

№2: Sowadyjy maşynlaryň termodinamiki esaslary.

Jisimleri sowatmak we gyzdymak barada düşünje. Jisimiň sowuk we gyzgyn halynyň fiziki tebigaty bir zatdyr, ýöne olar molekulalarynyň (atomlarynyň) hereketi bilen tapawutlanýarlar.

Eger-de jisimden ýylylyk aýrylsa, onda molekulalaryň hereketi peselýär, kiçelýär we jisim sowaýar. Eger-de jisime ýylylyk berilse, onda onuň molekulalarynyň hereket tizligi artýar we jisim gyzýar. Diýmek, jisimiň gyzmagy we sowamagy olaryň molekulalarynyň hereketliligidir. Gyzan jisimi daşky gurşawyň temperaturasyna çenli sowatmak sowadyjy tehnikany ulanmazdan daşky gurşawa (howa, suwa) öz-özünden ýylylygyň berilmegi arkaly amala aşyrylýar. Sowadyjy tehnikanyň esasy maksady jisimiň temperaturasyny daşky gurşawyň temperaturasyndan has pes temperatura çenli sowatmakdyr. Muny sowadyjy maşynlaryň ýa-da sowuklygyň maşynsyz çeşmeleriniň (mysal üçin, buz) kömegi bilen amala aşyrmak mümkin.

Fiziki jisimiň ýylylyk ýagdaýy onuň gyzgynlyk derejesi ýa-da temperaturasy bilen häsiýetlendirilýär. Birlikleriň Halkara ulgamynda temperaturany ölçemek üçin ölçeğiň iki ululygy, ýagny termodinamiki (T) we Halkara tejribelik (t) şkalalaryny ulanmak göz önünde tutulýar. Şkala boýunça hasaplama başlangyjy (noluň ýagdaýy) bilen baglylykda kelwinde (K) we Selside (°C) aňladylýar. Kelwiniň şkalasy absolýut noldan başlanýar. 1 Kelwin (K) suwuň üçlük nokadynyň termodinamiki temperaturasynyň $1/(273,16)$ bölegine deňdir:

$$1K = \frac{T_{\text{üçlük nokat}} - T_{\text{absolýut nol}}}{273,16}.$$

Kelwin temperaturasy T bilen bellenilýär. temperaturalaryň tapawudy hem kelwinlerde aňladylýar.

Eger şkala buzun eremeginiň nokadyndan başlanýan bolsa, onda temperatura Selsiniň şkalasy boýunça ölçenilýär. Bu şkalanyň nol nokady absolýut noldan 273,15 K ýokarda we suwuň üçlük nokadyndan 0,01 K aşakda ýatýar (kadaly atmosfera basyşynda):

$$1^{\circ}\text{C} = \frac{t_{\text{suwuň gaýnamak nokady}} - t_{\text{buzun eremek nokady}}}{100}.$$

Selsiniň bir gradusy (1°C) ululygy boýunça bir kelwine (K) deň. Selsiniň temperaturasy t bilen belgilenýär. Şeýlelikde, $t = T - 273,15^{\circ}\text{C} \approx T - 273^{\circ}\text{C}$.

Ýylylyk mukdarynyň birligi. Birlikleriň Halkara ulgamynda energiýanyň ähli görnüşleriniň we şol sanda ýylylygyň ýeke-täk ölçeg birligi hökmünde Joule (J) kabul edilendir. Has amatly ululyk kilojoule (kJ) bolup durýar. **$1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$** deňdir.

Tehnikada häzirki wagta çenli ýylylyk (q) mukdaryny ölçemek üçin ulgamdan daşarky ýylylyk birligi – kilokaloriýa (kkal) ulanylýar, ýagny adaty atmosfera basyşynda **$1 \text{ kg suwy} + 19,5^{\circ}\text{C-den} + 20,5^{\circ}\text{C-ä çenli}$** gyzdyrmaga gerek bolan ýylylygyň mukdary alynýar: **$1 \text{ kkal} = 4186,8 \text{ J} = 4,1868 \text{ kJ}$** . Dürli jisimleriň birmeňzeş agramyny bir gradusa çenli gyzdyrmak üçin dürli möçberde ýylylygy bermek zerurdyr. Jisimleriň fiziki häsiýetleri bilen baglylykda olaryň dürli ýylylyk sygymyna eýeligi bilen düşündirilýär. 1 kg jisimi 1 K gyzdyrmak ýa-da sowatmak üçin zerur bolan ýylylygyň mukdaryna udel ýylylyk sygymy (c) diýilýär. Udel ýylylyk sygymy [J/(kg·K)] jisimiň temperaturasy 1 K üýtgände onuň massa birligine degişli entalpiýasynyň üýtgemesini görkezýär:

$$c = (1 / m) (\Delta i / \theta).$$

Bu ýerde:

m – jisimiň massasy (**1 kg**);

Δi – jisimiň entalpiýasynyň üýtgemegi (**J/kg**);

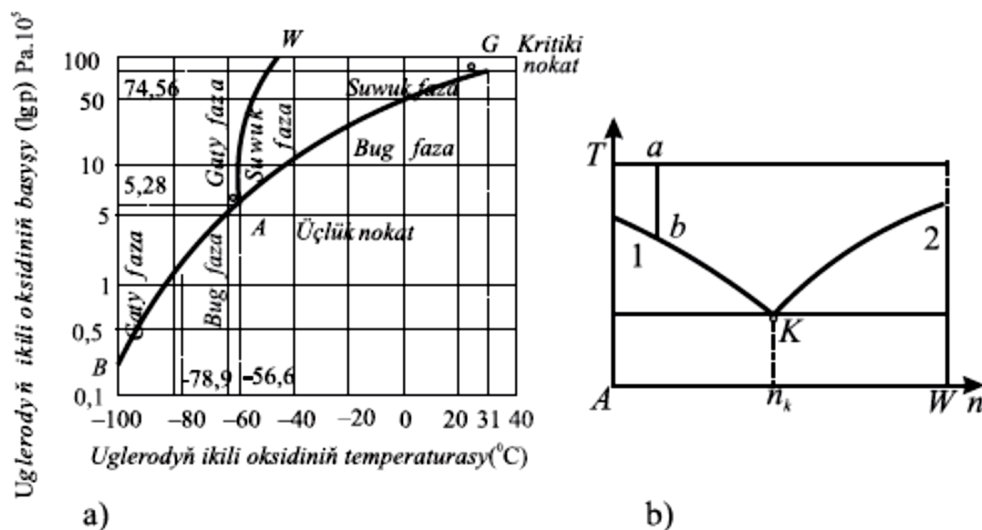
θ – temperaturalaryň tapawudy (**1 K**).

Suwuklygyň we gaty jisimiň ýylylyk sygymy olaryň temperaturasyna bagly bolýar. Temperaturanyň peselmegi bilen jisimleriň ýylylyk sygymlyry köp halatlarda peselýär.

Pes temperaturany almagyň usullary.

Faza üýtgemelerinde jisimleri sowatmak. Jisimleriň agregat (gaty, suwuk, gaz) ýagdaýy daşky şertlere, ýagny temperatura (t) we basyşa (p) bagly. Şu şertleriň kesgitli üýtgemeginde jisimdäki molekulalaryň arasyndaky baglanyşygyň görnüşi üýtgeýär we ol başga agregat ýagdaýa geçýär.

Birjynsly jisimiň bir agregat ýagdaýdan başga agregat ýagdaýa geçmegine fazalaýyn öwrülme diýilýär. Birjynsly jisimiň fazalaýyn öwrülmesi onuň geçiş şertine we fiziki alamatyna baglylykda hemişelik temperaturada geçýär. Bu bolsa molekulalaryň arasyndaky aragatnaşyga sarp bolýan gizlenen ýylylygyň bölünmegi ýa-da siňdirilmegi bilen bolup geçýär.



1-nji surat. Fazanyň deňagramlylyk diagrammasy:
a – uglerodyň ikili oksidi; b – A we W düzüjileriň ikili ulgam görkezijisi

Jisimiň agregat ýagdaýynyň üýtgeме hadysasyna uglerodyň ikili oksidiniň fazaly çyzgysynda seredip geçeliň (1-nji (a) surat). Cyzgyda AB çyzyk jisimiň gaty we gaz çäginini, AW çyzyk gaty we suwuklyk çäginini, AG çyzyk suwuklyk we gaz çäginini bölýär. AB, AW, AG çyzyklaryň aýry nokatlarynda jisim bir wagtda iki fazada, ýagny gaty we gaz görnüşinde, gaty we suwuk, suwuk we gaz görnüşinde bolup biler. A nokatda (üçlük nokat) madda üç fazada, ýagny gaty, suwuk we gaz görnüşinde bolup biler. Şeýle ýagdaý ewtektik hal diýlip atlandyrylýar. Üçlük nokadyň parametri maddanyň fiziki alamatyna bagly. $t > t_{kr}$ (G nokatda kritiki) bolanda diňe gaz görnüşli faza galýar.

Fazalaýyn öwrülme maddanyň himiki üýtgemesine getirmeýär. Munuň özi fiziki proses bolup durýar. Käbir maddalar bu öwrülmelerde (erände, gaýnanda, sowan ýagdaýynda) pes temperaturalarda ýylylygyň uly mukdaryny siňdirýärler we olardan sowadyjy täsiri almak üçin ulanmaga mümkinçilik berýärler.

Ereme. Suw buzunyň eremeği $t > 0^{\circ}\text{C}$ -de sowatmak üçin giňden peýdalanylýar. Has pes temperaturany almak üçin eredilýän buza ýada gara duz goşulýar. Ereme prosesinde ýylylygy siňdirmek esasynda garyndylar taýýarlanylýar. Duz we suw iki düzijili ulgamy emele getirýär. 1-nji (b) suratda A we W dürli komponentleriň ýagdaýynyň üýtgeýän pursaty temperatura (T) we konsentrasiýa (n) koordinatalarda görkezilen. A düzümlü ergin sowanda ilki onuň temperaturasy hemişelik konsentrasiýada b nokada çenli peselýär we bu ýagdaýda W suwuklykda ýüzýän A komponentiň kristaly emele gelip başlaýar. Şeýlelikde, suwuklygyň temperaturasy 1 çyzyk boýunça k nokada çenli peselýär. k nokatda W komponentiň kristallaşmagy başlanýar we gutarýar. n_k düzümdäki ergin beýleki erginlerden berlen komponent üçin has pes hemişelik temperaturada doňmagy bilen

tapawutlan ýar. Bu temperatura ewtektik ýa-da kriogidrat diýlip atlandyrylýar. Sowatmak üçin iň köp ýaýran ergin garyndylary buz bilen hlorly natriniň ($-21,2^{\circ}\text{C}$ -ä çenli) we buz bilen hlorly kalsiniň (-55°C -ä çenli) erginleridir.

1kg buzy ýa-da onuň garyndysyny eretmek üçin gerek bolan ýylylygyň mukdaryna onuň ereme ýylylygy diýilýär. Erginiň komponentiniň ereme temperaturasynyň (ter) peselmegi bilen sowadyjy garyndynyň ereme ýylylygy (qer) hem peselýär. Durmuşda sowatmak üçin ewtektik erginlerden edilen buz ulanylýar. Onuň pes temperaturasy ewtektik nokatdan kesgitlenýär. Mysal üçin, triosulfat natriniň ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) we natriý nitratynyň (NaNO_3) suwly ergininiň doňma temperaturasy (td) degişlilikde -11°C we $-18,5^{\circ}\text{C}$. 66%-li kükürt kislotasynyň (H_2SO_4) we garyň ýa-da böleklere bölünen buzun deň mukdaryndaky garyndysy $t_d = -37^{\circ}\text{C}$ -ä eýe. Kislotanyň mukdarynyň azalmagy bilen erginiň doňma temperaturasy (t_d) ýokarlanýar.

Gaýnama. Bug emele gelmek prosesi suwuk jisime ýylylyk berlende bolup geçýär. 1 kg doýgun suwuklygy gury doýgun buga öwürmek üçin gerek bolan ýylylygyň mukdaryna **bug emele gelmegiň udel ýylylygy** (q_b) diýilýär. Sowatmak üçin atmosfera basyşynda (p_{at}) pes gaýnama temperatura (t_0) we uly bug emele gelmegiň ýylylygyna (q_b) eýe bolan suwuklyklar ulanylýar: t_0 we q_b gaýnama basyşyna (p_0) bagly: gaýnama basyşynyň (p_0) artmagy bilen (t_0) gaýnama temperatura hem artýar, bug emele gelmegiň ýylylygy (q_b) kemelýär. Suwuklygyň gaýnama hadysasy bug sowadyjy maşynlaryň aýlawynda, ýagny emeli sowatmakda giňden ulanylýar.

Sublimasiýa. Gaty jisimiň suwuklyga öwürilmän gönüden-göni buga öwürilmegine sublimasiýa diýilýär. Sowatmak üçin sublimirlenen gaty uglerodyň ikili oksidi (gury buz) ulanylýar. “Gaty jisimiň” suwa öwürülmezden gönüden-göni buga öwürilmeginiň temperaturasy (gury buzun) pat-da $-78,9^{\circ}\text{C}$ -ä deň, sublimasiýanyň ýylylygy 574 kJ/kg ; wakuuma çenli basyşy kiçeldip, “gury buzun” sublimasiýasynyň temperaturasyny -100°C -ä çenli peseltmek mümkin.

Gazlary giňeltmegiň hasabyna sowatmak. Gysylan gaz adiabat giňeldilende temperatura peselýär, sebäbi bu ýagdaýda daşky iş gazyň içki energiýasynyň hasabyna ýerine ýetirilýär. Hyýaly gaz üçin adiabat prosesinde T we p arasyndaky baglanyşyk:

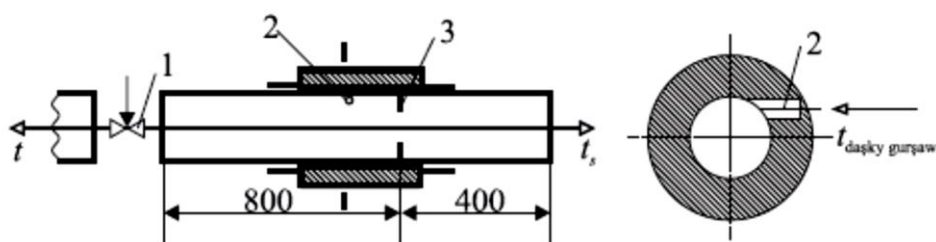
$$T_2 / T_1 = (p_2 / p_1)^{(k-1)/k}$$

Bu ýerde k – adiabat gysylmanyň görkezijisi.

$t_1 = 25^\circ\text{C}$ -de 9 MPa çenli gysylan howa 0,1 MPa çenli adiabat giňeldilse, onda $k = 1,4$ görkezijide ahyrky temperatura $T_2 = T_1(p_2/p_1)^{(k-1)/k} = 298 (0,1/9)^{0,4/1,4} = 82,2$ K ýa-da $t = 82,2 - 273 = -190,8^\circ\text{C}$ bolýar. Pes temperaturany almagyň şeýle usuly öte çuň sowuklyk almagyň tehnikalarynda we howa sowadyjy maşynlarda ulanylýar.

Drosselirlenme arkaly sowatmak (joul-tomsonyň effekti). Daraldylan yş (wentil, kran) arkaly gaz ýa-da suwuklyk geçende olaryň basyşynyň peselmegine **drosselirlenme** diýilýär. Bu ýagdaýda daşky iş ýerine ýetirilmeýär we entalpiýa hemişelik galýar. Daralan yş arkaly gaz geçende gazyň içki energiýasy içki sürtülmäni ýeňip geçmäge sarp edilýär. Drosselirlenmede hakyky gazyň temperaturasynyň üýtgemegine **Joul-Tomsonyň** effekti diýilýär. Ol çuň sowatmagyň tehnikasynda ulanylýar. Drosselirlenmede temperatura adiabat giňelme bilen deňşdireniňde juda az peselýär.

Tüweleý effektiniň esasynda sowatmak. Fransuz inženeri Žorž Žozef Rank 1931-nji ýylda sowatmak üçin tüweleý effektini ulanmagy tekliptdi. Bu effekt ýörite turbanyň kömegi bilen alynýar. Onuň gurluşy 2-nji suratda görkezilen. Kompressorda gysylan we daşky gurşawyň temperaturasynda ($t_{\text{daş.gur.}}$) çenli sowadylan howa soplo (2) gelýär we giňelmeden soňra erkin tüweleý hadysasyny emele getirip soplodan uly tizlikde çykýar. Bu ýagdaýda aýlawyň burç tizligi daşynda (gyrasynda) kiçi we turbanyň okunyň golaýynda örän ýokary. drossel wentil (1) boýunça hereket etdigiçe gaz gatlaklaryň arasyndaky sürtülme güýjüniň täsirinden suwuklygyň ýa-da gazyň akýşy takmyny hemişelik burç tizligine eýe bolýar, ýagny içki gatlaklarda tizlik kemelýär, daşkyda artýar. Gazyň bölünme hadysasynyň başlangyç pursatynda bölekleriň aýlanmasynyň burç tizliginiň turbanyň okundan käbir aralykda öňki pursatdan uludygy sebäpli kinetik energiýanyň artykmaçlygy alynýar. Ol bolsa daşky gatlaklara berilýär we olaryň temperaturasyny artdyrýar: gazyň içki gatlaklary sowayar. Netijede, gazyň daşky gatlaklary drossel wentil (1) arkaly (t_g) gyzdýrylan, içki gatlaklary (3 diafragmadaky yş arkaly) ts sowadylan görnüşde çykýar. Tejribelikleriň görkezişi ýaly, tdaş. gur. temperaturaly howanyň pes basyş larynda $t_s = (-10 \div -50)^\circ\text{C}$ sowuk akymy we $t_g = (100 \div 130)^\circ\text{C}$ gyzgyn akymy almak mümkin.



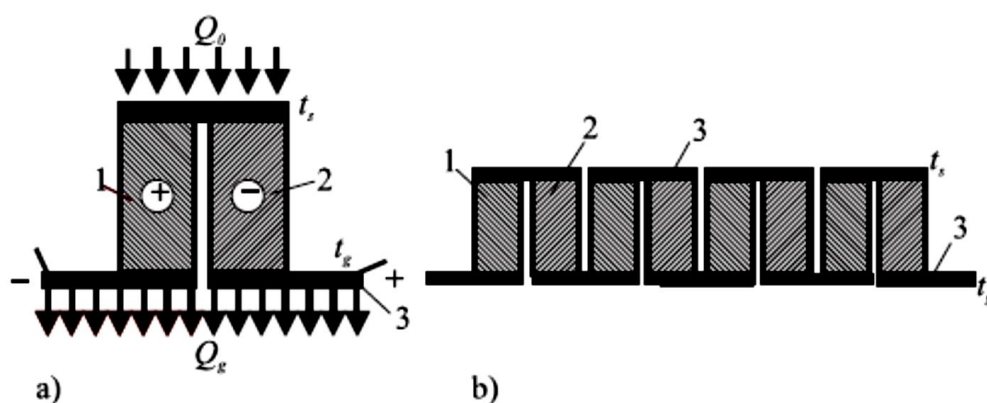
2-nji surat. Tüweleý hadysasyny emele getirýän turba

Köwlenip akma desgasynda sowadyş hadysasy elektrik energiýasynyň köp mukdarynyň sarp edilmegini talap edýär. Bu usulda sowatmagyň artykmaçlygy – tüweleý hadysasyny emele getirýän turbanyň konstruktiv ýönekeýligi, işleýiş ygtybarlylygy we işe goýbermegiň ýönekeýligi bilen tapawutlanýar.

Termoelektriki sowatma. Ol Peltýeniň hadysasyna (1834 ý. açylan) esaslanan: dürli iki geçirijiden durýan zynjyrdan hemişelik tok geçirilende, seplesikleriň biri gyzýar, beýlekisi sowaýar. Siňdirilen ýa-da bölünip çykýan ýylylygyň mukdary toguň güýjüne (I) we wagta (τ) proporsional:

$$Q_p = \Pi \cdot I \cdot \tau.$$

Bu ýerde Π – Peltýeniň koeffisiýenti. Ol ulanylýan serişdeleriň fiziki häsiýetine we seplesiklerdäki temperaturasyna bagly.



3-nji surat. Termoelektrik sowatmak:
a – ýarymgeçiriji termoelement; b – termobatareý

Ýarymgeçirijileriň häsiýetleri belli bolandan soňra, Peltýeniň hadysasy tejribelikde has-da giňden ulanylyp başlandy. Sowatmak üçin mis plastinkalar (3) arkaly yzygider birleşdirilen, (1, 2) iki ýarymgeçirijiden durýan termoelementler ulanylýar (3-nji surat). Eger-de termoelement arkaly hemişelik tok geçirsek, onda bir seplesikde Q_0 ýylylyk siňdirilýär we ol t_s çenli sowaýar. Beýleki seplesikde Q_g ýylylyk bölünýär we ol t_g çenli gyzýar.

Termoelektrik sowatma sowadyş tehnikasynda aýratyn ugur hökmünde kabul edilýär. Onuň artykmaçlygy – sessizlik, basyş astyndaky maddalaryň bolmazlygy, ykjamlygy; ýetmezçiligi – elektrik energiýanyň köp sarp edilmegi we has gymmatlygy. Magnitokalorik sowatma. Magnitokalorik hadysa, ýagny magnit meýdanynyň güýjenmesi üýtgände temperaturanyň üýtgemesi, pes temperaturalaryň fizikasy we tehnikasy üçin wajyp häsiýete eýe. Tebigatda ähli maddalar käbir derejede magnitlenmek häsiýetine hem eýe, sebäbi atomlardaky elektronlar, protonlar magnit meýdanyny döretmäge ukyply. Olaryň magnit momentleri

giňişlikde birmeňzeş ugrukma eýe bolup biler. Magnit momentleriniň tertipleşen düzümine eýe bolan maddalar magnit diýip atlandyrylýar. Tebigy we emeli maddalaryň köpüsi atamlaryň we molekulalaryň magnit momentleriniň paýlanmasynyň tertipsiz kanunyna eýe. Magnit momentleriniň ugurlarynyň tertipleşen düzümini daşky magnit meýdanynyň täsiri astynda döretmek mümkin. Onuň paramertleri: M aýlaw güýç momentiniň wektory we güýjenme (H) wektory bilen häsiýetlendiril ýär. Magnitlenmäge ukyply maddalar atamlaryň magnit momentleri çelgilenende magnitlenme we magnitlilik wektoryň düzüjilerine eýe bolýarlar. Magnitlilik göwrümdäki (V) maddanyň ähli bölejikleriniň magnit momentleriniň wektor jeminiň bu göwrümiň ululygyna bolan gatnaşygyna deň. Maddanyň atamlarynyň magnit momentleriniň bir ugra öwürilmegi üçin energiýa sarp edilýär. Şol sebäpden magnitlenme (magnitsizlenme) hadysasy temperaturanyň üýtgemegi bilen bolup geçýär. Bu hadysa magnitokalik hadysadyr. Paramagnit maddalarda maddanyň atamlarynyň magnit momentleriniň ugrunyň üýtgemegi boýunça ulgamyň işi içki energiýanyň hasabyna amala aşyrylýar. Paramagnitleriň adiabat prosesinde magnitlenmek temperaturanyň artmagy, magnitsizlenmek bolsa peselmegi bilen bolup geçýär. Bu ýagdaýda:

$$\frac{dT}{dH} = \frac{1}{c_p} T \frac{dN}{dT}.$$

Emeli döredilen magnetikler magnitlenmegiň has uly bahasyna eýe. Olar magnitokalik täsiri ulanmak arkaly pes temperaturany almak üçin has amatly maddalar bolup durýar. Pes temperaturalaryň tehnikaşynda magnitokalik effekt absolýut nola ýakyn temperaturany almak üçin ulanylýar. Sowatmak işi üç tapgyrdan durýar.

1. Birinji tapgyrda madda magnitlenýär. Bu ýagdaýda onuň temperaturasy ýokarlanýar.

2. Ikinji tapgyrda magnitlenen we “gyzgyn” maddanyň sowamasy amala aşyrylýar.

3. Üçünji tapgyrda daşky magnit meýdanynyň naprýaženiýesi peselýär. Bu ýagdaý magnitlenen we öň sowadylan maddanyň içki energiýasynyň sarp edilmeginiň hasabyna onuň başlangyç temperaturasyndan peselmegine getirýär. Ýylylykdan goralan ulgam üçin daşky magnit meýdanynyň naprýaženiýesi peselende daşky gurşawdan ýyly lygyň berilmegi bolup geçýän hadysa düýpli täsir edip bilmez, ýöne olaryň başlangyç tapgyryndaky etalonyna birazajyk täsir edip biler. De Gaaz, iki kwassyň garyndysy bilen işläp $(K_2SO_4 \cdot Cr_3(SO_4) \cdot 2H_2O + 14,4$

$K_2SO_4 \times Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$), magnit meýdanynyň naprýaženiýesini 20000 esse peseldilende $T = 0,0044$ K temperaturany alypdyr.