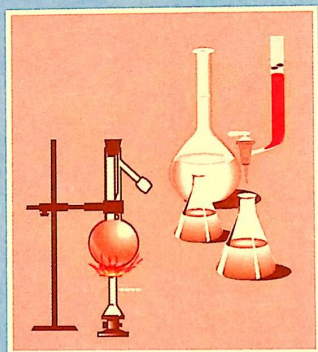


SH. SH. DAMINOVA, H.H. TO'RAYEV,
S.K. ALIYOROVA

ANORGANIK KIMYODAN LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI



546 / $\frac{4}{32800/12}$
D-18 / Dacri nova 56.
Aengaele kjaap-
daer / Labordolwa
wasleg vlotlevi.
2005. ✓ 1865²²

4588

SH. SH. DAMINOVA, X. X. TO'RAYEV,
S. X. ALIYOROVA

ANORGANIK KIMYODAN LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim
vazirligi tomonidan (5440400 — «Kimyo») bakalavriat
ta'lim yo'nalishi talabalari uchun kimyo fanidan
o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT — «O'ZBEKISTON» — 2006

24.1
D-14

546
D-18.

Taqrizchilar: K.f.d., professor K. M. AHMEROV
k.f.n., dotsent G. J. MUQIMOVA,
Mas'ul muharrir: K.f.d., professor T. A. AZIZOV
Muharrir: R. S. TOIROVA

O'quv qo'llanma, «Anorganik kimyo» kursi o'quv dasturi asosida yozilgan bo'lib, universitetlarning kimyo fakulteti bakalavrlari uchun anorganik kimyo fanidan laboratoriya mashg'ulotlari olib borishga mo'ljallangan. Qo'llanmadan boshqa oliy o'quv yurtlarining talabalari hamda ilmiy-tekshirish laboratoriyalarida ishlaydigan xodimlar ham foydalanishi mumkin. O'quv qo'llanmada har qaysi mavzuga oid nazariy ma'lumotlar, tajribalar, masala va mashqlar, nazorat savollari berilgan.

Данное учебное пособие написано в соответствии с учебной программой курса «Неорганическая химия» для проведения лабораторных занятий по неорганической химии. Пособие предназначено для бакалавров химического факультета высших учебных заведений. В пособии к каждой теме даны теоретические сведения. Методический аппарат пособия снабжен задачами и примерами, контрольными вопросами.

The edition shall be intended for conducting laboratory work on nonorganic chemistry for bachelors of chemical faculty of the University as well students of other higher educational schools, search laboratory workers. It is compiled on the basis of the academic program and includes theoretical information, experiments, exercises, additional questions.

Daminova Sh.Sh. va boshq.

Anorganik kimyodan laboratoriya mashg'ulotlari: Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi bakalavriat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun o'quv qo'llanma/ Sh.Sh. Daminova, X.X. To'rayev, S.X. Aliyorova. — T.: O'zbekiston, 2006.—96 b.

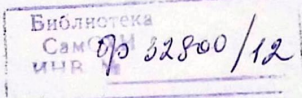
1. Avtordosh.

BBK 24.1ya73

ISBN 5-640-02044-X

A $\frac{1703000000-143}{351(04) 2006}$ 2006

© «O'ZBEKISTON», NMIU, 2006-y.



KIRISH

Kimyo fanini o'zlashtirish uchun talabalarda nazariy zamin yaratish, ilmiy dunyoqarashni shakllantirish, o'qitish jarayonida zamonaviy nazariy fikrlarni rivojlantirish g'oyatda muhimdir. Anorganik kimyo fani ko'p jihatdan tajribaga asoslangan fandir. Bu fanni o'rganish uchun faqat nazariy bilimlar yetarli bo'lmay, amaliy mashg'ulotlar olib borish, olingan natijalar asosida xulosalar chiqarish va ularni nazariy bilimlar bilan taqqoslash, shuningdek, talabalarining fan nuqtai nazaridan fikr yuritish, mustaqil fikrlash va muammolarni hal qilish qobiliyatlarini oshirishda amaliy mashg'ulotlar muhim ahamiyat kasb etadi. Anorganik kimyo bo'yicha bajariladigan laboratoriya-amaliy mashg'ulotlarida talabada laboratoriya asbob-uskunolari va idishlari bilan ishlashda dastlabki ko'nikmalar hosil bo'ladi hamda uncha murakkab bo'lmagan tajribalarni o'tkazish uchun sharoit yaratiladi. Shuni ta'kidlash lozimki, nazariy bilimlar hamda o'quv materiallarini mukammal o'zlashtirish laboratoriya mashg'ulotlarini to'g'ri va aniq bajarishda muhim rol o'ynaydi. Laboratoriya ishlarini ma'ruzalardan olingan nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun ketma-ket olib borish kerak, shundagina mustaqil ishlash unumli va foydali bo'ladi.

Ushbu o'quv qo'llanma universitetlarning kimyo fakulteti talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, anorganik kimyo fanining o'quv dasturiga to'liq mos keladi.

Qo'llanmada tajribalarning tafsiloti bilan birga har bir laboratoriya ishi uchun qisqacha nazariy ma'lumotlar, savollar va masalalar berilgan bo'lib, ular bajarilgan ishni chuqur o'zlashtirishga, nazariy bilimlarni mustahkamlab, yuqori bosqichlarda o'qitiladigan analitik, organik, fizik va kolloid kimyo kabi fanlarni o'zlashtirish uchun zamin tayyorlaydi.

1-bob

UMUMIY QISM

1.1. KIMYO LABORATORIYALARIDA ISHLASH TARTIBI

Kimyo laboratoriyalarida ishlayotgan har bir talaba quyidagi qoidalarga qat'iy rioya qilishi kerak:

1. Laboratoriyada har bir talaba uchun alohida ish joyi belgilanadi. Ish joyida tartib va tozalikni saqlash kerak;

2. Laboratoriyada xalat kiyib ishlanadi, u yerda ovqatlanish, chekish va baland ovozda gaplashish qat'iy man etiladi;

3. Har bir laboratoriya ishidan oldin, talaba shu ishga tegishli nazariy materiallarni o'rganishi kerak hamda yo'riqnoma bilan chuqur tanishishi, noaniq savollarni hal qilgandan so'ng tajribani boshlashi lozim;

4. Tajriba uchun zarur bo'lgan kimyoviy reaktivlar va asbob-uskunalarining mavjudligi aniqlangandan keyin tajribani boshlash kerak;

5. Tajribaning borishini diqqat bilan kuzating, uning hamma tafsilotlarini bilib oling, natijalarni ish daftarinigizga yozib boring. Lozim bo'lsa asbobning rasmini chizing;

6. Elektr toki, gaz, suv va reaktivlar tejamkorlik bilan ishlatilishi lozim. Tajribalar uchun juda kam miqdorda moddalar oling. Ishlatilmay qolgan yoki ortiqcha olingan reaktivlarni qaytarib idishiga solish mumkin emas;

7. Ishlatilgandan so'ng barcha reaktiv va eritmalar saqlanadigan idishlar qopqog'ini yopib qo'yning. Reaktivlarni idishlari bilan kitob va daftarlar ustiga qo'yish man etiladi.

Barcha o'tkazilgan tajribalar natijalari laboratoriya jurnaliga (daftariga) yoziladi. Unda aynan shu ishni bajarish uchun zarur bo'lgan nazariy ma'lumotlar, kuza-tishlar, reaksiya tenglamalari, hisob-kitoblar, savollarga javoblar, masalalar yechimi, analizning ilmiy asoslangan natijalari qayd etiladi. Jurnaldagi yozuv aniq va batartib yozilishi kerak. Laboratoriya jurnalini tajriba olib borish mobaynida to'ldirib borish lozim. Har qaysi ish oxirida jurnal o'qituvchi tomonidan tasdiqlab boriladi.

1.2. LABORATORIYA MASHG'ULOTLARINI O'TKAZISHDAGI XAVFSIZLIK CHORALARI

Kimyo laboratoriyasida qo'llaniladigan reaktivlar, reaksiyada ajralib chiqadigan ba'zi birikmalar tevarakat-rof va inson uchun ozmi-ko'pmi zararlidir. Shuning uchun laboratoriya mashg'ulotlari davomida quyidagi xavfsizlik choralariga rioya qilish zarur:

1. Zararli moddalar bilan bajariladigan ishlarni mo'rili shkafda o'tkazish lozim. Konsentrlangan kislotalar va ishqorlar ham shu yerda saqlanadi;

2. Moddalarni qo'lda olmay, shpatel yoki chinni qoshiqchalarda olish kerak;

3. Kuchli kislotalar, ayniqsa konsentrlangan sulfat kislota-ni suyultirishda suvni kislotaga emas, balki kislota suvga tomchilab aralashtiriladi;

4. Ajralib chiqayotgan gazlarni yaqin turib hidlash ta'qiqlanadi. Gazni hidlash lozim bo'lganda, probirkani chap qo'lga olib, burundan pastroqda ushlanadi va o'ng qo'l bilan gaz burun tomon yelpiladi;

5. Xlor, brom, vodorod sulfid va is gazi bilan zaharlanganda, dastlab zaharlangan kishini ochiq havoga olib chiqish va tegishli yordam ko'rsatish kerak;

6. Tarkibida simob, mishyak (margimush), bariy, qo'rg'oshin bo'lgan tuzlar zaharli ekanini esda tutish

lozim, ular bilan ishlagandan keyin qo'lingizni yaxshilab yuving;

7. Bir reaktivni ikkinchisiga quyish chog'ida yuzingizga yoki kiyimingizga sachramasligi uchun shu idishning tepasiga engashib qaramang;

8. Probirkaga biror reaktiv solib qizdirilayotganda, uning og'zini o'zingizga yoki yoningizda turgan kishiga qaratmang;

9. Yuzingizga yoki qo'lingizga suyuqlik sachrasa, tezlikda suv bilan yuvib, sochiq bilan arting;

10. Kislotalar va ishqorlar to'kilgan joyni ehtiyot bo'lib tezda arting, suv bilan yuvib, kislotaga to'kilgan joyni soda eritmasi bilan, ishqor to'kilgan joyni esa sirka kislotaning 5 % li eritmasi bilan neytrallash kerak;

11. Oson yonuvchi moddalar bilan tajribalarni olovdan uzoqroqda yoki mo'rili shkafda o'tkazish lozim;

12. Benzol, benzin yoki efirlar bilan ishlaganingizda olov chiqib ketsa, suv bilan o'chirishga urinmang, alanga ustiga qum sepib o'chiring;

13. Isitish asboblari; mufel va tigel pechi, elektr plita va shunga o'xshash asboblarni o'tga chidamli materialdan yasalgan tagliklar ustiga qo'yish kerak. Ishlab turgan asboblarni aslo nazoratsiz qoldirmang;

14. Kumush tuzlarining ammiakli eritmasini uzoq vaqt saqlash mumkin emas. Chunki vaqt o'tishi bilan undan portlovchi modda — qalldiroq kumush (Ag_3N) hosil bo'lishi mumkin;

15. Singan probirka siniqlari va qog'oz parchalarini maxsus idishlarga tashlash lozim;

16. Laboratoriya mashg'uloti tugagach, har bir talaba idishlarni yuvishi, ish stollarini tartibga solishi, gaz va vodoprovod jo'mraklarini berkitishi, elektr asboblarning o'chganligini tekshirishni unutmasligi lozim. Reaktivlarni maxsus belgilangan joylarga qo'yib, ish joyingizni laborantga topshiring.

Har bir talaba kimyo laboratoriyalarida ishlash texnika xavfsizligi qoidalarini o'rganganidan keyin, labo-

ratoriya ishlarini bajarishga qo'yiladi. Shuni esda tutish kerakki, kimyoviy laboratoriyalarda ishlash: alohida e'tibor, tartib, bilim va ishchanlikni talab etadi. Bular albatga, ishdagi yutuqlar mezonidir.

1.3. BIRINCHI YORDAM KO'RSATISH

1. Agar teriga konsentrlangan biror bir kislota sach-rasa, darhol u yerni ko'p miqdordagi suv bilan yuvib, jarohatlangan joyga kaliy permanganatning 3 % li eritmasi shimdirilgan paxta qo'yilishi zarur;

2. Agar teriga ishqor sachragan bo'lsa, o'sha joy, avval suv bilan yaxshilab yuviladi, so'ngra kaliy permanganatning 3 % li eritmasi yoki tanninning spirtli eritmasi shimdirilgan paxta qo'yib bog'lash lozim;

3. Agar ko'zga kislota yoki ishqor sachragan bo'lsa, ko'zni yaxshilab suv bilan yuvish, so'ngra darhol shifokorga murojaat qilish kerak;

4. Agar teriga issiq buyum, masalan, issiq shisha, issiq metall tegib kuydirsa, kuygan joyni kaliy permanganatning 3 % li eritmasi yoki tanninning spirtli eritmasi bilan yuvib, so'ngra maz surkash zarur;

5. Fosfor ta'siridan kuyganda o'sha joyga mis (II) sulfatning 2 % li eritmasi bilan ho'llangan paxta qo'yib bog'lash kerak.

6. Xlor, brom, vodorod sulfid va is gazi bilan zaharlangan bemorni darhol ochiq havoga chiqarib, shifokorga murojaat qilish kerak.

7. Reaktivlar bilan kishi organizmi og'iz orqali zaharlansa, ko'p suv ichish lozim. Metallarning tuzlari bilan zaharlanganda sutli mahsulotlar ichish yoki tuxum yutish kerak. Yod ta'sirida zaharlanganda choy, kofe yoki soda eritmasi, ishqor bilan zaharlanganda sirka yoki limon kislotaning 2 % li eritmasidan bir stakan, kislotalardan zaharlanganda 2 % li soda eritmasidan bir stakan ichish kerak.

8. Kuyganda va zaharlanganda hamma vaqt zarar ko'rgan kishiga birinchi yordam berilgach, darhol tibbiyot muassasalariga murojaat qilish lozim.

Xromatli aralashma tayyorlash

1-usul. Hajmi 200 ml li kolbaga 150 ml konsentrlangan sulfat kislota quyiladi va uning ustiga 25 g maydalangan kaliy bixromat solinadi. Hosil bo'lgan aralashma chayqatilib, eriguncha qoldiriladi. Bir sutkadan so'ng, eritma qoramtir to'q-sariq rangga kiradi. Xromatli aralashmani ishlatishdan oldin 45—50°C gacha isitib olish kerak. Agarda xromatli aralashmaning rangi to'q-yashil tusga kirib qolgan bo'lsa, uni ishlatishning foydasi yo'q.

2-usul. 1000 ml distillangan suvda 100 g tozalanmagan kaliy bixromat eritiladi, so'ngra ustiga asta-sekin 100 ml konsentrlangan sulfat kislota quyiladi.

Xromatli aralashmani ishlatishda quyidagilarga e'tibor berish kerak: xromatli aralashma tayyorlash va u bilan idishlarni yuvishda qo'lga rezina qo'lqop kiyib olish kerak, aks holda xromatli aralashma terini kuydiradi; og'iz bilan pipetkaga xromatli aralashmani so'rib olmaslik kerak; kislota quyilgan xromatli aralashmaga suv quymaslik kerak.

1.4. LABORATORIYADA ISHLATILADIGAN ASBOB-USKUNALAR

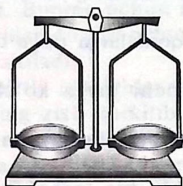
Talabalar mashg'ulotga kelgunga qadar, laborant har bir mashg'ulot uchun kerakli asbob va idishlarni laboratoriya stollari ustiga tayyorlab qo'yishi kerak.

Laboratoriyada qo'llaniladigan asboblari: **umumiy** va **yakka holda** foydalanish uchun mo'ljallangan asboblarga bo'linadi. Umumiy foydalanish uchun mo'ljallan-

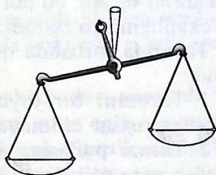
gan asboblarga: tarozilar, qizdirish va quritish asboblari, havo so'rg'ich nasoslar va boshqalar kiradi. Bu asboblar laboratoriyada doimiy saqlanadi va ulardan talabalar butun o'quv yili davomida foydalanadi.

Yakka holda foydalanish asboblariga: isitgichlar, spirt lampasi, elektr plitalari, probirka saqlanadigan shtativlar, temir shtativlar, chinni idishlar va boshqalar kiradi. Bu asboblar talabaga kerakli miqdorda laborant tomonidan beriladi.

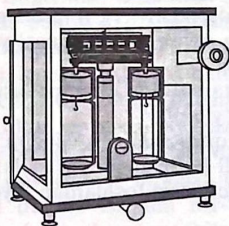
Tarozi va tarozida tortish. Tarozi kimyo laboratoriyasi uchun juda zarur asbobdir, chunki laboratoriyada olib boriladigan ko'pgina tajribalar aniqlikni talab qiladi. Shuning uchun moddalar katta aniqlik bilan tortiladi. Shu sababli, laboratoriyada ishlovchi har bir kishi tarozini ishlata bilishi kerak. Tarozilar har xil ko'ri-



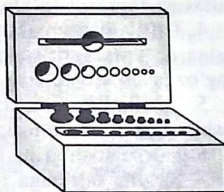
a)



b)



d)



e)



1-rasm. Tarozilar: a) texnik-kimyoviy tarozi; b) dorixona tarozisi; d) analitik tarozi; e) tarozi toshlari.

nishda bo'lib, ularning quyidagi turlari ko'p ishlatiladi: texnik-kimyoviy tarozi, dorixona tarozisi (0,01 g aniqlik bilan), savdo tarozilari (1—2 g aniqlik bilan), analitik makro- va mikro ($\pm 0,00001$ g aniqlik bilan) tarozilar (1-rasm).

Tarozi aniq tortadigan asbobdir, shuning uchun u bilan juda ehtiyot bo'lib ishlash lozim. Har qaysi tarozining o'z toshlari bo'ladi. Texnik-kimyoviy, dorixona va analitik tarozilarda ishlatiladigan toshlar g'ilofli qutichalarga solingan bo'lib, ularni olish uchun maxsus qisqichlardan foydalaniladi. Tarozi biror moddani tortishdan oldin, uning to'g'ri ishlashini va to'g'ri natija berishini tekshirib ko'rish kerak.

Tarozi to'g'ri o'rnatilgan va to'g'ri ishlayotgan bo'lsa, mili darajaning o'rtasidagi belgidan chap va o'ng tomonga baravar og'adi, bu hol tarozi pallalarining muvozanatda ekanligini ko'rsatadi.

Tarozi tortishda quyidagi qoidalarga rioya qilish kerak:

1. Tarozi bir joydan ikkinchi joyga ko'chirib yurishga ruxsat etilmaydi;

2. Tarozi pallasiga issiq, ho'l va iflos narsalarni qo'yish man etiladi;

3. Tortiladigan reaktiv va har bir toshni tarozi pallasiga tarozini to'xtatib so'ngra qo'yish kerak;

4. Tortiladigan reaktivni to'g'ridan-to'g'ri tarozi pallasiga qo'ymasdan: stakancha, byuks, soat oynasi yoki qog'ozga qo'yib tortish kerak;

5. Tortiladigan reaktivlar tarozining chap pallasiga, toshlar esa o'ng pallasiga qo'yiladi;

6. Tarozi toshlarini faqat qisqichda olish lozim;

7. Birgina tajribaga tegishli bo'lgan tortish ishlarini faqat bitta tarozida va bir qutichadagi toshlardan foydalanib bajarish kerak;

8. Tortish vaqtida tortilayotgan moddaning og'irligiga qarab, tarozi pallasiga tartib bilan avvalo katta toshlar, so'ngra kichikroq toshlarni qo'yish zarur;

9. Toshlarini tarozi pallasidan olgandan so'ng, tezda ularni o'z joyiga qo'yish kerak;

10. Har bir ish oldidan toshlar va tarozining aniq-ligini tekshirishni unutmang;

11. Ish tugagandan keyin tarozi va toshlarni tekshi-rib, tarozi pallalarini qo'zg'almas holatga keltirib, laborantga topshiring.

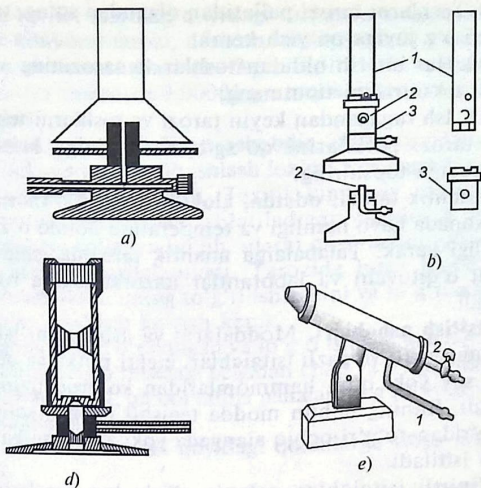
Analitik tarozi, odatda, alohida xonaga o'rnatiladi. Bu xonada havo namligi va temperatura doimo o'zgar-masligi kerak. Talabalarga analitik tarozida ishlashga faqat o'qituvchi va laborantlar nazoratidagina ruxsat etiladi.

Isitish asboblari. Moddalarni va asboblarni isitish uchun spirtli va gazli isitgichlar, elektr plitka va pech-lar, suv yoki qum hammomlaridan ko'proq foydala-niladi. Buning uchun modda tegishli idishga solinib, to'g'ridan-to'g'ri ochiq alangada yoki asbest setka us-tida isitiladi.

Spirtli isitgichlar, odatda shishadan yasaladi va ularning zich berkitib turadigan qopg'og'i, paxtadan tayyorlangan piligi bo'ladi (2-rasm). Spirtli isitgichlar uncha issiq alanga bermaydi, shuning uchun ular kam ishlatiladi. Laboratoriyada, odatda, Teklyu va Bunzen gaz isitgichlari ishlatiladi (3-rasm). Lekin ba'zi maxsus ishlar uchun «kavsharlash isitgichi», Makker isitgichi va «kavsharlash naylari» ham qo'llaniladi. Bu isitgichlar ham, kavsharlash nayi ham metall naycha va metall taglikdan iborat. Taglikda yonaki nay-gaz kirish nayi bo'lib, u rezina nay vositasida gaz quvurlari jo'mragiga ulanadi. Har uchala isitgich bir-biridan havo beruvchi qismi bilan farq-lanadi. Bunzen isitgichida metall naychaning pastki qismidagi doira



2-rasm. Spirt lampasi.



3-rasm. Gaz isitgichlari:

a) Teklyu isitgichi; b) Bunzen isitgichi; 1 — nay; 2 — havo kirituvchi tuynuk; 3 — taglik; d) Mekker isitgichi; e) kavsharlash isitgichi.

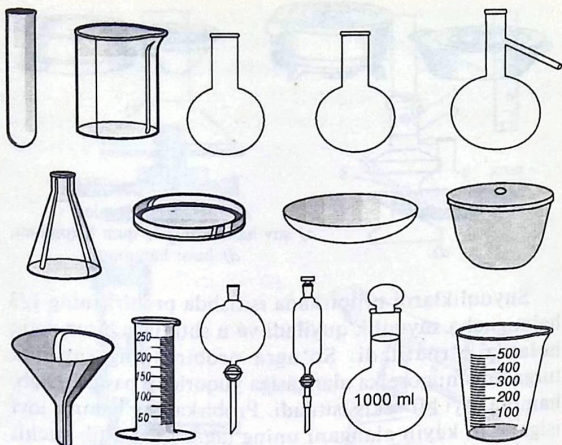
shaklidagi teshik orqali havo beriladi va havoning kelishi mufta orqali boshqarilib turiladi. Teklyu isitgichida mis nayning voronkasimon qismi bilan vintli disk orasida tirqish hosil bo'ladi va bu tirqish orqali isitgichga havo o'tadi, diskni burab tirqishni kengaytirish yoki toraytirish hamda isitgichga keladigan havoning miqdorini o'zgartirish mumkin. Har ikkala isitgichni yoqish uchun chaqilgan gugurt cho'pini isitgichning og'ziga tutib, gaz jo'mragini ochish kerak. Isitgichni o'chirish uchun esa jo'mrakni berkitish zarur, puflash aslo yaramaydi. Gaz isitgichlari taxta, paxta, parda va shunga o'xshash yonadigan buyumlarga yaqin bo'lmasligi kerak.



4-rasm. Hammomlar:
a) suv hammomi; b) qum hammomi;
d) havo hammomi.

Suyuqliklarni probirkada isitishda probirkaning $1/3$ hajmigacha suyuqlik quyiladi va u shtativga biroz yotiq holatda oʻrnatiladi. Soʻngra probirkaning suyuqlik turgan qismi gorelka alangasiga yuqoridan pastga qarab, hamma joyi bir tekis isitiladi. Probirkaning hamma joyi isigandan keyin alangani uning tagigagina tutib kuchli qizdiriladi. Suyuqliklarni yumaloq tubli kolbada isitishda ham xuddi probirkalarni isitish kabi ish bajariladi, faqat bunda shtativ halqasidagi kolba tagiga asbest toʻr qoʻyiladi. Moddalarni qattiq qizdirish kerak boʻlsa, chinni kosachalar va tigellardan foydalaniladi. Moddalarni maʼlum bir oʻzgarmas harorat (100°C orasida) da uzoq vaqt isitish uchun suv hammomi ishlatiladi (4-rasm). Yuqoriroq temperatura hosil qilish uchun hammomga suv oʻrniga qum yoki yogʻ yoki biror tuz (NaCl , CaCl_2) eritmasi solinadi. Havo hammomi konus shaklida boʻlib, ichki qismiga bir necha qavat asbest joylashtirilgan boʻladi. $600\text{--}1000^{\circ}\text{C}$ temperatura olish uchun mufel isitgichi deb ataluvchi elektr pechi ishlatiladi.

Kimyoviy idishlar va ular bilan ishlash. Kimyo laboratoriyalarida amaliy ishlarni bajarish uchun koʻp ishlatiladigan shisha idishlar jumlasiga; reaktiv saqlash uchun qoʻllaniladigan probirka, kimyoviy probirkalar, kimyoviy

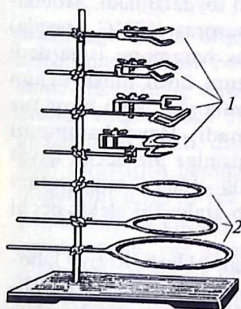


5-rasm. Laboratoriyada qo'llaniladigan shisha idishlar.

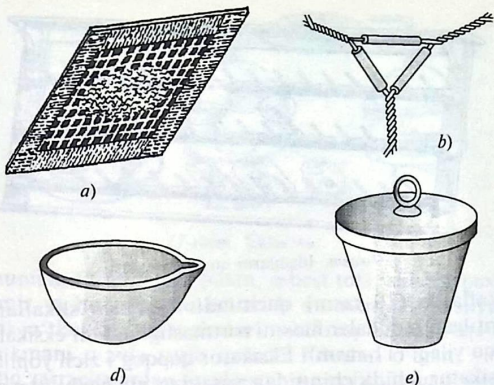
stakan, yassi va yumaloq tubli kolbalar, Vyurs kolbasi, konussimon kolba, kimyoviy, tomizgich va ajratgich voronkalari, o'lchov kolbalari, silindr va menzurkalar, pipetka va byuretkalar, kristallizator, retortalar va boshqalar kiradi (5-rasm).

Laboratoriya sharoitida eritmalarini saqlash uchun: moslashtirilgan maxsus yog'ochli shtativlar, idishlarni mahkamlab qo'yish uchun halqali va qisqichli metall shtativlar (6-rasm) ham ishlatiladi.

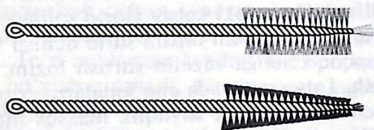
6-rasm. Laboratoriya shtativi:
1 — qisqichlar; 2 — tagliklar.



Shisha idishlar qizdirilganda sinmasligi uchun as-



7-rasm: a) asbestlangan to'r; b) chinni nayli uchburchak;
d) chinni kosacha; e) chinni tigel.

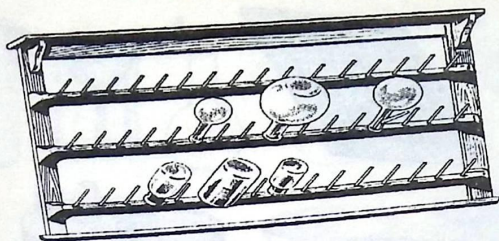


8-rasm. Yuvish shcho'tkalari.

best to'rdan, qattiq moddalarni yuqori temperaturada qizdirish lozim bo'lsa, chinni tigellardan foydalaniladi (7-rasm). Ular simga chinni nay kiygizilgan uchburchaklarning ustiga qo'yiladi.

Tajriba uchun ishlatiladigan barcha idishlar maxsus shcho'tkalari (8-rasm) yordamida suv bilan yuvilib, so'ng distillangan suvda chayiladi. Idishlar juda iflos bo'lsa, xrom aralashmasi bilan yuviladi.

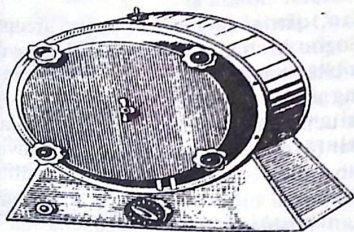
Yuvilgan idishlarni quritish taxtachasida (9-rasm) tezroq quritish kerak bo'lsa, elektr toki bilan isitiladigan



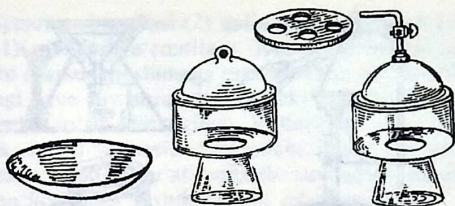
9-rasm. Idishlarni quritish taxtasi.

shkaflarda (10-rasm) quritiladi. Quritish shkaflarida quritilgan moddalar havoni tortmasligi uchun eksikator-ga qo'yiladi (11-rasm). Eksikator qopqog'i zich yopiladi. Eksikator ichida chinnidan yasalgan bir nechta teshik-chasi bo'lgan taqsimcha bo'lib, quritiladigan moddalar biror idishga solinib, shu taqsimcha ustiga qo'yiladi. Eksikator tagiga namlikni yutuvchi moddalar: konsentr-langan sulfat kislota yoki kalsiy xlorid solingan bo'ladi. Eksikatorning qopqog'ini ohista surib ochish va yopish kerak. Qopqoq chetiga vazelin surtish lozim.

Filtrlash. Laboratoriyada cho'kmalarni eritmalardan ajratish uchun cho'kmali suyuqlik maxsus filtr qog'oz orqali filtrlanadi. Ko'pincha, bu maqsad uchun chinni voronkalar, ya'ni Byuxner voronkasidan foydalaniladi.



10-rasm. Quritish shkafi.

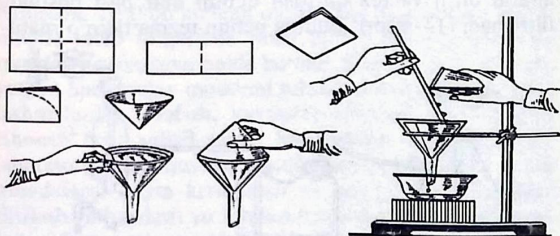


11-rasm. Eksikator.

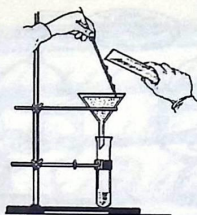
Umuman, filtr sifatida paxta, asbest tola, shisha, paxta, ko'mir va hokazolarni ishlatish mumkin. Filtr suyuqlikni o'tkazib, zarrachalari yirikroq bo'lgan qattiq cho'kmani o'zida tutib qoladi. Filtrdan o'tgan, ya'ni qattiq zarrachalardan tozalangan suyuqlik *filtrat* deyiladi.

Filtr qog'ozdan foydalanishda, avval qog'ozdan voronka shaklida oddiy va burma filtrlar tayyorlanib, ular shisha voronkaga o'rnatiladi (12-rasm).

Filtr tayyorlash uchun kvadrat shaklidagi bir varaq filtr qog'ozi olinadi. U oldin ikkiga, so'ngra to'rtga buklanadi. To'rt buklangan kvadratning burchagi qaychi bilan yoy bo'ylab qirg'iladi, filtr qog'ozining bir qavat qolgan uch qavatidan barmoq bilan ajratilib konus hosil qilinadi. Yasalgan filtr voronkaga jips yopishib turadigan qilib joylashtiriladi va u biroz miqdorda suv bilan



12-rasm. Filtr tayyorlash.

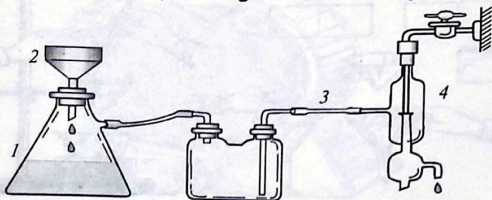


13-rasm. Issiq filtrlash uchun elektr toki va gaz bilan isitiladigan voronkalar.

ho'llanadi. Filtr qog'ozining chetlari voronka chetlaridan kamida 0,5 sm past bo'lishi, qog'oz bilan shisha voronka orasida hech qanday havo qolmasligi lozim. Burma filtr tez filtrlash kerak bo'lgan hollarda ishlatiladi. Filtrlash vaqtida voronka shtativ halqasiga o'rnatiladi. Suyuqlik voronkaga shisha tayoqchadan oqizib qo'yiladi. Voronkani o'rnatganda uning uchi filtrat yig'iladigan idish devoriga tegib turishi kerak.

Moddalarni qayta kristallash zarur bo'lgan hollarda to'yingan eritmalarini qaynoq holda filtrlash zarur. Buning uchun elektr toki yoki suv bilan isitiladigan maxsus voronkalardan foydalaniladi (13-rasm).

Suyuq muhitda hosil qilingan cho'kma moddalarni ajratib olish va tez quritish uchun ular past bosimda filtrlanadi (14-rasm). Buning uchun rezina tiqin o'rnatil-



14-rasm. Past bosimda filtrlash.

gan Byuxner voronkasi (2) qalin devorli Bunzen kolbasiga (1) mahkam o'rnatiladi. Kolba esa havoni so'rib oluvchi maxsus moslamaga tutashtirilgan bo'ladi. Kolba ichidagi havo suv oqimi nasosi yoki vakuum nasosi (4) yordamida so'rib olib turiladi. Kolba bilan nasos orasiga albatta, to'siq vazifasini bajaruvchi shisha (3) qo'yilishi kerak, chunki ba'zi hollarda suv oqimi nasosdan Bunzen kolbasiga tushib ketishi mumkin.

Cho'kmaning miqdoriga qarab, Byuxner voronkasi tanlanadi. Byuxner voronkasining tubiga doira shaklidagi ikki qavat filtr qog'oz qo'yiladi va u distillangan suv bilan namlanadi. Filtrlashdan oldin kolba nasosdan ajratiladi va voronkaga shisha tayoqcha orqali cho'kma quyiladi. Kolba nasosga ulanib, nasos ishga tushiriladi. Kolbaga suyuqlik tomchilarining tushishdan to'xtagandan keyin filtrlash to'xtatiladi. Kolba avval saqlagich idishdan ajratiladi, so'ngra nasos jo'mragi berkitiladi.

1.5. MODDALARNI TOZALASH VA QAYTA KRISTALLASH USULLARI

Biror modda sintez qilinayotganda reaksiyon aralashmada ko'pincha boshqa birikmalar — sintez uchun olingan moddalarning reaksiyaga kirishmay qolgan qismi, reaksiyani olib borishda ishlatilgan erituvchi, reaksiya natijasida hosil bo'ladigan oraliq yoki olinayotgan asosiy modda bilan birgalikda hosil bo'layotgan qo'shimcha moddalar aralashgan holda bo'ladi. Shuning uchun olinayotgan har qanday moddani tekshirishdan oldin uni aralashmalardan ajratish, yaxshilab tozalash va tozaligiga ishonch hosil qilish zarur. Moddalarni tozalash uchun laboratoriyalarda quyidagi usullar keng qo'llaniladi: qattiq moddalarni qayta kristallash va bug'latish, suyuqliklar filtrlash va haydash yo'li bilan tozalanadi. Gazlarni tozalash uchun asosiy moddadagi qo'shimcha moddalarni turli kimyoviy reagentlarga yuttirish usuli qo'llaniladi.

Moddaning tozalik darajasini aniqlashda *fizik va kimyoviy analiz usullaridan* foydalaniladi. Solishtirma og'irlikni o'lchash, qaynash temperaturasi aniqlash, sindirish ko'rsatkichini o'lchash va qattiq moddalarning suyuqlanish temperaturasi topish kabi ishlar fizik usullar yordamida bajariladi. Kimyoviy usullar yordamida esa moddalarning reaksiyaga kirishishini tekshirish va ularni sifat hamda miqdoriy jihatdan tekshirib, tarkibi aniqlaniladi.

Qattiq moddalarni tozalashda qayta kristallash va sublimatlash usullari keng qo'llaniladi.

Qayta kristallash — biror qattiq moddani ma'lum bir erituvchida qaynoq holda eritib, sovitilganda asosiy moddaning aralashmalardan tozalanib, yana qattiq holga o'tishidir. Moddalarni kristallashda erituvchilarni tanlash katta ahamiyatga ega. Ko'pincha erituvchi sifatida suv ishlatiladi. Suvda moddaning eruvchanligi temperatura o'zgarishi bilan o'zgaradi. Modda biror erituvchida yaxshi erib, ikkinchisida yomon erisa, bunday holatlarda bu erituvchilarning ma'lum nisbatdagi aralashmalari ishlatiladi. Erituvchi sifatida ishlatilayotgan aralashmalar bir-biri bilan har qanday nisbatda ham aralashishi kerak (masalan, spirt-suv, spirt-atseton). Temperatura pasayganda esa eruvchanligi tez kamayadigan moddalar (masalan, $K_2Cr_2O_7$, KNO_3 , $CuSO_4$) ni qaynoq eritmani sovitish orqali qayta kristallash mumkin. Agar moddaning eruvchanligi temperatura o'zgarganida kam o'zgarsa (masalan, $NaCl$), u holda eritma, avval bug'latilib, keyin sovitiladi.

Qayta kristallab olingan moddada chet qo'shimchalar miqdori dastlabki moddadagiga nisbatan ancha kamayib qoladi. Chunki modda to'yingan eritmasidan qayta kristallga tushiriladi va bu eritma begona qo'shimchalarga nisbatan to'yinmagan bo'ladi. Agar temperatura sekinlik bilan pasaytirib borilsa, yirik kristallar ajralib chiqadi, ammo bunda begona qo'shimchasi bor eritma ozgina bo'lsada kristallga tushadi. Agar eritma tez sovitilsa, mayda kristallar hosil bo'ladi va ularda begona

qo'shilmalar deyarli bo'lmaydi. Hosil bo'lgan kristallarni qo'r eritmalardan ajratib olish maqsadida odatda, filtrlash yoki kamaytirilgan bosimda (vakuumda) filtrlash usuli qo'llaniladi (14-rasm).

Misol. Qayta kristallash natijasida 30 g toza KNO_3 olish uchun qancha toza bo'lmagan tuz va qancha suv olish kerak? Bunda qayta kristallash 25°C bilan 70°C orasida amalga oshirilgan.

Yechish. Eruvchanlik jadvalidan foydalanib (ilova, 1-jadval) KNO_3 ning eruvchanliklari 25°C da 37,9 g va 70°C da 137,5 g ekanligi aniqlanadi. Demak, 80°C da 100 g suvda 137,5 g KNO_3 eriydi. Eritma 80°C dan 20°C ga qadar sovitilganda $137,5 - 37,9 = 99,6$ g KNO_3 ajralib chiqadi. Shunga asoslanib, 30 g toza KNO_3 olish uchun necha gramm tozalanmagan kaliy nitrat olish zarurligini hisoblab topamiz:

$$\begin{array}{ll} 137,5 \text{ g kaliy nitratdan} & - 99,6 \text{ g } \text{KNO}_3 \\ x \text{ g kaliy nitratdan} & - 30 \text{ g } \text{KNO}_3 \end{array}$$

$$\frac{137,5}{x} = \frac{99,6}{30}, \quad x = \frac{137,5 \cdot 30}{99,6} = 41,4 \text{ g}.$$

Endi 41,4 g kaliy nitrat tuzining to'yingan eritmasini tayyorlash uchun kerak bo'ladigan suvning hajmini topamiz:

$$\frac{137,5}{100} = \frac{41,4}{x}, \quad x = \frac{100 \cdot 41,4}{137,5} = 30,1 \text{ g}.$$

Demak, 30 g toza kaliy nitrat olish uchun 41,4 g tozalanmagan kaliy nitratni 30,1 g suvda eritish zarur.

1-tajriba. Kaliy nitratni qayta kristallash

Dastlab, texnik tarozida 41,4 g tozalanmagan kaliy nitrat tuzi tortib olinadi va u kimyoviy stakanga solinadi. O'lchov silindri yordamida 30,1 ml suv o'lchab olinib,

tuz solingan stakanga quyiladi. Stakandagi eritma yaxshilab aralashtirilib, asbest to'r qo'yilgan metall shtativga mahkamlanadi va u past olovda qaynaguncha qizdiriladi. Qizdirish davomida eritmani muntazam ravishda shisha tayoqcha bilan aralashtirib turish lozim. Agar hosil qilingan eritmada erimay qolgan moddalar bo'lsa, ular issiq holda filtrlash voronkalarida (13-rasm) o'rnatilgan burma filtr orqali boshqa stakanga filtrlab olinadi. Eritmani uzluksiz ravishda aralashtirib turib, filtrat 25°C ga qadar sovutiladi, so'ngra muz ichiga qo'yib, eritma harorati 0°C ga yetkaziladi. Eritmadan tushgan kristallarni Byuxner voronkasida past bosimda (vakuumda) filtrlanadi (14-rasm). So'ngra, filtr qog'ozidagi tuz kattaroq filtr qog'oziga olinadi va filtr qog'oz buklanib, ohista bosiladi. Bunda tuzda qolgan namlar filtr qog'oziga o'tadi. Bu jarayon tuzdagi namlik tugaguncha takrorlanadi. Tuz qurigan bo'lsa, u texnik-kimyoviy tarozida tortiladi va uning miqdori nazariy jihatdan hisoblangan miqdorga nisbatan foizlarda hisoblanadi.

2-tajriba. Ammoniy xloridni tozalash

50 ml suvga kerakligicha ammoniy xlorid solib, 60°C da to'yingan eritma tayyorlanadi. Bunda, 100 g suvda va 60°C da 53,94 g NH_4Cl eriydi, ya'ni to'yingan eritmada 35 % NH_4Cl bo'ladi. Eritma qaynagunga qadar qizdiriladi va issiq voronka orqali filtrlanadi. So'ngra filtratni chinni kosachaga olib, eritmaning yarmi qolguncha suv hammomida bug'latiladi. Shundan so'ng, chinni kosacha muz solingan boshqa idishga tushiriladi. Ma'lum vaqtdan keyin eritmadan kristallar ajralib chiqib boshlaydi. Ular eritmadan yuqoridagidek filtrlab ajratib olinib, quritiladi. So'ngra esa texnik tarozida uning og'irligi tortiladi va uning miqdori tozalash uchun olingan dastlabki tuzning necha foizini tashkil etishi hisoblab topiladi.

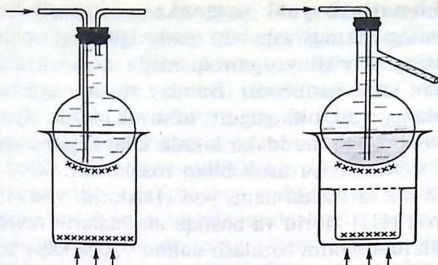
Sublimatlash yoki vozgonka — kristall holdagi moddaning maxsus asbobda qizdirilgandagi uchishi va asbobning sovitilayotgan qismida kondensatlanib, qaytadan kristallanishidir. Bunday xossaga ega bo'lgan moddalarga: yod, oltingugurt, mishyak oksidi, alyuminiy xlorid va boshqa moddalar kiradi. Ular begona moddalardan sublimatsiya usuli bilan tozalanadi.

Yod o'z tarkibida nam, yod (I) xlorid, yod (I) bromid, yod (III) xlorid va boshqa moddalarni tutadi. Bu moddalardan yodni tozalash uchun yodga kaliy yod bilan kalsiy oksidi qo'shiladi va vozgonka usuli (quruq haydash) bilan yod tozalanadi.

1-tajriba. Yodni vozgonka (quruq haydash) usuli bilan tozalash

Texnik-kimyoviy tarozida 0,5 g kalsiy oksidi, 0,1 g kaliy yodid va 1,0 g yod tortib olinadi (yodda qo'shimcha holda JCl, JBr va hokazolar bo'lishi mumkin). Tortib olingan moddalarni bitta kimyoviy stakanga solib, stakan og'zi tubi yumaloq sovuq suvli kolbacha bilan berkitiladi (15-rasm). Stakan asbest to'r ustiga qo'yilib, gaz isitgichining past alangasida ehtiyotkorlik bilan qizdiriladi. Sovuq suvli kolba devorlarida sublimatlangan yod kristallari hosil bo'ladi, natijada hosil bo'lgan yod kristallari yig'ib olinib, texnik-kimyoviy tarozida tortiladi va necha foiz yod sublimatlanganligi hisoblab topiladi.

Kam miqdordagi moddalar quyidagicha sublimatlanadi: tozalanadigan moddani soat oynasiga solib, bir necha joyidan teshilgan filtr qog'ozi bilan berkitiladi, filtr qog'ozi yana soat oynasi yoki diametri bu oynachadan biroz kichikroq bo'lgan voronka bilan berkitiladi. Pastki soat oynasi asta-sekin asbest to'rida gaz alangasida qizdiriladi. Yuqoridagi sovuq soat oynasida yoki voronkada modda kristallana boshlaydi, filtr qog'ozi esa

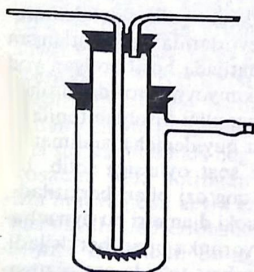


15-rasm. Moddalarni sublimatlash yo'li bilan tozalash.

kristallarning qaytib tushmasligi uchun to'siq vazifasini bajaradi.

Agar sublimatsiya qilinadigan modda kamroq uchuvchan bo'lsa, bunda sublimatsiyani tezlatish uchun jarayon vakuumda olib boriladi (16-rasm).

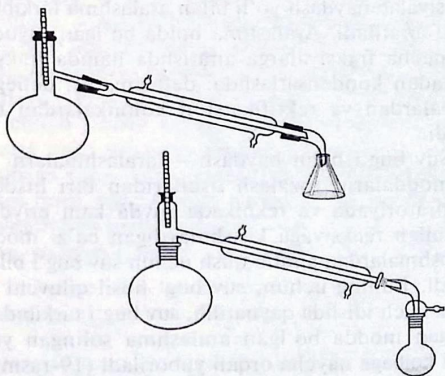
Suyuqliklarni haydash. Suyuqlik molekullari doimo harakatda bo'ladi, lekin molekullarning harakat tezligi bir-biridan farq qiladi. Suyuqlikning bug'lanishi temperaturaga bog'liq. Shu sababli, suyuqliklar qizdirilganda ularning temperaturasi va bug' bosimi ortadi. Bu jarayon suyuqlik sirtidagi bug' bosimi tashqi bosim (atmosfera bosimi) bilan tenglashguncha davom etadi. Bunda temperatura ham ma'lum darajagacha (qaynash temperaturasigacha) ko'tariladi va suyuqlik qaynaydi. Modda qaynagandan so'ng, isitish davom etsa ham suyuqlik temperatura-sining ortishi to'xtamaydi



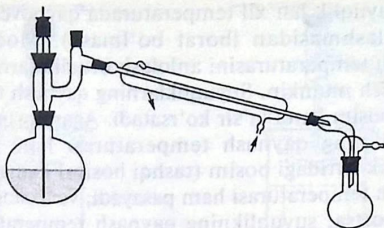
16-rasm. Vakuumda sublimatsiya qilish asbobi.

(agar suyuqlik har xil temperaturada qaynovchi moddalar aralashmasidan iborat bo'lsa). Moddalarning qaynash temperaturasini aniqlash orqali ularning tozaligini bilish mumkin. Suyuqliklarning qaynash temperaturasiga bosim katta ta'sir ko'rsatadi. Agar bosim o'zgarsa, suyuqlikning qaynash temperaturasi ham o'zgaradi. Suyuqlik sirtidagi bosim (tashqi bosim) kamaysa, uning qaynash temperaturasi ham pasayadi, va aksincha, tashqi bosim ortsa, suyuqlikning qaynash temperaturasi ham ortadi. Bu hodisalardan laboratoriyada olib boriladigan amaliy mashg'ulotlarni o'tkazish paytida foydalaniladi.

Suyuqliklarni tozalash va ajratib olishda haydash usuli keng qo'llaniladi. Haydash ko'pincha, suyuq moddalarni ular bilan aralashgan moddalardan tozalash yoki har xil qaynash temperaturasiga ega bo'lgan suyuq moddalar aralashmalarini bir-biridan ajratish uchun ishlatiladi. Moddalarni haydashdan oldin, ulardagi namlikni yo'qotish lozim. Haydalayotgan modda barqaror bo'lib, u qaynash temperaturasigacha parchalanmasa, bunday hollarda haydash oddiy sharoitda olib boriladi (17-rasm).



17-rasm. Oddiy sharoitda haydash.

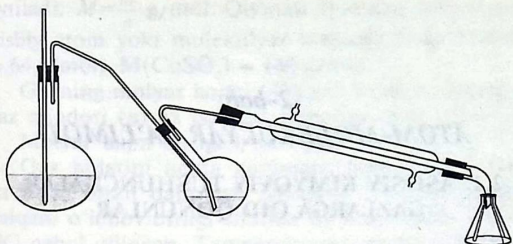


18-rasm. Vakuumdahaydash asbobi.

Har qanday moddani oddiy sharoitda haydab bo'lmaydi. Ba'zi moddalar yuqori temperaturada parchalanib ketishi mumkin. Shuning uchun bunday holatlarda haroratni pasaytirish maqsadida, vakuumdan foydalaniladi (18-rasm). Yuqori temperaturada qaynaydigan moddalar ko'pincha vakuumda haydaladi.

Aralashmani haydab, turli haroratda qaynaydigan suyuqliklarni alohida-alohida idishlarga yig'ib olish usuli fraksion yoki maydalab haydash usuli deb ataladi. Qayta fraksiyalab haydash yo'li bilan aralashma tarkibiy qismlarga ajratiladi. Aralashma holda bo'lgan suyuqliklarni bir necha fraksiyalarga ajratishda hamda fraksiyalarni qaytadan kondensatlashda: deflegmator, deflegmatorli kolbalardan va rektifikatsion kolonkalardan foydalaniladi.

Suv bug'i bilan haydash — aralashmalarni ajratish va moddalarni tozalash usullaridan biri hisoblanadi. Laboratoriyada va texnikada suvda kam eriydigan va suv bilan reaksiyaga kirishmaydigan ba'zi moddalarni aralashmalardan ajratib olish uchun suv bug'i bilan haydaladi. Buning uchun, suv bug' hosil qiluvchi maxsus qaynatgich idishda qaynatilib, suv bug'i tarkibida ajratiladigan modda bo'lgan aralashma solingan yumaloq tubli kolbaga naycha orqali yuboriladi (19-rasm). Biror aralashmaga suv bug'i yuborilganda, aralashma qaynab,



19-rasm. Suv bug'i bilan haydash asbobi.

suv bug'i kerakli moddalarni bug' holida o'zi bilan birga olib ketadi; bunda bug'lar sovitgichda kondensatlanib, yig'uvchi idishga yig'iladi. Suv bug'i bilan haydash orqali ko'pgina murakkab moddalarni (organik moddalarni) aralashmalardan ajratish va tozalash mumkin.

Shuni ta'kidlash lozimki, moddalarni haydash orqali tozalash usullarida kolbadagi suyuqlik bir me'yorda qaynashi uchun unga bir uchi kavsharlangan kapilyar shisha naychalar yoki mayda g'ovak qaynatgich materiallar (chinni, sopol bo'lakchalari) solinadi. Kapilyardagi havo bug' hosil bo'lishini osonlashtirib, suyuqliklarning ortiqcha qizib va sachrab ketishiga yo'l qo'ymaydi. Bunda naychalarning kavsharlangan qismi suyuqlik yuzidan chiqib turishi kerak. Agar haydash uzoq vaqt davom etsa yoki to'xtatib davom ettiriladigan bo'lsa, unda kolbaga yana yangi naychalar yoki qaynatgichlar suyuqlikni biroz sovitib turib solinadi, aks holda shiddatli qaynash yuz berib, suyuqlikning bir qismi sachrab ketishi va yong'in chiqishi mumkin.

2-bob

ATOM-MOLEKULAR TA'LIMOT

2.1. ASOSIY KIMYOVIY TUSHUNCHALAR. GAZLARGA OID QONUNLAR

Kimyoda modda massasi va modda miqdori degan tushunchalar bir-biridan farqlanadi. Moddaning massasi: gramm, kilogramm, tonna kabi birliklarda ifodalanadi. SI sistemasida massa birligi sifatida kilogramm qabul qilingan.

Modda miqdori: molekulalar, atomlar, ionlar va boshqa zarrachalarning soni bilan ifodalanadi. SI sistemasida modda miqdorining birligi sifatida mol qabul qilingan.

Mol — 0,012 kg (12 g) uglerodda nechta uglerod atomi bo'lsa, tarkibidagi shuncha zarrachalar (atom, molekula, ion, elektron va boshqalar) bo'lgan modda miqdoridir. 0,012 kg uglerod (^{12}C) da $6,02 \cdot 10^{23}$ ta atom bor. Bu kattalik Avogadro soni deyiladi: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Shuningdek, nisbiy atom massa, nisbiy molekulyar massa, molyar massa, molyar hajm kabi tushunchalarni ham farqlay olish lozim.

Elementning nisbiy atom massasi A_r deb, berilgan element atomining o'rtacha massasini uglerod (^{12}C) atomi massasining 1/12 qismiga nisbatiga teng bo'lgan kattalikka aytiladi.

Moddaning nisbiy molekulyar massasi M_r deb, berilgan modda molekulasi o'rtacha massasini uglerod (^{12}C) atomi massasining 1/12 qismiga nisbatiga teng bo'lgan kattalikka aytiladi.

Molyar massa (M) deb modda massasining (m) uning miqdoriga (n yoki ν) nisbatiga teng bo'lgan kattalikka

aytiladi: $M = \frac{m}{n}$ g/mol. Qiymati jihatidan molyar massa nisbiy atom yoki molekulyar massaga teng: $M(\text{Cu}) = 64$ g/mol; $M(\text{CuSO}_4) = 160$ g/mol.

Gazning molyar hajmi (V_m) gaz hajmi (V) ning shu gaz miqdori (n) ga bo'lgan nisbatiga teng: $V_m = \frac{V}{n}$.

Molyar hajm birligi l/mol yoki m^3/mol .

Gaz holatini uchta parametr: temperatura, bosim va hajm bilan baholash mumkin. Temperaturaning xalqaro o'lchov birligi sifatida SI sistemasida 1 Kelvin (K) qabul qilingan. Temperaturani amaliy o'lchashda, Selziy ($^{\circ}\text{C}$) darajalaridan foydalaniladi.

Kelvin shkalasi bilan Selziy shkalasi o'rtasida $T = 273 + t$ bog'lanish mavjud.

Gazlarning bosimi SI sistemasida Paskal bilan ifodalanadi. 1 Paskal (Pa) 1 m^2 sirtga 1 Nyuton (1H) kuch ta'sir ettirilganda namoyon bo'ladigan bosimni ko'rsatadi:

$$P = 1 \text{ N} / 1 \text{ m}^2 = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa}$$

$1000 \text{ Pa} = 1$ kilopaskal.

SI sistemada hajmni o'lchash uchun m^3 qabul qilingan. Kimyo sohasida litr (1 dm^3), millilitr (1 sm^3) lardan ham foydalaniladi.

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Normal sharoitda gazlarning temperaturasi 0°C (yoki 273 K) ga, bosim 101325 Pa ga teng. Normal sharoitda gazlar hajmi V_0 bilan belgilanadi.

Ishlab chiqarish sharoitida past bosim va yuqori temperatura namoyon bo'lsa, gazlar bilan olib boriladigan hisoblashlarda ideal gaz qonunlaridan foydalanish mumkin.

1. Boyle-Mariott qonuniga muvofiq, o'zgarmas gaz temperaturasida ma'lum miqdordagi gaz bosimi uning hajmiga teskari proporsional bo'ladi:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \text{ yoki } PV = \text{const}$$

2. Gey-Lyussak (Sharl) qonuniga muvofiq, o'zgarmas hajmda gaz bosimi mutlaq temperatura (T) ga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ yoki } \frac{V}{T} = \text{const}$$

Shuningdek, o'zgarmas hajmda gaz bosimi mutlaq temperaturaga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ yoki } \frac{P}{T} = \text{const}$$

3. Agar o'zgarmas gaz massasining hajmi ham temperaturasi ham, bosimi ham o'zgarsa, bu uch parametrlar o'rtasidagi bog'lanish Klapeyron tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$$

P va V — gazning ma'lum temperaturadagi bosimi va hajmi; P_0 va V_0 — normal sharoitdagi bosim va hajm.

Odatda, bu tenglamadan gazlarning normal sharoitdagi hajmini hisoblashda foydalaniladi:

$$V_0 = \frac{PVT_0}{P_0T}$$

1 mol har qanday gaz uchun $\frac{P_0V_0}{T_0} = R$ qiymat o'zgarmas bo'lib, u *gaz doimiysi* deyiladi. Bosim kPa da, hajm l da o'lchansa, R ning qiymati 8,314 Joul/K · mol, bosim mm simob ustunida o'lchansa, $R = 62,36 \frac{\text{mm} \cdot \text{sim.ust.}}{\text{K}} \cdot \frac{\text{V} \cdot \text{l}}{\text{mol}}$ bo'ladi. Bundan, Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi kelib chiqadi:

$$RV = nRT \text{ yoki } PV = \frac{m}{M} RT$$

Keyingi tenglamadan gazlarning yoki bug' holatiga oson o'tuvchi suyuqliklarning molekulyar massalarini hisoblashda foydalaniladi:

$$M = \frac{mRT}{PV}$$

Bunda modda massasi grammlarda (g), bosim kilopaskalda (kPa), hajm litr (l) da o'lchansa, R ning o'rniga 8,314 Joul/K · mol qiymat qo'yiladi. Modda massasi kilogramm (kg) da o'lchansa, hajm m³ da o'lchangan bo'lishi shart. Bosim mm sim. ust. da o'lchansa, R ning o'rniga 62,36 mm.sim.ust. l/K · mol qiymat qo'yiladi.

Gaz qonunlariga doir masalalar yechish

1-masala. Hajmi 500 ml bo'lgan gaz 30°C dan 65°C gacha qizdirilsa uning hajmi qanchaga o'zgaradi?

Yechish: $T_1 = 30 + 273 = 303 \text{ K};$
 $T_2 = 65 + 273 = 338 \text{ K}.$

Gey-Lyussak qonuniga ko'ra:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad V_2 = \frac{500 \cdot 338}{303} = 557,76 \text{ ml}.$$

2-masala. Ma'lum bir temperaturada hajmi 4 l bo'lgan gazning bosimi 93,5 kPa ni tashkil etsa va shu gaz hajmi 2,5 l bo'lguncha siqilsa, uning bosimi qanday bo'ladi?

Yechish: Izlanayotgan bosimni P_2 deb belgilasak, Boyle-Mariott qonuniga asosan:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{4 \cdot 93,5}{2,5} = 149,6 \text{ kPa}.$$

3-masala. 25°C da va 99,3 kPa bosimda ma'lum miqdorda gazning hajmi 152 ml. Shu gazning 0°C va 101,33 kPa bosimdagi hajmini toping.

Yechish. Gaz qonunlarining umumlashtiruvchi tenglamasidan foydalanamiz:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0} \text{ dan } V_0 = \frac{PVT_0}{P_0 T} = \frac{99,3 \cdot 152 \cdot 273}{101,33 \cdot 298} = 136,5 \text{ ml}$$

4-masala. Hajmi 5 l bo'lgan po'lat ballonda 22°C da va 620 kPa bosimda ammiak bor. Agar hamma ammiak sulfat kislotaning mo'l miqdordagi eritmasidan o'tkazilsa, qancha massa ammoniy gidrosulfat olish mumkin?

Yechish. Izlanayotgan massani Mendeleyev-Klapayron tenglamasidan foydalanib topamiz:

$$T = 273 + 22 = 295 \text{ K}, \quad m_{(\text{NH}_3)} = \frac{PVM}{RT} = \frac{620 \cdot 5 \cdot 17}{8,34 \cdot 295} = 21,5 \text{ g}.$$

$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NH}_4\text{HSO}_4$ reaksiya tenglamasidan ko'rinadiki,

17 g NH_3 dan — 115 g NH_4HSO_4 hosil bo'lsa,
21,5 g NH_3 dan — x g NH_4HSO_4 hosil bo'ladi.

$$x = \frac{21,5 \cdot 115}{17} = 145,4 \text{ g}.$$

5-masala. Normal sharoitda 112 l C_2H_6 da nechta vodorod atomi bor?

$$\text{Yechish. } n(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_6)}{22,4} = \frac{112}{22,4} = 5 \text{ mol}.$$

1 ta C_2H_6 molekulasida 2 ta C atomi va 6 ta vodorod atomi bor ya'ni:

1 mol C_2H_6 da 6 ta vodorod atomi bor,

5 mol C_2H_6 da x mol vodorod atomi bor.

x = 30 mol. Bundan, vodorod atomlarining soni:

$$N = n \cdot N_A = 30 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,8 \cdot 10^{25}.$$

MASALALAR

1. 6,8 g H_2S 1,2 atm. bosim va 25°C temperaturada qanday hajmni egallaydi? (Javob: 4 l).

2. Massasi 51 g bo'lgan ammiak 20°C temperatura va 250 kPa bosimda qanday hajmni egallaydi? (Javob: 29,2 l).

3. CO_2 22°C temperatura va 500 kPa bosimda hajmi 20 l bo'lgan idishda saqlanadi. CO_2 ning massasini aniqlang. (Javob: 179,4 g).

4. Normal bosimda o'zgarmas temperaturada gaz hajmi noma'lum. Lekin bosim $P_2 = 9,888 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ bo'lganida gazning hajmi 100 sm^3 ga teng. Gazning normal bosimdagi hajmini toping. (Javob: $9,76 \text{ m}^3$).

5. Biror gaz 17°C da 680 m^3 hajmni egallaydi. 100°C da shu gazning hajmini toping. (Javob: $874,6 \text{ m}^3$).

6. 27°C va 106600 Pa bosimda gazning 380 sm^3 dagi massasi 0,455 g ga teng. Uning nisbiy molekulyar massasini toping. (Javob: 28).

7. Normal sharoitda 2,8 l CO_2 ning massasi qancha?

8. 0°C da 10 g kislorodning hajmi 2 l bo'lsa, uning bosimi qancha? (Javobi: 354,2 kPa).

9. N.sh.da 17 g H_2S , 2 g H_2 va 2,4 g ozon qancha hajmni egallaydi?

10. Massasi 10,8 g bo'lgan alyuminiy mo'l miqdordagi xlorid kislotada eritilganda, n.sh.da qancha hajm vodorod ajralib chiqadi? (Javob: 13,44 l).

2.2. EKVIVALENTLARNI ANIQLASH

Kimyoviy birikmalarning tarkibiga kirgan elementlar bir-biri bilan muayyan va o'zgarmas nisbatlarda bo'lib, bu og'irlik nisbatlar elementning ekvivalentiga to'g'ri keladi.

Moddaning ekvivalenti deb, uning 1 mol vodorod atomlari bilan birikadigan yoki kimyoviy reaksiyalarda shuncha vodorod atomlarining o'rnini oladigan miqdoriga aytiladi.

Bir ekvivalent moddaning massasi *ekvivalent massa*, normal sharoitdagi hajmi esa *ekvivalent hajm* deyiladi.

Ekvivalentlar qonuni. Reaksiyaga kirishuvchi moddalar massalari ularning ekvivalent massalariga to'g'ri proporsionaldir: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{E_1}{E_2}$ Bunda: m_1 va E_1 — birinchi

moddaning massasi va ekvivalent massasi, m_2 va E_2 — ikkinchi moddaning massasi va ekvivalent massasi.

Biror noma'lum elementning ekvivalentini shu elementning ekvivalenti ma'lum bo'lgan har qanday boshqa element bilan hosil qilgan birikmasi tarkibiga qarab hisoblash mumkin. Ko'pincha oddiy moddalarning ekvivalenti kislorod yoki vodorodga nisbatan topiladi. Vodorodning ekvivalent massasi 1 g, ekvivalent hajmi esa 11,2 l ga teng. Kislorod uchun bu qiymat mos ravishda 8 g va 5,6 l bo'ladi.

Agar element vodorodni uning birikmalaridan siqib chiqarsa, bunday elementning ekvivalenti siqib chiqarilgan vodorodning miqdoriga qarab topilishi mumkin. Ba'zi hollarda elementning ekvivalenti ekvivalenti ma'lum bo'lgan boshqa elementlar (kislorod vodoroddan tashqari elementlar) bilan hosil qilgan birikmasiga qarab aniqlanadi.

Elementning ekvivalent massasini hisoblash uchun uning atom massasini valentligiga bo'lish kerak. O'zgaruvchan valentli elementning ekvivalent massalari ham o'zgaruvchidir.

Murakkab moddalarning ekvivalentlarini quyidagi formulalar asosida hisoblash mumkin:

$$E_{\text{oksid}} = \frac{M_{\text{oksid}}}{n_e \cdot B_e} \quad M — \text{molyar massa. } n_e \text{ va } B_e — \text{oksid hosil qiluvchi elementning soni va valentligi.}$$

$$E_{\text{kislota}} = \frac{M_{\text{kislota}}}{n_{\text{kislota}}} \quad n_{\text{kislota}} — \text{kislotaning asosliligi.}$$

$$E_{\text{asos}} = \frac{M_{\text{asos}}}{n_{\text{asos}}} \quad n_{\text{asos}} — \text{asosning kislotaliligi.}$$

$$E_{\text{tuz}} = \frac{M_{\text{tuz}}}{n_{\text{Me}} \cdot B_{\text{Me}}} \quad n_{\text{Me}} \text{ va } B_{\text{Me}} — \text{metall atomlarining soni va valentligi.}$$

Hisoblashga doir masalalar

1-masala. Suvda 1,6 g metall eritilganda 0,896 l (n.sh.da) vodorod ajralib chiqdi. Metallning ekvivalentini aniqlang.

Yechish. Metallning ekvivalentini topish uning 1 g yoki $\frac{22,4}{2} = 11,2$ l vodorodni siqib chiqara oladigan og'irlik miqdorini topish demakdir:

0,896 l vodorodni 1,6 g metall siqib chiqaradi,
11,2 l vodorodni E g metall siqib chiqaradi,

$E = \frac{11,2 \cdot 1,6}{0,896} = 20$. Demak, metallning ekvivalenti 20 ga teng.

2-masala. 1,89 g kislota neytrallash uchun 0,5 n li KOH eritmasidan 60 ml sarflandi. Kislota ekvivalentini toping.

Yechish. 1,89 g kislota neytrallash uchun necha g ishqor sarflanishini topamiz.

1000 ml eritma tarkibida $0,5 \cdot 56$ g KOH bor,
60 ml eritma tarkibida x g KOH bor

$$x = \frac{60 \cdot 28}{1000} = 1,68 \text{ g}.$$

1,68 g KOH 1,89 g kislota bilan reaksiyaga kirishadi,
56 g KOH E g kislota bilan reaksiyaga kirishadi.

$E = \frac{1,89 \cdot 56}{1,68} = 63$. 63 — nitrat kislota ekvivalentidir.

3-masala. Sulfat kislota 1,68 g metall eritilganda, uning 4,56 g sulfati hosil bo'ldi. Metallning ekvivalentini aniqlang.

Yechish. 1,68 g metall 4,56 g sulfat hosil qiladi, ya'ni 1,68 g metall 2,88 g ($4,56 - 1,68 = 2,88$) sulfat ion bilan birikadi. Sulfat-ionning ekvivalenti 48 ga teng bo'lgani uchun, 48 g sulfat-ion bilan birika oladigan metallning miqdorini topamiz:

2,88 g sulfat-ion 1,68 g metall bilan birikadi,
48 g sulfat-ion E g metall bilan birikadi,

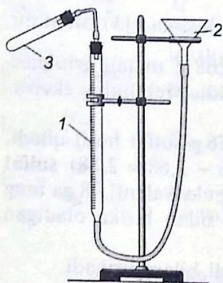
$E = \frac{48 \cdot 1,68}{2,88} = 28$. Demak, metallning ekvivalenti 28 ga teng.

1-tajriba. Ruxning ekvivalent massasini aniqlash

Ishning maqsadi: ruxning ekvivalent massasini siqib chiqarish usuli asosida aniqlash.

Asbob va reaktivlar. Ruxning ekvivalent massasini aniqlash asbobi (20-rasm), analitik tarozi, termometr, barometr qumoqlangan rux, 20 % li sulfat kislota, 10 % li mis sulfat.

Asbobning tavsifi va ishning bajarilishi. Ruxning ekvivalent massasini siqib chiqarish usuli bilan aniqlash ekvivalentlar qonuni asosida bajariladi. Buning uchun esa hajmni o'lchash va massasini hisoblash kerak. 20-rasmda tasvirlangan asbob yig'iladi. Sig'imi 100 ml bo'lgan byuretkka (1) shtativ halqasidagi voronka (2) bilan rezina nay orqali birlashtiriladi. Byuretkka og'ziga shisha naychali tiqin o'rnatiladi. Shisha naychaning tepa qismiga rezina naycha kiydirib, uning ikkinchi uchi probirka (3) ga kiygiziladi. Avval, asbobning germetikligi tekshiriladi. Buning uchun byuretkaga suv solinadi, bunda suv byuretkani voronka bilan birlashtiruvchi rezina nayni ham to'ldirishi kerak. So'ngra tiqinlar bilan byuretkka



20-rasm. Ekvivalent aniqlanadigan asbob;

1 — 100 ml li byuretkka;
2 — voronka; 3 — probirka.

va probirkalarning og'izlari yaxshilab yopiladi hamda byuretkadagi suvning sathi belgilab olinadi. Shtativ halqasi pastga surilib, voronka pastga tushiriladi. Agar asbob germetik bo'lsa, voronka tushirilganda byuretkadagi suv sathi oldin biroz pasayadi, so'ngra o'zgarmay qoladi. Agar suv sathi pasaysa, maslahat uchun laborant yoki o'qituvchiga murojaat qilib, qurilmaning nuqsonini tuzatish lozim.

Analitik tarozida 0,001 g gacha aniqlik bilan 0,050—0,15 g rux tortiladi. Byuretkaga og'zidagi tiqinni olib qo'yib, voronkani yuqoriga ko'tarish va pastga tushirish orqali byuretkadagi suvning sathi byuretka shkalasining noliga keltiriladi yoki noldan ozgina pastga tushiriladi. Ruxni eritish uchun kerak bo'ladigan 20 % li sulfat kislotaning miqdori (hajmda) hisoblanadi. Kichik voronka yordamida probirkaga hisoblangan kislota miqdori 100 % ortig'i bilan solinadi. Ruxning tez erishi uchun probirkaga 2—3 tomchi 10 % li mis sulfat eritmasidan qo'shiladi. Tortib olingan rux sulfat kislotali probirkaga solinadi va tezlik bilan probirka asbobga birlashtiriladi. Byuretkadagi suvning pastki meniski vaziyati — a_1 darhol belgilanadi.

Rux bilan sulfat kislota o'zaro reaksiyaga kirishganda, ajralib chiqqan vodorod suvni byuretkadan siqib chiqaradi. Rux to'la erigach, byuretkadagi suv sathi vaziyati b_1 yana belgilanadi. Byuretkadagi suvning sathlari ayirmasidan ajralib chiqqan vodorodning hajmi aniqlanadi. Hisob uchun byuretkadagi ko'rsatkichlarning o'rtacha miqdori olinadi.

O'lchash natijalari:

Ruxning massasi — m_{Zn}

Temperatura — T , °C, K;

Atmosfera bosimi — P , mm. sim. ust., Pa;

To'yingan suv bug'ining tajriba temperaturasidagi bosimi P_B mm.sim. ust. Pa;

Byuretkadagi suvning reaksiyadan oldingi sathi a_1 , ml;

Byuretkadagi suvning reaksiyadan keyingi sathi b_1 , ml.

Hisoblash va natijalarni qayta ishlash

1. Sulfat kislotada ruxning erish reaksiyasi tenglamasini yozing va tortilgan ruxning 20 % li sulfat kislotaga bo'lgan ehtiyojini hisoblang.

2. Ajralib chiqqan vodorodning hajmini hisoblang:

$$V_{H_2} = a_1 - b_1, \quad M^3(1 \text{ ml} = 10^{-6} \text{ m}^3)$$

3. Vodorodning parsial bosimini hisoblang:

$$P_{H_2} = P - Pb, \text{ Pa} \quad (1 \text{ mm.sim.ust.} = 133,3 \text{ Pa})$$

4. Mendeleyev-Klapeyron tenglamasidan foydalanib, ajralib chiqqan vodorodning massasini hisoblang:

$$m_{H_2} = \frac{P_{H_2} \cdot V_{H_2} \cdot M_{H_2}}{R \cdot T}, \text{ g} \quad (R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K})$$

5. 0,1 gacha aniqlik bilan ruxning ekvivalent massasini hisoblab chiqaring:

$$E_{Zn} = \frac{m_{Zn}}{m_{H_2}}, \text{ g}.$$

6. Tajribaning nisbiy xatosini aniqlang:

$$\vartheta = \frac{E_{Zn}^E - E_{Zn}}{E_{Zn}^T} \cdot 100\%.$$

7. Gruppadagi barcha talabalarining olgan natijalaridan foydalanib, rux ekvivalent massasining o'rtacha miqdorini aniqlang.

SAVOL VA MASALALAR

1. Mol ekvivalent deb moddaning qanday miqdorlariga aytiladi?

2. Ekvivalentlar qonuniga ta'rif bering.

3. Kislorodning molyar va ekvivalent massalari nechaga teng?

4. Elementlarning ekvivalentlarini qanday usullarda topish mumkin?

5. Nima sababdan sulfat kislota mis sulfat qo'shiladi? Hosil qilingan eritmaga rux qo'shilganda sodir bo'ladigan tenglamalarni yozing.

6. Nima sababdan rux to'liq erigach 1- va 2-byuretkalar-dagi suv menisklari bir xil sathga keltiriladi?

7. 0,87 g vismutni oksidlash uchun 0,1 g kislorod sarflangan. Vismutning ekvivalent massasini aniqlang.

8. Tarkibida 25,93 % azot va 74,07 % kislorod bo'lgan azot oksididagi azotning ekvivalent massasini aniqlang.

9. Tarkibida 2,24 g metall sulfat bo'lgan eritmaga rux plastinka tushirildi. Metall butunlay ajralib chiqqandan keyin, plastinka massasi 0,94 g ga ortdi. Metallning ekvivalentini aniqlang (J a v o b : 56).

10. 0,24 g metall yopiq idishda yondirilganda, shu metallning oksidlari hosil bo'ldi. N.sh.da keltirilgan gaz hajmi 112 ml ga kamaydi. Metall ekvivalentini aniqlang (J a v o b : 12).

2.3. GAZLARNING MOLEKULYAR OG'IRLIGINI ANIQLASH

Avogadro qonuniga asosan, bir xil temperatura va bosimda teng hajmdagi turli gazlarning molekullari soni ham o'zaro teng bo'ladi.

Temperatura 0°C , bosim 101325 Pa (760 mm sim. ust) bo'lgan sharoit *normal sharoit (n.sh.)* deyiladi. Avogadro qonunidan quyidagi muhim xulosalar kelib chiqadi.

a) n.sh. da 1 mol har qanday gazning hajmi 22,4 l ga teng. 1 mol gazning hajmi gazning *molyar hajmi* deyiladi.

b) bir xil sharoitdagi teng hajmli gazlar massalari-niing nisbati ularning molyar massalari nisbati kabi-dir:

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2} = D$. Bunda m_1 va M_1 birinchi gazning massasi va molyar massasi, m_2 va M_2 ikkinchi gazning massasi va molyar massasi. D — birinchi gazning ikkinchi gazga nisbatan zichligi.

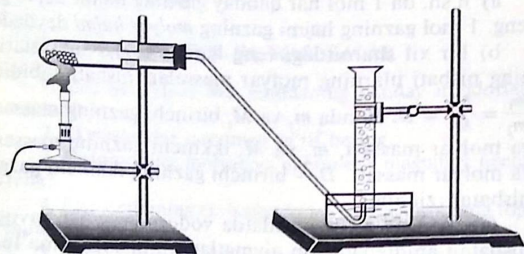
Gazlarning zichligi, odatda vodorodga yoki havoga nisbatan aniqlanadi. Bu qiymatlardan birortasi ma'lum bo'lsa, noma'lum gazning molyar massasini quyidagi tenglama yordamida topish mumkin:

$$M = 2 \cdot D_H \quad M = 29 \cdot D_{\text{havo}}$$

Bunda: 2 — vodorodning molyar massasi, D_H — gazning vodorodga nisbatan zichligi; 29 — havoning o'rtacha molyar massasi; D_h — gazning havoga nisbatan zichligi. Ushbu tenglamalardan foydalanib, har qanday gaznigina emas, balki gaz holatiga oson o'tadigan boshqa moddalarning ham molekulyar og'irligini topish mumkin. Buning uchun shu moddalarning gaz holatidagi zichligini bilish kifoya.

Gazning n.sh.dagi hajmi (V_0 , l) ma'lum bo'lsa, uning miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin: $n = \frac{V_0}{22,4}$.

Gazlarning molekulyar massasini Meyer usulida ham aniqlash mumkin. Buning uchun, rezervuardagi ma'lum og'irlikdagi suyuqlik batamom bug'ga aylantiriladi. Hosil bo'lgan bug' rezervuardan havoning bir qismini haydab chiqaradi. Haydab chiqarilgan havoning hajmi sinalayotgan modda bug'ining hajmiga teng bo'ladi. Haydab chiqilgan havo silindrdagi (yoki byuretkadagi) bug' ustiga yig'iladi (21-rasm). Hisoblash Mendeleyev-Kla-peyron tenglamasi $PV = \frac{m}{M} RT$ asosida olib boriladi. Faqat gaz bosimi P o'rniga ($B - h$) olinadi. Bunda mo-



21-rasm. Tez uchuvchan moddalarning molekulyar massasini Meyer usulida aniqlash uchun ishlatiladigan asbob.

lekulyar massani hisoblash uchun quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

$$M = \frac{mRT}{(B-h)V}, \quad T = 273 + t.$$

Bu yerda, B — atmosfera bosimi, m — suyuqlik massasi, V — modda bug'i siqib chiqargan havo hajmi, t — havo yig'ilgan silindrdagi suvning temperaturasi, h — ana shu haroratda suv bug'i bosimi (mm.sim.ust. hisobida).

1-masala. Vodorod bromidning vodorodga va havoga nisbatan zichligini aniqlang.

Yechish. Gazning nisbiy zichligini topish uchun gazlarning molekulyar massasini bilish kerak: $M(\text{HBr}) = 81 \text{ g/mol}$, $M(\text{H}_2) = 2 \text{ g/mol}$. Gazlarning havodagi hajmiy ulushlarini bilgan holda, ularning o'rtacha molyar massasini hisoblash mumkin. U odatda 29 g/mol ga teng deb olinadi. HBr ning vodorodga va havoga nisbatan zichligini aniqlaymiz:

$$D_{\text{H}_2}(\text{HBr}) = \frac{M(\text{HBr})}{M(\text{H}_2)} = \frac{81}{2} = 40,5,$$

$$D_{\text{havo}} = \frac{M(\text{HBr})}{M_{\text{havo}}} = \frac{81}{29} = 2,8.$$

2-masala. Massasi $1,4 \text{ g}$ bo'lgan vodorod va massasi $5,6 \text{ g}$ bo'lgan azotdan iborat gaz aralashmasining n.sh.dagi hajmini aniqlang.

Yechish: 1. Vodorod va azotning miqdorini topamiz:

$$n(\text{H}_2) = \frac{m}{M} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ mol}, \quad n(\text{N}_2) = \frac{5,6}{28} = 0,2 \text{ mol}.$$

2. Har bir gazning n.sh.dagi hajmini topamiz:

$$V(\text{H}_2) = n \cdot V_m = 0,7 \cdot 22,4 = 15,68 \text{ l},$$

$$V(\text{N}_2) = 0,2 \cdot 22,4 = 4,48 \text{ l}.$$

3. Gazlar aralashmasining umumiy hajmini topamiz:

$$V_{\text{um.}} = V(\text{H}_2) + V(\text{N}_2) = 15,68 + 4,48 = 20,16 \text{ l}$$

3-masala. Hajmi n.sh.da 30 l bo'lgan azot qanday massaga ega bo'ladi?

Yechish. 1. Molekulyar azotning miqdorini topamiz:

$$n(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2)}{V_m} = \frac{30}{22,4} = 1,34 \text{ mol}$$

2. Azot massasini aniqlaymiz:

$$m(\text{N}_2) = M(\text{N}_2) \cdot n(\text{N}_2) = 28 \cdot 1,34 = 37,52 \text{ g.}$$

1-tajriba. Kislorodning nisbiy molekulyar massasini aniqlash

Ishning maqsadi. Avogadro qonuni va Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi asosida kislorodning nisbiy molekulyar massasini tajribada aniqlash.

Asbob va reaktivlar: kislorodning molekulyar massasini aniqlash uchun asbob (21-rasm), texnik-kimyoviy tarozi, termometr, barometr, 250 ml li o'lchov silindri, spirt lampasi yoki gaz gorelkasi, kaliy permanganat.

Asbobning tavsifi va ishning bajarilishi. Gazning ma'lum hajmi va massasini tajribada aniqlab, uning molyar massasini hisoblash va nisbiy molekulyar massasini aniqlash mumkin.

Hajmi oldindan o'lchab olingan silindr (1) bo'g'ziga gacha suv bilan to'ldiriladi.

Quruq probirka (2) ga taxminan 1 sm³ kaliy permanganat solinadi va teshik kichik bir bo'lak paxta bilan berkitiladi. So'ngra probirkani 0,001 g gacha aniqlik bilan texnik-kimyoviy tarozida tortiladi. Kaliy permanganat probirka ichiga bir tekis qilib yoyiladi, probirka og'zi gaz o'tkazgich nay o'rnatilgan tiqin bilan zich berkitiladi va 21-rasmda ko'rsatilganidek shtativga o'rnatiladi. Asbobning germetikligi tekshiriladi. Probirkadagi aralashma ohistalik bilan qizdiriladi va bir necha daqiqadan so'ng gaz o'tkazgich nayning uchi suv to'ldirilgan silindr og'ziga tutiladi. Reaksiya sekin borishi lozim.

Reaksiya (gaz pufakchalari chiqishi) tamom bo'lgandan keyin, probirka ichiga suv so'rilib ketmasligi uchun probirkadagi tiqin chiqarib olinadi.

Silindrdagi yig'ilgan gazning hajmi o'lchanadi. Tajriba vaqtida termometr va barometrning ko'rsatkichlari belgilanadi. Probirka xona temperaturasiga qadar sovitilgandan so'ng, uning og'irligi texnik-kimyoviy tarozida tortiladi.

O'lchash natijalari:

1. Probirkaning tajribadan oldingi massasi — m_1 , g;
2. Probirkaning tajribadan keyingi massasi — m_2 , g;
3. Temperatura — T , °C, K;
4. Atmosfera bosimi — P , mm.sim.ust., Pa.
5. To'yingan suv bug'ining tajriba temperaturasidagi bosimi — P_{H_2O} , mm.sim.ust., Pa;
6. Kislородning hajmi — V_{O_2} , ml, m^3 ($1 \text{ ml} = 10^{-6} \text{ m}^3$).

Hisoblash va natijalarni qayta ishlash

1. Kaliy permanganatning termik parchalanish reaksiyasi tenglamasini yozing.
2. Ajralib chiqqan kislородning massasini hisoblang:

$$m_1 - m_2 = \Delta m, \text{ g}$$

3. Kislородning parsial bosimini hisoblang:

$$P_{O_2} = P - P_{H_2O}, \text{ Pa}$$

4. Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi bo'yicha kislородning molekulyar massasini toping:

$$M_{O_2} = \frac{\Delta m RT}{P_{O_2} - V_{O_2}}$$

5. Tajribaning nisbiy xatosini hisoblang:

$$\vartheta = \frac{M_{O_2}^T - M_{O_2}}{M_{O_2}^T} \quad (R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K})$$

Hisoblashni Avogadro-Jerar usuli bo'yicha tekshiring.

6. Kislorod hajmini n.sh. ga keltirish:

$$V_{O_2}^o = \frac{P_{O_2} - V_{O_2}}{P^o \cdot T}$$

7. 1 l kislorodning n.sh.dagi massasini quyidagi proporsiyadan toping:

$$\begin{aligned} \Delta m &= V_{O_2}^o \\ P_{O_2}^o &= 1000 \text{ ml}, \end{aligned} \quad P_{O_2}^o = \frac{\Delta m \cdot 1000}{V_{O_2}^o}$$

8. Kislorodning vodorodga nisbatan zichligini aniqlang: $d = \frac{P_{H_2}^o}{P_{O_2}^o}$. 1 l vodorodning massasi n.sh.da

$$P_{H_2}^o = \frac{2,016}{22,4} = 0,090 \text{ g.}$$

9. Kislorodning molekulyar massasini hisoblang:

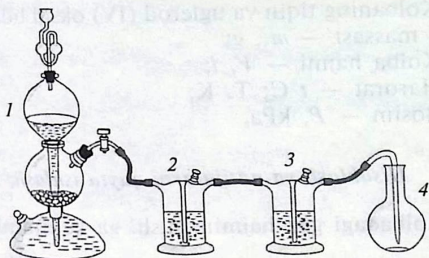
$$M_{O_2} = 2,016 \cdot d$$

Har xil usullar bilan olingan natijalarni hisoblang, solishtiring, xulosa chiqaring. Guruhdagi barcha talabalarning natijalaridan foydalanib, kislorodning molekulyar massasi o'rtacha qiymatini hisoblang.

2-tajriba. Uglerod (IV) oksidning molekulyar massasini aniqlash

Asbob va reaktivlar. Kipp apparati, Tishenko sklyankalari (ikkita), gaz o'tkazgich naylar, termometr, barometr, tubi yassi 250 ml hajmli kolba, o'lchov silindri, texnik tarozi toshlari bilan, rezina tiqin, marmar tosh bo'lakchalari, xlorid kislota, sulfat kislota.

Uglerod (IV) oksid 22-rasmda ko'rsatilgan qurilma yordamida olinadi. Qurilma ichiga marmar tosh bo'lakchalari va xlorid kislota solingan Kipp apparatidan, ketma-ket ulangan Tishenko sklyankalari (2 va 3)dan (ularning birinchisiga suv quyilgan bo'lib, unda uglerod (IV) oksid, vodorod xlorid va mexanik aralashmadan tozalanadi,



22-rasm. Uglerod (IV) oksidni olish va uni tozalash uchun qurilma:
 1 — Kipp apparati; 2, 3 — Tishenko sklyankalari;
 4 — yassi tubli kolba.

ikkinchi sklyankaga sulfat kislota quyilgan bo'lib, unda gaz quritiladi) hamda 250 ml hajmli kolbadan (4) iborat.

Kolba yuvib quritiladi va unga mos tiqin tanlanadi. Kolbani tiqin bilan berkitib, tiqinning kolba og'ziga qancha kirganligini shishaga yozadigan qalam bilan belgilab qo'yiladi. Kolbani tiqin bilan birgalikda 0,01 g aniqlik bilan tarozida tortiladi. Gaz o'tkazgich nayni kolba tubigacha tushirib, uni uglerod (IV) oksidga to'ldiring. Buning uchun gazni besh daqiqagacha o'tkazib turish lozim. Tishenko sklyankalarida gaz pufakchalari ohistalik bilan, sanab bo'larli darajada o'tib turishi zarur. So'ngra kolbani tiqin bilan berkiting. Tiqin dastlabki belgigacha kirishi shart. Uglerod (IV) oksid bilan to'lgan kolbani tarozida tortib, massasini aniqlang. Kolbadagi havoning hammasi siqib chiqarilganiga ishonch hosil qilish uchun, tajribani kolba massasi doimiy bo'lguncha 2—3 marta takrorlang.

Kolbaga uning belgisigacha suv quyib, suv hajmini o'lchov silindri yordamida aniqlang. Natija kolba hajmiga teng bo'ladi. Tajribadagi termometr va barometr ko'rsatkichlarini belgilab qo'ying.

O'lchash natijalari:

1. Kolbaning tiqin va havo bilan birgalikdagi massasi — m_1 , g;

2. Kolbaning tiqin va uglerod (IV) oksid bilan birgalikdagi massasi — m_2 , g;
3. Kolba hajmi — V , l;
4. Harorat — $t^\circ\text{C}$; T , K;
5. Bosim — P , kPa.

Hisoblash va natijalarni qayta ishlash:

1. Kolbadagi gaz hajmini n.sh. ga keltiramiz:

$$(T_0 = 273 \text{ K}, P_0 = 101,3 \text{ kPa}), V_0 = \frac{PVT_0}{P_0T}.$$

2. 1 l havo n.sh.da 1,29 g kelishini bilgan holda, kolbadagi havo massasini hisoblaymiz: $m_3 = 1,29/V$ g.

3. Kolbadagi uglerod (IV) oksidining massasini hisoblaymiz:

$$m_{\text{CO}_2} = m_2 - (m_1 - m_3).$$

4. Uglerod (IV) oksidining havoga nisbatan zichligini hisoblaymiz:

$$D_x = \frac{m_{\text{CO}_2}}{m_3}.$$

5. Uglerod (IV) oksidning nisbiy molekulyar massasini hisoblaymiz:

$$M_2 = 29 \cdot D_x.$$

6. Tajribaning nisbiy xatosini foizda ifodalaymiz:

$$\text{xato}_{\%} = \frac{M_{\text{nazariy}} - M_{\text{tajriba}}}{M_{\text{nazariy}}} 100\%.$$

SAVOL VA MASALALAR

1. Nisbiy molekulyar massa tushunchasini izohlang.
2. Bitta azot molekulasining massasi necha grammga teng?
3. Avogadro qonunidan qanday xulosalar kelib chiqadi?

4. Bitta CO_2 molekulasining massasini grammlarda ifodalang.

5. Molekulyar massani aniqlashning Meyer usuli nimaga asoslangan?

6. Vodorodga nisbatan zichligi 8,5 ga teng bo'lgan gazning molyar massasini aniqlang.

7. Massasi 1,7 g bo'lgan gazning n.sh.dagi hajmi 1,12 l, shu gazning molyar massasini aniqlang.

8. 27°C va 106600 Pa bosimda gazning 380 cm^3 dagi massasi 0,455 g ga teng. Uning nisbiy molekulyar massasini aniqlang.

2.4. ELEMENTLARNING ATOM OG'IRLIGINI ANIQLASH

Elementlarning atom massasini bir necha usul bilan aniqlash mumkin:

1. Gaz holatdagi biror elementning molekulasi yakka-yakka atomlardan iborat bo'lsa, uning atom massasi to'g'ridan-to'g'ri molekulyar massasiga teng bo'ladi.

Agar gazlarning molekulari ikki atomdan tashkil topgan bo'lsa, ularning taxminiy atom massasi molekulyar massasining yarmiga teng bo'ladi:

$$A = \frac{M}{2}$$

2. *Kannitssaro usuli.* Bu usulda topilishi kerak bo'lgan element atomining gaz holatidagi yoki oson bug'ga aylanuvchi bir necha birikmalari olinadi.

Atom og'irlikni Kannitssaro usuli bilan hisoblab topish uchun, birikmalarning molekulyar og'irligidagi har bir elementning foiz bilan ifodalangan miqdorini bilish kerak. Bular asosida har bir birikma molekulasida shu elementdan qancha og'irlik qism borligi hisoblab topiladi, topilgan sonlarning eng kichigi elementning atom og'irligi bo'ladi.

Shuningdek, gaz holatidagi birikmalarning molekulyar og'irligi ularning zichligiga asosan topiladi. Lekin bu uncha aniq usul emas.

3. Qattiq holdagi oddiy moddalarning atom massasini aniqlashda *Dyulong-Pti qoidasidan* foydalanamiz. Bu qoidaga ko'ra, qattiq oddiy moddalar solishtirma issiqlik sig'imi (C) ning atom og'irligi (A) ga ko'paytmasi o'zgarmas kattalik bo'lib, o'rtacha temperaturada 6,4 ga tengdir:

$$A \approx 6,4, \quad A \approx \frac{6,4}{C}$$

1 g moddani 1°C ga isitish uchun kerak bo'lgan isisqlik miqdori shu moddaning *solishtirma issiqlik sig'imi* deyiladi.

Atom issiqlik sig'imini (A_C) aniqlash uchun, solishtirma issiqlik sig'imi (C) ni atom massasiga (A) ko'paytirish kerak, ya'ni:

$$A_C = C \cdot A$$

Dyulong-Pti qoidasidan, asosan metallarning atom og'irligini topishda foydalanamiz.

4. *Atom massani aniqlashda D. I. Mendeleyev usuli.* Elementning davriy sistemadagi o'rnini bilib, uning atom massasini hisoblay olish mumkin. Elementning atom massasi unga qo'shni bo'lgan to'rtta elementning atom massalarining o'rtacha arifmetik qiymatiga teng.

Masalan, alyuminiyning atom massasi unga qo'shni bo'lgan elementlar: magniy, bor, kremniy va skandiy atom massalari orqali aniqlanganda 27 ga teng bo'lib chiqadi:

$$\frac{24,23 + 10,82 + 28,09 + 44,96}{4} = 27$$

5. *Izomorfizm qoidasi asosida atom massalarini aniqlash:* bu qoidaga muvofiq tarkibiy qismlari qanday elementdan iborat bo'lishidan qat'i nazar, bir xil sondagi atomlar bir-biri bilan bir xil tarzda birikib, bir xil shakldagi kristallar hosil qiladi.

6. Metallning ekvivalenti ma'lum bo'lsa, quyidagi bog'lanish orqali uning atom og'irligini topish mumkin.

$$A = E \cdot B$$

Elementning valentligi Dyulong va Pti tenglamasi bilan topilgan shu elementning taxminiy atom massasini, uning ekvivalentiga bo'lish yo'li bilan topiladi. Topilgan bo'linma eng yaqin butun songacha yaxlitlanadi, chunki valentlik kasr son bo'lishi mumkin emas.

7. Ayrim izotoplarning massa sonlarini aniqlash uchun mass-spektrometrik usuldan foydalaniladi. Bu usul zaryadli zarrachalarning elektr va magnit maydonida o'zining to'g'ri chiziqli yo'lidan burilishini tekshirishga asoslangan. Bu usulda ion massasi quyidagi tenglama asosida topiladi.

$$\frac{A}{ne} = Kr^2 \frac{H^2}{E}.$$

Bu yerda: A — zarracha massasi, n — zarracha neytral atom bo'lishi uchun yetishmaydigan elektronlar soni, e — elektron zaryadi, H — magnit maydoni kuchlanganligi, E — elektr maydon kuchlanganligi, r — zarracha harakatining burilish yo'li radiusi, K — konstanta.

Hisoblashlarga doir masalalar

1-masala. Qandaydir bir metall oksidi 15,44 % kislorodni o'zida saqlaydi. Metallning issiqlik sig'imi 0,31 J/g · grad. Metallning nisbiy atom massasini aniqlang.

Yechish: 1. $M = \frac{26}{0,31} \approx 83,9$ g/mol.

2. Quyidagi nisbatga ko'ra metallning ekvivalent massa kattaligini topamiz:

(100–15,44) g metall — 15,44 g O₂ bilan birikadi,
 m_E g metall — 8 g O₂ bilan birikadi.

$$m_E = \frac{(100-15,44) \cdot 8}{15,44} = 43,82, \quad m_E = 43,82$$

3. Metallning valentligini topamiz: $B = \frac{M}{m_E} = \frac{83,9}{43,82} \approx 2.$

4. Aniq molyar massani aniqlaymiz:

$$M = B \cdot m_E = 43,82 \cdot 2 = 87,64, \quad M = 87,64 \text{ g/mol.}$$

Demak, $A_r = 87,64 \text{ g/mol.}$

2-masala. 0,126 g metall oksidlanganda, 0,306 g oksid hosil bo'lgan. Metallning solishtirma issiqlik sig'imi 0,92 J/g (0,22 kal/g) ga teng. Uning aniq atom massasini aniqlanga.

Yechish. 1. 0,306 g oksiddagi kislorodning og'irlik massasini topamiz: $0,306 - 0,162 = 0,144$.

2. Ekvivalentlar qonuniga ko'ra. $0,162 : 0,144 = E : 8$, bundan,

$$E = \frac{0,162 \cdot 8}{0,144} = 9.$$

3. Dyulong-Pti qoidasiga ko'ra, atom massasining taxminiy qiymati topiladi: $A = \frac{26,36}{0,92} = 28,6$.

4. Metall ekvivalenti topiladi: $B = \frac{28,6}{6} = 3$.

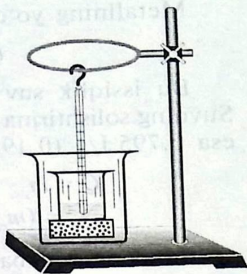
5. Metallning aniq ekvivalenti aniqlanadi: $A = 9 \cdot 3 = 27$.

1-tajriba. Metallning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash

Bu tajriba 23-rasmda tasvirlangan soddalashtirilgan kalorimetrda o'tkaziladi. U hajmi 500 ml bo'lgan tashqi stakan va hajmi 250 ml bo'lgan ichki stakandan iborat. Tashqariga issiqlik o'tkazishni kamaytirish maqsadida ichki stakan po'kak tiqin ustiga qo'yiladi. Tashqi stakan asbest yoki karton qopqoq bilan berkitilib, qopqoq orqali ichki stakanga $0,1^\circ$ darajalarga bo'lingan termometr tushiriladi. Hajmi 500 ml bo'lgan boshqa stakanga 250 ml suv quyib qaynaguncha isitiladi.

Ekvivalenti ma'lum bo'lgan metallardan taxminan 50 g texnik-kimyoviy tarozida 0,1 g gacha aniqlik bilan tortib oling (m_1). Bu metall bo'lakchasini ip bilan bog'lab, uni 15—20 minut qaynab turgan suvga solib qo'ying.

Kalorimetr ichidagi stakanni texnokiymoyiy tarozida 0,1 g gacha aniqlik bilan torting (m_2). So'ng-
ra, unga 100—160 ml distillangan
suv quyig va yana tarozida il-
garigidek aniqlikda tortib oling
(m_3). Suvli stakanni kalorimetr-
ga joylashtiring va suvning tem-
peraturasi 0,1°C aniqlikgacha
o'lgach (t_1). 100° gacha qizdi-
rilgan metall bo'lakchasini tezlik
bilan qaynoq suvdan olib kalori-
metrning ichki stakaniga tushi-
ring. Kalorimetrni qopqoq bilan
yoping va termometr bilan suvni aralashtirib turgan
holda, suvning maksimal temperaturasi aniqlang (t_2).



23-rasm.
Soddalashtirilgan
kalorimetr.

O'lchash natijalari:

metall massasi — m_1 g;

kalorimetr ichki stakanining massasi — m_2 , g;

kalorimetr ichki stakanining suv bilan massasi — m_3 , g;

metallning temperaturasi — t_1 , 100°;

kalorimetrdagi suvning boshlang'ich temperaturasi —
 t_1 , °C;

kalorimetrdagi suvning maksimal temperaturasi —
 t_2 , °C.

Hisoblash va natijalarni qayta ishlash:

1. Metallning solishtirma issiqlik sig'imi kalorimetr-
ning issiqlik balansidan aniqlanadi. m massali 100° tem-
peraturali va c solishtirma issiqlik sig'imli metall t_1
haroratli suvga solingan bo'lib, suvda t_2 temperatura-
gacha sovib, suvni va kalorimetrning ichki devorlarini
xuddi shu temperaturagacha isitadi. Suvning massasi m_3
va m_2 massalarning ayirmasiga teng, ya'ni:

$$m_{\text{suv}} = m_3 - m_2$$

Metallning yo'qotgan issiqlik miqdori:

$$Q = m_1 c (100 - t_2)$$

Bu issiqlik suv va stakanni isitishga sarf bo'ladi. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi 4,1868 J/g, shishaniki esa 0,795 J/g (0,19 kal/g):

$$\begin{aligned} Q &= m_{\text{suv}} (t_2 - t_1) + 0,795(t_2 - t_1) = \\ &= (m_{\text{suv}} + 0,795 \cdot m_2)(t_2 - t_1) \end{aligned}$$

Bunda issiqlik balansi tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$m_1 c (100 - t_2) - (m_{\text{suv}} + 0,795 m_2)(t_2 - t_1)$$

2. Metallning solishtirma issiqlik sig'imi:

$$c = \frac{(m_{\text{suv}} + 0,795 \cdot m_2)(t_2 - t_1)}{m_1(100 - t_2)}$$

3. Topilgan solishtirma issiqlik sig'imi orqali atom massasining taxminiy qiymatini toping:

$$A = \frac{26,36}{c} \quad \left(A = \frac{6,3}{c} \right)$$

4. Atom massasining taxminiy qiymati va ilgari aniqlangan ekvivalenti orqali metallning valentligini aniqlang:

$$B = \frac{A}{E}$$

5. Atom massasi qiymatini quyidagi tenglamadan hisoblang:

$$A = B \cdot E$$

SAVOL VA MASALALAR

1. Kannitssaro usulida elementlarning atom massalari qanday aniqlanadi?

2. Atomning issiqlik sig'imi nima?

3. Dyulong-Pti qoidasi nimadan iborat?
4. Izotoplarning massa sonlarini qanday aniqlash mumkin?
5. 3,6 g metall oksidini qaytarish uchun n.sh. da o'lchangan 16,66 ml vodorod sarflangan. Metallning va metall oksidining ekvivalentini toping. (J a v o b : 24,2 va 16,2).
6. 2,07 g metall butunlay yonishi uchun 2,4 g kislorod talab qilinadi. Shu metall dan 1,38 g suvga ta'sir ettirilganida, necha g vodorod ajralib chiqadi? (J a v o b : 0,2 g).
7. Oksid tarkibida 70,97 % nikel bor. Uning solishtirma issiqlik sig'imi 0,46 J/g. Nikelning aniq atom massasini toping.
8. 20,06 g metall 0,2016 g vodorod o'rnini oladi. Bu metallning solishtirma issiqlik sig'imi 0,032 ga teng. Uning atom og'irligi va valentligini toping.

2.5. KIMYOVIY FORMULALAR

Kimyoviy birikmalarning sifat va miqdoriy tarkibi kimyoviy formulalar bilan ifodalanadi. Birikmalar molekulari qanday atomlardan tashkil topganligini va atomlarning sonini aniq ko'rsatuvchi formulalar *molekulyar formulalar* deyiladi.

Ba'zan, kimyoviy formulalar molekulalardagi atomlarning mutlaq (absolyut) sonini emas, balki har xil elementlarning atomlari soni o'rtasidagi nisbatni ko'rsatadi. Bunday formulalar eng oddiy, boshqacha aytganda, *empirik formulalar* deyiladi.

Murakkab moddalar formulalarini chiqarish uchun, avvalo, shu moddalar qanday elementlardan va bu elementlar bir-biri bilan qanday og'irlik nisbatlarda birikkanligini analiz yo'li bilan aniqlab olish lozim.

1. Eng oddiy formulani aniqlash. *Eng oddiy formula* — molekuladagi elementlar atomlar sonining eng kichik butun sonlarda ifodalangan nisbatini ko'rsatadi. Birikmaning eng oddiy formulasini topish uchun:

- 1) birikmaning foiz tarkibini;
- 2) shu birikma tarkibiga kirgan elementlarning atom og'irliklarini bilish lozim.

Hisoblashga doir masalalar

1-masala. 3 og'irlik qism magniy, 4 og'irlik qism oltingugurt va 6 og'irlik qism kislorodning qoldiqsiz birikishidan hosil bo'lgan moddaning formulasini toping.

Yechish. Modda tarkibidagi elementlarning massa nisbatlari:

$$m(\text{Mg}) : m(\text{S}) : m(\text{O}) = 3 : 4 : 6. \quad \text{Ar}(\text{Mg}) = 24.$$

Bitta Mg atomiga boshqa elementlardan nechtdan to'g'ri kelishini topish uchun massa nisbatlarini $24 : 3 = 8$ ga ko'paytiramiz.

$$m(\text{Mg}) : m(\text{S}) : m(\text{O}) = 24 : 32 : 48.$$

Sonlarni element atom massalariga bo'lib chiqamiz:

$$\text{Mg} - \frac{24}{24} = 1; \quad \text{S} - \frac{32}{32} = 1; \quad \text{O} - \frac{48}{16} = 3.$$

Demak, moddaning formulasi: MgSO_3 .

2-masala. Oltingugurt oksididagi oltingugurt va kislorodning massa ulushi 40 % va 60 %. Bu oksidning eng oddiy formulasini aniqlang.

Yechish. Hisoblash uchun massasi 100 g ga teng, ya'ni $m(\text{oksid}) = 100$ g bo'lgan oksid massasini tanlab olamiz. Unda oltingugurt va kislorod massalari:

$$m(\text{S}) = m(\text{oksid}) \cdot \omega(\text{S}), \quad m(\text{S}) = 100 \cdot 0,4 \text{ g} = 40 \text{ g},$$

$$m(\text{O}) = m(\text{oksid}) \cdot \omega(\text{O}), \quad m(\text{O}) = 100 \cdot 0,6 \text{ g} = 60.$$

Atomar oltingugurt va kislorod moddalarining miqdorlari:

$$n = \frac{m(\text{S})}{M(\text{S})} \quad n = \frac{40}{32} = 1,25 \text{ mol},$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})}, \quad n(\text{O}) = \frac{60}{16} = 3,75 \text{ mol bo'ladi.}$$

Oltingugurt va kislorodning miqdoriy nisbatini topamiz:

$$n(S) : n(O) = 1,25 : 3,75.$$

Tenglikning o'ng tomonini kichik son (1,25) ga bo'lib, $n(S) : n(O) = 1 : 3$ ni hosil qilamiz, ya'ni birikmaning eng oddiy formulasi — SO_3 .

2. Birikmalarning haqiqiy kimyoviy formulasini topish uchun:

1) moddaning foiz tarkibini;

2) ularning molekulyar og'irligi yoki biror gazga nisbatan zichligini;

3) ularning tarkibiga kirgan elementlarning atom og'irliklari bilan zichliklarini bilish kerak.

Hisoblashga doir masalalar

1-masala. Tarkibida 40 % uglerod, 6,66 % vodorod va 53,34 % kislorod bo'lgan modda bug'larining havoga nisbatan zichligi 2,07 ga teng. Moddaning molekulyar formulasini toping.

Yechish. Noma'lum moddaning eng sodda formulasini $C_xH_yO_z$ deb qabul qilamiz. Modda tarkibidagi atomlar nisbatini, ya'ni $x : y : z$ ni topish uchun har bir elementning massa ulushini nisbiy atom massasiga bo'lamiz.

$$\begin{aligned} x : y : z &= \frac{\omega(C)}{Ar(C)} : \frac{\omega(H)}{Ar(H)} : \frac{\omega(O)}{Ar(O)} = \frac{40}{12} : \frac{6,66}{1} : \frac{53,34}{16} = \\ &= 3,33 : 6,66 : 3,33 = 1 : 2 : 1 \end{aligned}$$

Demak, moddaning eng sodda formulasi: CH_2O .

Molekulyar formulani topish uchun modda bug'ining havoga nisbatan zichligidan foydalanamiz.

$$D_{\text{havo}} = \frac{M}{M_{\text{havo}}};$$

$$M = 29 \cdot D_{\text{havo}} = 29 \cdot 2,07 = 60 \text{ g/mol}$$

$$M(CH_2O)_x = 60; (12 + 2 + 16)x = 60 \quad x = 2$$

Demak, moddaning molekulyar formulasi: $C_2H_4O_2$

2-misol. Xlor va kisloroddan tashkil topgan moddaning 0,1 / parchalanganida n.sh.da 0,1 / kislorod va 0,05 / xlor (n.sh. da) hosil bo'lgan, uning havoga nisbatan zichligi 2,34 ga teng. Shu moddaning molekulyar formulasini toping.

Yechish.

a) 0,1 / modda parchalanganda — 0,1 / O_2 hosil bo'lsa, 22,4 / modda parchalanganda — x / O_2 hosil bo'ladi.

$$x = \frac{22,4 \cdot 0,1}{0,1} = 22,4 / O_2.$$

b) 0,1 / modda parchalanganda — 0,05 / Cl_2 hosil bo'lsa, 22,4 / modda parchalanganda — x / Cl_2 hosil bo'ladi.

$$x = \frac{22,4 \cdot 0,05}{0,1} = 11,2 / Cl_2.$$

$$d) O : Cl = 22,4 : 11,2 = \frac{22,4}{11,2} : \frac{11,2}{11,2} = 2 : 1$$

$$e) D = \frac{M}{29} \text{ dan } M = D \cdot 29 = 2,34 \cdot 29 = 67,86.$$

Bu qiymat yuqoridagi ClO_2 ning molekulyar massasiga to'g'ri keladi $M(ClO_2) = 35,5 + 32 = 67,5 \text{ g/mol}$.

1-tajriba. Mis sulfidning eng sodda formulasini aniqlash

Ishning maqsadi: tajriba natijalariga asoslanib, mis sulfidning eng sodda formulasini chiqarish.

Asbob va reaktivlar: texnik-kimyoviy tarozilar, farfordan yasalgan qopqoqli tige, yopiq spiralli elektrplitka, eksikator, soat oynalari, tigel qisqichlari, oltingugurt kukuni, mis kukuni.

Ishning tavsifi. Toza, quruq tigel texnik kimyoviy tarozida tortiladi. So'ngra tigelga 2 g ga yaqin oltingugurt solinadi va tigel qopqoq bilan berkitilib, elektroplitaga qo'yiladi. Soat shishasida 2 g ga yaqin mis ham tortib olinadi. So'ngra, tigel qopqoq bilan yaxshilab

yopiladi va mis bilan reaksiyaga kirishmagan oltingugurt to'liq yonib bo'lguncha qizdirish davom ettiriladi.

Tigel qisqich bilan eksikatorga o'tkaziladi va tigel xona temperaturasigacha sovitilgach, tarozida tortiladi.

Birinchi tortishdan so'ng qizdirishni takrorlash, qaytadan sovitish va tortish lozim. Agar birinchi va ikkinchi tortishlarda massalar bir xil bo'lsa, u holda qizdirish, sovitish va tortish ishlarini ikki marta bir xil massa olguncha takrorlash kerak. Tavsiflangan usul, doimiy massa qolguncha ko'pgina kimyoviy tajribalarda keng qo'llaniladi.

O'lchash natijalari:

tigelning massasi — m_T , g;

misning massasi — m_{Cu} , g;

tigelning mis sulfid bilan umumiy massasi — $m_{T;CuS}$;

1-tortish, g;

2-tortish, g.

Hisoblash va natijalarni qayta ishlash

1. Mis sulfidning massasini topish:

$$m_{CuS} = m_{T,CuS} - m_T.$$

2. Reaksiyaga kirishgan oltingugurtning massasini hisoblash:

$$m_S = m_{CuS} - m_{Cu}.$$

3. CuS molekulasi tarkibiga Cu ning x atomlari va S ning y atomlari kirishini faraz qilib va nisbiy atom massalari $A_{Cu} = 64$ va $A_S = 32$ ekanligini e'tiborga olib, tenglamani quyidagicha tuzish mumkin:

$$64x : 32y = m_{Cu} : m_S.$$

Bu proporsiyaning birinchi a'zosini 64 ga, ikkinchi a'zosini 32 ga bo'lib, quyidagi tenglamaga ega bo'linadi:

$$x : y = \frac{m_{Cu}}{64} : \frac{m_S}{32}$$

Bu yerda x va y atom faktorlari. Atom faktorlarini butun sonlar bilan ifodalash uchun, ular eng kichik atom faktorlariga bo'linadi. Bunda mis sulfidning formulasi Cu_aS_b bo'ladi.

4. Mis va oltingugurtning foiz miqdorini hisoblash:

$$\text{Cu} = \frac{m_{\text{Cu}}}{m_{\text{CuS}}} \cdot 100\%; \quad \text{S} = \frac{m_{\text{S}}}{m_{\text{CuS}}} \cdot 100\%.$$

2-tajriba. Mis kuporosi tarkibidagi kristallizatsion suvni aniqlash

Ishning maqsadi: mis kuporosi molekulasidagi suv molekullari sonini aniqlash.

Asbob va reaktivlar: qum hammomi, termometr, elektr isitgich, tarkibida kristallanish suvi bo'lgan moddalar, tigel, eksikator, qisqich, soat, shtativ.

Ishning tavsifi. Ishni bajarish uchun qum hammoni ishlatiladi. U qum bilan to'ldirilgan, diametri 25 sm, balandligi 5–6 sm bo'lgan tunuka idishdan iboratdir. Tunuka quticha temperaturasi rostlab turiladigan elektr isitgich ustiga qo'yiladi va quticha ichidagi qumga shtativga mahkamlangan termometr o'rnatiladi. Qumning harorati 220–240° atrofida saqlab turiladi.

Tarkibida kristallanish suvi bo'lgan moddalar kristallogidratlardir. Barcha kristallgidratlar muayyan temperaturada qizdirilganda kristallizatsiya suvini yo'qotadi. Parchalanish ancha yuqori temperaturada sodir bo'ladi. Masalan, mis kuporosi 220°C da tarkibidagi kristallizatsiya suvini butunlay yo'qotib, suvsiz tuzga aylanadi. Suvsiz mis sulfat esa 653°C da parchalana boshlaydi.

Avvalo, chinni tigelni qizdirib, uni eksikatora sovitib, so'ngra, uni texnik-kimyoviy tarozida 0,02 g gacha aniqlik bilan torting. Tigelga taxminan 1–1,3 g maydalangan mis kuporosidan solib torting va uni qum hammomiga qo'yib, 220°–240°C da butunlay suvini yo'qot-

guncha qizdiring. Tuz rangining o'zgarishini kuzating. Tuz butunlay oqarib ketgandan keyin qisqich yordamida tigelni qum hammomidan olib, eksikatorga qo'ying va unda butunlay soviguncha qoldiring. Nima uchun tuz solingan tigelni havoda sovitish mumkin emas? Sovigan tigelni qaytadan qum hammomiga qo'ying va 10—15 minut qizdiring. Shundan so'ng, tigelni qaytadan eksikatora soviting va torting.

Tigelni qizdirish va sovitishni og'irligi 0,01 g dan ko'p farq qilmaguncha takrorlash kerak.

O'lchash natijalari va hisoblash:

tigel massasi — m_1 , g;

tigelning tuz bilan birgalikdagi massasi — m_2 , g;

tuzning massasi — $m_3 = (m_2 - m_1)$, g;

birinchi qizdirishdan so'ng tuz solingan tigelnig massasi — m'_4 , g;

ikkinchi qizdirishdan so'ng tuz solingan tigelnig massasi — m''_4 , g;

tuz solingan tigelnig o'zgarmas massasi — m_4 , g;

yo'qotilgan suvning massasi — $m_5 = (m_2 - m_4)$, g;

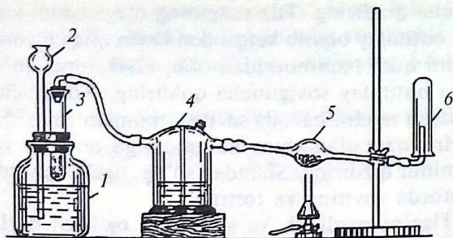
suvsiz tuzning massasi — $m_6 = (m_4 - m_1)$, g.

1 mol suvsiz tuzga to'g'ri keladigan suvning miqdorini hisoblang va kristallgidratning kimyoviy formulasini chiqaring.

3-tajriba. Oksid tarkibini aniqlash va formulasini chiqarish

Ishning maqsadi: Noma'lum oksidning tarkibini aniqlash va formulasini chiqarish.

Asbob va reaktivlar: oksid tarkibini aniqlash uchun kerak bo'lgan asbob (24-rasm), texnik-kimyoviy tarozi, mis (II) oksidi, sim, paxta, rux bo'lakchalari, 20 % li sulfat kislota eritmasi, soat, gaz gorelkasi, eksikator, voronka.



24-rasm. Oksid tarkibini aniqlash asbobi.

Ishning tavsifi. 24-rasmda ko'rsatilgan asbob tiqinli, katta bo'g'izli sklyanka (1), tiqinga o'rnatilgan voronka (2), tubi teshik probirka (3), Tishenko sklyankasi (4), o'rta qismi sharsimon nay (5) va vodorodning tozaligini tekshirishga mo'ljallangan probirka (6) dan iboratdir. Asboblari o'zaro kalta rezina naychalar bilan birlashtirilgan.

O'rta qismi sharsimon nayni texnik-kimyoviy tarozida 0,01 g gacha aniqlik bilan tortib oling (m_1). Uning sharsimon qismiga mis (II) oksididan 1 g chamasini soling. Nayning sharsimon qismigacha ichki tomonini paxta o'ralgan sim bilan mis oksidi changidan tozalang. Nayning tashqi tomonini ham yaxshilab arting, so'ngra qaytadan uni mis oksidi bilan birga 0,1 g aniqlik bilan torting (m_2). Tagi teshikli probirka (3) ga 10—15 dona rux bo'lakchasidan soling. Sklyanka (1) ga voronka orqali sulfat kislotaning 20 % li eritmasidan $\frac{3}{4}$ hajmigacha quyding. Probirkani kislotaga tushiring. Rux kislotasi bilan reaksiyaga kirisha boshlaydi hamda ajralib chiqayotgan vodorod hamma asboblardan havoni siqib chiqaradi, o'zi esa sulfat kislotasi Tishenko sklyankasidan o'tib suv bug'idan tozalanadi. Asboddagi havoning butunlay siqib chiqarilganligini aniqlash uchun to'ng'ay probirka (6) ni har ikki minutda to'ng'ay

holda gorelka alangasiga yaqinlashtiring. Toza vodorod osoyishta yonadi, agar u havo bilan aralashgan bo'lsa, kuchsizgina portlash yuz beradi. Agarda vodorod ajralib chiqishi kamaysa, probirkani ozroq kislotaga botiring. Tishenko sklyankasidan o'tayotdan vodorod pufakchalarning tezligi sekundiga ikkitadan ortiq bo'lmasligi kerak. Bunga erishish uchun rux solingan probirkani kislotaga ozroq yoki ko'proq botirish kerak.

Toza vodorod ajralayotganligiga ishonch hosil qilinch, nayning sharini isitgich alangasida qizdiring. Bunda vodorod mis oksidini misgacha qaytaradi. Qaytarilish jarayonida hosil bo'lgan suv bug'lari qisman nayning ichki devorlarida kondensatlanib qoladi. Uni yo'qotish uchun, nayning hamma qismini qizdiring. Vodorod o'tishini to'xtatmasdan gorelkani o'chirib, nayni undagi qaytarilgan mis bilan birga asbobdan ajratib olib, batamom soviguncha 10 minut eksikatorga qo'ying. Ruxli probirkani kislotaga tegmaydigan qilib ko'tarib qo'ying.

Nayni undagi qaytarilgan mis bilan birga sovigandan so'ng 0,01 g aniqlik bilan torting (m_3).

Asbobni qaytadan yig'ing va yuqorida ko'rsatilgan barcha choralarga rioya qilgan holda vodorod o'tkazib, nay sharini qaytarilgan mis bilan birga yana 10 minut qizdiring. So'ngra nayni soviting. Agar uning og'irligi oldingisidan 0,01 g dan ko'proq farq qilmasa, u vaqtda tajribani takrorlamalik mumkin. Aks holda, tajribani o'zgarmas og'irlikka ega bo'lguncha davom ettirish kerak.

Tajriba natijalari va hisoblashlar

Nayning massasi — m_1 , g.

Mis oksid bilan nayning massasi — m_2 , g.

Metall bilan nayning massasi — m_3 , g.

Mis oksidning massasi — $(m_2 - m_3)$.

Misning massasi — $(m_3 - m_1)$.

Tajriba ma'lumotlari asosida mis oksidning miqdoriy tarkibini hisoblang va mis oksidi formulasini chiqaring.

SAVOL VA MASALALAR

1. Kimyoviy formulalarni qanday usullarda aniqlash mumkin?

2. Eksikatorlarda qanday qurituvchi moddalar saqlanadi?

3. Mis sulfid solingan tigel qanday maqsadda eksikatorda saqlanadi?

4. Molekulyar formula deb nimaga aytiladi?

5. Birikmaning haqiqiy formulasini topish uchun nimalarga e'tibor berish kerak?

6. 29,1 % natriy, 40,5 % oltingugurt va 30,4 % kisloroddan iborat birikmaning eng oddiy kimyoviy formulasini toping.

7. 0,65 g kristall holdagi soda qizdirilgandan so'ng suvsiz tuzning massasi 0,485 g ga teng bo'lib qoldi. Kristallogidratning formulasini chiqaring.

8. Molibden oksidda molibden massasining atomar kislorod massasiga bo'lgan nisbati 2 ga teng. Oksidning eng oddiy formulasini aniqlang. (J a v o b : MoO_3).

9. Qandaydir birikma tarkibiga kiradigan kremniy va vodorodning massa ulushlari tegishli 91,3 va 8,7 % ga teng. Agar birikma bug'ining havoga nisbatan zichligi 3,172 ga teng bo'lsa, uning formulasini aniqlang. (Javob: Si_3H_8).

10. Ba'zi element oksidda +4 oksidlanish darajasini namoyon qiladi. Bu elementning oksiddagi massa ulushi 71,17 %. Bu qanday element? (J a v o b : selen).

3-bob

KIMYOVIY REAKSIYALAR ENERGETIKASI

Barcha kimyoviy jarayonlar sistemaning ichki energiyasi va entalpiyasining o'zgarishi bilan boradi. Ushbu jarayon natijasida issiqlik ajralishi yoki yutilishi mumkin. Kimyoviy reaksiyalarda ajralib chiqadigan yoki yutiladigan issiqlik miqdori *reaksiyaning issiqlik effekti* deyiladi. Issiqlik ajralishi bilan boradigan reaksiyalar *ekzotermik*, issiqlik yutilishi bilan boradigan reaksiyalar *endotermik reaksiya* deyiladi.

Kimyoviy jarayonlarni tavsiflash uchun bosim (P), temperatura (T) va hajm (V) dan tashqari, ichki energiya (U), entalpiya (H), entropiya (S) va Gibbs energiyasi (G) kabi holat funksiyalari ham ishlatiladi.

Sistemaning ichki energiyasi undagi molekullarning o'zaro tortilishi, itarilishi, energiyasi, ilgarilanma harakat energiyasi, molekula ichida atom va atomlar gruppasi-ning tebranish energiyasi, atomlarda elektronlarning aylanish energiyasi, atom yadrosida mavjud bo'lgan energiya va boshqa energiyalar yig'indisiga teng bo'ladi.

Agar o'zgarmas hajmdagi tizimning temperaturasi-
ni T_1 va T_2 ga ko'tarilguncha qizdirsak, tizimga berilgan issiqlik, uning ichki energiyasining ortishiga teng bo'ladi:

$$Q_v = U_2 - U_1 = \Delta U$$

Demak, o'zgarmas hajmdagi reaksiyaning issiqlik effekti uning ichki energiyasining o'zgarishiga teng. Odatda, kimyoviy reaksiyalar o'zgarmas bosimda sodir bo'ladi. Termodinamikaning I qonuniga muvofiq, o'z-

garmas bosimda sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasining ortishiga hamda u orqali ish bajarishga sarf bo'ladi:

$$Q_p = \Delta U + A; \quad A = P\Delta V$$

$$Q_p = \Delta U + P\Delta V = \Delta H$$

Ya'ni, o'zgarmas bosimda reaksiyaning issiqlik effekti uning entalpiyasi o'zgarishiga teng:

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V$$

Ekzotermik jarayonlarda tizimning ichki energiyasi hamda entalpiyasi kamayadi, ya'ni $U_2 < U_1$ va $H_2 < H_1$ bo'lganligi uchun

$$\Delta U = U_2 - U_1 \text{ va } \Delta H = H_2 - H_1$$

ifodalar manfiy qiymatga ega bo'ladi. Aksincha, endotermik jarayonlarda sistemaning ichki energiyasi va entalpiyasi ortganligi sababli ΔU va ΔH larning qiymati musbat bo'ladi.

Termokimyoning asosini **Gess qonuni** tashkil qiladi. Reaksiyaning issiqlik effekti jarayonning qanday usulda olib borilishiga bog'liq emas, balki reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning dastlabki va oxirgi holatlariga bog'liq. Ushbu qonundan ikkita muhim xulosa kelib chiqadi:

1. Kimyoviy reaksiyaning issiqlik effekti reaksiya mahsulotlari hosil bo'lish issiqliklari yig'indisidan boshlang'ich moddalar hosil bo'lish issiqliklari yig'indisining ayirmasiga teng.

$$\Delta H_r^0 = \sum_{\Delta} H_{\text{maxs.x.b.}} - \sum_{\Delta} H_{\text{boshl.modda x.b.}}$$

2. Reaksiyalarning issiqlik effekti boshlang'ich moddalar yonish issiqliklari yig'indisidan reaksiya mahsulotlari yonish issiqliklari yig'indisining ayirmasiga teng:

$$\Delta H_r^0 = \sum_{\Delta} H_{\text{boshl.modda.yonish}} - \sum_{\Delta} H_{\text{mahsul.yonish}}$$

Odatda, yonish mahsulotlari: $\text{CO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$, $\text{SO}_2(\text{g})$, $\text{N}_2(\text{g})$ va boshqalar bo'ladi. Eng oddiy oksidlarning yonish issiqliklari nol deb qabul qilingan. Yonish issiqligi ΔH_{c298}^0 — bilan belgilanadi (C — ingliz tilidagi combustion — yonish so'zidan olingan).

Hosil bo'lish issiqligi ΔH_{f298}^0 bilan belgilanadi (ingliz tilidagi formation — hosil bo'lish so'zining bosh harfidan olingan). Moddalarning hosil bo'lish issiqligi ularning agregat holatiga bog'liq bo'lib, 1 mol moddaga tegishli bo'ladi.

1 gramm-ekvivalent kislota 1 gramm-ekvivalent asos bilan o'zaro ta'sir etganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori *neytrallanish issiqligi* deyiladi. Kuchli kislota kuchli asos bilan neytrallanish issiqligi 57,32 kJ ga teng. Reaksiyada kuchsiz kislota yoki asos ishtirok etsa, neytrallanish issiqligi 57,23 kJ/mol dan kichik bo'ladi, chunki ma'lum miqdor issiqlik kuchsiz kislota yoki asosning dissotsilanishi uchun sarf bo'ladi.

1 mol moddaning to'la erishidan ajralgan yoki yutilgan issiqlik miqdori *erish issiqligi* deyiladi. 1 mol kristallogidratning hosil bo'lishidan ajralgan yoki yutilgan issiqlik miqdori *gidratlanish issiqligi* deyiladi.

Tartibsiz harakat mayda zarrachalar — molekullar, atomlar va ionlar uchun xos bo'lgan xususiyatdir. Masalan, ikki xil gaz bilan to'ldirilgan idishlar o'zaro tutashtirilsa, bu gazlar har ikkala idishda tekis taqsimlangunicha aralashadi. Bu jarayon energiya o'zgarishsiz o'z-o'zicha boradi. Tabiatda har qanday sistema o'zining tartibsizligini oshirishga intiladi, teskari jarayon, ya'ni gazlarning dastlabki holatiga qaytishi o'z-o'zidan sodir bo'lmaydi.

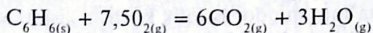
Tartibsizlikni miqdor jihatidan ifodalovchi holat funksiyasi — *entropiya*dir. Tizimi tartibli holatdan betartib holatga o'tganida uning entropiyaning oshadi. Moddalar qattiq holatdan suyuqlikka, suyuqlikdan gaz holatiga o'tganda ularning molekullarining tartibsizligi,

ya'ni entropiyasi oshadi. Molekulalarning soni oshishi bilan boradigan reaksiyalarda ham sistemaning entropiyasi ortadi. Kimyoviy reaksiyalarning yo'nalishi ikki omilning o'zaro ta'siri yordamida aniqlanadi. Zero, kimyoviy tizim o'zining energiyasini (entalpiyasini) kamaytirishga va tartibsizligini (entropiyasini) oshirishga intiladi. Bir vaqtning o'zida har ikkala omilning ta'sirini ifodalovchi holat funksiyasi *Gibbs energiyasi* deb ataladi:

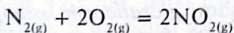
$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

Doimiy temperatura va bosimda kimyoviy reaksiyalar Gibbs energiyasining kamayishi tarafiga o'z-o'zidan boradi.

Ekzotermik reaksiyalarda $\Delta H < 0$ entropiya oshsa $\Delta S > 0$, bunday reaksiya har qanday temperaturada borishi mumkin. Masalan:



Endotermik reaksiyada $\Delta H > 0$ entropiya kamaysa $\Delta S < 0$, bunday reaksiya har qanday temperaturada sodir bo'lmaydi. Masalan:



Ekzotermik reaksiyalarda entropiya kamaysa $\Delta S < 0$, bunday reaksiyalar $T\Delta S$ ning mutlaq qiymati ΔH ning mutlaq qiymatidan kichik bo'lganda sodir bo'ladi:

$$|T\Delta S| < |\Delta H|$$

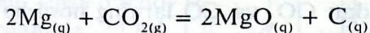
Bu tengsizlik past temperaturalardagina o'rinli bo'lishi mumkin. Masalan: $3\text{H}_{2(g)} + \text{N}_{2(g)} = 2\text{NH}_{3(g)}$

Endotermik reaksiyalarda $\Delta H > 0$ entropiya oshsa $\Delta S > 0$, bunday reaksiyalarning borish sharti $|T\Delta S| > |\Delta H|$ bo'ladi. Bu tengsizlik yuqori temperaturalardagina o'rinli bo'ladi. Masalan:



Hisoblashlarga doir masalalar

1-misol. Magniying CO_2 bilan reaksiyasi davomida ajraladigan issiqlik effektini aniqlang.



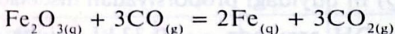
Yechish. Ilovadagi 2-jadvalda $\text{MgO}_{(q)}$ va $\text{CO}_{2(g)}$ larning hosil bo'lish issiqliklari (ΔH_{298}^0) mos ravishda $-601,8 \text{ kJ/mol}$ va $-393,5 \text{ kJ/mol}$ ekanligini topamiz. Reaksiyaning issiqlik effekti (ΔH_{298}^0) ni quyidagicha hisoblaymiz.

$$\begin{aligned}\Delta H_{298}^0 &= 2 \cdot \Delta H_{f298}^0(\text{MgO}) - \Delta H_{f298}^0(\text{CO}_2) = \\ &= 2(-601,8) - (-393,5) = -810,1 \text{ kJ}.\end{aligned}$$

Demak, reaksiya ekzotermik bo'lib, issiqlik ajralib chiqishi bilan boradi.

2-masala. 80 g temir (III) oksidi Fe_2O_3 uglerod (II) oksid CO bilan to'la qaytarilganda 13,4 kJ issiqlik ajralib chiqsa, Fe_2O_3 ning hosil bo'lish issiqligi $\Delta H_f^0(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ hisoblansin.

Yechish. Reaksiya tenglamasi bo'yicha reaksiyaning issiqlik effektini hisoblaymiz:



$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160 \text{ g/mol}.$$

Proporsiya tuzamiz:

$$\begin{array}{l} 80 \text{ g } \text{Fe}_2\text{O}_3 \quad - \quad 13,4 \text{ kJ} \\ 160 \text{ g } \text{Fe}_2\text{O}_3 \quad - \quad x \text{ kJ} \end{array} \quad x = \frac{160 \cdot 13,4}{80} = 26,8 \text{ kJ}.$$

Demak, reaksiyaning issiqlik effekti $\Delta H_g^0 = -26,8 \text{ kJ}$. Reaksiyaning issiqlik effekti mahsulotlar hosil bo'lish issiqliklaridan dastlabki moddalar hosil bo'lish issiqliklarining ayirmasiga teng, ya'ni:

$$\begin{aligned}\Delta H_{ch}^0 &= 3 \cdot \Delta H_{f298}^0(\text{CO}_{2(g)}) - \Delta H_{f298}^0(\text{Fe}_2\text{O}_{3(q)}) - \\ &\quad - 3\Delta H_{f298}^0(\text{CO}_{(g)})\end{aligned}$$

bundan:

$$\Delta H_{f298}^0(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3\Delta H_{f298}^0(\text{CO}_2) - 3\Delta H^0(\text{CO}) - \Delta H_r^0$$

2-jadvaldan CO_2 va CO larning hosil bo'lish issiqliklarini topamiz:

$$\Delta H_{f298}^0(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta H_{f298}^0(\text{CO}) = -110,5 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta H_{f298}^0(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3 \cdot (-393,5) - 3(-110,5) - (-26,8) = -822,2 \text{ kJ/mol}.$$

Demak, Fe_2O_3 ning hosil bo'lish issiqligi $-822,2 \text{ kJ/mol}$.

3-masala. 10 g NaOH 250 g suvda eriganda suvning temperaturasi 95°C ga ko'tarilgan. Eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi $4,184 \text{ J}$ ga teng deb olib, NaOH ning suvdagi erish issiqligini toping.

Yechish. Eritmaning issiqlik sig'imini $4,184 \text{ J}$ ga teng deb, erish vaqtida ajralib chiqqan issiqlikni topamiz:

$$Q = 4,184 \cdot 260 \cdot 9,5 = 10334,5 \text{ J} = 10,33 \text{ kJ}.$$

1 mol NaOH 40 g bo'lgani uchun NaOH ning erish issiqligi (Q) ni quyidagi proporsiyadan hisoblab topamiz:

10 g NaOH eriganda — $10,33 \text{ kJ}$ issiqlik chiqsa,

40 g NaOH eriganda — $x \text{ kJ}$ issiqlik chiqadi.

$$x = \frac{40 \cdot 10,33}{10} = 41,14 \text{ kJ}.$$

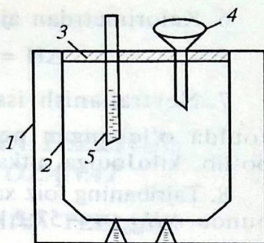
1-tajriba. Neytrallanish issiqligini aniqlash

Ishning maqsadi: kuchli kislota va ishqorlarning neytrallanish issiqliklarini aniqlash.

Asbob va reaktivlar: kalorimetr (25-rasm), 25 ml hajmli 2 ta o'lchov silindri, termometr, voronka, sekundomer, 1 n KOH (yoki NaOH) eritmasi, 1 n HCl (yoki H_2SO_4) eritmasi.

Asbobning tavsifi va ishning bajarilishi.

Massasi aniq kalorimetrik stakan (2)ning qopqog'ini ochib, unga o'lchov silindri yordamida 25 ml 1 n KOH (yoki NaOH) eritmasini quyuing. Stakaning qopqog'ini voronkasi bilan birga yoping. Maxsus teshikchadan stakandagi eritmaga termometr tushirib eritma temperaturasini o'lchang. Boshqa silindrda 1 n HCl (yoki H_2SO_4) eritmasidan 25 ml o'lchab olib, voronka (4) orqali tez quyuing va sekundo-



25-rasm. Kalorimetr:

- 1 — tashqi stakan;
2 — kalorimetrik stakan;
3 — qopqog'; 4 — voronka;
5 — termometr.

merni yurgizib vaqtini o'lchang. Kalorimetrni ohistalik bilan chayqatib eritmani aralashtirib turing. Har yarim minutda eritma temperaturasini jadvalga yozib boring.

Eritmaning issiqlik sig'imi $C = 4,18 \text{ J/g}$, zichligi $\rho = 10 \text{ g/sm}^2$, shishaning issiqlik sig'imi $C_m = 0,75 \text{ J/g}$ daraja, eritmaning massasi $m_e = 50 \text{ g}$.

Tajriba vaqti, (min.)	0	0,5	1,0	1,5	2,0
Eritma temperaturasi					

Kalorimetrik stakaning massasini bilgan holda quyidagilarni to'ldirib, hisoblashlarni bajaring.

O'lchash natijalari:

1. Kalorimetrik stakan massasi — m_s , g;
2. Tajriba boshlanguncha eritma temperaturasi, t_{dast} ;
3. Eng ohirgi temperatura — t_{oxirgi} ;
4. $\Delta t = t_{\text{oxirgi}} - t_{\text{dast}}$;
5. Tizimning issiqlik sig'imi: $\Sigma C = C_{\text{st}} \cdot m_{\text{sn}} + C_{\text{er}} \cdot m_{\text{er}}$;

6. Kalorimetrdan ajralib chiqqan issiqlik:

$$\Delta H = -\Sigma C \cdot \Delta t \text{ (J)}.$$

7. Neytrallanish issiqligi: $\Delta H = \frac{\Delta H \cdot 1000}{25} \text{ (J/mol)}$

Joulga o'lgan neytrallanish issiqligini 1000 ga bo'lib, kiloJoulga o'tkazamiz.

8. Tajribaning foiz xatosi: $\text{xato}_{\%} = \frac{\Delta H_{\text{naz.}} - \Delta H_{\text{taj.}}}{\Delta H_{\text{naz}}} \cdot 100$,
bunda $\Delta H_{\text{naz.}} = -57,2 \text{ kJ/mol}$.

SAVOL VA MASALALAR

1. Reaksiyaning issiqlik effekti deb nimaga aytiladi?

2. Reaksiyaning issiqlik effekti bilan uning ichki energiyasi orasida qanday bog'liqlik mavjud?

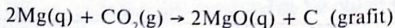
3. Endotermik reaksiyalarda ichki energiya va entalpiya qanday o'zgaradi?

4. Gess qonuni va undan kelib chiqadigan xulosalarni tavsiflang.

5. Hosil bo'lish va yonish issiqligi deb nimaga aytiladi?

6. Neytrallanish issiqligi nima?

7. Termodinamik kattaliklar jadvalidan foydalanib:



reaksiyaning entalpiyasi topilsin. (Javob: $-810,1 \text{ kJ}$)

8. $2\text{C} \text{ (grafit)} + 3\text{H}_2(g) = \text{C}_2\text{H}_6(g)$ reaksiyasining standart sharoitdagi entropiya o'zgarishi topilsin.

(Javob: $-173,78 \text{ J/mol}$).

9. $3,2 \text{ g}$ oltingugurt yonganda $27,9 \text{ kJ}$ issiqlik ajralib chiqqan. SO_2 ning hosil bo'lish issiqligini aniqlang. (Javob: 279 kJ/mol).

10. Quyidagi reaksiya bo'yicha $\text{CaO}(q) + \text{H}_2\text{O}(s) \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ 18°C da Ca(OH)_2 ning hosil bo'lish issiqligini aniqlang. Bunda $\Delta H = -15260 \text{ kal/mol}$, $\Delta H(\text{H}_2\text{O}) = -68370 \text{ kal/mol}$, $\Delta H(\text{CaO}) = -151800 \text{ kal/mol}$. (Javob: -235430 kal/mol).

4-bob

KIMYOVIY REAKSIYA TEZLIGI. KIMYOVIY MUVOZANAT

4.1. KIMYOVIY REAKSIYA TEZLIGI

Kimyoviy reaksiyalarning tezligi va unga ta'sir etuvchi omillarni o'rganuvchi ta'limot *kimyoviy kinetika deb ataladi*. Kimyoviy reaksiyalar tezligiga ta'sir etuvchi omillarga: temperatura, reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi, tabiati, bosim, katalizator kabi omillar kiradi. Bu omillarning reaksiya tezligiga ta'siri ayni reaksiya qanday sistemada sodir bo'layotganiga ham bog'liq. Barcha sistemalar *gomogen va geterogen* sistemalarga bo'linadi. Faqat birgina fazadan iborat sistema *gomogen sistema* deyiladi. Ularda boradigan reaksiyalar esa *gomogen reaksiyalar* deyiladi. Gomogen reaksiyalarga gazlar o'rtasida, shuningdek, eritmalar o'rtasida sodir bo'ladigan reaksiyalar kiradi, bunday reaksiyalarda sistemadagi fazalar soni o'zgarmaydi. Gomogen reaksiya gomogen sistema hajmining hamma joyida sodir bo'ladi. Gomogen reaksiyaning tezligi deb vaqt birligi ichida reaksiyaga kirishuvchi yoki reaksiya natijasida hosil bo'luvchi moddalar konsentratsiyalarining o'zgarishi bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi.

$$\vartheta = \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

Bu yerda: ϑ — gomogen reaksiya tezligi, Δt — vaqt, ΔC — konsentratsiya o'zgarishi. $\Delta C = \vartheta \cdot \Delta n$ ekanligini nazarga olsak, $\vartheta = \frac{\Delta n}{V \cdot \Delta t}$ bo'ladi. Shuningdek, V —

sistemaning hajmi, $\Delta n = n_1 - n_2$ modda mol sonlarining reaksiya natijasida o'zgarishi.

Bir necha fazadan iborat sistema *geterogen sistema* deb ataladi. Ularda sodir bo'ladigan reaksiyalar *geterogen reaksiyalar* deyiladi. Geterogen reaksiyaning tezligi deganda, vaqt birligi ichida fazalar chegarasidagi sirt birligida reaksiyaga kirishuvchi yoki reaksiya natijasida hosil bo'luvchi moddalar miqdori o'zgarishini tushunamiz:

$$\vartheta_{\text{get.}} = \frac{\Delta n}{S \cdot \Delta t}$$

bu yerda: S — fazalar chegara sirtining kattaligi, Δn — sistemada modda mol sonlarining o'zgarishi, $\vartheta_{\text{get.}}$ — geterogen reaksiya tezligi. Tenglamadan ko'rinadiki, sistemada reaksiya fazalar chegara sathidagina bo'lganligi bois, bu sath qanchalik katta bo'lsa, reaksiya tezligi ham shunchalik katta bo'ladi. Demak, qattiq moddalar maydalangan holda reaksiyaga tezroq kirishadi.

Gomogen kimyoviy reaksiyalar tezligi bilan reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyasi o'rtasidagi bog'lanish massalar ta'siri qonuni bilan ifodalanadi. Bu qonunga muvofiq, kimyoviy reaksiya tezligi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional. Masalan, A modda B modda bilan o'zaro reaksiyaga kirishib, bir xil fazada C moddani hosil qilsa: $A + B = C$. Ushbu reaksiya uchun massalar ta'siri qonunining matematik ifodasi quyidagichadir:

$$\vartheta = K \cdot [A] \cdot [B]$$

bu reaksiyadan, ϑ — reaksiya tezligi, K — proporsionallik koeffitsiyenti, $[A]$, $[B]$ — A va B moddalarning molyar konsentratsiyalari. Reaksiyaga kirishuvchi moddalarning bir necha molekulasini bir vaqtda o'zaro ta'sirlashsa, reaksiyaning tezligi quyidagicha ifodalanadi:

$$nA + mB = pC$$

$$\vartheta = K \cdot [A]^n \cdot [B]^m$$

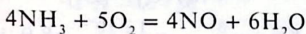
Geterogen sistemada kimyoviy reaksiyalarning tezligiga qattiq moddalarning umumiy konsentratsiyasi ta'sir etmaydi. Chunki, geterogen sistemada gaz va qattiq modda molekulalarining to'qnashuvi faqat fazalar chegarasidagina sodir bo'ladi. Shuning uchun, bu kattalik massalar ta'siri qonuni tenglamasiga kiritilmaydi.

Hisoblashlarga doir masalalar

1-masala. Gomogen sistemada sodir bo'ladigan $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ reaksiya uchun tezlik ifodasini yozing.

Yechish. Massalar ta'siri qonuniga muvofiq, kimyoviy reaksiya tezligi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsionaldir: $\vartheta = K [N_2][H_2]_3$.

2-masala. Ushbu



reaksiyada kislorodning konsentratsiyasi 3 marta oshirilsa, reaksiya tezligi qanday o'zgaradi?

Yechish. Reaksiya tezligining konsentratsiyaga bog'liqligi:

$$\vartheta_1 = K [NH_3]^4 [O_2]^5$$

Kislorodning konsentratsiyasi 3 marta oshirilsa:

$$\vartheta_2 = K [NH_3]^4 3^5 [O_2]^5 = 243 K [NH_3]^4 [O_2]^5$$

Tezliklar nisbatini topamiz:

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{243 K [NH_3]^4 [O_2]^5}{K [NH_3]^4 [O_2]^5}$$

Demak, reaksiya tezligi 243 marta ortadi

3-masala.

$2CO + O_2 = 2CO_2$ reaksiyasida bosim 2 marta va kislorod konsentratsiyasi 3 marta oshirilsa reaksiya tezligi qanday o'zgaradi?

Yechish. Reaksiyaning boshlang'ich tezligi:
 $\nu_1 = K[\text{CO}_2][\text{O}_2]$.

Bosim 2 marta oshirilsa, CO va O₂ konsentrasiyalari 2 marta ortadi, O₂ ning konsentratsiyasi yana 3 marta oshirilsa, unda:

$$\vartheta_2 = K_2[\text{CO}]^2 \cdot 3[\text{O}_2] = 24K[\text{CO}]^2[\text{O}_2]$$

Tezliklar nisbati $\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = 24$. Demak, reaksiya tezligi 24 marta ortadi.

4-masala. Reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyalari $[\text{NO}] = 0,3 \text{ mol/l}$ va $[\text{O}_2] = 0,15 \text{ mol/l}$ bo'lgan quyidagi kimyoviy reaksiya tezligi $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot \text{sek}$. Quyidagi reaksiya uchun tezlik konstantasini aniqlang:
 $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} = 2\text{NO}_{2(g)}$.

Yechish. Massalar ta'siri qonuniga ko'ra:

$$\vartheta = K[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2].$$

$$\text{Bundan: } K = \frac{\vartheta}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{0,3^2 \cdot 0,15} = 8,9 \cdot 10^{-3}.$$

Demak, $K = 8,9 \cdot 10^{-3}$.

Kimyoviy reaksiya tezligiga temperaturaning ta'sirini o'rganish natijasida Vant-Goff quyidagi qoidani yaratdi: temperatura har 10° ga oshirilganda reaksiya tezligi 2—4 marta ortadi. Bu qoidaning matematik ifodasi quyidagicha:

$$\vartheta_{t_2} = \vartheta_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

Bunda, ϑ_{t_1} va ϑ_{t_2} mos ravishda temperatura t_1 va t_2 bo'lganda reaksiyaning tezligi; γ — reaksiyaning temperatura koeffitsiyenti.

Reaksiya tezligining temperatura o'zgarishi bilan o'zgarishini S. Arrenius yaratgan faollanish nazariyasi asosida tushuntirish mumkin. Temperaturaning ko'tarilishi reaksiya tezligining ortishiga olib keladi, bu esa reaksiya tezligi konstantasining ortishiga bog'liq. O'z

navbatida reaksiya tezligi konstantasi faollanish energiyasiga bog'liq. Molekulalar kimyoviy ta'sirlanishga uch-rashi uchun o'rtacha energiyadan ko'proq kinetik energiyaga ega bo'lishi kerak. Bu energiya *faollanish energiyasi* deyiladi. Bunday energiyaga ega bo'lgan molekulalar faol molekulalar hisoblanadi. Kimyoviy reaksiyalar vaqti-da har doim energiya to'sig'i yengiladi, uning cho'qqisi-da reaksiyaning oraliq mahsuloti — faollangan kompleks hosil bo'ladi. Faollanish energiyasi — reaksiyaga kirisha-yotgan moddalarni faol kompleksdan ajratib turadigan energiya to'sig'idir. Faollanish energiyasi juda yuqori bo'lganda, energiya to'sig'ini yenga oladigan molekulalar soni kam, reaksiya tezligi esa juda kichik bo'ladi. Reaksiya tezligi konstantasining faollanish energiyasiga bog'liqligi-ni Arreniusning quyidagi tenglamasi ifodalaydi:

$$K = Z \cdot p e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

bu yerda: Z — hajm birligidagi molekulaning 1 sekunddagi to'qnashuvlar soni; e — natural logarifm ($e = 2,7156...$); R — universal gaz doimiysi ($R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot K$); T — mutlaq temperatura, K ; p — to'qnashayotgan molekulalar oriyentatsiyasiga bog'liq sterik ko'paytuvchi.

Arrenius tenglamasining boshqa ko'rinishlari ham ma'lum:

$$\lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{E_a}{2,303} \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

E_a — faollanish energiyasi; K_1 , K_2 — boshlang'ich (T_1) va berilgan (T_2) temperaturadagi reaksiya tezligi konstantasi.

Hisoblashga doir masalalar

1-masala. Reaksiyaning temperatura koeffitsiyenti 3 ga teng. Shu reaksiyada temperatura 40 dan 80 ga ko'tarilsa, tezlik qanday o'zgaradi?

Yechish. Tezlikning temperaturaga bog'liqlik ifodasiga ko'ra:

$$\frac{\vartheta_{t_2}}{\vartheta_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} \quad \text{dan} \quad \frac{\vartheta_{t_2}}{\vartheta_{t_1}} = 3^{\frac{80 - 40}{10}} = 3^4 = 81.$$

Demak, reaksiya tezligi 81 marta ortadi.

2-masala. Temperatura 25°C dan 35° gacha ko'tarilganda, kimyoviy jarayonning faollanish energiyasi qiymatini toping. Bunda tezlik konstantasi 2 marta ortadi.

Yechish. Reaksiya tezligining aktivlanish energiyasiga bog'liqligini ko'rsatuvchi ma'lum nisbatni qo'llagan holda kimyoviy jarayon faollanish energiyasi qiymatini hisoblaymiz.

$$E_a = \frac{R \cdot \ln K}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{0,00831 \cdot 2,282 \cdot \lg 2}{0,000109} = 52,37 \text{ kJ/mol}.$$

Demak, faollanish energiyasi 52,37 kJ/mol ga teng.

Massalar ta'siri qonunini o'rganishda reaksiyaning molekulyarligi va tartibiga alohida e'tibor berish kerak. *Reaksiyaning molekulyarligi deb, kimyoviy ta'sirlanishning eng oddiy ko'rinishida qatnashuvchi molekulalar soniga aytiladi.* Reaksiya molekulyarligi bir, ikki va uch molekulyarlik bo'lishi mumkin. Amalda uch molekulardan ortiq reaksiyalar uchramaydi, chunki bir vaqtning o'zida bir nuqtada uchta va undan ortiq molekulalarning o'zaro to'qnashuvi ehtimoli juda kam. Ko'pchilik reaksiyalar bir necha bosqichda boradi. Reaksiyaning tezligi eng sekin kechadigan bosqich tezligi bilan belgilanadi.

Reaksiyaning tartibi — reaksiya tezligi tenglamasidagi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyalari darajasi ko'rsatkichlari yig'indisiga teng son. Masalan:



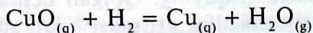
$$\vartheta_1 = K_1[A]^a[B]^b$$

$$\vartheta_2 = K_2[M]^m[N]^n$$

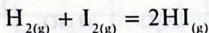
$$n_1 = a + b; \quad n_2 = m + n$$

n_1 — to'g'ri reaksiya tartibi;

n_2 — teskari reaksiya tartibi;



Bu reaksiya tezligi 1-tartibli.



Bu reaksiya esa 2-tartibli. Reaksiyaning tartibi eng sekin kechadigan bosqichning molekulyarligi bilan aniqlanadi. Bosqichli reaksiyalarda uning tartibi molekulyarligiga teng yoki undan kichik bo'ladi.

Kimyoviy reaksiyalarning tezligiga doir tajribalar

Ishdan maqsad: kimyoviy reaksiyalar tezliklariga ta'sir etuvchi turli omillarni o'rganish.

Asbob va reaktivlar: sekundomer, 100°C li termometr, shtativ, probirkalar, 5 va 10 ml li pipetkalar, millimetrli qog'oz, cho'p, 1 n natriy tiosulfat, 2 n sulfat kislotasi eritmalari; konsentrlangan kaliy yodat va natriy sulfit eritmalari, 0,01 n kaliy rodanid, temir (III) xlorid, 10 % li vodorod peroksid, alyuminiy kukuni, maydalgan yod kristali.

1-tajriba. Kimyoviy reaksiyalar tezliklarining moddalar tabiatiga bog'liqligi

Probirkalarga sirka va xlorid kislotasi quyib hamda ularning har biriga metall holdagi rux bo'lakchasini tashlang. Vodorod ajralib chiqishi intensivligini taqqoslang. Reaksiya tenglamasini yozing. Jarayonning borishidagi tezlikning har xilligini tushuntiring.

2-tajriba. Kimyoviy reaksiyalar tezliklarining moddalar konsentratsiyalariga bog'liqligi

a. Natriy tiosulfatning sulfat kislota bilan reaksiyasi.

6 ta probirka olib, ularning uchtagiga 5 ml dan sulfat kislota eritmasidan quying. Qolgan uchtagiga quyidagi nisbatda natriy tiosulfat eritmasi bilan suv solinadi.

Probirka raqami	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hajmi, ml	H_2O hajmi, ml	H_2SO_4 hajmi, ml	Loyqa hosil bo'lish vaqti (soniya)	Reaksiya tezligi $\vartheta = \frac{100}{t}$
1	2,5	5,0	5,0		
2	5,0	2,5	5,0		
3	7,5	0	5,0		

Eritmalarning hajmini mumkin qadar aniqroq o'lchang. Shundan keyin ularning har biriga avval tayyorlab qo'yilgan uchta probirkadagi H_2SO_4 eritmasidan 5 ml dan qo'shing. Uchala holda ham probirkadagi suyuqlikka ikkinchi probirkadagi suyuqlik qo'shilgan, shuningdek, har bir probirkadagi oltingugurt loyqasi paydo bo'lgan vaqtni yozib oling. Olingan natijalarni jadvalga yozing. Absissa o'qiga natriy tiosulfat konsentratsiyasini, ordinata o'qiga esa reaksiya tezligining qiymatlarini qo'yib, grafik chizing. Reaksiya tenglamasini yozing.

b. Kaliy yodat bilan natriy sulfit orasidagi reaksiya. Sig'imi 100 ml bo'lgan stakan olib, unda natriy sulfitning ozgina sulfat kislota va juda ozgina kraxmal qo'shilgan eritmasini tayyorlang. Boshqa 3 ta stakan olib, birinchisiga 30 ml KJO_3 eritmasi, ikkinchisiga 20 ml KJO_3 eritmasi va 10 ml suv soling, uchinchi stakanga 10 ml KJO_3 eritmasi va 20 ml suv soling. Birinchi stakanga avval tayyorlab qo'yilgan stakandagi Na_2SO_3 eritmasidan 20 ml quying. Reaksiya natijasida ko'k rang paydo bo'ladi. Eritma quyilgan vaqt t_1 va ko'k rang paydo

bo'lgan vaqt t_2 ni yozib oling. Ikkinchi stakanga ham 20 ml Na_2SO_3 eritmasi quyung. Har safar reaksiya boshlangan va reaksiya tugagan vaqtlarni yozib boring. Natijalarni quyidagi jadvalga yozing.

Na_2SO_3 hajmi, ml	H_2O hajmi, ml	KJO_3 hajmi, ml	Konsentra- tsiya, C	Loyqa hosil bo'lish vaqti	Reaksiya tezligi, $\vartheta = \frac{100}{t}$
20	—	30			
20	10	20			
20	20	10			

3-tajriba. Reaksiyalar tezliklariga temperaturaning ta'siri

Uchta probirkani raqamlab har biriga 5 ml dan suvultirilgan 1 n natriy tiosulfat eritmasidan quyung. Boshqa uchta raqamlangan probirkaning har biriga 5 ml dan 2 n sulfat kislota eritmasidan quyib, biriga natriy tiosulfat va ikkinchisiga kislota eritmasi solingan probirkalarni adashmaydigan qilib, uch juftga bo'ling. 250—400 ml hajmli stakanning yarmigacha vodoprovod suvidan solib, uning temperaturasi aniqlang. Birinchi juft probirkani unga tushiring. Probirkalardagi eritmalar temperaturasi suvnikiga tenglashganiga ishonch hosil qilib, sulfat kislotani natriy tiosulfat eritmasiga quyung va loyqa hosil bo'lishi vaqtini aniqlang. Ikkinchi juft probirkalarni suvli stakanga tushiring. Termometr bilan temperaturani o'lchang. Suvning temperaturasi dastlabkisidan 10°C ga ortguncha qizdiring. So'ngra probirkadagi eritmalarini bir-biriga qo'shing. Loyqa hosil bo'lish vaqtini aniqlang. Uchinchi juft probirkalarni suvli stakanga tushirib, suvning temperaturasi dastlabkisiga nisbatan 20°C ga ortguncha qizdirib, yuqoridagi tajribani takrorlang.

Jadvaldan foydalanib, absissa o'qiga temperatura, ordinata o'qiga reaksiya tezligi ko'rsatkichini qo'yib, reaksiya tezligining temperaturaga bog'liqlik grafisini chizing. Temperatura har 10°C ga ortganda reaksiya tezligi necha marta ortishini (temperatura koeffitsiyentini) aniqlang.

Tajriba natijalarini quyidagi jadvalga yozing.

Eritma tempera-turasi, $^{\circ}\text{C}$	Probirka raqami	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hajmi, ml	H_2SO_4 hajmi, ml	Loyqa hosil bo'lish vaqti, sek.	Reaksiya tezligi, $\vartheta = \frac{100}{t}$
	1 juft	5	5		
	2 juft	5	5		
	3 juft	5	5		

4-tajriba. Reaksiya tezligiga katalizatorning ta'siri

a) vodorod peroksidning katalitik parchalanishi. Ikki ta toza probirkadan birinchisiga 1—2 ml 10 % li vodorod peroksid eritmasidan quyib, uning odatdagi sharoitda kuchsiz parchalanishini kuzating. Uchinchi probirkaga 1—2 ml 10 % li vodorod peroksid eritmasidan va ozroq (4—5 dona) MnO_2 solib aralashtiring. Qancha vaqtdan keyin vodorod peroksidning parchalanishini kuzating. Qaysi probirkada reaksiya tez boradi? Reaksiya tenglamasini yozing.

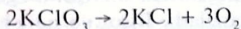
b) alyuminiy bilan yod o'rtasidagi reaksiyaga suvning katalitik ta'siri. Probirkaga ozgina alyuminiy kukunidan va maydalangan yoddan soling. Shisha tayoqcha bilan aralashtiring. Amalda reaksiya bormasligini qayd eting. Probirkaga 1 tomchi suv tomizib, uning reaksiya tezligiga qanday ta'sir etganligini kuzating. Alyuminiy bilan yod o'rtasidagi reaksiya tenglamasini yozing.

SAVOL VA MASALALAR

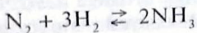
1. Kimyoviy reaksiya tezligi deb nimaga aytiladi?
2. Qanday moddalar o'zaro tez reaksiyaga kirishadi?
3. Massalar ta'siri qonunidagi tezlik konstantasi nimani ko'rsatadi va u qanday omillarga bog'liq?
4. Katalizatorlar nima uchun reaksiyalar tezligini oshiradi?
5. Temperatura ko'effitsiyenti 2,8 ga teng bo'lib, temperatura 20°C dan 75°C gacha oshirilganda reaksiya tezligi necha marta o'zgaradi?
6. Katalizatorlar ta'siri jarayon termodinamikasi bilan qanday bog'langan?
7. Nima uchun temperaturaning ko'tarilishi kimyoviy reaksiya tezligini oshirishga olib keladi?
8. Gaz fazada boruvchi $A + 2B + 2C \rightarrow D$ reaksiyada bosim 3 marta oshirilsa, reaksiya tezligi qanday o'zgaradi?
9. Temperatura ko'effitsiyenti 2 ga teng bo'lgan reaksiya, 20°C da 32 minut davom etadi. Shu reaksiyani 30 sekundda tugallash uchun temperatura necha gradus bo'lishi kerak? (Javob: 80°C).
10. Quyidagi reaksiyaning $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} = 2\text{NO}_{2(g)}$ tezlik konstantasi $8,9 \cdot 10^{-2}$ ga teng. $[\text{NO}] = 0,3 \text{ mol/l}$, reaksiya tezligi $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/s}$ bo'lsa, kislorodning konsentratsiyasi qanday bo'ladi? (Javob: $0,15 \text{ mol/l}$).

4.2. KIMYOVIY MUVOZANAT

Barcha kimyoviy reaksiyalarni yo'nalishi bo'yicha ikki turga bo'lish mumkin: a) agar reaksiya uchun olingan dastlabki moddalar to'liq reaksiya mahsulotlariga aylansa, bunday reaksiya **qaytmas reaksiya** deyiladi:



b) bir vaqtning o'zida qarama-qarshi tomonga yo'nalgan reaksiyalar qaytar reaksiyalar deyiladi. Ko'pchilik reaksiyalar amaliy jihatdan qaytar reaksiyalardir. Masalan:



Kimyoviy jarayon qaytar bo'lsa, u holda o'ng va chap tomonlarga boradigan reaksiya tezliklari quyidagicha ifodalanadi:

$$\vartheta_1 = K_1[N_2] \cdot [H_2]^3$$

$$\vartheta_2 = K_2[NH_3]^2$$

Qaytar jarayonlarda vaqt o'tishi bilan qarama-qarshi tomonga yo'nalgan reaksiyalarning tezliklari o'zaro tenglashadi: $\vartheta_1 = \vartheta_2$. Demak:

$$K_1[N_2] \cdot [H_2]^3 = K_2[NH_3]^2$$

Bundan:

$$K = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

kelib chiqadi. K — muvozanat konstantasi.

Bu holat, ya'ni to'g'ri va teskari reaksiyalar tezliklari o'zaro tenglashgan holat *kimyoviy muvozanat* deyiladi. Muvozanat konstantasi tenglamasiga kiruvchi moddalar konsentratsiyasi muvozanat konsentratsiyasi deyiladi. Muvozanat konstantasi — ushbu temperaturada doimiy son bo'lib, reaksiya mahsuloti va boshlang'ich moddalar muvozanat konsentratsiyalari o'rtasidagi nisbatni ko'rsatadi. U qanchalik katta bo'lsa, reaksiya mahsulotining hosil bo'lishi shuncha tez boradi. Muvozanat konstantasi har qaysi qaytar reaksiya uchun xususiyatli bo'lib, reaksiyaga kirishuvchi moddalar tabiatiga bog'liq. K ifodasiga qattiq moddalar konsentratsiyalari kirmaydi.

Reaksiyalarning borish sharoiti o'zgartirilsa, kimyoviy muvozanat buziladi. Biror yo'nalish bo'yicha reaksiyaning ko'proq borishi, ko'pincha boshlang'ich holatdagi muvozanatdan farq qiladigan yangi kimyoviy muvozanatning qaror topishiga olib keladi. Bir muvozanat holatidan boshqasiga o'tishga *kimyoviy muvozanatning siljishi* deyiladi. Reaksiyada muvozanatning qaysi to-

monga siljishi Le-Shatelye prinsipiga bo'ysunadi: kimyoviy muvozanatda turgan sistemaga tashqaridan biror ta'sir ko'rsatilsa (konsentratsiya, temperatura yoki bosim o'zgartirilsa), muvozanat shu ta'sirni kamaytiruvchi tomonga siljiydi. Muvozanatni siljitishga ta'sir etuvchi omillarni ko'rib chiqamiz.

Konsentratsiya. Reaksiyada ishtirok etuvchi biror moddaning konsentratsiyasi oshirilsa, reaksiya muvozanati shu modda yo'q bo'lgan tomonga, konsentratsiya kamaytirilganda esa, shu modda bor bo'lgan tomonga siljiydi.

Bosim. Bosim faqat gazsimon moddalarga ta'sir etadi. Bosim oshirilganda (bunda hajm kamayadi) qaysi tomonda gazsimon modda molekulalarining soni kam bo'lsa, muvozanat shu tomonga; bosim kamaytirilganda esa gaz molekulalari ko'p bo'lgan tomonga siljiydi.

Temperatura. Temperaturaning ta'siri reaksiyaning issiqlik effektiga bog'liq. Ekzotermik reaksiyalarda temperatura kamayganda, muvozanat to'g'ri reaksiya tomonga siljiydi; temperatura oshganda esa teskari tomonga siljiydi. Endotermik reaksiyalarda aksincha bo'ladi.

Katalizatorlar kimyoviy muvozanatni siljitmaydi. Chunki ikki tomonga boruvchi reaksiyaga bir xil ta'sir ko'rsatadi. Katalizatorlar muvozanat qaror topishini tezlatadi.

Kimyoviy reaksiyaning muvozanat konstantasi Gibbs energiyasining standart o'zgarishiga bog'liq:

$$\Delta G_T^\circ = -2,3RT \lg K_1$$

298 K (25°C) tenglamada quyidagicha o'zgaradi:

$$\Delta G_{298}^\circ = -5,691 \lg K_{298}$$

bunda: ΔG_{298}° kJ/mol larda ifodalangan.

Shunday qilib, bu tenglamalardan ko'rinadiki, $\Delta G^\circ < 0$, $\lg K > 0$, ya'ni $k > 1$. Demak, $\Delta G^\circ < 0$ bo'lganda muvozanat to'g'ri reaksiya tomonga siljiydi va mahsulot chiqishi nisbatan yuqori, agar $\Delta G^\circ > 0$ da $\lg k < 1$ bo'lsa, mahsulot chiqishi kam bo'ladi.

Hisoblashga doir masalalar

1-masala. $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g)$ sistemada muvozanat konsentratsiyalari quyidagicha: $[A] = 0,216 \text{ mol/l}$, $[B] = 0,120 \text{ mol/l}$, $[C] = 0,216 \text{ mol/l}$. Reaksiyaning muvozanat konstantasini hamda B moddaning boshlang'ich konsentratsiyasini toping.

Yechish. 1. Muvozanat konstantasining qiymatini topamiz:

$$K = \frac{[C]}{[A] \cdot [B]^2} = \frac{0,216}{0,216 \cdot 0,120^2} = 69,45.$$

2. Reaksiya tenglamasiga ko'ra 1 mol A modda va 2 mol B moddadan 1 mol C modda hosil bo'lgan. Proporsiya tuzamiz:

2 mol B moddadan — 1 mol C modda hosil bo'lgan,
 x mol B moddadan — 0,216 mol C modda hosil bo'lgan,

$$x = \frac{2 \cdot 0,216}{1} = 0,432 \text{ моль}.$$

Kimyoviy muvozanatga doir tajribalar

Ishning maqsadi. Turli omillarning muvozanat holatiga va uning siljishiga ta'sirini o'rganish.

Asbob va reaktivlar: 100 ml li kolba, probirkalar, stakan, kraxmal, fenolftalein eritmasi, konsentrlangan sulfat kislota va ammiak eritmalari, FeCl_3 va NH_4SCH larning to'yingan eritmalari, 10 % li $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ eritmasi, 2 n li MgCl_2 va NaOH eritmalari.

1-tajriba. Reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyasining kimyoviy muvozanatga ta'siri

Sig'imi 100 ml bo'lgan kolbaga 20 ml distillangan suv solib, ustiga temir (III) xloridning to'yingan eritmasidan 1—2 tomchi va kaliy yoki ammoniy rodanidning

to'yingan eritmasidan 1—2 tomchi qo'shiladi. Tajribada uch valentli temir ioniga xos reaksiya bo'lganligi uchun temir (III) rodanidning to'q-qizil rangli eritmasi hosil bo'ladi. Hosil qilingan eritma to'rtta probirkaga teng taqsimlanadi. Bu probirkalardan biri etalon sifatida qoldiriladi. Ikkinchisiga konsentrlangan temir (III) xlorid eritmasidan 2—3 tomchi, uchinchisiga kaliy rodanidning konsentrlangan eritmasidan 2—3 tomchi solinadi. To'rtinchi probirkaga bir necha dona kaliy xlorid kristallaridan soling. Har qaysi probirkadagi suyuqlik chayqatilib, to'rtala probirkadagi eritmalarning rangi bir-biri bilan solishtirib ko'riladi. Ushbu jarayonni massalar ta'siri qonuniga asoslanib izohlang. Bu qaytar reaksiya tenglamasini va muvozanat konstantasining ifodasini yozing. Tajriba natijalarini quyidagi jadvalga yozing.

Probirkaning tartib raqami	Qo'shilgan eritma	Eritma rangi	Muvozanatning o'ngga yoki chapga siljishi

2-tajriba. Kimyoviy muvozanatga muhitning ta'siri

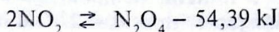
Xrom (VI) ionni ishqoriy eritmada sariq rangli xromat ionni — CrO_4^{2-} shaklida namoyon bo'ladi. pH kamaytirilishi natijasida CrO_4^{2-} protonlashadi va kislotali muhitda zarg'aldoq rangli bixromat ionni — $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ hosil bo'ladi:



Probirkaga 2—3 ml 10 % li $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ eritmasidan quyuing va shu eritmaning ustiga tomchilab konsentrlangan ishqor eritmasidan soling, rang o'zgarishini kuza-ting. Eritma sariq rangga kirganda tomchilab konsentrlangan sulfat kislota qo'shing. Rang o'zgarishini kuza-ting. Sodir bo'layotgan hodisalarni tushuntiring.

3-tajriba. Temperaturaning kimyoviy muvozanatga ta'siri

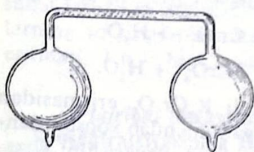
a) qo'ng'ir tusli gaz — azot (IV) oksid NO_2 uy temperaturasida rangsiz gaz — azot qo'sh oksid N_2O_4 ga aylanadi va ular orasida kimyoviy muvozanat qaror topadi:



NO_2 qo'ng'ir tusli va N_2O_4 rangsiz bo'lganligi tufayli rang o'zgarishiga qarab, muvozanatning qaysi tomonga siljiganligini aytish mumkin. Tajribani o'tkazish uchun ikki chekkasi shar shaklidagi naycha olinadi (26-rasm). Uning ichi NO_2 bilan to'ldiriladi. Nayda $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ muvozanat qaror topadi. Biriga qaynoq suv, ikkinchisiga muzli suv solingan ikkita stakan olib, birinchi stakanga nayning bir shari tushiriladi, ikkinchi stakanga esa nayning ikkinchi shari botiriladi. Sovuq suvga tushirilgan sharda qo'ng'ir rang susayadi, qaynoq suvga tushirilgan sharda esa qo'ng'ir rang quyuqlashadi.

Bu reaksiyaning muvozanati $+150^\circ\text{C}$ da batamom chapga siljiydi. -11°C da esa muvozanat o'ngga siljiydi. Bu tajribada qo'ng'ir rangning issiq suvda quyuqlashishi va sovuq suvda zaiflashishini Le-Shatelye prinsipi asosida tushuntirib bering.

b) yodning kraxmal bilan o'zaro ta'siridan ko'k rangli murakkab tarkibli yodkraxmal hosil bo'ladi. Bu reaksiya ekzotermik reaksiyadir.

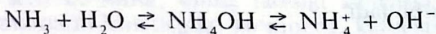


26-rasm. NO_2 bilan N_2O_4 o'rtasidagi muvozanatga temperaturaning ta'siri.

Ikkita probirkaga 4—5 tomchidan kraxmal eritmasi soling va 1 tomchidan suyultirilgan yod eritmasidan qo'shing. Eritma ko'k rangga bo'yaladi. Probirkalarning birini qizdiring va rang o'zgarishini kuzating.

So'ngra, probirkani suv oqayotgan jo'mrakning tagida soviting. Eritma rangida qanday o'zgarish ro'y beradi? Tajribani tushuntirib bering.

d) ikkita probirkaga 5—7 ml distillangan suv, 2—3 tomchi fenolftalein va 1 tomchidan konsentrlangan ammiak eritmasidan soling. Bitta probirkani taqqoslash uchun qoldiring, ikkinchisini qizdiring. Qizdirish eritmadan ammiak ajralib chiqishini va ana shu bilan birga muvozanatning ham siljishini ko'rsatadi:



Qizdirilgan ammiak eritmasi rangining o'zgarishini tushuntiring.

4-tajriba. Muvozanatni kam dissosilanadigan modda hosil qilish natijasida siljitish

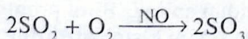
Probirkaga 4—5 ml magniy xlorid eritmasidan soling va asta-sekin cho'kma hosil bo'lguncha natriy gidroksid eritmasidan qo'shing. Cho'kmani chayqating, hosil bo'lgan suspenziyani boshqa ikkita probirkaga soling. Birinchi probirkani taqqoslash uchun qoldiring, ikkinchisiga cho'kma eriguncha ammoniy xlorid qo'shing. Magniy gidroksidning xlorid kislota va ammoniy xlorid-da erishini tushuntirib bering?

4.3. KATALIZ

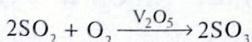
Reaksiya tezligini o'zgartirib, o'zi kimyoviy jihatdan o'zgarmaydigan moddalar *katalizatorlar* deyiladi. Ularning xususiyatli tomoni shundaki, ular reaksiya davomida sarf bo'lmaydi va shuning uchun oxirgi mahsulot tarkibiga kirmaydi. Ularning ikkinchi, ajralib tura-digan o'ziga xosligi kimyoviy muvozanatga ta'sir etmas-ligidir. Katalizatorlar ishtirokida boradigan reaksiyalar

katalitik reaksiyalar deyiladi. Katalitik reaksiyalarni o'rganuvchi ta'limot *kataliz* deyiladi.

Gomogen va geterogen kataliz mavjud. Gomogen katalizda katalizatorlar va reaksiyaga kirishuvchi moddalar bir xil fazada bo'ladi:

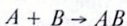


Geterogen katalizda katalizator odatda qattiq modda bo'lib, reaksiyon aralashma esa suyuq yoki gazsimon holatda bo'ladi:

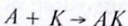


Gomogen katalizda katalizator massasining hammasi ishtirok etadi, shuning uchun kimyoviy reaksiya tezligi uning konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional.

Gomogen kataliz hodisasini oraliq mahsulotlar nazariyasi bilan talqin qilish mumkin:



reaksiya katalizator K ishtirokida bir necha bosqich bilan boradi, masalan:



Birinchi bosqichda, katalizator K bilan A modda birikib, oraliq mahsulot (AK) ni hosil qiladi. Ikkinchi bosqichda, bu oraliq mahsulot B modda bilan reaksiyaga kirishib, reaksiyaning oxirgi mahsuloti (AB) ni hosil qiladi. Katalizator o'zining kimyoviy tarkibini o'zgartirmagan holda ajralib chiqadi.

Geterogen katalizda kimyoviy reaksiya fazalar chegarasida, asosan, qattiq katalizator sirtida sodir bo'ladi. Shunga ko'ra, reaksiyaga kirishuvchi moddalarning katalizatorlar sirtiga yetib kelishi va katalizator faol markazlariga adsorbiylanishi, hatto u qadar barqaror bo'lma-

gan oraliq mahsulotlar hosil qilishi geterogen kataliz uchun muhimdir.

Katalizatorlar reaksiyaning faollanish energiyasini pasaytiradi. Kimyoviy reaksiya tezligini kamaytiruvchi moddalar *ingibitorlar* yoki *manfiy katalizatorlar* deyiladi.

Katalizatorlarga boshqa moddalar aralashtirilganda, ularning ta'siri kuchayishi, pasayishi yoki o'zgarmay qolishi mumkin. Katalizatorning ta'sirini kuchaytiradigan moddalar *promotorlar* deyiladi. Masalan, nikelga 1% li seriy qo'shilsa, uning faolligi 20 marta ortadi. Katalizatorlarni ishlatishda, ko'pincha, katta sirtga ega bo'lgan g'ovak moddalar (asbest, silikagel, alyuminiy oksid, aktiv ko'mir va boshqalar) katalizatorlarga aralashtirilib, ularning hamma joyiga katalizatorlar bir tekis taqsimlanadi. Bunday moddalar *katalitik yoyuvchilar* yoki *tregerlar* deyiladi.

Katalizatorga ba'zi moddalardan ozgina miqdor qo'shilganda ham uning faolligi kamayib ketadi. Bunday moddalar *katalitik zaharlar* deyiladi. Masalan, temir sirtida CO ning CO₂ ga aylanish reaksiyasi ozgina H₂S aralashuvi bilan to'xtaydi. Zaharlarning katalizatorga ta'siri shundan iboratki, ular katalizatorning faol markazlariga adsorбилanadi yoki u bilan kimyoviy birikadi. Har qaysi zahar modda o'ziga xos katalizatorni zaharlaydi.

Tirik organizmda fermentativ kataliz sodir bo'ladi. Fermentlar — biokatalizatorlar bo'lib, ular oqsillar birikmasidan iboratdir. Fermentlar organizmdagi minglab kimyoviy reaksiyalarni katalizlaydi. Fermentativ reaksiyalar odatda geterogen katalitik reaksiyalar turkumiga kiradi. Fermentlar yuqori darajada spetsifik bo'lib, juda katta katalitik samara beradi. Katalitik jarayonda faqat uning faol markazlari ishtirok etadi.

Katalizatorga doir tajribalar

Ishning maqsadi. Kimyoviy reaksiya tezligiga katalizatorlarning ta'sirini kuzatish.

Asbob va reaktivlar: probirka, stakan, gaz gorelka-si, 100 ml li kolba, mis sim, FeCl_3 , H_2O_2 va AgNO_3 eritmalari, 0,5 % li KCNS , 1 n Na_2SO_3 , 2 % li $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, 2 n HNO_3 , 30 % li $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, NH_4NO_3 , atseton, MnO_2 .

Gomogen kataliz

1-tajriba. Ikki probirkaga indigokarmin eritmasidan solib, biriga ikki tomchi FeCl_3 eritmasidan qo'shing. So'ngra har ikkala probirkaga H_2O_2 eritmasidan qo'shib, ulardagi indigokarminning rangsizlanish vaqtini yozib oling. Bajargan ishingizni izohlang.

2-tajriba. Ikkita probirka olib, ularning har biriga 3 ml dan KCNS va 3 tomchidan FeCl_3 eritmalaridan soling. Bu probirkalarning biriga katalizator sifatida CuSO_4 eritmasidan 2 tomchi qo'shing. So'ngra har ikkala probirkaga $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ eritmasidan 3 ml dan soling. Har ikkala probirkada rangsizlanish qancha vaqtdan keyin sodir bo'lishini kuzating.

3-tajriba. Ikkita probirkaga HNO_3 eritmasidan 3 ml dan, $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ ning 2 % li eritmasidan 2 tomchidan soling. Probirkalarning biriga katalizator sifatida ikki tomchi AgNO_3 eritmasi quying. So'ngra har ikkala probirkaga 30 % li ammoniy persulfat $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ eritmasidan 5 ml dan soling. Ikkala probirkani suv solingan stakanga tushirib qo'ying va stakandagi suvni qaynaguncha qizdiring. Probirkalarning qaysi birida avvalroq qizil rang paydo bo'lishini kuzating. Reaksiya tenglamasini yozing.

Geterogen kataliz

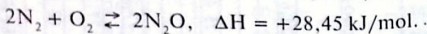
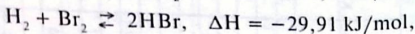
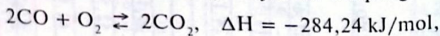
4-tajriba. 100 ml li kolbachaga ozroq atseton soling. Mis simdan spiral tayyorlab, uni gaz gorelkasida qizdirib, kolbadagi atseton bug'iga tuting, ammo suyuq-

likka tegizmang. Spiral sim o'zidan yorug'lik nurini sochishini va shu vaqtda atsetonning oksidlanishini kuzating. Sodir bo'ladigan reaksiya tenglamasini yozing.

5-tajriba. H_2O_2 eritmasidan 2 ml olib, unga ozgina MnO_2 qo'shing. H_2O_2 ning shiddatli parchalanishini kuzating. Ushbu tajribani MnO_2 o'rniga PbO_2 olib ham takrorlang.

SAVOL VA MASALALAR

1. Muvozanat konstantasi nimani ifodalaydi?
2. Le-Shatelye prinsipini ta'riflang.
3. Quyidagi sistemada bosim oshirilganda kimyoviy muvozanat qaysi tomonga siljiydi? $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.
4. Qaytar, qaytmas, gomogen va geterogen reaksiyalarga ta'rif bering.
5. Kataliz va katalizatorlar tushunchalarini izohlang.
6. Promotor, ingibitor, katalitik zahar, katalitik yoyuvchi va avtokataliz tushunchalariga ta'rif bering.
7. Quyidagi reaksiyalarda: a) bosim doimiy bo'lib, temperatura ortsa; b) temperatura doimiy bo'lib, bosim ortsa, muvozanatning qaysi tomonga siljishini aniqlang:



8. $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ reaksiyada SO_2 va O_2 ning boshlang'ich konsentratsiyalari 0,4 va 0,6 mol/l. O_2 ning 25 % i reaksiyaga kirishganda muvozanat qaror topadi. Muvozanat konstantasini aniqlang.

9. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{J}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HJ}(\text{g})$ sistemasida H_2 , J_2 va HJ ning konsentratsiyalari mos ravishda 0,024 mol/l, 0,005 mol/l va 0,090 mol/l bo'lganda muvozanat qaror topadi. H_2 va J_2 larning boshlang'ich konsentratsiyalarini toping. (Javob: 0,065 va 0,050 mol/l).

10. ΔH , ΔS va ΔG nimaga bog'liq?

ILOVA

l-jadval

Ba'zi tuzlarning turli temperaturalaridagi eruvchanligi (100 g suvda eruvchi modda) gramm hisobida

Temperatura	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	NaCl	NaNO_3	KNO_2	KNO_3	K_2CrO_7	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
0	23,5	35,5	73,0	73,6	11,6	4,4	6,9	3,1	4,5	12,9	37,5
5		35,6									
10	25,1	35,7	80,2		17,7	7,5	3,5	4,4	3,2		36,0
14		35,8							11,7	16,2	34,7
20	26,6	35,9	88,0	75,4	24,1	11,1	10,0	5,7	16,1		
25		36,0	92,7						21,9	18,7	
30	28,8	36,1	96,1			15,4	11,4	9,2	28,8	20,1	38,8
32									38,2		
40	31,4	36,4	104,9	77,0	39,1	20,6	13,1	12,0	32,5	22,8	33,2
50	34,3	36,8	113,1			25,9	14,2		31,9	25,1	32,8
60	37,1	37,2	124,7	77,7	52,5	31,2	15,4	26,7		28,1	32,7
70		37,8	135,8			36,2	16,6		30,5	31,4	33,0
80	42,2	38,1	148,1	80,0	62,8	41,1	17,6			34,9	33,5
85											32,9
90		39,0	161,1		67,1		18,6	51,5	30,0	38,5	31,1
100	47,1	39,3	181,7	80,5	71,1	50,5	19,4	71,4	29,9	42,4	29,7

Ba'zi moddalarning 298 K (25°C) da hosil bo'lish standart entalpiyalari ΔH_{298}^0 , entropiyalari S_{298}^0 va hosil bo'lish Gibbs energiyalari ΔG_{298}^0

Modda	ΔH_{298}^0 , kJ/mol	S_{298}^0 , J/mol · K	ΔG_{298}^0 , kJ/mol
Al ₂ O ₃ (q)	-1676,0	50,9	-1582,0
C (grafit)	0	5,7	0
CCl ₄ (s)	-135,4	214,4	-64,6
CH ₄ (g)	-74,9	186,2	-50,8
C ₂ H ₂ (g)	226,8	200,8	209,2
C ₂ H ₄ (g)	52,3	219,4	68,1
C ₆ H ₆ (s)	82,9	269,2	129,7
C ₂ H ₅ OH(s)	-277,6	160,7	-174,8
C ₆ H ₁₂ O ₆ (q)	-1273,0	—	-919,5
CO (g)	-110,5	197,5	137,1
CO ₂ (g)	-393,5	213,7	-394,4
CaCO ₃ (q)	-1207,0	88,7	-1127,7
CaO (q)	-635,5	39,7	-604,2
Ca(OH) ₂ (q)	-986,6	76,1	-896,8
Cl ₂ (g)	0	222,9	0
Cl ₂ O (g)	76,6	266,2	94,2
Cr ₂ O ₃ (q)	-1440,6	81,2	-1050,0
CuO (q)	-162,0	42,6	-129,9
FeO (q)	-264,8	60,8	-244,3
Fe ₂ O ₃ (q)	-822,2	87,4	-740,3
Fe ₃ O ₄ (q)	-1117,1	146,2	-1014,2
H ₂ (g)	0	130,5	0
HBr (g)	-36,3	198,6	-53,3
HCl (g)	-92,3	186,8	-95,2
HF (g)	-270,7	178,7	-272,8
HJ (g)	26,6	206,5	1,8
H ₂ O (g)	-241,8	188,7	-228,6
H ₂ O (s)	-285,8	70,1	-237,3
H ₂ S (g)	-21,0	205,7	-33,8
KCl (q)	-435,9	82,6	-408,0
KClO ₃ (q)	-391,3	143,0	-289,9

Modda	ΔH_{298}^0 , kJ/mol	S_{298}^0 , J/mol · K	ΔG_{298}^0 , kJ/mol
MgCl ₂ (q)	-641,1	89,9	-591,6
MgO (q)	-601,8	26,9	-569,6
N ₂ (g)	0	191,5	0
NH ₃ (g)	-46,2	192,6	-16,7
NH ₃ NO ₂ (q)	-256	—	—
NH ₄ NO ₃ (q)	-365,4	151	-183,8
N ₂ O (g)	82,0	219,9	104,1
NO (g)	90,3	210,6	86,6
NO ₂ (g)	33,5	240,2	51,5
N ₂ O ₄ (g)	9,6	303,8	98,4
NiO (q)	-239,7	38,0	-211,6
O ₂ (g)	0	205,0	0
OF ₂ (g)	25,1	247,0	42,5
P ₂ O ₅ (q)	-1492	-114,5	-1348,8
PbO (q)	-219,3	66,1	189,1
PbO ₂ (q)	-276,6	74,9	218,3
SO ₂ (g)	-296,9	248,1	-300,2
SO ₃ (g)	395,8	256,7	-371,2
SiCl ₄ (s)	-687,8	239,7	—
SiN ₄ (g)	34,7	204,6	57,2
SiO ₂ (kvars)	-910,2	41,8	-856,7
SnO (q)	286,0	56,5	-256,9
SnO ₂ (q)	-580,8	52,3	-519,3
TiO ₂ (q)	-943,9	50	-888,6
WO ₃ (q)	-842,7	75,9	-763,9
ZnO (q)	-350,6	43,6	-320,7
H ⁺	0	0	0
OH ⁻	-230,2	-10,8	-157,4

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Л. В. Бабич, С. А. Балезин, Ф. Б. Гликина, Э. Г. Зак, В. И. Радионова. Практикум по неорганической химии. — М., Просвещение. 1991.
2. Н. С. Ахметов. Практикум по общей и неорганической химии. — М., Высшая школа, 1981.
3. Н. С. Ахметов, М. К. Азизова, Л. И. Бадыгина. Лабораторные и семинарские занятия по неорганической химии. — М., Высшая школа, 1988.
4. T. I. Vorobyova va boshqalar. Anorganik kimyodan praktikum. — T., O'qituvchi, 1983.
5. X. R. Raximov, N. A. Toshev, A. M. Mamajonov. Anorganik kimyodan praktikum. — T., O'qituvchi, 1980.
6. Практикум по неорганической химии. Под. ред. Н. А. Остапкевича. М., Высшая школа, 1987.
7. Н. А. Глинка. Задачи и упражнения по общей химии. — Л., Химия, 1985.
8. З. Б. Васильева, А. А. Грановская, А. А. Таперова. Лабораторные работы по общей и неорганической химии. — Л., Химия, 1986.
9. X. R. Raximov. Anorganik kimyo. — T., O'qituvchi, 1984.
10. В. А. Бабков, Г. Н. Горшкова, А. М. Кононов. Практикум по общей химии с элементами количественного анализа. — М., Высшая школа, 1978.
11. С. С. Оленин, Г. Н. Фадеев. Неорганическая химия. — М., Высшая школа, 1985.
12. Z. Ye. Golbrayx. Kimyodan masala va mashqlar to'plami. — M., Oliy maktab, 1984.
13. N. A. Parpiyev, X. R. Raximov, A. G. Muftaxov. Anorganik kimyo nazariy asoslari. — T., O'zbekiston, 2000.
14. Q. M. Axmerov, R. S. Sayfutdinov, A. Jalilov. Umumiy va anorganik kimyo. — T., O'zbekiston, 2003.
15. B. Q. Qodirov, G. K. Muftaxov, Sh. Q. Norov. Anorganik kimyodan amaliy mashg'ulotlar. — T., O'qituvchi, 1996.
16. Д. А. Князов, С. Р. Смартыгин. Неорганическая химия. — М., Высшая школа, 1990.
17. Ф. Коттон. Дж. Уилкинсон. Основы неорганической химии. — М., Мир, 1979.

1865 23.

MUNDARIJA

Kirish	3
1-bob. Umumiy qism	4
1.1. Kimyo laboratoriyalarida ishlash tartibi	4
1.2. Laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishdagi xavfsizlik choralari	5
1.3. Birinchi yordam ko'rsatish	7
1.4. Laboratoriyada ishlatiladigan asbob-uskunalar	8
1.5. Moddalarni tozalash va qayta kristallash usullari	19
2-bob. Atom molekulyar ta'limot	28
2.1. Asosiy kimyoviy tushunchalar. Gazlarga oid qonunlar	28
2.2. Ekvivalentlarni aniqlash	33
2.3. Gazlarning molekulyar og'irligini aniqlash	39
2.4. Elementlarning atom og'irligini aniqlash	47
2.5. Kimyoviy formulalar	53
3-bob. Kimyoviy reaksiyalar energetikasi	63
4-bob. Kimyoviy reaksiya tezligi. Kimyoviy muvozanat	71
4.1. Kimyoviy reaksiya tezligi	71
4.2. Kimyoviy muvozanat	81
4.3. Kataliz	87
Ilova	92
Foydalanilgan adabiyotlar	95

Sh.Sh. Daminova, X.X. To'rayev, S.X. Aliyorova

ANORGANIK KIMYODAN LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI

Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma

Badiiy muharrir *M. Kudryashova*

Texn. muharrir *U. Kim*

Musahhih *N. Umarova*

Kompyuterda sahifalovchi *Ye. Gilmutdinova*

Bosishga 2.03.2006 da ruxsat etildi. Bichimi 84×108^{1/32}.

«Tayms» garniturada ofset bosma usulida bosildi. Shartli b.t. 5,04.

Nashr t. 4,50. Jami 1000 nusxa. K-176-raqamli buyurtma.

O'zbekiston Respublikasi Matbuot va axborot agentligining

«O'zbekiston» nashriyot-matbaa ijodiy uyida chop etildi.

Toshkent. 700129. Navoiy, 30.

