

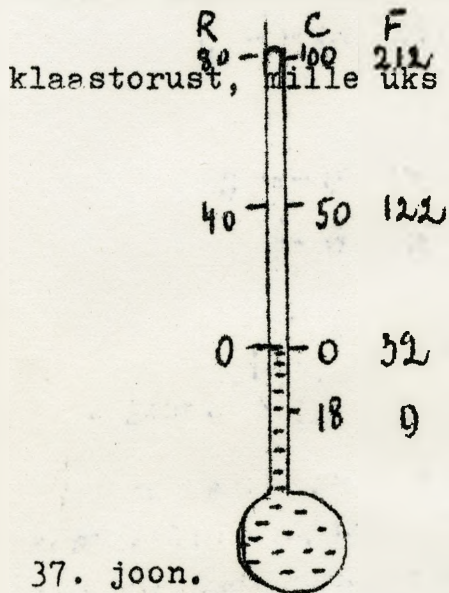
Merekooli eelklassi kursus.  
Koostanud Dr. E.Kägi

### S o o j u s .

#### 16. Soojuse astme mõõtmine.

Kõik ained, nii tahkes, vedelas kui ka gaasi-taolises olekus paisuvad soojenemisel. (Välja arvatud vesi, mille ruumala väheneb soojendamisel  $0^{\circ}$ -st kuni  $4^{\circ}$ -ni). Tahkete kehade paisumine on väiksem, vedelikkude paisumine suurem ja veel suurem on gaaside paisumine.

Seda kehade paisumise omaeust kasutatakse soojuse astme - temperatuuri mõõtmiseks. Selleks kasutatakse peamiselt küll elavhõbedat. Madala temperatuuri mõõtmisel kasutatakse piiritust, sest elavhõbe jääb  $-38,5^{\circ}$  juures. Toa temperatuuri mõõtmiseks kasutatakse ka värvitud vett. Väga kõrgete temperatuuride mõõtmiseks kasutatakse gaasi termomeetreid, sest elavhõbe keeb  $+357^{\circ}$  juures. Samuti ka väga madalate temperatuuride mõõtmiseks kasutatakse gaasitermomeetreid, sest piiritus jääb  $-130^{\circ}$  juures.



Elavhõbeda termomeeter koosneb peenikesest klaasklaastorust, mille üks ots on puhutud kerakujuliseks reservuaariks (37joon). Reservuaar on selleks, et mahutada rohkem elavhõbedat, sest suurema elavhõbeda hulga puhul on paisumine kitsas torus tunduvam. Termomeetri mõõtskaala tegemiseks peame võtma vähemalt kaks püsivat punkti, millede vahe jaotame sobivaiks mõõtühikuiks. Uheks püsivaks punktiks on sobiv võtta jää sulamispunkti, s.o. vee ja jää tükkide segu, sest niisuguse soojuse aste püsib niikaua muutmata, kuni viimane jää tükk on sulanud, alles selle järele võib soojuseaste hakata tõusma.

Teiseks püsivaks punktiks võetakse vee keemispunkti (normaal rõhumisel) sest selle soojuse aste on ka muutmata niikaua, kuni viimane veetilg on ära auranud. Nende kahe kindla punkti (jää sulamis- ja vee keemis punkti) vahe jagas Celsius (Uppsala ülikooli professor) 100-ks, Reaumur aga 80-neks osaks = kraadiks. Praegu kasutatakse peamiselt Celsiuse skaalat.

Peale nende kahe skaala on veel kolmas, s.o. Fahrenheit'i skaala, mida kasutatakse Inglismaal ja USA-s. Fahrenheiti märkis jää sulamispunkti 32-ga (eeldusel, et Inglismaal ei oleks siis temperatuuri, mis oleks allpool seda nulli) ja vee keemispunkti 212-ga. Nõnda on Fahrenheit'i skaalal nende kahe kindla punkti vahe jaotatud 180-ks osaks=kraadiks. Seega on F. kraadi-ühik kõige väiksem, selle järele tuleb C. ühik suuruse järjekorras ja siis R. kui kõige suurem ühik. Ühikute vahetada võime väljendada järgmiselt:

$$R : C : F = 80 : 100 : 180 = 4 : 5 : 9$$

Seega neli R. ühiku pikkus võrdub viie C. ja üheksa F. ühiku pikkusega.

Ühikute ümberarvutamiseks võime kasutada järgnevaid valemeid, kus C tähistab Celsiuse ühikute arvu, R- Reaumuri ja F-Fahrenheit'i omi.

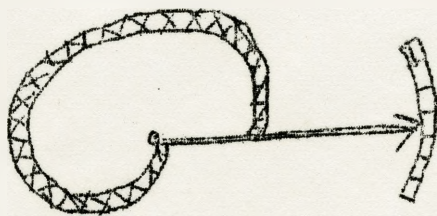
$$C = \frac{5}{4} R; \quad R = \frac{4}{5} C; \quad C = \frac{5}{9} (F-32); \quad F = \frac{9}{5} C + 32$$

Teaduslikes arvestustes kasutatakse n.n. absoluut-temperatuuri. Absoluut-temperatuuri nullpunkt on Celsiuse kraadide järelle  $273^{\circ}$  allpool jää sulamis punkti, seega  $-273^{\circ}$ , mida nim. absoluut-nulliks. Absoluut-temperatuuri ühik on võrdsed C ühikutega. Absoluut-temperatuuri tähistatakse T-ga, teisi temperatuure t-ga. Seega võime C-se kraadid ümber arvutada absoluut-temperatuuriks järgmiselt:

$$T^{\circ} = 273^{\circ} + t^{\circ} C$$

Peale vedelik-termomeetrite on konstrueeritud ka metall-termomeetreid. Need koosnevad harilikult kahest metallist, sellepärast nim. neid bimetall-termomeetreiks.

Selleks kasutatakse harilikult vaske ja kroonnikkel-terast, sest vase paisumise koefitsient on umbes kolm korda suurem kroonnikkel-terase omast. Kui need kaks metalli ühendada mingi temperatuuri juures, sirges olekus, siis temperatuuri muutusel muutuvad nad kõveraks, sest üks serv paisub rohkem. Harilikult asetatakse nad spi-



38. joon.

raalikujuliselt (38. joon), väljaspool on vask ja seespool teras. Temperatuuri tõusmisel muutub see spiraal veel kõveramaks, mida osutab siin näitab.

#### Ulesandeid:

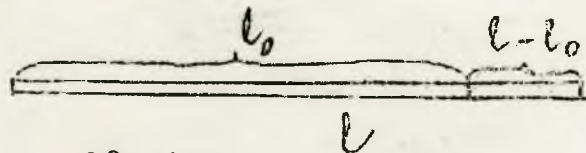
Nr. 36. Muuta Celsiuse kraadideks: a)  $60^{\circ}R$ , b)  $10^{\circ}R$ , c)  $-20^{\circ}R$ , d)  $104^{\circ}F$ , e)  $60^{\circ}F$ , f)  $23^{\circ}F$ , g)  $0^{\circ}F$ , h)  $-13^{\circ}F$ .  
(Vastused:  $75^{\circ}$ ;  $12,5^{\circ}$ ;  $-25^{\circ}$ ;  $40^{\circ}$ ;  $15,6^{\circ}$ ;  $-5^{\circ}$ ;  $17,8^{\circ}$ ;  $-25^{\circ}$ .)

Nr. 37. Muuta Fahrenheiti kraadideks:  $50^{\circ}C$ ;  $20^{\circ}C$ ;  $-10^{\circ}C$ ;  $-30^{\circ}$ !  
( $122^{\circ}$ ;  $68^{\circ}$ ;  $14^{\circ}$ ;  $-22^{\circ}$ .)

Nr. 38. Muuta Reaumuri kraadideks:  $50^{\circ}C$ ;  $20^{\circ}C$ ;  $-10^{\circ}C$ ;  $-30^{\circ}C$ !  
( $40^{\circ}R$ ;  $16^{\circ}$ ;  $-8^{\circ}$ ;  $-24^{\circ}$ )

#### 17. Kehade paisumine.

Tahke keha paisumisel eraldame kolm juhtumit: joonpaisumine (pikenemine), pindpaisumine ja ruumpaisumine. Vedeliku ja gaasi puhul esineb ainult ruumpaisumine. Näiteks, kui me tahame arvutada telefoni traadi pikenemist, siis on meil tegemist ainult joonpaisumisega.



39. joon.

Võtame ühe metallvarda (39. joon), mille pikkus on  $l_0$  ja soojendame seda  $t$ -kraadi võrra, siis muutub see varras pikemaks. Seda uut pikkust tähistame  $l$ -ga.

Pikkuste vahe  $l - l_0$  on varda pikenemine, kui temperatuur on tõusnud  $t$ -kraadi võrra. Jagades selle vahe  $t$ -ga, saame pikenemise ühekraadilisel soojenemisel

$$\frac{l - l_0}{t}$$

Jagades selle saadud murru veel algpikkusega  $l_0$ -ga, saame jagatise, mida nimetane joonpaisumiseks (pikenemiseks) koefitsiendiks -  $\alpha$ .

$$\frac{l - l_0}{t} : l_0 = \alpha$$

Joonpaisumise koefitsient on pikkuse juurdekasv ühekraasilisel soojendamisel jagatud algpikkusega.

Viimast avaldist võime kirjutada ka järgmiselt:

$$\frac{l - l_0}{t \cdot l_0} = \alpha$$

Lahendame selle võrrandi l-i suhtes, saame

$$l - l_0 = l_0 \alpha \cdot t \quad \dots \text{pikenemise valem}$$

$$l = l_0 + l_0 \cdot \alpha \cdot t$$

$$l = l_0(1 + \alpha \cdot t) \quad \dots \text{lõpp-pikkuse valem}$$

Joonpaisumise arvutamise valemid on sarnased protsendi arvutamisega valemistega. Algpikkuse asemel on algkapital, lõpppikkuse asemel lõppkapital, pikenemise koefitsiendi asemel protsenimäär ja temperatuuri asemel aeg.

Koefitsient  $\alpha$  on määratud laboratooriumis, mida näitab järgmine tabel:

|                          |          |                         |        |
|--------------------------|----------|-------------------------|--------|
| Tsink . . . . .          | 0,000029 | Raud(valuraud) 0,000010 |        |
| Aluminium . . . . .      | 23       | Teras . . . . .         | 11     |
| Tina(inglis) . . . . .   | 23       | Kroomnikkel teras       | 07     |
| Tina (seatina) . . . . . | 29       | Tsement . . . . .       | 14     |
| Messing . . . . .        | 19       | Klaas . . . . .         | 08     |
| Vask . . . . .           | 17       | Puu . . . . .           | 03 -09 |
| Nikkel . . . . .         | 13       | Portselaan . . . . .    | 03     |
| Raud(separaud) . . . . . | 12       |                         |        |

1.näide: Kui pikk raud varras tõmbub kokku 5 mm temperatuuri langemisel + 20° kuni - 20° ( $\alpha = 0,000012$ )

Võtame pikemamise valemi ja laadame l suhtes, saame

$$l_0 = \frac{l - l_0}{\alpha \cdot t} = \frac{5}{0,000012 \cdot 40} = 10,42 \text{ m}$$

2. näide: Messing varda pikkus on 1,000 m ja vask varda pikkus 1,001m 15° C juures, Missuguse temperatuuri juures on mõlemad vardad ühepikkused, kui messingi  $\alpha = 0,000019$  ja vase  $\alpha = 0,000017$ .

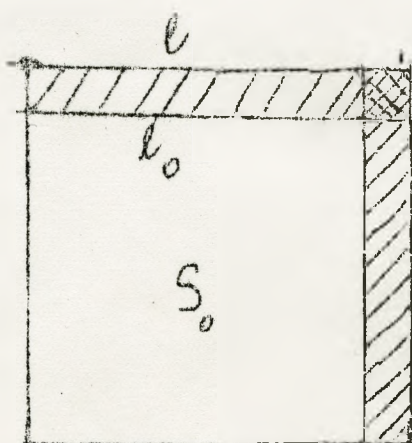
Võtame, et temperatuur peab tõusma t-kraadi võrra, et mõlemad vardad oleksid ühepikkused, saame võrrandi

$$\begin{aligned} 1,000(1 + 0,000019 \cdot t) &= 1,001(1 + 0,000017 \cdot t) \\ 1 + 0,000019 \cdot t &= 1,001 + 0,000017 \cdot t \\ 0,000001983 t &= 0,001 \\ t &= 504^\circ \end{aligned}$$

Temperatuur peab tõusma 504° võrra, kuid algtemperatuur oli juba 15°, seega on mõlemad vardad ühepikkused 15° + 504° = 519° juures.

Pindpaisumise arvutamiseks võtame ühe ruudu mille külg on  $l_0$  (40.joon) Soojendades seda pinda T kraadi võrra, paisuvad ruudu küljed, mida täheistame l-ga. Uus ruudu pind on endisest suurem kolme ristküliku võrra, mida 40. joon. näeme. Arvutame paisunud ruudu pindala, väljudes pikenemise valemist

$$\begin{aligned} l &= l_0(1 + \alpha \cdot t) \\ l^2 &= l_0^2 (1 + \alpha \cdot t)^2 = l_0^2(1 + 2\alpha t + \alpha^2 t^2) \end{aligned}$$



40. joon.

Sulgude sees olev kolmas liige on väga väike, sest pikenemise koefitsient, mis on ise juba väike suurus, tuleb tõsta veel ruutu. Näiteks raua on see 0,00001; tõstes selle ruutu, saame 0,0000000001, mis on sadatuhat korda veel väiksem. Sellepärast praktilisel arvutamisel loetakse see kolmas liige nulliks ja valem omab kuju  $l^2 = l_0^2(1 + 2\alpha \cdot t)$  2  $\alpha$  nimetame pindpaisumise koefitsiendiks ja tähistame  $\beta$  -ga

$\beta$  on kahekordne pikenemisekoefitsient

$l_0^2$  on ruudupinna algsuurus, mida täh.  $S_0$ -ga

$l^2$  on paisunud ruudupinna suurus, mida tähistame  $S$ -ga, saame valemid:

$$S - S_0 = S_0 \beta \cdot t \quad \dots \text{pinna suurenemise valem}$$

$$S = S_0(1 + \beta \cdot t) \quad \dots \text{suurenenud pinna valem}$$

Ruumipaisumise arvutamisel võtame kuubi, mille külje pikkus on  $l_0$ , soojendades seda kuubi  $t$  kraadi võrra, saame paisunud kuubi, mille ruumala me võime arvutada, väljudes pikenemise valemist.

$$l = l_0(1 + \alpha \cdot t)$$

$$l^3 = l_0^3(1 + \alpha \cdot t)^3$$

$$l^3 = l_0^3(1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3)$$

Sulgude sees oleva kolmanda ja neljanda liikme loeme siin ka nulliks eelpool seletatud põhjusil, saame

$$l^3 = l_0^3(1 + 3\alpha \cdot t)$$

$$3\alpha \text{ -a asemel võtame } \gamma, \text{ kus } \gamma = 3\alpha$$

$l_0^3$  on kuubi algruumala, mida tähistame  $V_0$ -ga

$l^3$  on paisunud kuubi ruumala, " "  $V$ -ga, saame lõppvalemid:

$$V = V_0(1 + \gamma \cdot t) \quad \dots \text{keha paisunud ruumala}$$

$$V - V_0 = V_0 \gamma \cdot t \quad \dots \text{" paisumine}$$

Kõva kehade jaoks on antud ainult joonpaisumise koefitsiendid, nendest saame pindpaisumise koef., koorutades 2-ga ja ruumpaisumise koef., korrutades 3-ga. Vedelikkude jaoks on antud ainult ruumpaisumise koefitsiendid, mis siin ära toome:

Alkohol . . . . 0,00110

Väävelhape . . . . 0,00060

Bensool . . . . 125

Elavhõbe . . . . 018

Petrooleum . . . 096

Vesi(18° juures) . . 018

Glütserin . . . . 050

3. näide: Raudplaadi pikkus on 4 m ja laius 3 m 0°C juures. Kui suur on selle plaadi pind 203°F juures, kui  $\beta = 2 \cdot 0,000012 = 0,000024$  ?

$$203^\circ\text{F} = \frac{203 - 32}{9} \cdot 5^\circ = 95^\circ,1^\circ\text{C}$$

$$S = 4 \cdot 3(1 + 0,000024 \cdot 95,1) = 12,0274 \text{ m}$$

4. näide: Palju mahutab silindrikujuline vaskanum 75° juures, kui -5° juures on silindri põhja raadius 5 cm ja kõrgus 20 cm (vase  $\gamma = 3 \cdot 0,000016$ ).

Õõnse keha paisumist arvutame samuti nagu sama suurt täiskeha.

$$\text{Silindri ruumala} = \pi r^2 h$$

$$V = \pi \cdot 25 \cdot 20(1 + 0,000048 \cdot 80) = 1577 \text{ cm}^3$$

#### Ulesandeid:

Nr. 39. Rootsi määruste järgi peavad kõik mõõdud vastama täpselt  $20^{\circ}\text{C}$  juures. Inglise määrused aga nõuavad, et kõik mõõdud peavad vastama  $62^{\circ}\text{F}$  juures. Missuguse läbimõõduga peab Rootsis ühe kuullaagri valmistama, et see vastaks inglise määruste järgi täpselt 10 tolli. Inglise toll on 25,399978 mm ja terase  $\alpha = 0,0000115$ . (Vastus: 254,0095 mm)

Nr. 40. 4,12 dm pikkune tsinkvarras asub ühe otsaga vastu kindlat seinat ja teise otsaga vastu kangist, mille pöördepunkt on 2 cm kaugusel kangi otsast.

Mitme kraadi võrra tuleb varrast soojendada, et kang pöörduks  $1^{\circ}$  võrra. (Tsingi  $\alpha = 0,000029$ ). ( $29,2^{\circ}\text{C}$  võrra)

Nr. 41. Palju suureneb keha-pind (kerapind =  $4\pi r^2$ ) soojenemisel  $0^{\circ}$ -st kuni  $100^{\circ}$ -ni, kui kera raadius on  $0^{\circ}$  juures 12 cm ( $\alpha = 0,00002$ ) ( $7,24 \text{ cm}^2$ )

Nr. 42. Kui suure ruumala omab 5 kg elavhõbedat  $-20^{\circ}\text{C}$ , kui elavhõbeda erikaal  $+25^{\circ}$  juures on 13,535 ja  $\gamma = 0,00018$ . ( $356,4 \text{ cm}^3$ )

Nr. 43. Raudpudel  $0^{\circ}$  juures oli ääreni täidetud elavhõbedaga. Mitu g ja mg elavhõbedat voolad üle ääre, kui temperatuuri tõsteti  $40^{\circ}$ -ni. Elavhõbeda  $\gamma = 0,00018$  ja raua  $\alpha = 0,000012$ . ( $6,177 \text{ mg}$ )

Nr. 44. Kaupmees ostis õli 20 senti liiter  $+5^{\circ}$  juures ja müüs sama hinnaga  $+35^{\circ}$  juures. Palju teenis tema õli pealt, kui tema müis sel viisil  $3000 \text{ m}^3$  õli. Oli  $\gamma = 0,0008$ . ( $14400 \text{ kr.}$ )

Nr. 45. Vaskvarras, mille pikkus on  $0^{\circ}$  juures 6 dm, pikeneb 0,5 mm võrra kui temperatuur tõuseb  $15^{\circ}$ -ist  $45^{\circ}$ -ni. Leida vase joonpaisumise koefitsient ( $0,000017$ )

Nr. 46. Tsinkvarda asemele tahetakse panna varrast kõvemast metallist-terasest. Kui pikk peab see terasvarras olema  $0^{\circ}$  juures, kui tsinkvarras selle temperatuuri juures on 15 dm ning mõlemad vardad peavad täpselt ühepikkused olema  $20^{\circ}$ ? ( $15 \text{ dm}$  ja  $0,57 \text{ mm}$ )

Lõpuks olgu veel märgitud veepaisumise iseärasus, s.o. tema ruumala suureneb temperatuuri vähenemisel  $4^{\circ}$ -st kuni  $0^{\circ}$ -ni. Sellel asjaolul on suur tähtsus looduses, sest vesi jahenedes alla  $4^{\circ}$  on kergem ja ei vajunud põhja, vaid jääb õhukese kihina pinnale püsima jahenedes versti kuni  $0^{\circ}$ -ni ning tekib jääkiht. Edasi jahenedes muutub jääkiht küll paksemaks, kuid see ei jäätu siiski põhjani, väljaarvatud väga madalad kohad. Jää all aga võivad kalad ja kogu elv looduses edasi eksisteerida. Kui seda veepaisumist  $4^{\circ}$ -st kuni  $0^{\circ}$ -ni ei oleks, vajuks vesi ikka põhja ja jäätumine algaks põhjast. peale ja ulatuks viimati pinnani välja, mis sunnits vee kogu kalad ja teised veeloomad.

#### 18. Gay-Lussac'i seadus.

Gaaside juures esineb ka ainult ruumpaisumine, kuid see erineb siiski vedelikkude paisumisest selle poolest, et kõikidel gaasidel on ühesugune paisumise koefitsient, mis mille avaldame lihtmurrana  $\frac{1}{273}$ , või

kümnemurruna 0,00367. See koefitsient on palju suurem kui kõvadel kehal kui ka vedelikkudel (140 korda suurem kui klaasil).

Gaaside paisumise valem on järgmine:

$$V = V_0 \left( 1 + \frac{1}{273} \cdot t \right) = V_0 \left( \frac{273 + t}{273} \right)$$

Nagu eelpool tähendasime, nim.  $273 + t$  absoluut-temperatuuriks, mille tähistasime  $T$ -ga. Nõnda saame gaaside paisumise valemi

$$V = V_0 \cdot \frac{T}{273}$$

Kui muudame teatud gaasi hulga temperatuuri esiteks  $T_1$ -ni ja siis sama gaasi hulga  $T_2$ -ni ja tähistame gaasi uued ruumalad  $V_1$  ja  $V_2$  siis saame

$$V_1 = V_0 \cdot \frac{T_1}{273}$$

$$V_2 = V_0 \cdot \frac{T_2}{273}$$

Jagades võrrandite pooled üksteisega, saame

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Viimane valem on Gay-Lusac'i seaduse matemaatiline väljendus, mille võime sõnastada järgmiselt:

Gaaside ruumalad on võrdelised absoluut-temperatuuridega.

Siin peab veel juurde lisama, et see seadus on kehtiv ainult kui rõhumine on temperatuuride muutmise ajal muutmatu (konstant).

Nõnda näeme, et absoluuttemperatuuri ja absoluut-nulli mõiste saame sellest seadusest. Näiteks, kui võtame 273 liitrit õhku  $0^\circ \text{C}$  juures ja vähendame tema temperatuuri järg-järgult

|                                            |                 |                 |
|--------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Jahutades $1^\circ$ võrra, väheneb ruumala | $\frac{1}{273}$ | , s.o. 1 liiter |
| " $10^\circ$ "                             | "               | 10 liitrit      |
| " $100^\circ$ "                            | "               | 100 "           |
| " $200^\circ$ "                            | "               | 200 "           |
| " $270^\circ$ "                            | "               | 270 "           |
| " $272^\circ$ "                            | "               | 272 "           |

Seega on viimasel juhtumil gaas nõnda tihenenud, et ruumala on ainult 1 liiter endise 273 liitri asemel. Kui me veel vähendaksime temperatuuri  $1^\circ$  võrra, peaks gaasi ruumala nulliks muutuma, seda aga siiski ei juhtu, et aine täiesti ära kaob. Nõnda madalat temperatuuri ( $273^\circ$ ) pole veel saavutatud, küll aga on saadud õige selle lähedal. Sellepärast  $-273^\circ \text{C}$  järgi ongi temperatuuri piir, millest allapoole ei ole temperatuur enam üldse mõeldav ja sellepärast seda punkti nimetame absoluut-nulliks. Absoluut nullist ülespoole on kehal alati mingisugune soojuse aste.

Igapäevases elus me räägime soojast ja külmast, mida me hindame  $C, R$ , ja ka  $F$  nullide järgi. Füüsikas aga arvestame seda, et igal kehal ka alla  $C, R$  ja  $F$  nulli on siiski mingisugune soojuse aste. Alla absoluut-nulli ei ole aga üldse mõeldav mingi soojuse aste. Praegusel ajal me kasutame juba 3 soojuse arvestusteks, nagu meteoroloogias ja termodünaamikas absoluuttemperatuuri.

1. näide: Kui suur on õhuhulga ruumala 2 a)  $+30^\circ \text{C}$ ; b)  $-30^\circ \text{C}$  juures kui tema ruumala on  $0^\circ$  juures  $3 \text{ m}^3$

$$a). \quad 273 + 30^{\circ} = 303^{\circ} = T ; \quad T = 273 + 0^{\circ} = 273$$

$$3 : V = 273 : 303$$

$$V_1 = \frac{3 \cdot 303}{273} = 3,33 \text{ m}^3$$

$$b). \quad T_2 = 273 - 30 = 243$$

$$V_2 = \frac{3 \cdot 243}{273} = 2,67 \text{ m}^3$$

#### Ulesanded:

Nr. 47. Ohupall on täidetud gaasiga (mitte just pinguli täis), mille ruumala  $0^{\circ}$  juures on  $2000 \text{ m}^3$ . Kui suureks muutub pall, kui temperatuur tõuseb  $8^{\circ}$  võrra? ( Vastus:  $2058,7 \text{ m}^3$  )

Nr. 48. Gaasi hulga ruumala  $20^{\circ}$  temperatuuri ja  $740 \text{ mm}$  rõhumise juures on  $2,4$  liitrit. Leida tema ruumala  $0^{\circ}$  juures! ( $2,177$  liitrit).

Nr. 49. Kui palju tuleb  $0^{\circ}$ -list õhuhulka soojendada, et tema ruumala muutuks kaks korda a) suuremaks b) vähemaks? ( $273^{\circ}$ ;  $136,5^{\circ}$ ).

#### 19. Soojuse hulk.

Võtame kaks tuba, üks suur, teine väike, ja soojendame (kas ahjukütte või keskkütte abil) mõlema toa õhku, ütleme  $10^{\circ}$ -dist kuni  $20^{\circ}$ -ni. Suurema toa soojendamiseks läheb palju rohkem kütet, sest õhuhulk suuremas toas on palju suurem. Ohuhulka võime arvutada toa  $t$  ruumala abil. Teame õhuhulga ruumala, arvutame tema kaalu (üks kuupmeeter õhku kaalub  $1,29 \text{ kg}$ )

Samuti kui me võtame kaks anumad vett, ütleme ühes anumas  $1$  liiter ja teises anumas  $10$  liitrit, ja soendame toa temperatuurist ( $17,5^{\circ}$ ) kuni keemispunktini, siis suurema vee hulga soojendamiseks läheb ka kümme korda rohkem soojust temperatuuri tõstmiseks sama kraadide arvu võrra.

Soojuse hulga ühikuks on võetud kalor (cal). Soojuse hulka, mida läheb vaja  $1 \text{ kg}$  vee temperatuuri tõstmiseks  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra nim. kilogrammkaloriks (kg cal) või suureks kaloriks.

Soojuse hulka, mida läheb vaja  $1 \text{ g}$  vee temperatuuri tõstmiseks  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra, nim. grammkaloriks (g cal) või väikseks kaloriks.

Inglismaal on soojuseühikuks võetud (British Thermal Unit - BTU) soojusehulk, mida läheb vaja  $1$  naela vee temperatuuri tõstmiseks  $1^{\circ} \text{ F}$  võrra.

Nõnda on ka soojuseühiku määramisel aluseks võetud vesi, nagu seda tehti ka raskusühiku määramisel. Kõikede teiste ainete jaoks on ka laboratooriumides määratud soojusehulgad, mida vaja temperatuuri tõstmiseks  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra.

Soojusehulk, mida läheb vaja  $1 \text{ kg}$  antud aine soojendamiseks  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra, nim. antud aine erisoojuseks. Erisoojust tähistame sümboliga  $c$ .

#### Erisoojuste tabel.

|                        |       |                        |       |
|------------------------|-------|------------------------|-------|
| Vesi . . . . .         | 1,000 | Tsink . . . . .        | 0,096 |
| Jää . . . . .          | 0,51  | Vask . . . . .         | 0,095 |
| Veeaur . . . . .       | 0,48  | Messing . . . . .      | 0,094 |
| Ohk konstant rõhumisel | 0,238 | Tina (inglis). . . . . | 0,057 |
| " " ruumalal           | 0,169 | Tina . . . . .         | 0,032 |
| Raud . . . . .         | 0,115 | Elavhõbe ja plaatina   | 0,033 |

Sellest tabelist nähtub, et vee erisoojus on tunduvalt suurem kõikede teiste ainete erisoojustest, s.o. vee soojendamiseks läheb vaja kõige rohkem soojust, aga kui vesi on teatud soojusehulga omandanud, siis ei jahtu see ka nii ruttu kui teised kehad. Sellel asjaolul on suur tähtsus looduses. Maadel, mis asuvad suurte veekogude ääres, ei ole nii suuri temperatuurikõikumisi, nagu kesk kuiva maal.

Kui antud aine erisoojus on teada, võime arvutada selle soojusehulga, mis läheb vaja selle aine soojendamiseks, ütleme  $t^{\circ}$  võrra. Täheistades soojusehulka  $Q$ -ga saame

$$Q = c \cdot P \cdot t$$

kus  $c$  on erisoojus ja  $P$  aine raskus ning  $t$  temperatuuri muutus.

Tähistame aga aine algtemperatuuri  $t_0$ -ga ja lõpptemperatuuri  $t_1$ -ga, siis võime viimase valemi kirjutada järgmiselt:

$$Q = c \cdot P (t_1 - t_0)$$

1. näide. Palju soojust läheb vaja 20 liitri vee temperatuuri tõstmiseks  $17,5^{\circ}$ -dist kuni  $100^{\circ}$ -ni?

20 liitrit on  $4^{\circ} \text{C}$  juures täpselt 20 kg. kõrgema temperatuuri juures on pisut kergem, aga võtame selles ülesandes ka 20 kg-na.

$$Q = 1 \cdot 20 \cdot (100 - 17,5) = 1650 \text{ kg cal}$$

Edasi vaatame küsimust, kuidas muutub vee temperatuur, kui kaks isesuguse temperatuuriga vee hulka segame. Segamist peame toimetama nõnda, et soojus kuhugi laiali ei valguks. Selleks võtame harilikult kahekordse seintega anum, kus seinte vahed on täidetud mingi isolatsioon ainega, kas paberiga, vildiga jne. Samuti peab niauguse anuma kaas olema võimalikult tihe, kuid siiski peab kaanes olema auk, et saame termomeetri anumasse asetada. Niisugust selleks eraldi ehitatud anumad nimetame kalorimeetriks.

Olgu ühe veehulga kaal  $p_1$  ja temperatuur  $t_1$

" teise " " "  $p_2$  " " "  $t_2$  mille valame ühte anumasse.

Seguhulga kaal on nende kahe veehulga raskuste summa  $p_1 + p_2$ , kuid missugune on selle segu temperatuur?

Niisuguseid seguülesandeid teame järgmisel põhimõttel: Soojusehulk, mille kõrgema temperatuuriga vesi kaotab, võrdub soojusehulgaga mille madalama temperatuuriga vesi võidab. Selle juures on eelduseks, et soojust vedelikkude segamisel kuhugi kaotsi ei lähe.

Ütleme, et  $t_1 > t_2$ , seega saame järgmise võrrandi:

$$p_1 \cdot (t_1 - t) = p_2 \cdot (t - t_2)$$

kus  $t$  on segutemperatuur. See valem on koostatud vee segamise jaoks. On meil tegemist mõne teise vedelikuga, siis võime arvesse võtta ka veel erisoojused ja valem omab järgmise kuju:

$$c_1 \cdot p_1 \cdot (t_1 - t) = c_2 \cdot p_2 \cdot (t - t_2)$$

kus  $c_1$  ja  $c_2$  on vastavate vedelikkude erisoojused.

2. näide. Leida segu temperatuur, kui 5 kg  $100^{\circ}$ -st vett segati 20 kg  $17,5^{\circ}$ -se veega!

$$5 \cdot (100 - t) = 20 \cdot (t - 17,5)$$

$$500 - 5t = 20t - 350$$

$$25t = 850$$

$$t = 850 : 25 = 34^{\circ}$$

3. näide. Leida segu temperatuur, kui 5 kg 100°-st rauda asetame 20kg 18° vette!

$$5 \cdot 0,115 \cdot (100 - t) = 20 \cdot (t - 18)$$

$$57,5 - 0,575 t = 20 t - 360$$

$$20,575 = 417,5$$

$$t = 20^{\circ},3$$

4. näide. Vask-kalorimeeter kaalub 100 kg ja selles on 456 g 12°-st vett. Kui vette asetati 300 g raskune rauatükk 99° juures, siis tõusis vee temperatuur 18° peale. Arvutada sellest katsest raua erisoojus!

Selles ülesandes peame arvestama ka kalorimeetrite, sest kalorimeeter tarvitab ka teatud soojushulga temperatuuri tõstmiseks, kui vee temperatuur tõuseb. Tähistame raua erisoojuse c-ga, saame võrrandi:

$$c \cdot 300 \cdot (99 - 18) = 456 \cdot (18 - 12) + 0,095 \cdot 100 \cdot (18 - 12)$$

Viimane liige võrrandi paremal poolel on soojusehulk, mis läheb kalorimeetri temperatuuri tõstmiseks.

$$24300 \cdot c = 456 \cdot 6 + 95 \cdot 6$$

$$24300 \cdot c = 2793$$

$$c = 0,115$$

#### Ulesanded:

Nr. 50. Mitu liitrit 60° -list vett peab ~~mks~~ segama 15°-se veega, et saaks 360 liitrit ~~xxxx~~ 38°-st segu? (Vastus: 184 liitrit)

Nr. 51. Segati 1 kg 20°-st vett 1 kg 100°-se elavhõbedaga ja saadi segu temperatuur 22,5°. Leida elavhõbeda erisoojus! (0,032)

Nr. 52. Sulatisahju temperatuuri määramiseks asetati ahju 100 g raskune plaatinakuul. Kui kuul oli võtnud ahju temperatuuri, asetati see 1,4 kg 6°-sse vette, mille järele vee temperatuur tõusis 9,8° peale. Leida ahju temperatuur, kui plaatina erisoojus on 0,033! (1622°)

#### 20. Sulamine.

Me oleme kõik näinud, kuidas kevadel sooja tulekul jää sulab, s.o. tahke keha muutub vedelaks. Soojendades tikuga küünalt, hakkab see sulama, või kui asetame tina panniga tulele, muutub see vedelaks jne. Teatud soojusehulgaga võime muuta keha tahkest olekust vedelasse olekusse. Soojendades vedelikku, võime muuta selle auruks ja edasisel soojendamisel gaasiks. Seega teatud soojusehulgaga võime muuta vedelikku auruks.

Ka vastupidine nähtus sünnib soojuse hulga muutumisel: Jahutamisel vee-auru muutub see veeks ja veel rohkem jahenedes muutub vesi jääks. Sama nähtus sünnib ka teiste kehadega.

Õhku oleme harjunud võtma kui gaasi, aga seda võib jahendamisega ja teatud rõhu muutmisega muuta ka vedelaks. Nõnda võime kokku võttes öelda, et keha soojusehulga suurendamisega võime muuta tahke keha vedelaks ja gaasiks ning keha soojusehulga vähendamisega gaasi vedelaks ja isegi tahkeks. Seega keha olek sõltub temas peituvast soojusehulgast.

Soojusehulka, mida vaja keha tahkeks olekust vedelasse olekusse muutmiseks, nim. sulamise soojuseks.

Temperatuuri mille juures keha sulab, nim. sulamise temperatuuriks. Näiteks, 1 kg jää sulamiseks vajatakse 80 kg cal soojust ja tema sulamispunkt on  $0^{\circ}$ . Järgmine tabel näitab mõnede ainete sulamispunkti temperatuuri

|                         |               |                    |                              |
|-------------------------|---------------|--------------------|------------------------------|
| Alkohol . . . . .       | $130^{\circ}$ | Tina . . . . .     | $326^{\circ}$                |
| Jää . . . . .           | $0^{\circ}$   | Tsink . . . . .    | $415^{\circ}$                |
| Või . . . . .           | $32^{\circ}$  | Hõbe . . . . .     | $970^{\circ}$                |
| Fosfor . . . . .        | $44^{\circ}$  | Kuld . . . . .     | $1080^{\circ}$               |
| Vaha . . . . .          | $62^{\circ}$  | Klaas . . . . .    | $800^{\circ} - 1400^{\circ}$ |
| Väävel . . . . .        | $115^{\circ}$ | Teras . . . . .    | $1400^{\circ}$               |
| Tina (inglise). . . . . | $233^{\circ}$ | Separaud . . . . . | $1700^{\circ}$               |

1. näide. Jää sulamise soojuse määramiseks asetati 20 g  $0^{\circ}$ -st jääd messing kalorimeetri, mis kaalub 30 g ja täidetud 600 g  $16^{\circ}$ -se veega. Vee temperatuur peale jää sulamist jäi püsima  $12,9$  peale. Määrata jää sulamise soojus, kui messingi erisoojus on 0,09!

Tähistame jää sulamise soojuse q-ga ka koostame võrrandi:

$$20 q + 20 \cdot (12,9 - 0) = 600 \cdot (16 - 12,9) + 30 \cdot 0,09 \cdot (16 - 12,9)$$

Võrrandi vasaku poole esimene liige on soojuse hulk, mida vaja jää sulamiseks

" " " teine " " " " " " "jääst saadud vee temperatuuri tõstmiseks  $0^{\circ} - 12,9^{\circ}$

" parema " esimene " " " hulk, mida vesi kaotab jahtudes

" " " teine " " " " " " "kalorimeeter kaotab "

$$20 q + 258 = (600 + 2,7) \cdot 3,1$$

$$20 q = 1868,37 - 258$$

$$q = 1610,37 : 20 = 80,5$$

#### Ulesanded:

Nr. 53 Raudkuul, mis kaalub 60 g ja soojendatud  $200^{\circ}$ -ni, asetati jää sisse, mille tagajärjel sulas 17,3 g jääd veeks. Leida raua erisoojus, kui jää sulamise soojuseks võtta 80! (Vastus: 0,115)

Nr. 54. 10 kg raskuses tsinkanumas oli 30 kg  $30^{\circ}$ -st vett. Palju  $0^{\circ}$ -st jääd tuleb asetada vette, et vee temperatuur langeks  $15^{\circ}$  peale? Tsingi erisoojuseks võtame 0,096 ja jää sulamissoojuseks 80. ( 6,52 kg)

Nr. 55. Uhtlase paksusega  $0^{\circ}$ -sel jäätükil, mille pind on  $50 \text{ m}^2$  ja paksus 10,5 cm, asub 5 meest keskmise raskusega 80 kgl Päikese soojusest saab jäätükk igas tunnis 3000 kg cal. Palju aega läheb selleks, et jäätükk sulada tagajärjel vajuks üleni vee alla? Jää erikaal on 0,92, vee erikaal 1,00 ja jää sulamissoojus 80! ( 6 tundi 8 min.)

Nr. 56. Palju jääd võib sulatada 12 kg  $50^{\circ}$ -st vett, kui jää temperatuur on  $-10^{\circ}$ ? (7,05 kg)

Nr. 57. Leida lõpptemperatuur, kui 0,5 kg  $0^{\circ}$ -st jääd asetada 6 kg  $90^{\circ}$ -sse vette! (77 $^{\circ}$ )

Nr. 58. Palju  $100^{\circ}$ -st vett vajatakse 2 kg  $-5^{\circ}$ -se jää sulatamiseks? ( 1,651 kg)

Nr. 59. Leida lõpptemperatuur, kui 2 kg  $0^{\circ}$ -ist jääd segada 5 kg  $30^{\circ}$ -se veega! (40 $^{\circ}$ )

Nr. 60. Palju soojust läheb vaja, et 200 g  $16^{\circ}$ -st tina temperatuuri tõsta kuni sulamispunktini ? ( $326^{\circ}$ ).

Lõpuks olgu öeldud, et peamiselt kõik tahked kehad, mis on muudetud vedelateks, omavad vedelas olekus suurema ruumala, ainult vesi on kõvas olekus suurema ruumalaga, Vee jäätumisel kasvab ruumala 9 % võrra. See paisumine jõud on nii suur, et purustab isegi tugevad anumad, seda asjaolu tuleb eriti meeles pidada, kui masinad ~~zink~~ talvekorterisse jäetakse.

### 21. Auramine.

Auramise all mõeldakse vedeliku muutumist auruks. Soojusehulk, mida läheb vaja vedeliku muutmiseks auruks, nim. auramissoojuseks.

Vee auramissoojus on 539, s.o. 1 kg vee aurustamiseks vajatakse 539 kg cal. Auramine võib sündida iga temperatuuri juures, kuid auramist võib kiirendada vedeliku soojendamise, s.o. temperatuuri v tõstmisega. Temperatuuri võib aga tõsta teatud piirini, n.n. keemispunktini. Ule keemispunkti antud õhurõhumise puhul ei saa vedelikku temperatuuri tõsta. Kee-  
mine on kõige intensiivsem auramine.

Järgmine tabel näitab mõnede ainete keemispunkti temperatuuri normaal õhurõhumise puhul:

|                      |               |                     |                |
|----------------------|---------------|---------------------|----------------|
| Eeter . . . . .      | $35^{\circ}$  | Elavhõbe . . . . .  | $325^{\circ}$  |
| Piiritus . . . . .   | $78^{\circ}$  | Hapnik . . . . .    | $-183^{\circ}$ |
| Vesi . . . . .       | $100^{\circ}$ | Lämmastik . . . . . | $-194^{\circ}$ |
| Terpentiin . . . . . | $159^{\circ}$ | Vesinik . . . . .   | $-253^{\circ}$ |
| Väävelhape . . . . . | $325^{\circ}$ |                     |                |

Sellest tabelist nähtub, et hapnik, lämmastik ja vesinik allpool keemispunkti on vedelas olekus. Meie oleme harjunud nendega kui gaasidega, sest vaba õhu temperatuur ei lange kunagi nii madalale, isegi mitte kõrgemates õhukihtides, kus temperatuur langeb küll kuni  $-80^{\circ}$ -ni.

1. näide. Palju soojust läheb vaja 5 kg  $-10^{\circ}$ -se jäätuki aurustamiseks normaal-rõhumisel?

Selleks läheb vaja neli isesugust soojushulka. Esiteks vaja tõsta jäätuki temperatuuri kuni sulamispunktini, selle järele on vaja anda soojusehulk sulamiseks. Peale sulamist vajatakse soojusehulka vee temperatuuri tõstmiseks kuni keemispunktini ja siis veel soojusehulka aurustamiseks. Seega kogu soojusehulk

$$Q = 0,5 \cdot 5 \cdot 10 + 5 \cdot 80 + 5 \cdot 100 + 5 \cdot 540 = 3625 \text{ kg cal}$$

Aurustamiseks minev soojushulk on nendest neljast soojuse hulgast kõige suurem. Näiteks, kui tahame ühe liitri vett toa temperatuuri ( $17,5^{\circ}$ ) juurest keema ajada, selleks läheb ainult 82,5 kg cal; sellesama veehulga aurutamiseks  $100^{\circ}$  juures aga 540 kg cal, mis on ligi kuus korda suurem.

Ühe kg  $0^{\circ}$ -se jää sulatamiseks läheb vaja 80 kg cal., misson sama suur, kui soojusehulk, mida vajame 1 liitri vee keema ajamiseks  $20^{\circ}$ -st alates.

Auramine lahtisest anumast võib sündida niikaua, kuni viimne veetilk on ära auranud. Võtame aga täiesti kinnise anuma, nagu aurukatel, siis veekeemisel tekib aur, mis täidab pealtee pinda oleva ruumi ja auru rõhk kasvab. Kestval vee soojendamisel tekib aga niisugune olukord, kus aur küllastub, s.o. rõhumine auru ruumis muutub nii suureks, et mõned auru

molekulid surutakse vette tagasi. Olgugi et pideval kütmisel veest välja-kerkivad ikka uued ja uued aurumolekulid, auru surve mõjul aga läheb sama palju aurumolekule vette tagasi. See on n.n. liikuv tasakaal, kus veest tulevate ja vette minevate molekulite arv on võrdne.

Rõhumise suurenedes tõuseb ka keemispunkti temperatuur, mida näeme järgnevast tabelist:

|    |                                                     |        |
|----|-----------------------------------------------------|--------|
| 1  | atmosfäärilisel rõhumisel on vee keemispunkti temp. | 100° C |
| 2  | " " " " " "                                         | 122°   |
| 3  | " " " " " "                                         | 134°   |
| 5  | " " " " " "                                         | 152°   |
| 8  | " " " " " "                                         | 171°   |
| 12 | " " " " " "                                         | 188°   |
| 20 | " " " " " "                                         | 213°   |

Juhime küllastunud auru eraldi ruumi ja kuumendame, saame nn. ülekuumendatud auru. Nõnda võib esineja küllastamata, küllastatud ja ülekuüllastatud aur.

#### Ulesandeid:

Nr. 61. Palju läheb 0°-st jääd, et kondenseerida (veeks muuta) 3 kg 100°-st veeauru 0°-seks veeks? ( 24 kg)

Nr. 62. Palju soojust läheb vaja, et 2 kg -10°-st jääd muuta 100°-seks veeauruks? ( 450 kg cal).

Nr. 63. Leida lõpptemperatuur, kui 20 kg 100°-st veeauru juhiti 300 g 0°-sse vette! ( 39,75)

Nr. 64. Palju 100°-st veeauru peab juhtima 70 kg 15°-se vette, et temperatuur tõuseks 36° peale? ( 2,45 kg)

Nr. 65. 5 g 100°-st veeauru juhiti vaskkalorimeetri, mille raskus 100 g ja milles ~~andmed~~ oli 504 g 14°-st vett ning temperatuur tõusis 20° peale. Arvutada nende andmete abil vee aurakisesoojus! ( 535)

#### 22. Soojuseallikad.

a) Kõige suuremaks soojuseallikaks on päike. Kui asetame musta pinna (must pind neelab kõik kiired) risti päikese kiirtega, siis saab selle pinna igal 1 cm<sup>2</sup> minuti jooksul 2 g cal; ühe ruutmeetri peale oleks see juba 20 kg cal. Arvestades maakera pinna suurusega, on päikeselt saadud soojusehulk väga suur. Kogu elusa looduse olemasolu on võimalik ainult päikese soojuse energia tõttu.

b) Maakera sisaldab ka ose küllalt soojust, mida märkame, kui kaevame augu maa sisse umbes 10 m sügavusega, siis seal on juba alaline temperatuur, mis ei sõltu suvest ega talvest. Veel sügavamale kaavates tõuseb temperatuur iga 30 m peale umbes 1°. Maavärisemisel maa seest voolava laava temperatuur on väga kõrge. sest metallid on selles vedelas olekus,

Olgugi, et maakera sees peitub küllalt suur soojuse hulk, ei saa me seda siiski mitte kasutada.

c) Kolmandaks on keemilised soojuseallikad, mida me kasutame masinate käivitamiseks. Keemiliseks soojuseallikaks loetakse ka kõik kütteeained, sest põlemise protsess on keemiline protsess.

Kõikede kütteainete jaoks on laboratooriumides määratud nende kütteväärtus. Kütteväärtuseks loetakse soojushulka, mille annab 1 kg kütteainet täielisel ärapõlemisel.

Järgmine tabel näitab mõnede tähtsate kütteainete kütteväärtust.

|                                         |             |
|-----------------------------------------|-------------|
| <u>Kivisüsi</u> , South Wales, antracit | 7800 kg cal |
| " jäme süsi                             | 7760        |
| " peen süsi                             | 7240        |
| Durham, jäme süsi                       | 7360        |
| " peen süsi                             | 6420        |
| " koks ja gaasi süsi                    | 7170        |
| Koks                                    | 6800        |
| South Yorkshire jäme süsi               | 6950        |
| " peen süsi                             | 6240        |
| Northumberland jäme süsi                | 6590        |
| " peen süsi                             | 5600        |
| Skotska jäme süsi                       | 6250        |
| " peen süsi                             | 5790        |
| Kuiv puu umbes                          | 3500        |
| Turvas "                                | 3000        |
| Kütteõlid "                             | 10000       |

Nagu sellest tabelist nähtub, võib kivisöe kütteväärtus kõikuda 5790 - 7800 piirides, s.o. 2010 kg cal. Võrreldes madalama sordi söega on primaarl sordil umbes 35 % võrra suurem kütteväärtus.

#### Ulesanded:

Nr. 66. Silindrikujulise püstanumas, mille sisemine läbimõõt on 600 mm, keedeti vett normaal atmosfäärilisel rõhumisel. Kütteaineks kasutati kütteõli, mille kütteväärtus 10000 kg cal ja kütet kulus 60 g minutis, millest 46% läks kütmisel kaotsi. Palju langeb veepind l-es tunnis, kui vett juurde ei pumbata? (1,273 dm)

Nr. 67. Laeva abimasin tarvitab tunnis 720 kg auru, mis peale töötamist juhitakse eelsoojendasse. Eelsoojendajase jõudes on 94 % küllastanud veeauru ja 6 % vett. Samuti pumbatakse eelsoojendasse 36°-st vett 140 kg minutis. Arvutada väljamineva (katla) vee temperatuur! (81°)

#### K o n t r o l l t ö ö   n r . 3 .

1. Kui õige Reaumuri termomeeter näitas 48°<sub>4</sub>, siis Fahrenheit'i termomeeter näitas 140°.

a) Arvutada Fahrenheit'i termomeetri viga Celsiuse kraadides

b. Kui palju on õige temperatuur Fahrenheit'i järgi, kui see eelpoolnimetatud F kraadiklaas näitab  $113^{\circ}$  ?

2. Raudteerööbaste otsad on täpselt vastamisi  $35^{\circ}$  C juures;  $0^{\circ}$  C juures on aga rööbaste otsade vahe 4,62 mm. Leida rööbaste pikkused  $0^{\circ}$  juures, kui rööpa pikenemise koefitsient on 0,000011!

3. Tahke keha ruumala paisus soojendamisel 5% võrra. Mitu protsenti muutus selle keha erikaal?

4. Raudplaatidest õlitank mahutab  $10^{\circ}$  C juures täpselt  $1200 \text{ m}^3$  õli. Palju õli peab välja voolama, kui temperatuur tõuseb  $37^{\circ}$  C peale. Õli ruumipaisumise koefitsient on 0,0008 ja raua pikenemise koefitsient 0,000011.

5. Rauatükk, mis kaalub 0,6 kg ja soojendatud  $90^{\circ}$ -ni, asetati 200 cm<sup>3</sup> terpentini  $15^{\circ}$  juures. Leida segutemperatuur! Raua erisoojus on 0,11.

6. Leida lõpptemperatuur, kui 0,5 kg  $0^{\circ}$ -st jääd asetati 6 kg  $90^{\circ}$ -sse vette! Jää sulamissoojus on 80.

7. Katse näitab, et ühe kg kivisöega on võimalus 6 kg  $0^{\circ}$ -st vett muuta  $100^{\circ}$ -seks veeauruks. Mitu % soojusest on kasulikult kasutatud? Kivisöe kütteväärtus on 7500 kg cal ja vee auramissoojuseks võtame 536.

8. Mitu kg  $0^{\circ}$ -st vett võib muuta  $100^{\circ}$ -seks veeauruks 5 kg kivisöega millest 60 % läheb kütmisel kaotsi? Vee auramissoojus on 536 kg cal ja kivisöe kütteväärtus 7800 kg cal.

9. Keskkütte- elemendis kondenseerus 4 kg veeauru normaal-rõhumisel ja vee temperatuur jähenes  $90^{\circ}$ -ni. Palju soojust saab tuba, mille ruumala on  $200 \text{ m}^3$ , kui 40 % soojusest sai kasulikult tarvitatud? Õhu erisoojuseks konstantrõhumisel võtta 0,24 ja toa temperatuur oli alguses  $0^{\circ}$ .

10. Ahju temperatuuri mõõtmiseks asetati 200 g raskune plaatina kuul. Kui kuul oli võtnud ahju temperatuuri, asetati see 100 g raskusse vaskkalorimeetrisse, milles oli 800 g  $8^{\circ}$ -st vett. Vee temperatuur tõusis kalorimeetris  $20^{\circ}$  peale, Kui kõrge oli ahju temperatuur? Plaatina erisoojus võtta 0,039.