās tiek vilktas uz iekšieni, rodas virsmas spiediens. Virsmieas spiediena dēļ, šķidruma virsma cenšas samazināties,tā ir saspraigtā stāvoklī. Ja uz šķidrumu neiedarbojas citi spēki, šķidrums virsmai kā elastīgai plēvei uz to spiežot pieņem formu, kuŗai pie dotā tilpuma vismazākā virsma - proti lodes formu (Plato mēģinājums).

It sevišķi labi virsmas spraigums novērojams pie plānām šķidruma kārtiņām, kuŗām liela virsma.



Šķidruma kārtiņas virsmas spraiguma spēku, kas to cenšas samazināt var kompensēt ar piekārtu svaru P.

$$P = 2\,a\,.\Sigma$$

Σ - virsmas spraiguma spēks uz 1 garuma vienību - virsmas spraiguma koeficients.

a - šķidruma kārtiņas gaŗums,uz kuŗu darbojas virsmas spraigums.

2 a jāņem tādēļ, ka kārtiņā virsmas spraigums darbojas uz abām kārtiņas pusēm

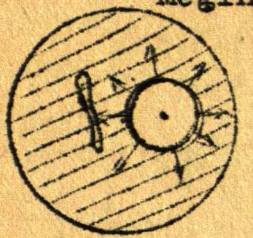
$$\boxed{\Sigma = \frac{P}{2a}}$$

Virsmas spraiguma dēļ šķidruma virskārta ir itkā plēvīte, kuŗas pārraušanai jāpielieto zināms spēks. Piemēri: kukaiņu staigāšana pa ūdens virsmu, adatas peldēšana uz ūdens virsmas u.t.t.

Ūdenim virsmas spraigums apm.3,5 reizes lielāks kā eterim, tādēļ uzlejot ūdens virskārtai nedaudz etera, spraigums samazināsies un piem. peldoša adata nogrims.

VZ - 200
1941/V

Mēģinājumi virsmas spraiguma demonstrēšanai.

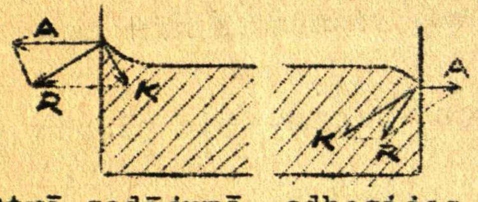


1. Diega cilpas vidū pārdurot ziepju plēvīti, apkārtējā ziepju kārtiņa ar savu virsmas spraigumu izvilks cilpu riņķī.

2. Likopodiju uz ūdens uzberot tas vienmērīgi sadalīsies pa visu ūdens virsmu. Uzpilinot vienā punktā nedaudz etera, virsmas spraigums tanī vietā samazināsies, tīrā ūdens virsma vilks likopodija daliņas uz savu pusi.

3. Kampara skaidiņām ūdenī šķīstot, vietās kur šķīšana visintensīvāka, virsmas spraigums kļūs vismazāks, skaidiņa tiks vilkta uz pretējo pusi, kur spraigums lielāks. Šķīšanas vietām mainoties, skaidiņa kustēsies pilnīgi nenoteikti, te uz vienu, te uz otru pusi.

<u>Kohezija un adhezija.</u> Molekulārie spēki starp šķīduma molekulām tiek saukti par kohezijas spēkiem, tie tur šķidruma daļiņas kopā. Traukā ielietā šķidrumā uz šķidruma molekulām, kas atrodas pie trauka sienām darbojas arī trauka sienu molekulu spēki - <u>adhezijas</u> spēki.



Pirmā gadījumā adhezijas spēks A lielāks par kohezijas spēku K, šķidruma līmenis nostājas pie trauka sienas perpendikulāri rezultējošam spēkam R - <u>ieliekts</u> līmenis. Otrā gadījumā, adhezijas spēks A mazāks par K, līmenis <u>izliekts.</u>

<u>Kapilaritātes parādības.</u>

Tievās caurules šķidrums pie caurules sienām adhezijas dēļ vai nu pacelsies uz augšu vai noslīdēs uz leju, līmenis vairs nebūs taisns. Bet liekta līmeņa spiediens ir lielāks vai mazāks kā taisna līmeņa virsmas spiediens.

I II III

Nosvītrotās daļās apkārtējo molekulu iespaidi uz apskatāmo molekulu līdzsvarojas, nelīdzsvaroti paliek zem līmeņa atrodošos nenosvītroto tilpumu molekulu spēki, kas velkot apskatamo molekulu uz leju rada virsmas spiedienu. Tas pie izliekta līmeņa būs lielāks, pie ieliekta līmeņa mazāks kā līdzena līmeņa spiediens. Spiedienu atšķirība no līdzena līmeņa spiediena būs jo lielāka, jo lielāks virsmas izliekums.

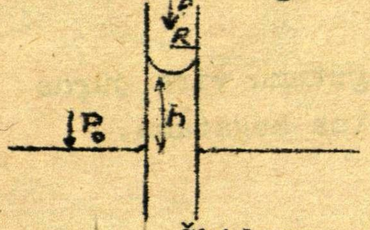
VZ - 200
1941/V

Skaitliski šo atšķirību dod Laplace'a formula

$$\boxed{P = p_0 \pm \Sigma\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

P - spiediens liektai virsmai, p_0 - līdzenas virsmas spiediens, Σ - šķidruma virsmas spraiguma koeficients, R_1 un R_2 - šķidruma liektās virsmas liekuma radiusi divos perpendikulāros virzienos. Minus - zīme ieliektai virsmai , plus - zīme izliektai virsmai.

Tādēļ tievā kapilarē virsmas spiediens būs mazāks, kā apkārtējā šķidrumā, kur virsma ir līdzena (ja šķidrums saslapina kapilāres sienas un līmenis ir ieliekts) un kapilārē šķidrums celsies uz augšu.



Tā kā virsmas liekums pie apaļa šķērsgriezuma caurules ir sferisks $R_1 = R_2$ un

$$p_0 - P = \frac{2\Sigma}{R}$$

Šķidrums celsies tik ilgi, kamēr spiedienu starpība kļūs vienāda ar paceltā šķidruma staba svaru uz 1 šķērsgriezuma vienību.

$$\frac{2\Sigma}{R} = g\,d\,h \qquad \text{jeb}$$

$$h = \frac{2\Sigma}{Rgd}, \text{ kur } d - \text{šķidruma blīvums.}$$

Ja līmenis izliekts, šķidrums kapilarē stāvēs zemāk - kapilārā depresija.

Pie tievām kapilārēm virsmas liekuma radijs vienāds ar kapilāres radiju un pacelšanās vai depresija tieši proporcionāla šķidruma virsmas spraigumam un pretēji proporcionāla kapilāres radiusam un šķidruma blīvumam.

Kapilārò parādību nozīme dabā - šķidrumu pacelšanās augos (krīt svarā arī osmoze), gruntsūdeņa pacelšanās dažādos zemes slāņos.

Ziepju burbuļa plēvītes spiediens ārpusē un iekšpusē nav vienāds, spiedienu starpība

$$P_1 - P_2 = p_0 + \Sigma\frac{2}{R} - \left(p_0 - \Sigma\frac{2}{R}\right) = \Sigma\frac{4}{R}$$

Burbulis cenšas sarauties un ar jo lielāku spēku, jo mazāks tā caurmērs.

Virsmas spraiguma parādības novērojamas arī pie cietām vidām. Izkausētu stiklu strauji atdzesējot virsējās kārtas sacietēs ātrāki, radīsies ievērojams virsmas spraigums.

VZ - 200
1941/V

Batavijas asaras, Boloņas kolbiņas. Arī parastā kārtā atdzesētam stiklam ir virsmas spraigums, uz ko pamatojas stikla griešana.

G ā z e s .

Gāzēm nav formas elastības un arī tilpuma elastības. Tās var ļoti viegli saspiest.

Paskala un Archimeda likumi ir derīgi arī gāzēm.

Gaisa kārtas - atmosfēras spiediens ir aerostatiskais spiediens, ko rada virs zemes virsmas atrodošā gaisa slāņa svars. Tas ir normali 1,03 kg/cm^2 jeb 760 mm augsta dzīvsudraba staba spiediens.

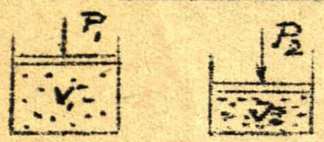
Barometri.

Barometriskais spiediens mainas ar augstumu virs jūras līmeņa. Zinot maiņas likumību var noteikt vietas augstumu.

$$h = 18400 \lg \frac{p_1}{p_2}$$

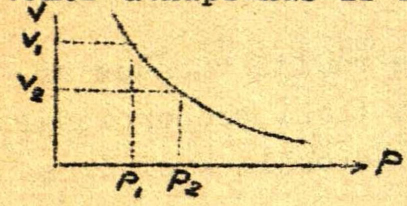
ja h mēra metros.

Boila-Mariota likums.



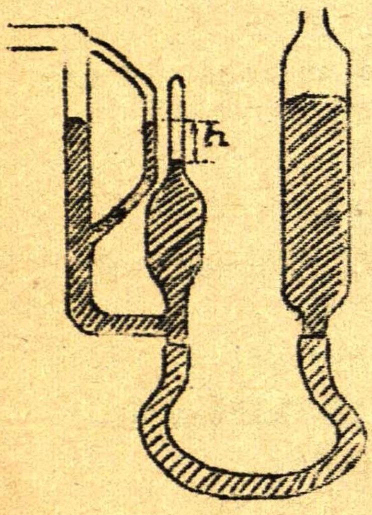
$$\boxed{p_1 v_1 = p_2 v_2 = \text{const.}}$$

Boila-Mariota likums nav pilnīgi precizs likums, pie lieliem spiedieniem visas gazes no tā atkāpjas, dažām ir lielāka saspiežamība, dažām mazāka. Pie nelieliem spiedieniem tomēr atkāpšanās ir maza un šo likumu var praktiski pielietot.



Boila-Mariota likuma grafiskais attēls ir hiperbola.

Mikromanometrs - ierīce mazu spiediena starpību mērīšanai, kuŗas nevar konstatēt ar parastiem dzīvsudraba vai metala manometriem.



Mac-Leoda manometrs ļoti mazu spiedienu mērīšanai - dibinas uz Boila-Mariota likuma.

Nolaižot rezervuāru ar dzīvsudrabu tā, lai kreisā pusē dzīvsudraba līmenis noslīdētu zem A, telpa ar mērījamo spiedienu būs pievienota manometra balonam V. Dzīvsudraba rezervuāru paceļot, dzīvsudrabs noslēgs telpu V no mēramās telpas un gāzes tilpums V tiks saspiests kapilārē ieņemot tilpumu v. ar spiedienu n + p.

Pēc Boila-Mariota likuma

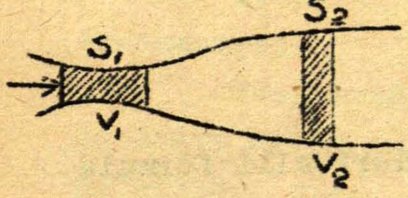
$$p.V = (p + h)\ v$$ jeb tā kā p ir mazs salīdzinot ar h

$$p\ V = h.v \quad \text{un } p = \frac{hv}{V}$$

Ar šo manometru var mērīt spiedienus līdz 0,0001 mm Hg

Šķidrumu un gāzu kustība.

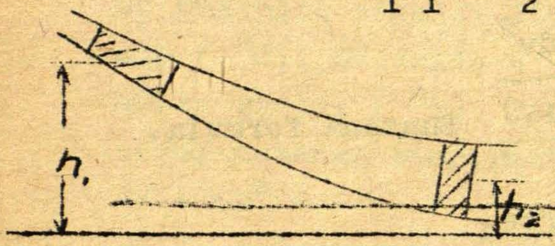
Šķidrumu un gāzu kustība - plūsma savā starpā atšķiras tikai ar to, ka šķidrumi ir praktiski nesaspiežami, pie gāzēm turpretīm krīt svarā arī tilpuma maiņa.



Plūšanas ātrums atkarīgs no plūsmas šķērsgriezuma, šaurākās vietās tas ir lielāks

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{jeb}$$

$$S_1V_1 = S_2V_2 = S.V = \text{const.}$$



Plūstoša šķidruma energija sastādas no 3 daļām.

1. Potenciālas energijas.
2. Kinetiskās energijas.
3. Spiediena potenciālās energijas.

1 tilpuma vienībai šīs energijas stāvoklī I būs

1. dgh_1 d - šķidruma blīvums
2. $\frac{1}{2}\,dv^2$
3. $\frac{P}{S_1} = p_1$

stāvoklī II

1. dgh_2
2. $\frac{1}{2}\,dv_2^{\,2}$
3. $\frac{P}{S_2} = p_2$

Energijas nezūdamības dēļ abos stāvokļos šo triju energiju summa būs vienāda.

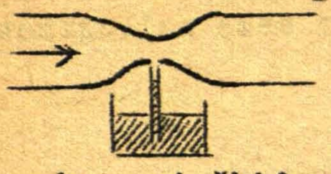
$$p_1 + dgh_1 + \frac{1}{2}\,dv_1^{\,2} = p_2 + dgh_2 + \frac{1}{2}\,dv_2^{\,2}$$

jeb vispārīgi

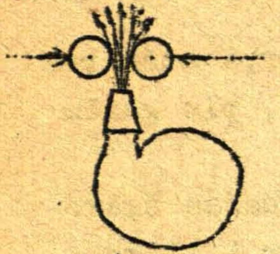
$$\boxed{p + dgh + \frac{1}{2}\,dv^2 = \text{const.}}$$

Tas ir Bernouilli vienādojums.

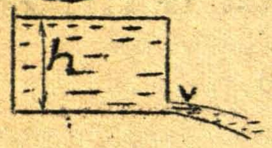
Ja viens loceklis palielinas, kādam citam loceklim jāsamazinas, lai summa nemainītos.



1. Sašaurinājumā pieaug ātrums un tā tad kinetiskā energija spiediens p samazinas un var pat kļūt mazāks par atmosfēras spiedienu, tad sašaurinājuma vietā pierīkotā caurulē tiks sūkts iekšā gaiss vai šķidrums no trauka A. Uz šī principa dibinas ūdensstrūklas sūkņu darbība.



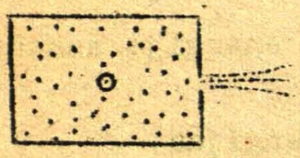
2. Gaisa strāva, plūstot starp diviem ķermeņiem, sašaurinas ātrums pieaug, spiediens samazinas, ķermeni saklaujas. Tas pats novērojams ūdenim plūstot starp 2 kugiem, tie virzas kopā



Šķidrumu iztecēšana.

$$p + dgh = p + \frac{1}{2} dv^2$$

$$v^2 = 2\ gh \qquad v = \sqrt{2\ gh}$$ Toricelli formula.



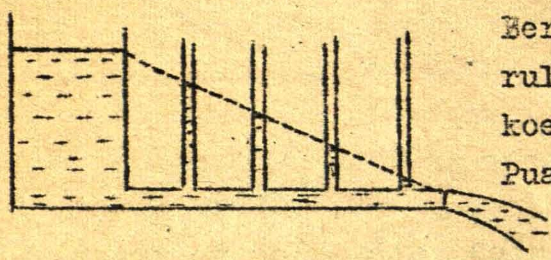
Gāzu iztecēšana.

$$p = p_1 + \frac{1}{2} dv^2$$

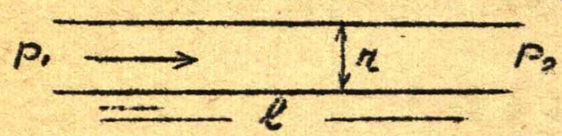
$$V = \sqrt{\frac{2(p-p_1)}{d}}$$ Bunzena formula.

Šķidrumu un gāzu berze.

Šķidrumam vai gāzei plūstot pa cauruli rodas berze starp šķidruma molekulām un caurules sienām (ārēja berze) un arī starp šķidruma molekulām savā starpā (iekšēja berze), kādēļ iekšējie slāņi kustēsies ātrāki. Berzi raksturo tā sauc.berzes koeficients, jeb viskozitātes koeficients. Daļa energijas iet zudumā berzes pārvarēšanai, tādēļ spiediens krīt.



Berzes dēļ šķidruma plūsmas ātrums caurulēs jo mazāks, jo lielāks ir berzes koeficients. Plūšanas ātrumu nosaka Puazeja (Poiseuille) vienādojums



$$\boxed{V = \frac{p_1 - p_2}{l} \cdot \frac{r^2}{8\ k}}$$

k - berzes koeficients.

Pie maziem plūšanas ātrumiem plūsma ir laminara - šķidrums plūst vienmērīgiem slāņiem. Pie lieliem plūšanas ātrumiem rodas virpuļi - turbulenta plūsma.

S i l t u m s .

Siltums ir īpatnējs ķermeņa iekšējās energijas veids, kas rodas no ķermeņa molekulu nekārtīgas kustības. Kopējais siltuma energijas daudzums ķermenī sastādas no molekulu kine-

VZ - 200
1941/V

tisko energiju summas.

Siltuma energija var pāriet no viena ķermeņa uz otru, bet tikai tad, ja siltuma energijas spraigums, kuŗu nosaka molekulu kustību vidējie ātrumi, vienā ķermenī ir lielāks kā otrā. Šo siltuma energijas spraigumu - siltuma pakāpi - sauc par <u>temperatūru.</u> Siltums var pats no sevis pāriet tikai no ķermeņa ar augstāku temperatūru uz ķermeni ar zemāku temperatūru.

Ķermeņa siltuma energijai un tā tad arī temperatūrai mainoties, mainas arī ķermeņa tilpums - <u>termiskā izplēšanās.</u>

Šo parādību izlieto temperatūras salīdzināšanas ierīcēs - termometros.

Temperatūras maiņu nosaka grādos, ņemot par pamatu starpību starp divām noteiktām, viegli realizējamām un nemainīgām temperatūrām, piem. ledus kušanas un ūdens vārīšanās temperatūrām. Šo starpību sadalot 100 daļās, dabonam Celsija temperatūras grādus (^oC). 80 daļās - Reomira gradus (^oR) un 180 daļās - Farenheita gradus (^oF). Pie Celsija un Reomira temperatūru skalas, ledus kušanas temperatūru apzīmē ar 0^o, pie Farenheita skalas ar + 32^o F.

Temperatūras zem attiecīgās skalas nulles temperatūras skaita par negatīvām, virs nulles par pozitīvām.

<u>Termiskā izplēšanās cietās vielās un šķidrumos.</u>

Ķermeņa lineāro dimensiju (gaŗuma, platuma un augstuma) un tāpat arī tilpuma maiņa ir proporcionāla temperatūras maiņai un ķermeņa sākuma garumam vai tilpumam.

1. $\Delta l = \alpha \cdot l_0\, t$

2. $\Delta v = \beta \cdot v_0\, t$

Δl - garuma maiņa
t - temperatūras maiņa
α - garuma izplēšanās
β - tilpuma koeficients
Δv - tilpuma maiņa.

$\Delta l = l_t - l_0$

l_t - garums pie beigu temperatūras
l_0 - " " sākuma "

$\Delta v = v_t - v_o$

v_t - tilpums " beigu "
v_o - " " sākuma "

Tādēļ

$$\boxed{\begin{aligned} l_t &= l_o\,(1 + \alpha\, t) \\ v_t &= v_o\,(1 + \beta\, t) \end{aligned}}$$

$\beta = 3\alpha$

$$\boxed{v_t = v_o(1 + 3\alpha\, t)}$$

Termiskie izplēšanās koeficienti α un β ir raksturīgi lielumi katrai vielai.

Dzelzs. α = 0,000012	Dzīvsudrabs β = 0,00018
Varš..α = 0,000018	Alkohols... β = 0,0012
Platina α = 0,000009	Eteris..... β = 0,0016

Izplēšanās koeficienti nedaudz mainās ar temperatūru, tādēļ precīzākos mērījumos tas jāņem vērā.

Blīvuma maiņa.

Mainoties pie sasilšanas tilpumam, mainas arī vielas blīvums

$$\left.\begin{aligned} d_o &= \frac{m}{v_o} \\ d_t &= \frac{m}{v_t} \end{aligned}\right\} \qquad \boxed{d_t = \frac{d_o}{1 + \beta t}}$$

Ūdens īpatnības.

Ūdens blīvums pie 4°C ir vislielāks, viņa izplēšanās koeficients pie 4°C ir 0, pie zemākām temperatūrām negatīvs, pie augstākām pozitīvs. Nozīme dabā.

Gāzu termiskā izplēšanās.

Gāzi sildot var ļaut tai izplēsties, vai arī nē. Pirmā gadījumā mainīsies gāzes tilpums, otrā gadījumā spiediens.

$$v_t = v_o (1 + \beta t) \qquad \beta \text{ - tilpuma izpl.koef.}$$
$$p_t = p_o (1 + \beta' t) \qquad \beta' \text{ - spiediena termiskais koeficients.}$$

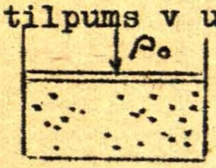
Izrādas, ka $\beta = \beta'$ un pirmā tuvinājumā visām gāzēm tie ir vienādi

$$\beta = \frac{1}{273}$$

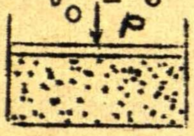
Sasildot par 1°C visas gāzes izplēšas par $\frac{1}{273}$ no sava tilpuma pie 0°C.

$$p_t = p_o \left(1 + \frac{t}{273}\right) \qquad \text{Ge-Lisaka likums}$$
$$v_t = v_o \left(1 + \frac{t}{273}\right) \qquad \text{Šarla likums}$$

Kāda gāzes daudzuma stāvokli nosaka trīs lielumi: spiediens p, tilpums v un temperatūra t.



I p_o, v_o
$t_o = 0^o$



II p, v'
$t_o = 0^o$

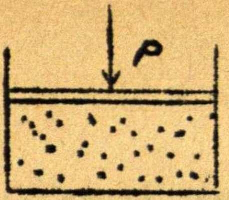
Atradīsim sakaru starp šiem lielumiem.

Ņemsim kādu gāzes daudzumu pie 0°C, kuŗam tad būs zināms spiediens p_o un tilpums v_o (I)

Tad pie tās pašas temperatūras saspiedīsim gāzi līdz tilpumam v'. Spiediens pieaugs līdz p.

Pēc Boila-Mariota likuma

$$p_o v_o = p v'$$



III p,v,t

Tad sasildīsim gāzi, ļaujot tai brīvi izplēsties. Temperatūra pieaugs par t^o, spiediens paliks tas pats p, tilpums pieaugs līdz v.

Pēc Šarla likuma

$$v = v'\left(1 + \frac{t}{273}\right); \text{ pareizinot ar p}$$

$$pv = pv'\left(1 + \frac{t}{273}\right), \text{ jeb}$$

$$\boxed{p\,v = p_o v_o \left(1 + \frac{t}{273}\right).}$$

Tas ir gāzes stāvokļa vienādojums. Pārveidojot iekavu

$$pv = p_o v_o\left(\frac{273 + t}{273}\right)$$

$$pv = \underbrace{\frac{p_o v_o}{273}}_{R}\underbrace{(273 + t)}_{T} = R\,T$$

$\boxed{p\,v = R\,T}$ Klapeirona formula

$T = t + 273$ - absolūtā temperatūra.

Absolūtās temperatūras nulles punkts - absolūtā nulle - (-273^oC) būtu temperatūra, pie kuŗas idealai gāzei, tas ir gāzei, kas pilnīgi sekotu Ge-Lisaka likumam, nebūtu vairs spiediena.

$R = \frac{p_o v_o}{273}$ - gāzu konstante, kuŗas lielums atkarājas tikai no ņemtās gāzes daudzuma.

Siltuma daudzums.

Siltuma energija, kā kuŗu katru energijas veidu varētu mērīt ergos vai džaulos, bet ērtības dēļ siltuma energiju mēra īpašās siltuma daudzuma vienībās - kalorijās.

Siltuma daudzums kādā ķermenī ir proporcionāls temperatūrai un ķermeņa masai

$$Q = c.m.t$$

Mainoties temperatūrai, ķermeņa iegūtais vai zaudētais siltuma daudzums būs

$$Q = c.m.\,(t_2 - t_1)$$

Pieņemot ūdenim $c = 1$, par siltuma daudzuma vienību nosauc siltuma daudzumu, kas vajadzīgs, lai 1 grammu ūdens sasildītu par 1^oC. Tā būs mazā kalorija - 1 cal. (Tā kā vajadzīgais siltuma daudzums nedaudz atkarīgs arī no temperatūras, precīzāki 1 cal. ir siltuma daudzums, kas vajadzīgs, lai 1 g ūdens

VZ - 200
1941/V

sasildītu no 15,5°C līdz 16,5°C).

1000 cal. = 1 Cal (lielā kalorija).

Citām vielām lielums c, kas rāda, cik siltuma daudzuma ir vajadzīgs, lai sasildītu 1 vielas grammu par 1°C, nebūs 1. Šo lielumu sauc par vielas <u>īpatnējo siltumu.</u>

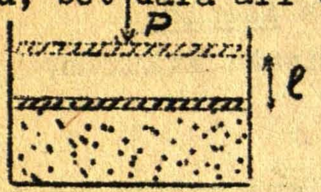
Elementiem īpatnējais siltums ir tuveni pretēji proporcionāls atomsvaram, jeb īpatnējo siltuma un atomsvara reizinājums ir tuveni konstants lielums (Dulonga - Petit likums)

$$\boxed{A.c = \text{const.} \approx 6}$$

	c	A	A.c
Cu	0,093	63,6	5,9
Pb	0,031	206	6,4
Al	0,21	27,1	5,8

Cietām un šķidrām vielām īpatnējais siltums ir raksturīgs lielums dotai vielai.

Gāzēm ir divi īpatnējie siltumi, īpatnējais siltums pie konstanta spiediena, kuŗu apzīmē ar c_p un īpatnējais siltums pie konstanta tilpuma - c_v. Gāzi sildot un ļaujot tai izplēsties (p = const.), pievadītais siltums ne tikai paceļ gāzes temperatūru, bet dara arī vēl mechanisku darbu. Tādēļ $c_p > c_v$. Aprēķināsim šo darba lielumu.



$\Delta t = 1°C$

Sasildīsim gāzi par 1°C ļaujot tai izplēsties.
Tilpuma pieaugums

$$v_1 - v = s.\ell \qquad s \text{ - virzuļa šķērsgr.}$$

Padarītais darbs $W = P. \quad = p.s. \quad = (v_1 - v)p$

Pirms sildīšanas $\quad p.v = RT$

Pēc " $\quad p.v_1 = R(T + 1)$

$$p\,(v_1 - v) = R = W = \frac{p_o v_o}{273}$$

Gāzu konstante R ir vienāda ar padarīto darbu gāzes daudzumam par 1°C sasilstot (pie konstanta spiediena).

Parasti gāzu konstanti attiecina vai nu uz 1 litru gāzes pie atmosfēras spiediena un 0°C, vai uz 1 grammolekulas tilpumu (22,4 litri) pie atmosfēras spiediena un 0°C.

Tad

$$R_1 = 0{,}0378 \text{ kgm/grad} = 0{,}3712 \text{ džauli/grad}$$

$$R_M = 0{,}847 \text{ kgm/grad} = 8{,}315 \text{ džauli/grad}$$

Gāzei izplēšoties padarītais darbs no otras puses būs izteikts kā

$$W = m(c_p - c_v)$$

Ja m = M (M - gāzes grammolekulas svars).

$$M\,(c_p - c_v) = R$$

Tā kā kreisā pusē ir siltuma daudzums kalorijās, bet labā pusē R ir mērīts parastās energijas vienībās.

Tādēļ

$$\frac{R}{M(c_p - c_v)} = \quad \text{Maiera izteiksme}$$

dos sakarību starp mechanisko darbu un tam ekvivalento siltuma daudzumu kalorijās.

– mechaniskais siltuma ekvivalents

= 427 kgm/cal = 4,15 džauli/cal.

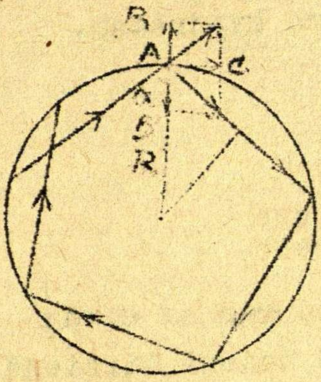
Siltuma energija ekvivalenta mechaniskam darbam

$$\boxed{W = J.Q}$$

Pirmais termodinamikas postulats.

Gāzu kinetiskā teorija.

Siltuma energijas izskaidrojums ar molekulu iekšējas kustības kinetisko energiju, it sevišķi labi pamatojams pie gāzēm, kur molekulas var samērā brīvi kustēties. Molekulu sadursmes ar trauka sienām rada gāzes spiedienu, kas pieaugs pieaugot molekulu ātrumiem, tā tad gāzes temperatūrai. Sakarību starp spiedienu un molekulu ātrumu var dabūt arī skaitliski.



Iedomāsimies apaļu trauku ar N gāzes molekulām, kas kustas ar caurmēra ātrumu v.

Vienai molekulai pret trauka sienu atduroties, tā atdos sienai impulsu F.t

Pēc II Ņutona likuma

F.t = m.v , kur m - molekulas masa un v - tās ātruma maiņa pa impulsa laiku t.

Pie sadursmes mainas tikai ātruma normālā komponente AB, tangenciālā komponente AC paliek tā pati.

$$AB = v \cdot \cos\alpha$$

Pēc sadursmes normālā komponente ir AB'

$$AB' = -\,v \cos\alpha$$

Ātruma maiņa tā tad ir

$$v \cos\alpha - (-v \cos\alpha) = 2\,v \cos\alpha .$$

$$Ft = 2\,m\,v \cos\alpha$$

~~Starp divām saduramām~~ molekula noies ceļa gabalu

$$AD = 2\ R\ \cos\alpha$$

Šo ceļa gabalu tā noies laikā

$$t = \frac{2\ R\ \cos\alpha}{v}$$

1 sekundes laikā molekula tā tad sadursies ar sienu n reizes, pie kam

$$n = \frac{1}{t} = \frac{v}{2\ R\ \cos\alpha}$$

Sadursmju radītais spiediens uz trauka sienu sekundes laikā tā tad būs

$$F = \frac{2\ m\ v\ \cos\alpha\ .\ v}{2\ R\ \cos\alpha} = \frac{m\ v^2}{R}$$

Visas N molekulas dos spiedienu

$$F = \frac{N\ m\ v^2}{R}$$

Tā kā trauka sienas virsma ir $4\pi R^2$, tad spiediens p uz vienu laukuma vienību būs

$$p = \frac{N\ m\ v^2}{4\pi R^3}$$

Trauka tilpums $v = \frac{4}{3}\ .\ \pi R^3$

$$\boxed{p\ v = \frac{N\ m\ v^2}{3}}$$

Salīdzinot šo izteiksmi ar Klapeirona formulu pv = RT, redzam, ka

$$RT = \frac{1}{3}\ Nmv^2$$

Gāzes temperatūra proporcionāla molekulu ātruma kvadrātam.

$$v^2 = \frac{3\ RT}{Nm} = \frac{3\ RT}{M}$$

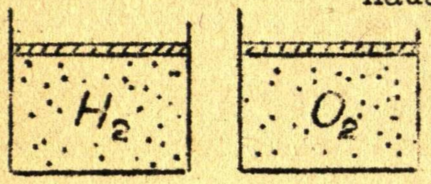
Tā var noteikt molekulu ātrumus

skābekli	pie 0^o	v = 460 m/sec
ūdeņradi	pie 0^o	v = 1800 m/sec.

Pie parastiem spiedieniem molekulas saduras ar citām molekulām. Starp divām sadursmēm noietais ceļš taisnā virzienā (tā sauc.brīvā ceļa garums) tādēļ ir ļoti mazs, apm.10^{-4} mm

Avogadro likums.

Iedomāsimies divus dažādu gāzu vienādus tilpumus,pie vienāda spiediena un vienādas temperatūras.



$$p\ v = \frac{1}{3}\ N_1\ m_1\ v_1^2$$

$$p\ v = \frac{1}{3}\ N_2\ m_2\ v_2^2$$

$$N_1 m_1 v_1^2 = N_2 m_2 v_2^2$$

Ja temperatūras vienādas, tad ir vienādas arī abu gāzu molekulu kinetiskās energijas $m_1v_1^2 = m_2v_2^2$ un tādēļ

$$\boxed{N_1 = N_2}$$

Vienādos tilpumos pie vienas temperatūras un vienāda spiediena dažādām gāzēm ir vienāds molekulu skaits. Var aprēķināt, ka 1 grammolekulā, tas ir 22,4 litros pie normāla spiediena un 0°C molekulu skaits ir

$$N \approx 6 . 10^{23}$$

Tas ir Avogadro skaitlis

1 cm^3 jebkuŗas gāzes pie normāla spiediena un 0°C molekulu skaits ir

$$N_1 \approx 3 . 10^{19}$$

Loschmidtą skaitlis.

Arī gāzē pie vislielākā patreizējiem līdzekļiem sasniedzamā retinājuma (10^{-6}mm Hg) molekulu skaits vēl būs milzīgi liels (apm.$5 . 10^{10}$ 1 cm^3).

Kinetiskās siltuma teorijas tiešs pierādījums ir Browna kustība. Sīku šķidrumā atrodošu daliņu kustība, ko var novērot mikroskopā, izskaidrojama ar apkārtējo šķidruma molekulu neregulāriem triecieniem. Tān redzamo molekulu kustība izsauc redzamas sīkās daļiņas pārvietošanās.

Ar molekulu kustību izskaidrojama arī difūzijas parādība - divu vielu molekulu savstarpēja sajaukšanās.

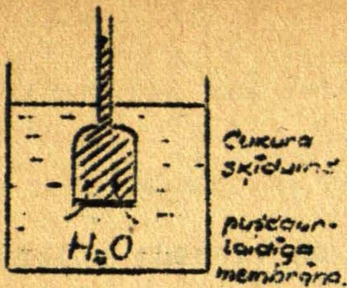
Difūzija visātrāk notiek gāzēs, kur molekulas var brīvāki kustēties un kur starp tām ir lielāki attālumi.

Difūzijas ātrums ir pretēji proporcionāls gāzu blīvumu kvadrātsaknei, pretēji proporcionāls spiedienam un tieši proporcionāls temperatūrai.

Šķidrumos difūzijas ātrums ir mazāks un atkarīgs no šķidrumu dabas un proporcionāls temperatūrai. Šķidinājumos difūzijas ātrums proporcionāls koncentrāciju starpībai starp diviem šķīduma slāņiem.

Arī pie citām vielām novērojama difūzija, lai gan ļoti mazā mērā.

Gāzu un šķidrumu difūzija var notikt arī caur porainām puscaurlaidīgām sienām, kas atdala vienu šķidrumu vai gāzi no otra. Tā kā puscaurlaidīgai sienai vienas vielas molekulas iet labāki cauri kā otras, tad vienā pusē radīsies pārspiediens - osmotiskais spiediens.



Koloidālas vielas molekulas praktiski nedifundē, tādēļ tās ar osmoses palīdzību var pilnīgi atdalīt no kristaloīdu vielām - dialize.

Osmoses parādībām liela nozīme dabas dzīvē, jo šūnu apvalki ir puscaurlaidīgas sienas, caur kuŗām notiek difūzija, kristaloīdu šķīdumi tiek sienām cauri, olbaltumu un tamlīdzīgas vielas nē.

Gāzu difūzija var notikt arī šķidrumā. Šo parādību sauc par absorbciju.

Absorbētas gāzes daudzums atkarīgs no paša šķidruma un arī gāzes un ir jo lielāks, jo zemāka temperatūra.

Pie nemainīgas temperatūras absorbētais gāzes daudzums ir proporcionāls spiedienam - Henry likums. (Ūdens gāzēšana ar CO_2).

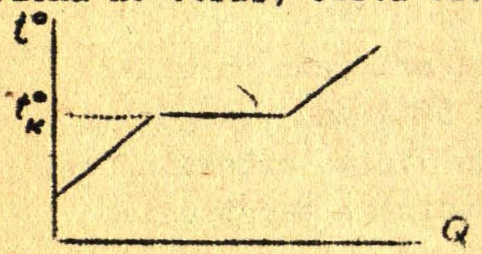
Gāzes molekulu absorbciju cietās vielās sauc par okluziju. Arī okluzija ir jo lielāka, jo zemāka ir temperatūra un jo lielāks spiediens. Ar izkarsēšanu var cietu vielu pilnīgi atbrīvot no okludētām gāzēm. Rentgena lampās, radiolampās un citās vakuumierīcēs elektrodi pirms ierīces evakuēšanas jāizkarsē, citādi okludetas gāzes pie zemā spiediena nāks pamazam no elektrodu metala ārā un retinājums ierīcē paliks sliktāks.

Visvairāk gāzu molekulas nosēžas uz cietu ķermeņu virspuses - adsorbcija. Lēnām gāzes molekulām atduroties pret cieta ķermeņa virsmu, tās itkā pielīp pie tās, radot adsobētas gāzes slāni. Uz visiem gaisā esošiem priekšmetiem ar laiku rodas adsorbcijas slānis, kuŗu var dabūt prom, vai nu ķermeni mechaniski notīrot vai arī izkarsējot.

Agregatstāvokļu maiņa.

Vielai pievadot siltumu, tās temperatūra aug, molekulu kustība paliek straujāka.

Pie zināmas molekulu kustības energijas, tā tad pie zināmas temperatūras, spēku līdzsvars, kas tur cietā vielā molekulas zināmos līdzsvara stāvokļos izjuks, molekulas varēs atrauties viena no otras, cieta viela pārvērtīsies šķidrā. Temperatūra nepieaugs, kamēr visa cietā viela nebūs pārvērtusies šķidrumā, pievadītā siltuma energija Q, kušanai sākoties tiks izlietota molekulu savstarpējo spēku pārvarēšanai.



Kad visa viela ir izkususi, pievadītā siltuma energija atkal tiek izlietota molekulu kinetiskās energijas palielināšanai, šķidruma temperatūra aug.

Molekulu savstarpējo saišu pārvarēšanai katram cietas vielas grammam ir vajadzīgs noteikts siltuma daudzums - latentais kušanas siltums. Citiem vārdiem, tas ir siltuma daudzums,kas vajadzīgs, lai 1 grammu vielas pie kušanas temperatūras pārvērstu no cietā agregatstāvokļa šķidrā.

Ūdenim latentais kušanas siltums ir 80 cal/g, dzīvsudrabam 2,8 cal/g.

Lielam vairumam cietu vielu kušanas temperatūra ir raksturīgs pastāvīgs lielums (izņēmumi vasks, tauki un līdzīgas vielas), kas tomēr atkarīgs no spiediena un piemaisījumiem.

Parasti spiedienam pieaugot, palielinas arī kušanas temperatūra. Izņēmums ledus un dzelzs, tiem kušanas temperatūra ar spiediena pieaugumu pamazinas (šļūdoņi).

Pie kušanas mainas arī vielas tilpums - vielām,kam spiedienam palielinoties kušanas temperatūra pieaug, tilpums šķidrā stāvoklī ir lielāks, vielām kam ar spiediena pieaugumu kušanas temperatūra pazeminas, tilpums šķidrā stāvoklī ir mazāks.

Piemaisījumi kušanas temperatūru pazemina. Wooda metals.

Kušanas temperatūras pazeminājumu šķīdumam, kurā izšķīdināts zinams svešas vielas daudzums, dod Raoult'a likums

$$\Delta t_k = k \cdot \frac{n_1}{n} = A \frac{m_1}{m \cdot M_1}$$

Δt_k - šķīduma kušanas temperatūras pazemināšanās salīdzinot ar tīra šķīdinātāja temperatūru. n_1 - izšķīdinātās vielas grammolekulu skaits n grammolekulās šķīdinātāja. k - šķīdinātājam raksturīga konstante. m_1 - izšķīdinātās vielas svars, m - šķīdinātāja svars, M_1 - izšķīdinātās vielas molekulārsvars, M - šķīdinātāja molekulārsvars.

$A = kM$ - šķīdinātājam raksturīga konstante. Tādā kārtā izmērot kušanas temperatūras pazemināšanos un zinot izšķīdinātās vielas daudzumu var noteikt šīs vielas molekulārsvaru. Krioskopiskā molekulārsvara metode.

Iztvaikošana. Šķidrumu virs kušanas temperatūras tālāk sildot, tā temperatūra atkal pieaug, molekulu kinetiskā energija kļūst lielāka. Pie šķidruma virsmas ātrākās molekulas var izskriet ārā no šķidruma un tā virs šķidruma rodas ar šķidrumu nesaistītas molekulas - šķidruma tvaiks. Ātro molekulu skaits, kas var pārvarēt šķidruma molekulu pievilkšanās spēku, būs jo lielāks, jo augstāka šķidruma temperatūra.

Ja šķidrums ir valējā traukā, tā tvaika molekulas aizies apkārtējā telpā, no šķidruma varēs nākt ārā arvien jaunas molekulas - nepiesātināts tvaiks. Ja turpretim šķidrums ir noslēgtā telpā, tvaika nolekulu skaits šai telpā kļūs arvien lielāks un sadurēties tvaika molekulām savā starpā dažas no tām tiks atsviestas atkal atpakaļ šķidrumā. Beidzot iestāsies līdzsvara stāvoklis, cik molekulu iztvaiko, tik atkal atgriežas atpakaļ šķidrumā - piesātināts tvaiks. Nepiesātināts tvaiks tā tad būs tvaiks, kuŗa ieņemtā telpa vēl var uzņemt jaunas tvaika molekulas, piesātinātā tvaika telpā turpretim molekulu skaits dotā tilpumā ir jau iespējami lielākais, nākot klāt jaunām molekulām, tikpat daudz molekulas pārvēršas šķidrumā - kondensējas.

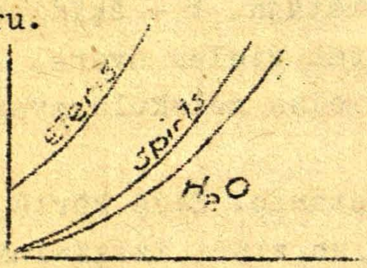
Nepiesātināts tvaiks seko Boila-Mariota likumam - pamazinot tvaika telpas tilpumu, molekulu skaits tilpuma vienībā pieaugs un pieaugs tā tad arī molekulu spiediens uz trauka sienām. Tas būs tik ilgi līdz molekulu skaits tilpuma vienībā sasniegs maksimāli iespējamo lielumu - nepiesātinātais tvaiks pārvērtīsies piesātinātā. Tad tilpumu tāļāk samazinot, molekulu skaits tilpuma vienībā vairs nepieaugs, daļa molekulu pārvērtīsies šķidrumā - spiediens nemainīsies. Piesātinātam tvaikam vairs neder Boila-Mariota likums, tā vietā

$$p = const.$$

Piesātināta tvaika spieeiens dotai vielai pie konstantes temperatūras ir konstants lielums.

Pie istabas temperatūras (20^oC) piesātinātu tvaiku spiediens ūdenim ir 4,7 cm Hg, spirtam 4,4 cm un eterim 43,5 cm Hg.

Piesātinātu tvaiku spieeiens ļoti strauji pieaug ar temperatūru.



Ceļot šķidruma temperatūru augstāk, pieaug tvaiku spiediens. Pie noteikta tvaika spiediena tvaiks sāk rasties pašā šķidruma iekšienē - vārīšanās. Tas notiks, ja ja tvaika spiediens kļūst vienāds ar ārējo spiedienu uz šķidruma virsmas (atmosfēras spiediens). Tad šķidruma iekšienē rodošies tvaika pūslīši var pieaugt un celties uz augšu.

Šķidruma vārīšanas temperatūra tā tad ir atkarīga no ārējā spieeiena. Pie maza spieeiena šķidrums vāras pie zemākas temperatūras (traukā ar gaisa retinājumu, augstos kalnos) un otrādi.

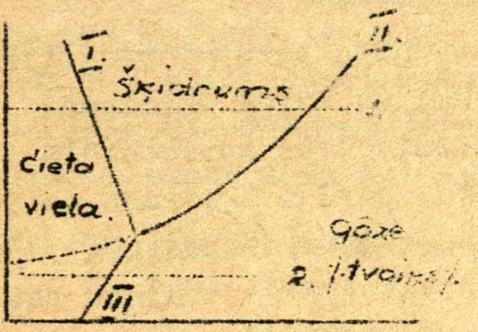
Vārīšanas laikā šķidruma temperatūra nemainas, pievadītais siltums tiek izlietots šķidruma iztvaikošanai. 1 gramma šķidruma iztvaikošanai vajadzīgo siltuma daudzumu - pie vārīšanās temperatūras - sauc par latento vārīšanas siltumu. Ūdenim tas pie normālas vārīšanās temperatūras - 100°C - ir 537 cal/gr. Ja iztvaikošana nenotiek pie vārīšanās temperatūras ir arī vajadzīgs zināms siltuma daudzums 1 g iztvaicēšanai - iztvaikošanas siltums. Ja iztvaikošana notiek bez ārējā siltuma pievadīšanas šķidrums iztvaikošanai vajadzīgo siltumu ņem pats no savas siltuma energijas un tādēļ atdziest.

Vārīšanas temperatūra ir atkarīga arī no piemaisījumiem. Tīrs šķidrums vārās pie zemākas temperatūras. Šķīdinājumu vārīšanās temperatūras pieaugums proporcionāls izšķīdinātās vielas daudzumam. Raoult'a likums

$$\Delta t_v = A \frac{m_1}{m\, M_1}$$

Δt_v - vārīšanās temp.pieaugums salīdzinot ar tīrā šķīdinātāja vārīšanās temperatūru, m_1 - izšķīdinātās vielas svars, M_1 - izšķīdinātās vielas molekulārsvars, m - šķīdinātāja svars, A - šķīdinātājam raksturīga konstante.

Tādā kārtā var noteikt vielu molekulārsvaru - ebulioskopiskā metode. Zināmos temperatūras un spiediena intervalos viela var pāriet tieši no cietā stāvokļa gāzveidīgā - tvaikos un arī otrādi (ledus iztvaikošana, joda iztvaikošana un sublimacija). Agregatstāvokļu maiņu un sakarību ar temperatūru un spiedienu grafiski var attēlot ar kušanas temperatūras - spiediena līkni (I), piesātinātu tvaiku spiediena līkni (II) un sublimācijas līkni (III). Mainot temperatūru pie konstanta spiediena cieta viela pie noteiktas kušanas temperatūras pāriet šķidrumā un tālāk pie noteiktas vārīšanās temperatūras - tvaikā (1 horicontālā pārtrauktā līnijā). Pie zemāka spiediena cieta viela pāriet tieši tvaikā (2.līnija).



Arī pie konstantas temperatūras, mainot spiedienu, var tvaiku pārvērst šķidrumā un otrādi.

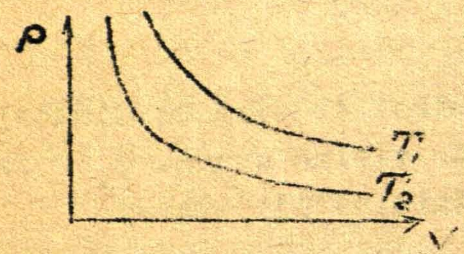
Uzmanīgi šķidrumu atdzesējot var tā temperatūru pazemināt zem kušanas temperatūras - pārdzesēti šķidrumi. Šāds stāvoklis nav stabils. Satricinot vai iemetot kādu cietas vielas gabaliņu šķidrums tūlīt sasalst, pie kam atbrīvojas latentais siltums.

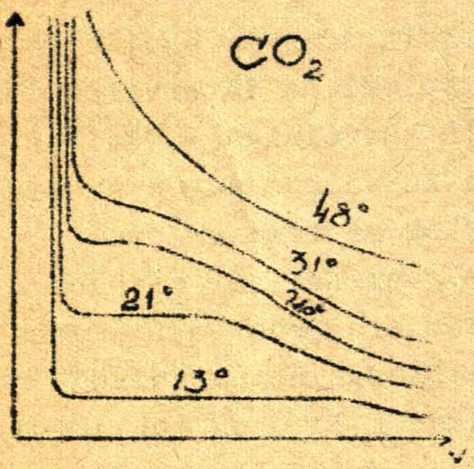
Arī tīru piesātinātu tvaiku var atdzesēt bez kondensēšanas - pārsatināts tvaiks. Kondensācijai vajadzīgi centri - putekļi, šķidruma pilieniņi u.t.t. Ja tvaiks pilnīgi tīrs, kondensācija sākas tikai pie zināma pārsatinājuma.

Gāzu sašķidrināšana.

Principielas starpības starp gāzi un tvaiku nav, gāzi var uzskatīt par nepiesātinātu tvaiku. Tādēļ varētu domāt, ka katru gāzi var pārvērst šķidrumā pazeminot temperatūru vai palielinot spiedienu. Daudzām gāzēm tiešam tas tā ir, bet ir arī gāzes, kuŗas ar spiediena vai temperatūras maiņu vien nevar sašķidināt. Bet arī šīs gāzes var sašķīdināt, ja tās vispirms atdzesē līdz zinamai temperatūrai un tad saspiež.

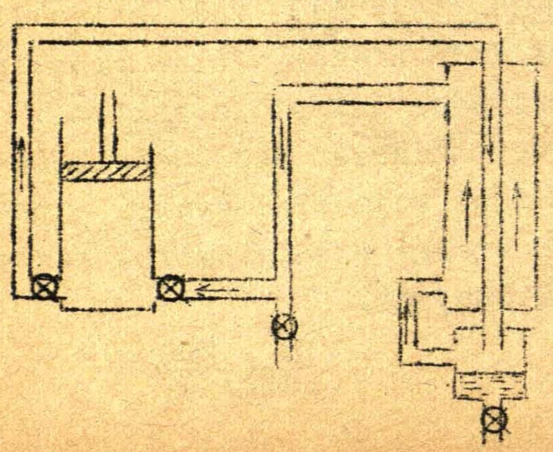
Sašķidināšanas nosacījumus var izprast attēlojot grafiski gāzu izotermas (līknes, kas dod sakarību starp gāzes spiedienu un tilpumu pie konstantas temperatūras) pie dažādām temperatūrām. Ideālām gāzēm, kas pilnīgi seko gāzu stāvokļa vienādojumam(Klapeirona formulai pv = RT), izotermas ir hiperbolas un tādēļ gāzi saspiežot tā šķidrumā nepārvērtīsies, jo spiediens kļūs arvien lielāks. Parastās gāzes atkāpjas no gāzu vienādojuma un to izotermas pie zemākām temperatūrām izliecas un daļa izotermas kļūst parallela tilpuma asij.





Tas atbilst gāzes pārējai piesātināta tvaika stāvoklī un tālāk šķidrumā. Temperatūrai pazeminoties horicontālā daļa kļūst gaŗāka, pāreja šķidrumā notiek pie mazāka spiediena. Pie vienas noteiktas temperatūras (CO_2-31°C) horicontālā daļa izbeidzas, virs tās gāze vairs ar spiedienu nav sašķīdināma. Tā ir gāzes kritiskā temperatūra. Katrai gāzei ir sava kritiskā temperatūra. Cl_2 - +144°C, CO_2 - +31°, O_2 - -120°, N_2 - -147°, ūdens tvaikiem ÷ 375°.

Tā tad, lai sašķidrinātu gaisu, tas jāatdzesē līdz apm. - 150° un tad jāsaspiež. Tam nolūkam šķidra gaisa mašīnās gaisu saspiež līdz apm.150 Atm. un tad ļauj tam strauji izplēsties. Izplēšoties gaiss atdziest un plūstot atpakaļ uz kompresoru atdzesē savukārt uz izplēšanās telpu plūstošo augstā spiediena gaisu. Tas izplēšoties atdzisīs vēl līdz zemākai temperatūrai un tā pakāpeniski gaisa temperatūra nokritīs zem kritiskās temperatūras un tas pārvērtīsies šķidrā stāvoklī.



Šķidra gaisa vārīšanās temperatūra ir apm. - 190°C. un to uzglabā tā sauc. Djuara (Dewara) traukos. Tie ir trauki ar divkāršām sienām starp kuŗām ir iespējami retināta telpa, kas ļoti slikti vada siltumu.

Šķidru gaisu lieto zemu temperatūru dabūšanai, skābekļa iegūšanai un citām tehniskām vajadzībām.

Atkāpšanās no Klapeirona formulas un līdz ar to izotermu forma reālām gāzēm izskaidrojama ar to, ka izvedot gāzu vienādojumu nav ņemts vērā gāzu molekulu tilpums un gāzu molekulu savstarpējie molekulārie spēki. Pie maziem spiedieniem un augstām temperatūrām šie lielumi ir vērā neņemami, šādos apstākļos gāzes arī tiešām seko ideālo gāzu likumiem. Pie lieliem spiedieniem un zemām temperatūrām, kad gāzu molekulas ir tuvu viena otrai šie lielumi jau sāk spēlēt lomu. Gāzes tilpums arī pie bezgalīgi liela spiediena nevar būt nulle, jo paliks pašu molekulu ieņemtais tilpums b. Tādēļ gāzu vienādojumā v vietā jāliek (v - b).

Tāpat pie maziem tilpumiem gāzu molekulas savstarpēji pievilksies un tādēļ arī gāzu vienādojumā spiediens p jākorigē.

$$\boxed{\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R\,T}$$

<u>Van der Waals'a</u> formula.
a un b - dotai gāzei raksturīgas konstantes.

Šis vienādojums ir pareizs arī pie samērā lieliem spiedieniem un zemām temperatūrām.

<u>II Termodinamikas likums.</u>

Siltuma energija var pārvērsties mechaniskā energijā un otrādi (I termodinamikas likums).

Bet kamēr mechaniskā energija var pārvērsties siltuma energijā pilnīgi, siltuma energija var pārvērsties mechaniskā tikai tad, ja notiek siltuma plūsma no kāda ķermeņa ar augstāku temperatūru uz ķermeni ar zemāku temperatūru. Tādēļ arī no ķermeņa siltuma energijas var pārvērsties mechaniskā energijā tikai zināma daļa. Ķermeņi ar ļoti lieliem siltuma energijas daudzumiem (jūŗas ūdeņi u.t.t.) nevar dot tādēļ arī darbu, ja nav otra ķermeņa (dzesētāja) ar zemāku temperatūru. Arī praktiski lietotās siltuma mašīnās (tvaika mašīnās, iekšdedzes motoros) starp darba darītāja vielu (tvaiku, gāzi) un apkārtni (dzesētāju) jābūt temperatūru starpībai.

Siltuma mašīnas lietderības koeficients (attiecība starp iegūto mechanisko darbu un siltuma energiju), vislabākā ideālā gadījumā ir

$$k = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

kur T_1 ir mašīnas dzesētāja vai apkārtnes temperatūra un T_2 - darba darītājas vielas (tvaika, gāzes) temperatūra (absolūtos grados).

<u>Gaisa mitrums.</u>

Gaisā arvien ir zināms daudzums ūdens tvaiku, kas rodas no zemes ūdens baseinu iztvaikošanas.

Tvaiku daudzumu grammos 1 kubikmetrā sauc par <u>absolūto</u> gaisa mitrumu.

Dzīvās dabas norisēm ir no svara gaisā esošā tvaika piesātinājuma pakāpe, cik tāļu tvaiks ir no piesātinātā tvaika stāvokļa. To raksturo ar <u>relatīvo gaisa mitrumu,</u> attiecību starp gaisā esošo tvaika daudzumu un tvaika daudzumu, kas tai pašā tilpumā un pie tās pašas temperatūras būtu piesātinātā stāvoklī.

$$R = \frac{m}{m_1} \cdot 100 \%$$

Pilnīgi sausa gaisa relatīvais mitrums būtu 0%, piesātināta gaisa relatīvais mitrums 100%.

Cilvēka organisma procesiem vispiemērotākais relatīvais mitrums ir apm. 50 - 60%, ko cenšas apdzīvotās telpās uzturēt mākslīgi.

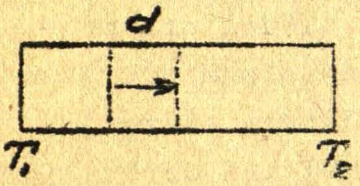
Mitruma mērīšanas ierīces - higrometri un psichometri.

Iztvaikošana dabā atkarīga no gaisa mitruma. Sausā gaisā izvaikošana notiek strauji, piesātinātā pilnīgi apstājas.

Augu un dzīvnieku piemērošanās klimatiskiem apstākļiem.

<u>Siltuma izplatīšanās.</u>

<u>Siltuma vadīšana</u> - molekulu siltuma energijas tieša pāreja no vienas ķermeņa daļas uz citām vai no viena ķermeņa uz otru tiem saskaroties.



Kārtai ar biezumu d caurplūstošā siltuma energija būs

$$Q = k \frac{(T_1 - T_2) . S . t}{d}$$

k - iekšējās siltuma vadīšanas koeficients, s - kārtas šķērsgriezums, t - plūšanas laiks T_1 un T_2 temperatūras kārtas galos.

Vislabākie siltuma vadītāji ir metali, šķidrumi un gāzes vada ļoti slikti.

VZ - 200
1941/V

Konvekcija - siltuma pārnešana pārvietojoties dažādas temperatūras vielas kārtām, iespējama šķidrumos un gāzēs.

Izstarošana - siltuma izplatīšanās siltuma staru - radiācijas veidā. Izstarotais siltuma daudzums jo lielāks, jo lielāka izstarojošā virsma un jo augstāka tās temperatūra

$$Q \approx T^4 .$$

$\frac{\text{VZ - 200}}{\text{1941/V}}$