ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ
ҒЫЛЫМ МИНИСТІРЛІГІ
ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Гальваникалық элементтің электр қозғаушы күші (ЭҚК). Нернст теңдеуі. Тепе теңдік және стандарттық электродтық потенциалдар. Электрохимиялық элементтің термодинамикасы

Химия және химиялық технология факультеті, Физикалық химия, катализ және мұнайхимия кафедрасының оқытушысы
PhD Савденбекова Б.Е.

Алматы, 2026

Дәрістің мақсаты

Гальваникалық элементтің электр қозғаушы күші (ЭҚК), тепе теңдік және стандарттық электродтық потенциалдар, Нернст теңдеуі және олардың термодинамикалық негіздерін түсіндіру; гальваникалық элементтің жұмыс істеу принципін, электродтық реакциялардың бағытын, ЭҚК пен Гиббс энергиясы, максимал жұмыс, энтальпия және энтропия арасындағы байланысты қарастыру.

Бақылау сұрақтары

1. .Неліктен электрод пен ерітінді шекарасында электрлік потенциал пайда болады және оның тепе-теңдік жағдайдағы мәні қалай анықталады?
2. Неліктен электродтың абсолюттік потенциалын тікелей өлшеу мүмкін емес және осы мәселені шешуде стандартты сутек электроды қандай рөл атқарады?
3. Нернст теңдеуіне сәйкес электродтық потенциал ерітіндідегі иондардың активтілігі мен температура өзгерген кезде неге өзгереді?
4. Даниэль–Якоби элементінде мырыш электродында тотығу, ал мыс электродында тотықсыздану жүруінің себебі неде және электрондар қай бағытта қозғалады?
5. Гальваникалық элементтің ЭҚК-і электродтардың стандартты потенциалдарымен және реакцияның Гиббс энергиясының өзгерісімен қалай байланысты?
6. Гальваникалық элементтің ЭҚК-інің температураға тәуелді

Дәріс жоспары

Дәріс жоспары

- Гальваникалық элемент туралы жалпы түсінік және оның жұмыс істеу принципі.
- Гальваникалық элементтің құрылысы. Анодтық және катодтық процестер, электродтық реакциялардың жүру бағыты.
- Электродтық потенциал және оның пайда болу механизмі. Стандарттық және тепе-теңдік электродтық потенциалдар.
- Гальваникалық элементтің электр қозғаушы күші (ЭҚК) және оны анықтау әдістері.
- Нернст теңдеуі және электродтық потенциалдың ерітінді концентрациясына, температураға тәуелділігі.
- Гальваникалық элементтің ЭҚК-і мен Гиббс энергиясының өзгерісі арасындағы термодинамикалық байланыс.
- Электр энергиясының максимал жұмысы және оның термодинамикалық негіздері.
- Гальваникалық элементтің ЭҚК-інің температураға тәуелділігі. Энтропия мен энтальпия өзгерістерін анықтау.

ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ СХЕМА: ЭЛЕКТРОНДАР ӨТКІЗГІШ БОЙЫМЕН МЫСТАН ЦИНККЕ КӨШКЕНДЕ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫ ТҮЗІЛЕДІ

Гальваникалық элемент (Даниэль элементі)

Гальваникалық схема:

$Zn \mid Zn^{2+}\ (aq) \parallel Cu^{2+}\ (aq) \mid Cu$



Негізгі процестер:

Анод (тотығу): $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

Катод (тотықсыздану): $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

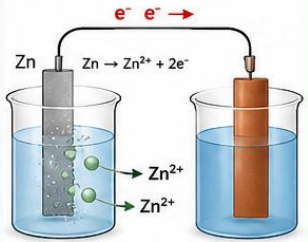
Жалпы реакция: $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$

1 Бастапқы жағдай



Цинк және мыс электродтары ерітінділерге батырылған. Электрондар әлі қозғалыста жоқ.

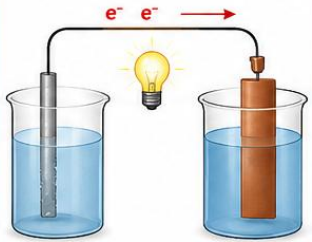
2 Цинк электродының тотығуы (анодтық процесс)



Цинк атомы 2 электрон береді және Zn^{2+} ионы түрінде ерітіндіге өтіп кетеді. Электродтың массасы азаяды, ол жұқара береді.

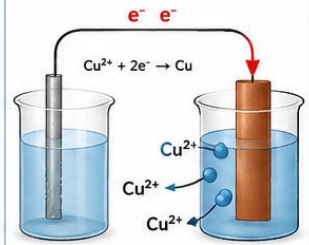


3 Электрондардың сым арқылы қозғалысы



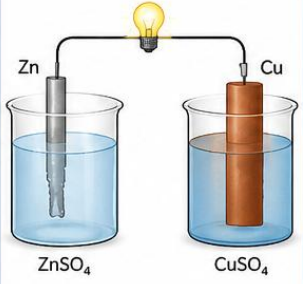
Босап шыққан электрондар өткізгіш (сым) арқылы мысқа қарай қозғалады. Осы электрондар қозғалысы электр энергиясын тудырады (лампочка жанады).

4 Мыс иондарының тотықсызданууы (катодтық процесс)



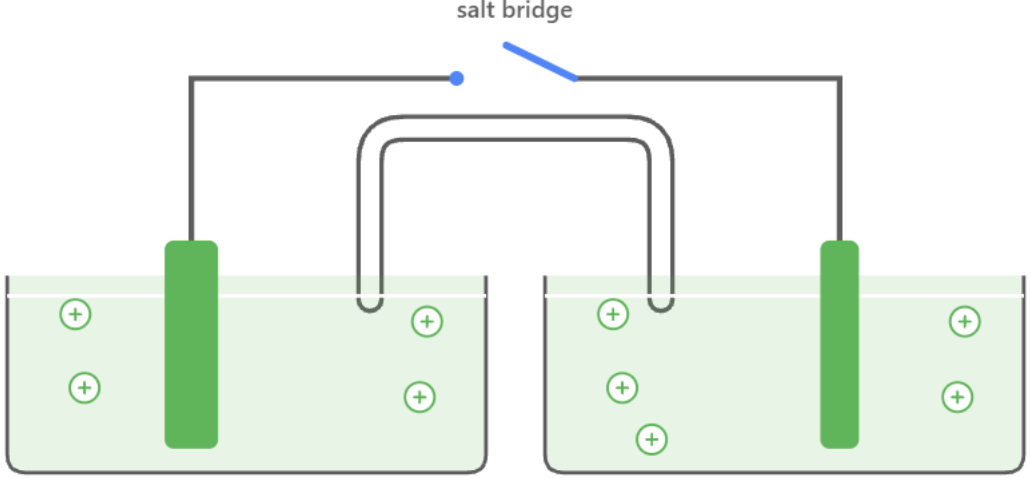
Мыс ерітіндісіндегі Cu^{2+} иондары электрондарды қабылдайды және Cu металлына айналады. Электрондар ерітінді арқылы емес, сыртқы сым арқылы келеді.

5 Қорытынды нәтиже



Цинк электроды жұқарады, өйткені ол ерітіндіге Zn^{2+} иондары түрінде өтеді.
Мыс электроды қалыңдайды, өйткені Cu^{2+} иондары мыс металлына айналып, электродтың бетіне тұнады.

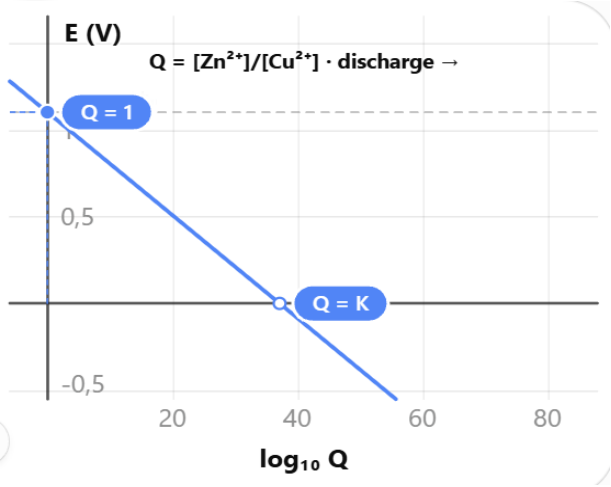
Электрондардың мыстан цинкке (Zn → Cu) қозғалысы нәтижесінде электр энергиясы түзіледі!



anode (–) · oxidation
$Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq)$

cathode (+) · reduction
$Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$

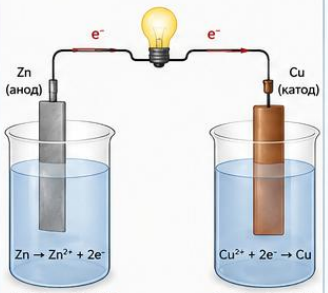
$$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$
$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$$



ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ СХЕМАНЫҢ ТЕҢДЕС ПРОЦЕСТЕРІН ӨНЕРКӘСІПТЕ ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАНДА ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ

НЕГІЗГІ ИДЕЯ

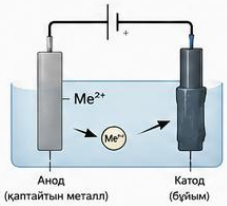
Гальваникалық схема арқылы металлдың ерітіндіден электрохимиялық тәсілмен бөлінуі (электрохимиялық қаптау, электроқалпына келтіру) немесе ерітіндідегі металды алу жүзеге асырылады.



Бұл үрдістер электрометаллургияның, металдарды қаптаудың және жаңа материалдар алудың негізінде жатыр.

ӨНДІРІСТЕ ҚОЛДАНУ САЛАЛАРЫ

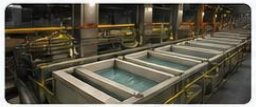
1. ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ ҚАПТАУ (ЭЛЕКТРОҚАПТАУ)



Ерітіндіден металл бұйымның бетіне қапталады.

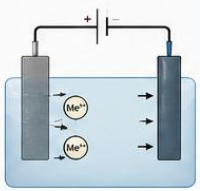
Қолданылуы:
- Коррозиядан қорғау
- Декоративтік қаптау
  Тозуға төзімділікті арттыру
- Электрөткізгіштік қасиет беру

Қазақстандағы өндірістер:
- Өскемен титан-магний комбинаты (титан мен никель қаптаулары)
- Алматы электротехникалық зауыты (металл бөлшектерді никельдеу, мырыштау)
- Kazakhmys Smelting (мырыш қаптау)



Мысал: болат бұйымды никельмен қаптау

2. ЭЛЕКТРОЛИЗ АРҚЫЛЫ МЕТАЛЛ ӨНДІРУ



Ерітіндідегі металл иондары катодта тотықсызданып, металл түрінде бөлінеді.

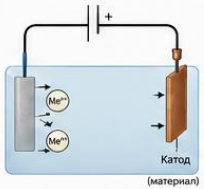
Қолданылуы:
- Таза металл алу
- Сирек металдарды алу
- Күміс, мыс, никель, кобальт өндірісі

Қазақстандағы өндірістер:
- Kazakhmys Smelting (электролиз арқылы тазартылған мыс алу)
- Балқаш мыс балқыту зауыты (электролиттік мыс өндірісі)
- Шымкент қорғасын зауыты (қорғасын электролизі)



Мысал: электролиттік мыс алу (таза мыс)

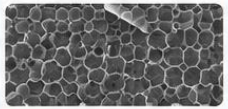
3. ЖАҢА МАТЕРИАЛДАР МЕН ҚАБЫҚШАЛАР АЛУ



Наноқұрылымды немесе арнайы қасиеттері бар материалдар электрохимиялық әдіспен алынады.

Қолданылуы:
- Наноқабықшалар
- Композиттік материалдар
- Катализаторлар
- Жаңа қорытпалар

Қазақстандағы өндірістер:
- Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Химия факультеті (наноматериалдар зертханалары)
- Ұлттық ядролық орталық (сыртқы қабықшаларды электроқаптау)
- Институт металлургии және байыту (жаңа материалдарды алу)



Мысал: никель наноқабықшасы (сканерлік микросурет)

4. КОРРОЗИЯДАН ҚОРҒАУ (ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚОРҒАУ)



Металды коррозиядан қорғау үшін электрохимиялық әдіс қолданылады.

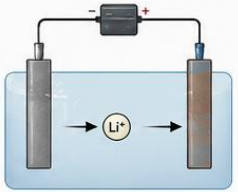
Қолданылуы:
- Мұнай-газ құбырларын қорғау
- Су құбырлары мен резервуарлар
- Кеме және теңіз жабдықтары

Қазақстандағы өндірістер:
- ҚазМұнайГаз (мұнай-газ құбырларын катодтық қорғау)
- Каспий құбыр консорциумы (CPC)
- Маңғыстау мұнай-газ кәсіпорындары



Мысал: мұнай құбырын катодтық қорғау жүйесімен қорғау

5. АККУМУЛЯТОРЛАР ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ ЖИНАҒЫШ ҚҰРЫЛҒЫЛАР



Электрохимиялық процестер энергияны сақтауға және қайта алуға мүмкіндік береді.

Қолданылуы:
- Қайта зарядталатын батареялар
- Литий-ионды аккумуляторлар
- Электр көліктері мен портативті құрылғылар

Қазақстандағы өндірістер:
- Astana Motors (электр көліктері)
- Қ.И. Сәтбаев атындағы Қатонқарағай ғылыми орталығы (энергия жинақтау элементтері)
- Назарбаев Университеті (жаңа аккумулятор материалдары)



Мысал: литий-ионды аккумулятор элементтері

ҚОРЫТЫНДЫ

Гальваникалық схеманың негізіндегі электрондар тасымалы мен электродтық процестер көптеген заманауи технологиялардың озық негізі болып табылады. Қазақстанда бұл әдістер металлургияда, машина жасауда, мұнай-газ саласында, электроникада және ғылыми зерттеулерде кеңінен қолданылады.

ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН НЕГІЗГІ МЕТАЛДАР МЕН МАТЕРИАЛДАР

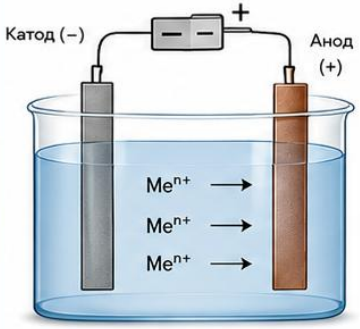
Мыс (Cu) · Никель (Ni) · Мырыш (Zn) · Күміс (Ag) · Алтын (Au) · Кобальт (Co) · Литий (Li)

ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ СХЕМАНЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, НАНОҚАБАТТАРДЫ АЛУ ЖӘНЕ ӨНІРЛЕРДЕ ҚОЛДАНУ

Барлық жабындар гальваникалық схема арқылы алынады (электрохимиялық қаптау)

1. БИОКОРРОЗИЯДАН ҚОРҒАЙТЫН ЖАБЫНДАР

Гальваникалық схема арқылы алынады



Электролитте металл иондары бар (Ag^{+}, Ti^{4+}, Zn^{2+}, Cu^{2+} және т.б.)



Имплантқа қорғаныш наножабын

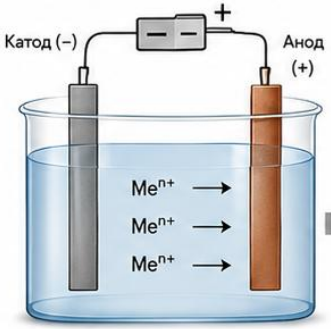
АЛЫНАТЫН МЕТАЛДАР МЕН ҚОСЫЛЫСТАР:

- Күміс (Ag)
- Мырыш (Zn)
- Титан оксиді (TiO_2)
- Мыс (Cu) және т.б.

ҚОЛДАНЫЛУЫ: Медициналық импланттар, тіс протездері, катетерлер, хирургиялық құралдар

2. КӨЛІК КОРПУСЫН ҚОРҒАЙТЫН ЖАБЫНДАР

Гальваникалық схема арқылы алынады



Электролитте металл иондары бар (Ni^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+} және т.б.)



Көлік корпусына қорғаныш жабын

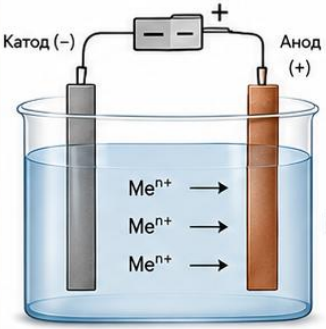
АЛЫНАТЫН МЕТАЛДАР МЕН ҚОСЫЛЫСТАР:

- Никель (Ni)
- Мырыш немесе мырыш-никель (Zn, Zn–Ni)
- Хром (Cr)
- Композиттік жабындар және т.б.

ҚОЛДАНЫЛУЫ: Автокөлік корпусы, шасси бөлшектері, дөңгелек дискілері, болттар мен гайкалар

3. ЗЕРГЕРЛІК БҰЙЫМДАРҒА ӘШЕКЕЙ ЖАБЫНДАР

Гальваникалық схема арқылы алынады



Электролитте металл иондары бар (Au^{3+}, Rh^{3+}, Pd^{2+} және т.б.)



Әшекей бұйымға декоративті және қорғаныш жабын

АЛЫНАТЫН МЕТАЛДАР МЕН ҚОСЫЛЫСТАР:

- Алтын (Au)
- Родий (Rh)
- Палладий (Pd)
- Жез және күміс қорытпалары және т.б.

ҚОЛДАНЫЛУЫ: Сақиналар, алқалар, білезіктер, сағаттар, әшекей қораптарының бөлшектері

ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТ. ЭЛЕКТРҚОЗҒАУШЫ КҮШ. ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТІҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ

Гальваникалық (немесе электрхимиялық) элемент деп электролит ерітіндісіне батырылған екі электродтан тұратын және электродтары электролиттен тыс (сыртқы тізбекте) металл өткізгіші арқылы бір-бірімен жалғасқан кезде сол сыртқы тізбекте электр тогы пайда болатын жүйені айтады.

$$(-)Zn|ZnSO_4||CuSO_4|Cu(+),$$
$$c_1 \qquad c_2$$

мұнда (+) және (-) таңбалары электродтың полюстерін көрсетеді; C_1 және C_2 - ерітінділердің концентрациясы.

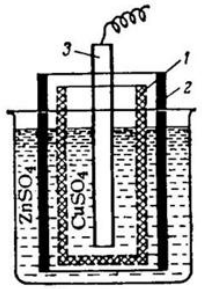
Екі ерітінді арасында потенциал айырымы туатын жағдайда элемент былай жазылады:

$$(-)Zn|ZnSO_4 : CuSO_4|Cu(+)$$
$$c_1 \qquad c_2$$

Электродтық реакцияға қатысатын электролиттердің иондары арқылы элементтің схемасы жеңілденіп жазылады:

$$(-)Zn|Zn^{2+}||Cu^{2+}|Cu(+)$$

Мыс-мырыш элементінің құрылысы төмендегі суретте көрсетілген.



Сурет. Даниэль-Якобидің мыс-мырыш элементі.
1- кеуекті диафрагмма; 2-цилиндр тәрізді мырыш электроды; 3 - мыс электроды.

ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТ. ЭЛЕКТРҚОЗҒАУШЫ КҮШ. ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТІҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ

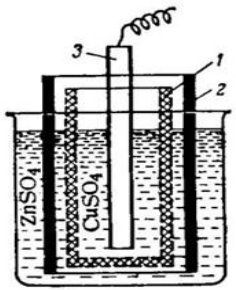
Электродтар сыртқы тізбекте бір-бірімен жалғасқан кезде мыс электродында тотықсыздану, мырыш электродында тотығу реакциялары жүреді:

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu, \quad Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$$

Мыс және мырыш электродының тепе-теңдік потенциалдарының мыс пен мырыш активтіліктеріне тәуелділігі Нернст теңдеуімен өрнектеледі:

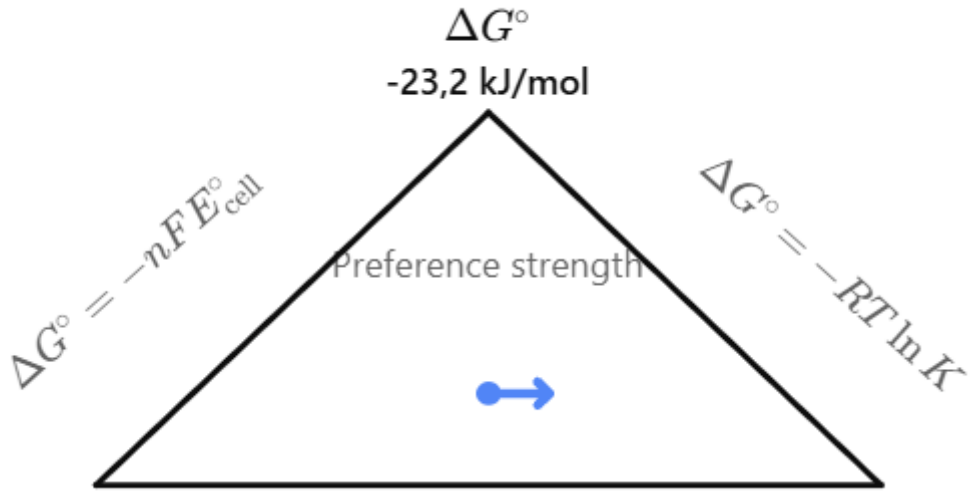
$$\varepsilon_{Cu^{2+}/Cu} = \varepsilon^0_{Cu^{2+}/Cu} + (RT/2F) \ln a_{Cu^{2+}}$$

$$\varepsilon_{Zn^{2+}/Zn} = \varepsilon^0_{Zn^{2+}/Zn} + (RT/2F) \ln a_{Zn^{2+}}$$



Сурет. Даниэль-Якобидің мыс-мырыш элементі.
1- кеуекті диафрагмма; 2-цилиндр тәрізді мырыш электроды;
3 - мыс электроды.

Гальваникалық элементтің термодинамикасы



$$\Delta S = -\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right) = nF\frac{\partial E}{\partial T},$$

$$\Delta H = -nFE + nFT\frac{\partial E}{\partial T}$$

Оспанов Х. Қ., Қамысбаев Д. Х., Абланова Е. Х., Шәбікова Г. Ж. Физикалық химия / Оқулық. — Алматы, 2014. — (Химиялық кинетика және электрохимия тарауы).

- Шабікова Г.Х., Оспанова Э.К., Ашимхан Н.С. Физикалық химия пэні бойынша есептер (химиялық кинетика жене электрохимия). Алматы: Казак университеті,2016 ж.
- Оспанова Э.К., Сейілханова Г.А. Химиялық, кинетика және электрохимия.Алматы: Казак университеті, 2010.