

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті
Физика-техникалық факультеті
Жылуфизикасы және техникалық физика кафедрасы

**«Өлшеулердің жалпы теориясы»
пәні бойынша**

ДӘРІС

**ТЕМПЕРАТУРАНЫ ӨЛШЕУ. ТЕМПЕРАТУРАНЫ ӨЛШЕУДІҢ
ӘДІСТЕРІ МЕН ҚҰРАЛДАРЫ**

Дәріскер: п.ғ.к. : А.К. Сариева

ДӘРІС МАҚСАТЫ:

Білім алушы жастарға өлшеу процесінің жалпы теорияларына сай температураны физикалық шама және технологиялық процестердің ағымын ғана емес заттың қасиетін де анықтайтын маңызды техникалық параметр ретінде маңызын түсіндіру, температураны өлшеу құралдарының классификациясына қарай шаманы өлшеудің әдістері туралы білімді қалыптастыру

ДӘРІС ЖОСПАРЫ:

1. Температура сипаттамалары
2. Температуралық шкала және температуралық шкалалар байланысы
3. Температураны өлшеу құралдарының классификациясы
4. Жалпы мәліметтер мен әдістердің жіктелуі;
5. Контакттік кеңінен таралған әдістері, түрлері мен сипаттамалары
6. Термоэлектрлік термометрлер
7. Термопардың көмегімен температураны өлшеудің термоэлектрлік заңдарға негізделуі
8. Дәрісті қорытындылау
9. Дәріс материалдарын бекіту сұрақтары
10. Пайдаланған әдебиет

МӘСЕЛЕЛІК ЖАҒДАЙЛАР

- **Температура нені сипаттайды?**
- **Температураны өлшеу қандай әдістерге негізделген?**
- **Температураны өлшеудің техникалық құралдары қандай?**

ТЕМПЕРАТУРА СИПАТТАМАЛАРЫ

- **Т е м п е р а т у р а** (латынша *temperatura* - қалыпты жағдай) технологиялық процестердің көпшілігіне желі болатын негізгі параметр және тең жүйелі термодинамикалық жағдайды сипаттайтын физикалық шама.
- Температура технологиялық процестердің ағымын ғана емес заттың қасиетін де анықтайтын маңызды параметр болып табылады.
- Температура өлшеу құралы үшін техникалық және әдістердің әр түрлі қажетті себебін қабылдайтын, ерекше ұстаным қатарын сипаттайтын физикалық шама.
- Температура дененің қызу дәрежесін анықтайтын физикалық параметр. Бұл параметрдің белгісі дененің молекулалық қозғалысқа түсетін энергиясымен анықталады. Дененің жоғарғы температурасы орташа кинетикалық энергияның жоғарғысын иеленеді.

ТЕМПЕРАТУРА СИПАТТАМАЛАРЫ

- **Жалпы алғанда барлық технологиялық процестер мен заттың әртүрлі қасиеттері температураға тәуелді.**
- **Температураның ұзындық, масса және т.б. физикалық шамалардан айырмашылығы, ол экстенсивті (параметрлі) емес, интенсивті (активті) шама болып табылады.**
- **Интенсивті шама болып табылатын температура мұндай аддитивті қасиетке ие болмайды, яғни термикалық тепе-теңдікте орналасқан жүйенің кез-келген микроскопикалық бөлігінің температуралары бірдей болады.**
- **Сондықтан экстенсивті шамалардың эталондарын құруға ұқсас температураның эталондарын құру мүмкін емес. Температура термометриялық қасиетке ие.**
- **Термометриялық қасиеттермен сипатталатын заттар термометриялық заттар деп аталады.**
- **Температураны өлшеу құралдарын термометрлер деп атайды. Термометрді құру үшін температуралық шкала қажет.**

Табиғат пен техникада кездесетін кейбір температуралар

Адам есінен айырылатын критикалық температура	+ 42 °С
Жер бетіндегі ең жоғарғы температура (Солтүстік Африка)	+ 58°С
Жер бетіндегі ең төменгі температура (Антарктида)	– 88 °С
Марстағы орташа температура	– 60 °С
Шолпандағы орташа температура	+ 470 °С
Қағаздың тұтану температурасы	+ 233 °С
Май шам жалынының температурасы	+ 1100°С
Күн бетіндегі температура	+ 6000°С
Сұйық азоттың температурасы	– 200 °С

Температуралық шкала деп температураның өлшенетін термометриялық қасиеттердің мәндерімен нақты функционалды санды байланысын айтады. Бұл байланыста температуралық шкаланы кез-келген термометриялық қасиетті таңдап алу негізінде құру мүмкіндігі беріледі.

Халықаралық практикалық шкала – Цельсий градусы 0°C бойынша градуирленеді $1,013 \cdot 10^5$ Па қысымдағы судың қату және қайнау температуралары сәйкесінше 0 және 100°C (реперлік нүктелер) тең.

Термодинамикалық температуралық шкала – Кельвин (K) бойынша градуирленеді.

Бұл шама судың *үштік нүктесінен* (мұз, су және қаныққан бу 609 Па қысымда термодинамикалық тепе-теңдікте болатын температура) алынған бір ғана *реперлік нүкте* бойынша анықталады. Берілген шкала бойынша бұл температура $273,16$ K (дәл мәні) тең.

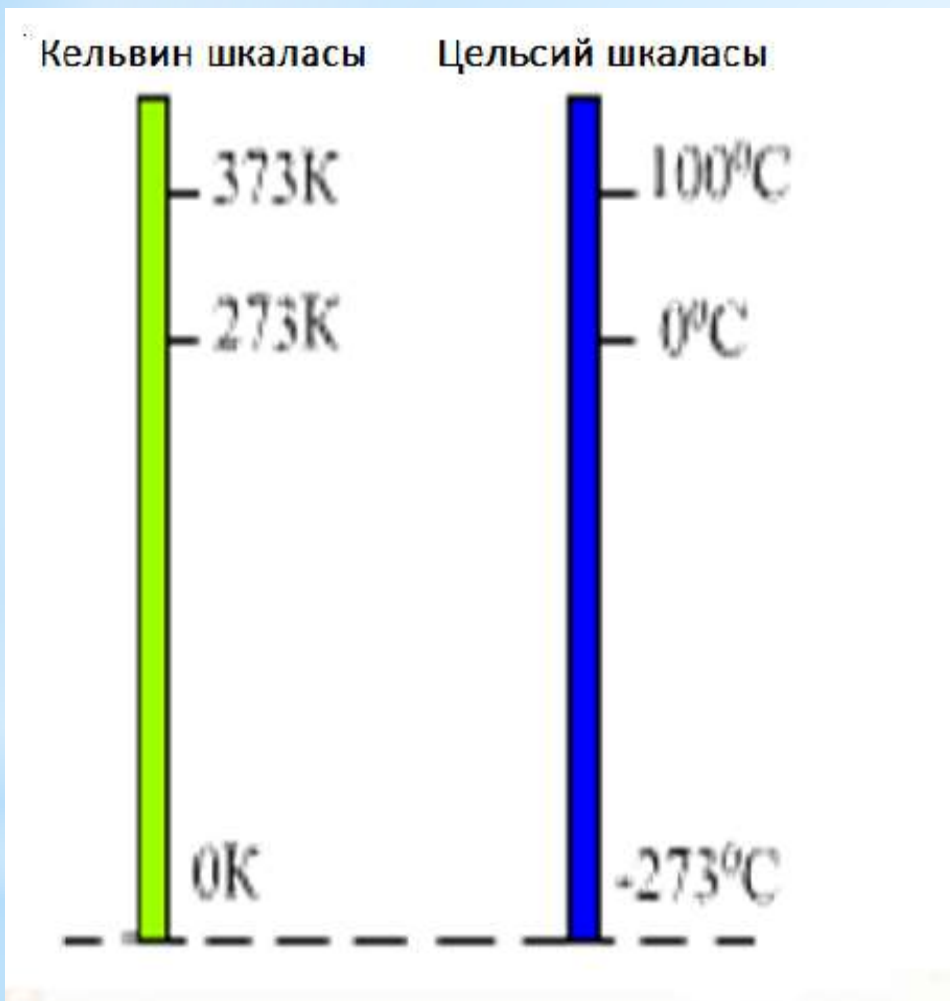
$T = 0$ K температурасы **Кельвин нөлі** деп аталады.

Термодинамикалық шкалада судың қату температурасы $273,15$ K (Халықаралық практикалық шкаладағы қысымдағыдай) тең.

Термодинамикалық шкала (T) Халықаралық практикалық (t) шкаламен келесі арақатынас арқылы байланысты

$$T = 273,15 + t$$

Температуралық шкалалар байланысы



$$T = (t + 273)$$



Қазіргі кезде екі термометриялық шкала қолданылып келеді:

► **АБСОЛЮТТІ** термодинамикалық және **ХАЛЫҚАРАЛЫҚ** тәжірибелік.

Термодинамикалық шкаланың санау басы болып абсолютті ноль нүктесі таңдап алынған, ал жалғыз реперлі нүкте ретінде 273,16 К-ге тең судың үштік нүктесі қабылданған.

Дегенмен термодинамикалық шкала газды термометрлердің көмегімен пайдалану қиындығына байланысты тәжірибеде кеңінен қолданылмайды.

* Өлшеу кезінде ең қолайлы болып **халықаралық тәжірибелік температуралық шкала (ХТТШ)** жатады, ол заттың (негізгі реперлі нүктелер) фазалы тепе-теңдігінде көрсетілген температуралар қатарына негізделген.

Температураны өлшеу құралдарының классификациясы

Техника мен ғылымның әртүрлі облыстарында температураны өлшеудің көптеген құралдары мен принциптері қолданылады. Мұнай өндеу және жылу энергетикалық өнеркәсіптерінде кең қолданатын температураны өлшеу құралдарының қолданылатын термометрлік қасиетіне байланысты классификациясы 1 кестеде көрсетілген.

Температураны өлшеу құралдарының классификациясы

Термометрлік қасиеті	Өлшеу құралының аты	Өлшеу диапазоны, °С
Тұрақты көлем болғанда жұмысшы заттың қысымының өзгеруі	Манометрлік термометр: - газдік - сұйықтық - конденсациондық	-150 600 -150 600 -50 350
Термоэлектрлік эффект (термоЭҚК)	Термоэлектрлік түрлендіргіш	-200 2200
Электрлік кедергінің өзгеруі	Кедергілік термотүрлендіргіш: - металл - жартылайөткізгіш	-260 1100 -240 300
Жылулық сәулелену	Сәулелену пирометрлері	1400 6000

1- Кесте – Температураны өлшеудің техникалық құралдары

Температураны диапазонына байланысты өлшеу әдістері

Температураның дененің басқа физикалық қасиеттерінің өзгерісі бойынша талдауы (көлемі, қысымы, электрлік кедергісі, термо ЭҚК, шағылысудың интенсивтілігі және т.б).

Өлшенетін температураның диапазонына байланысты өлшеу әдістерінің екі негізгі тобын бөледі:

1. контактілік (меншікті термометрия)
2. конактісіз (пирометрия немесе шағылудың термометриясы), олар көбінесе өте жоғары температураларды өлшеуге қолданылады.

1. Контакттік кеңінен таралған әдіс, түрлері мен сипаттамалары:

- сұйық, манометрлік, термоэлектрлік кедергілер;
- криогенді температураларды (төмен температура) өлшеу үшін газдық, акустикалық және магниттік термометрлер қолданылады.
- жоғарғы нақты өлшеуді қажет етпейтін жүйелерде температураның нақты диапазонында диодтағы, транзистордағы, арнайы интегралды микросхемалардағы температуралық жартылай өткізгішті датчиктер қолданылады.
- кеңейту термометрлерінің жұмыс әрекеті температура өзгеруі кезіндегі қатты және сұйық денелердің көлемінің өзгеруіне негізделген. Кеңейту термометрлерінің ішінен сұйықтық шыны термометрлерді кеңінен қолданады.

Бұндай термометр температура өсуімен кеңейетін көлемдегі газ, бу немесе сұйықтың қысымының өзгеруіне негізделген.

- Манометрлік термометр термобаллоннан, майысқақ капиллярдан және манометрден және капилляр бойымен жоғары көтерілетін сұйықтықпен толтырылады (сынап, толуол, этил спирті және т.б).

Термоэлектрлік термометрлер

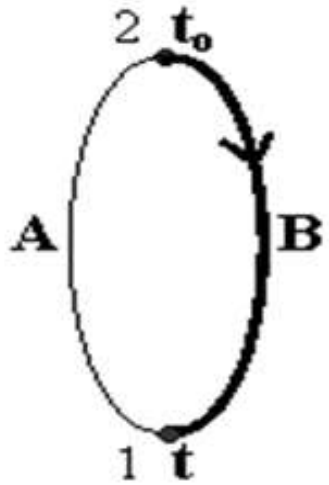
ТЕРМОЭЛЕКТРЛІК ТЕРМОМЕТР – температураны өлшеуге арналған құрал.

Температураны термоэлектрлік термометрмен, яғни термоэлектрлік түрлендіргішпен (ТЭТ) өлшеу 1821 жылы Зеебек ашқан *термометрлік эффектті* қолдануға негізделген.

Термопара – ескі және осы уақытқа дейін өндірісте кеңінен қолданылып келе жатқан температуралық датчик.

Анықтама бойынша Зеебек эффекті – спайлар арасындағы температура градиенті болған кездегі екі әрыңғайлы өткізгіштерден тұратын жабық тізбекте токтың пайда болуы.

Термоэлектрлік түрлендіргіш – екі немесе бірнеше өзара байланысқан, әртекті өткізгіштерден тұратын тізбек



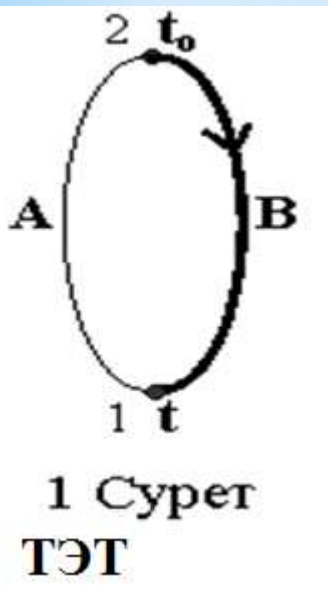
1 Сурет - ТЭТ

Зеебек эффе́ктысі: егер екі өзара байланысқан әртекті өткізгіштерді алып және дәнекерлерді $t \neq t_0$ температурамен қыздырса, онда тұйық тізбекпен электрлік тоқ өтеді.

Егер $t > t_0$, онда тоқтың бағыты 1-суреттегідей болады (1 дәнекерде В-дан А-ға).

Ондай тізбекті ажыратқан кезде оның соңында термоЭҚК пайда болады.

А, В – термоэлектродтар;
1, 2-дәнекерлер (спайка).



Зеебектің эффектiсi керi қасиетпен сипатталады (*Пельтье эффектiсi*): егер мұндай тізбекке сырттан электрлік тоқ берсе, онда тоқтың бағытына байланысты бір дәнекер қызады да, басқасы салқындайды.

Егер термоэлектродта кіші температурасы бар дәнекерден тоқ басқа термоэлектродқа жүретін болса, бұл электрод «+» оң таңбалы, ал басқа электрод «-» теріс таңбалы болып саналады.

Мысалы, $t_0 < t$, онда 2 дәнекердегі тоқ А-дан В-ға өтеді, яғни А- оң таңбалы, В-теріс таңбалы термоэлектродтар. Т температурасы өлшенетін нысанға орналасатын дәнекер (1 дәнекер) – жұмысшы дәнекер деп, ал нысанның сыртындағы дәнекер – бос дәнекер деп аталады (ұшы – 2 дәнекер).

Келесі белгілерді еңгізейік:

$e_{AB}(t)$ – $t=t$ болғанда 1 дәнекердегі А және В термоэлектродтар арасындағы термоЭҚК;

$e_{AB}(t_0)$ - $t=t_0$ болғанда 2 дәнекердегі А және В термоэлектродтар арасындағы термоЭҚК;

$E_{AB}(t, t_0)$ – жұмысшы дәнекердің температурасы t және бос дәнекердің температурасы t_0 болғанда А және В термоэлектродтардан тұратын контурдың термоЭҚК.

$e_{AB}(t) = - e_{BA}(t)$; $e_{AB}(t_0) = - e_{BA}(t_0)$ деп алайық. Онда тұйық тізбек үшін (сурет)

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0)$$

Немесе $E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$ (1)

Егер 1 және 2 дәнекерлерде бірдей температура болса ($t = t_0$),

онда әрбір дәнекерде контакттық термоЭҚК бір-біріне тең және бір-біріне қарсы бағытталған, яғни бұл контурдың термоЭҚК

$E_{AB}(t_0, t_0)$ 0-ге тең.

$$E_{AB}(t_0, t_0) = e_{AB}(t_0) - e_{AB}(t_0) = 0.$$

Егер $t_0 = \text{const}$, онда $e_{AB}(t_0) = C = \text{const}$, яғни

$$E_{AB}(t, t_0) \Big|_{t_0 = \text{const}} = e_{AB}(t) - C = f(t) \quad (2)$$

Егер $f(t)$ тәуелділігі белгілі болса, онда контурдағы термоЭҚК-ті өлшеп, өлшеу нысанының t анықтауға болады.

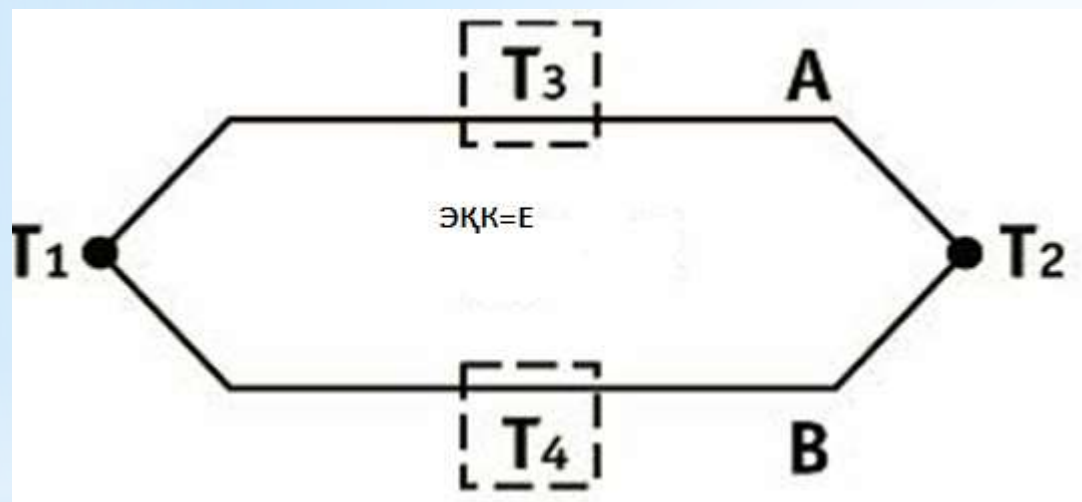
ТЭТ термоэлектродтарының материалдарына қойылатын талаптар

- а) термоЭҚК температураға тәуелділігі жуықтап сызықты болу;**
- б) жоғары температураларды өлшеу мақсатында қызуға төзімді және механикалық берік болу;**
- в) химиялық инерттілігі;**
- г) өткізгіштің ұзындығы бойында материал термоэлектрлік біртекті болуы керек, ол жұмысшы дәнекерді қайта градуирлеусіз қалпына келтіруге және оны батыру тереңдігін өзгертуге мүмкіндік береді;**
- д) материалдың термоэлектрлік қасиеттері бойынша бір-бірін ауыстыру мақсатында даярлаудың технологиялық жеңілдігі;**
- е) арзандық;**
- ж) стандартты градуировка құруға беретін термоэлектрлік қасиеттердің тұрақтылығы мен қайта өндіру.**

Термопардың көмегімен температураны өлшеудің термоэлектрлік заңдарға негізделуі.

1. ІШКІ ТЕМПЕРАТУРАЛАР ЗАҢЫ.

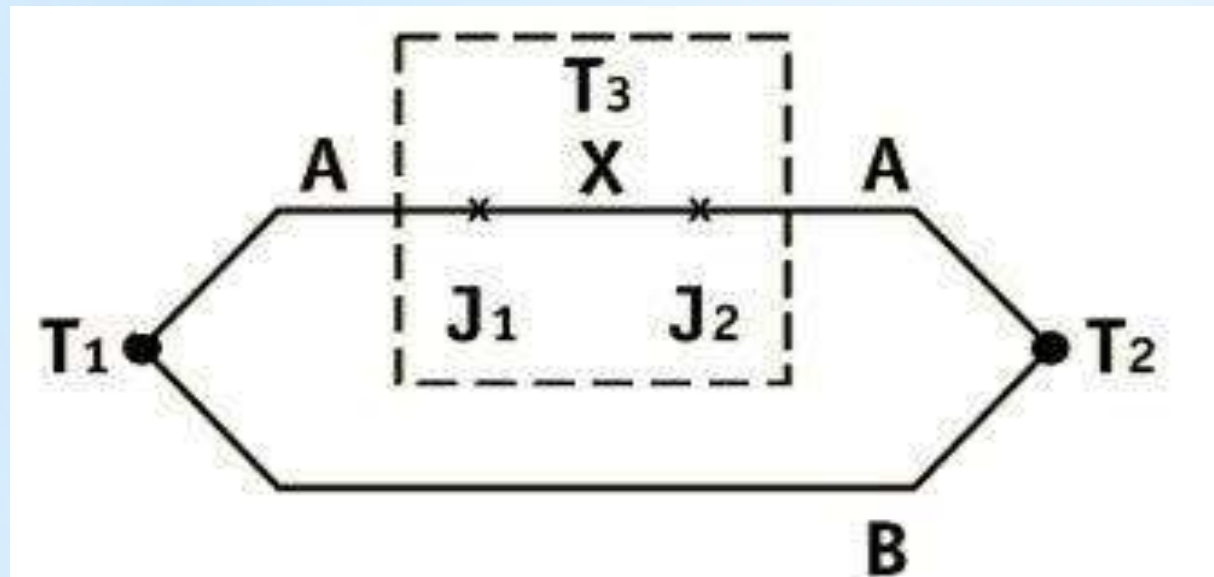
Бірыңғайлы өткізгіште температуралық градиенттің болуы электрлік токтың пайда болуына әкелмейд



3 сурет – Ішкі температуралар заңы

Термо ЭҚК әртүрлі өткізгіштердің контактісінің орындарындағы температуралардың айырмасымен ғана анықталады.

2. АРАЛЫҚ ӨТКІЗГІШТЕР ЗАҢЫ.

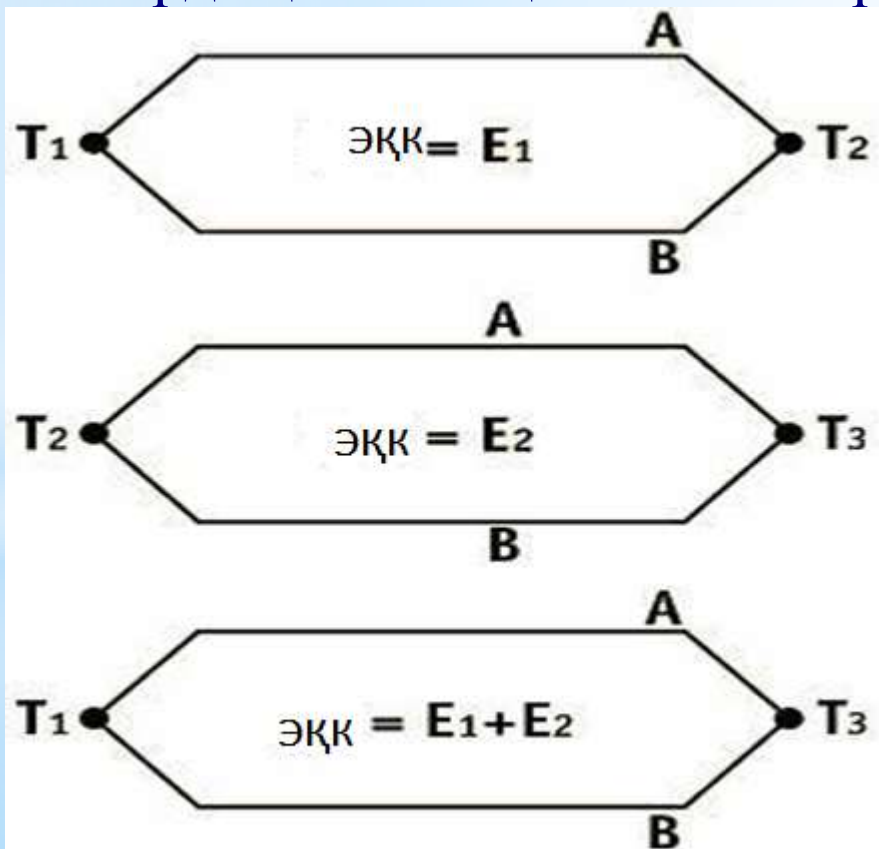


4 сурет – Аралық өткізгіштер заңы

А және В металдан тұратын екі бірыңғайлы өткізгіш T_1 және T_2 температураға ие контактісі бар термоэлектрлік тізбекті құрсын (сурет 4). А өткізгішінің бөлінуіне Х металынан өткізгіш қосылады және екі жаңа контакт пайда болады - J_1 және J_2 . Егер Х өткізгішінің температурасы барлық ұзындық бойынша бірдей болса, онда тізбектің нәтижелеуші термоЭҚК өзгермейді. Бұл маңызды заң мынаған мүмкіндік береді: электрод соңдарын СПАЙКАЛАУ (балқыту емес) және өлшеу құралдарына термопарды қосу үшін ұзартатын сымдарды қолдану.

3. АРАЛЫҚ ТЕМПЕРАТУРАЛАР ЗАҢЫ.

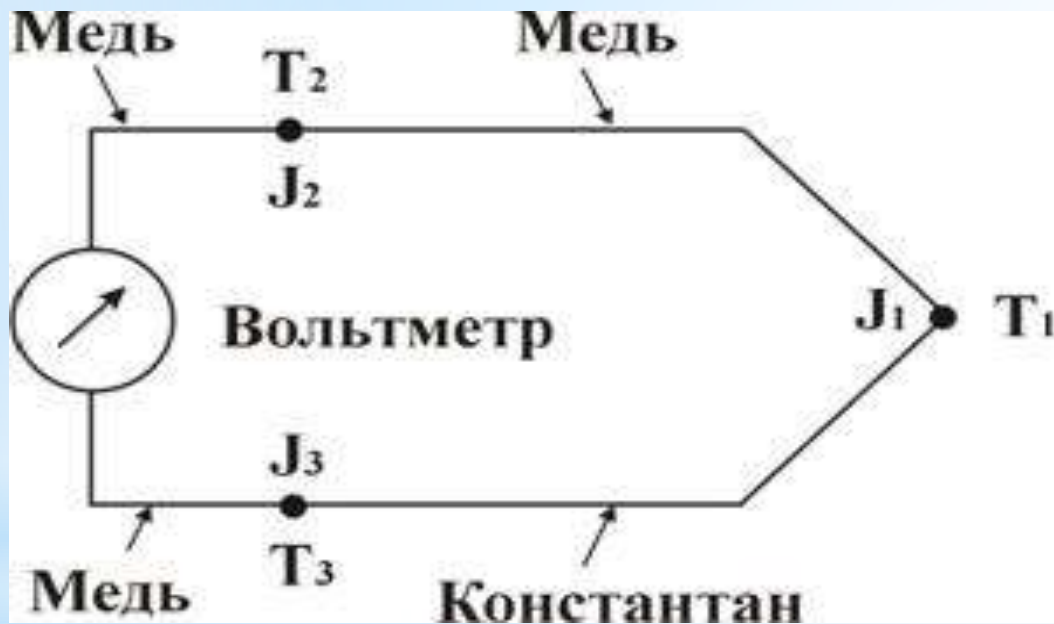
Егер әрыңғайлы металдардан екі термоэлектродпен құралған тізбекте контактілердің T_1 мен T_2 температурасы кезінде термоЭҚК E_1 және контактілердің T_2 мен T_3 температурасы кезінде термоЭҚК E_2 индуцирленсе, онда T_1 мен T_3 температурасы кезінде ЭҚК E_1+E_2 тең болады. Бұл градуирлеуші таблицаларды тіреуші контактілердің 0°C тең емес температурасы кезінде де қолдануға болатынын білдіреді



5 сурет – Аралық температуралар заңы

Мысалы, мыс-константан термопарасын қарастырайық.

Термопарды өлшеуші құралдарға қосқан кезде термопар мен қосушы өткізгіштер арасында міндетті түрде қосымша контактілер пайда болады. Біз T_1 температураға, T_2 температурасы бар бос соңдарға ие J_1 жұмысшы СПАЙМЕН вольтметрге мысты өткізгіштермен қосып, термоЭҚК өлшейміз делік (сурет 9.8).



Бұл жағдайда вольтметр көрсеткіші мыс константан термопарасы үшін T_1 және T_2 температураларының шынайы айырмасына сәйкес келмейді, себебі термопараны қосқанда біз T_2 және T_3 температурасы бар J_2 және J_3 жаңа контактілерін аламыз. J_2 контактісі (мыс-мыс) тізбекке паразитті термоЭҚК қоспайды, бірақ J_3 контактісі (константан-мыс) жаңа термопараны құрайды, оның спайы J_1 спайынан термоЭҚК таңбасы бойынша тізбекке қарама-қарсы термоЭҚК енгізетін T_3 температурада тұр. Осыдан, белгісіз T_1 температурасын анықтау үшін T_3 температураны білу керек (оны басқа температура датчигімен өлшеуге болады немесе J_3 ті мұздай ваннаға батырып, белгілі температураға бекіту керек).

6 сурет – Вольтметрді термопараға қосу

Термопардың көмегімен температураны өлшеу жүйесінің сапалы көрсеткіштерінің жақсару жолдары:

- өлшеуші зонадан жылуды жібермейтін максималды қалың өткізгіштерді қолдану;
- жіңішке өткізгіштерді қолдану қажеттілігінде олардың ұзындығын максималды түрде кішірейту;
- датчиктар мен сымдарды жүйе параметрлерін нашарлататын ұрулар мен вибрациялардан қорғау;
- айналдырушыны термопараға жақын орналастыру мүмкін болмаған жағдайда қосу үшін экранирленген виталық жұпты қолдану;
- термопараны температураның күрт ауысуына жібермеңіз және қосу сымдарын температураның тек жұмыс диапазонында ғана қолдану.

Дәрісті қорытындылау

Қорытынды 1. Температураларды өлшеу әдісі екі дене арасында болатын жылу алмасу кезіндегі жылулық тепе-теңдіктің орнауына негізделген.

Осы құбылыс негізінде түрлі термометрлер жасалған.

Қорытынды 2. Температураны өлшеу үшін негізгі екі термометриялық шкала қолданылып келеді: абсолютті термодинамикалық және халықаралық тәжірибелік.

Қорытынды 3. Термопарларды дайындау үшін арналған конструкциялар мен материалдар әртүрлі және температураларын өлшеуді қажет ететін заттардың физикалық және химиялық қасиеттерімен анықталады.

Қорытынды 4. Термопардың көмегімен температураны өлшеу термопардың нормаланған калибрленген сипаттамаларына және тәжірибелі жолмен орнатылған термоэлектрлік заңдарға негізделген.

Дәріс материалдарын бекіту сұрақтары:

1. Температураның қандай сипаттамалары бар?
2. Температураны өлшеудің қай әдісінде өлшеу контактісіз әдіспен жүзеге асады?
3. Термоэлектрлік термометрлер дегеніміз не?
4. Зеебек эффектісінің мәнісі неде?
5. Кез келген екі өткізгіш жұптасып термоЭҚК түзеді, бірақ ТЭТ құру үшін қанша термоэлектродтар саны пайдаланылады?

ӘДЕБИЕТ

- 1. Н. К. Бекалай. Жылутехникалық өлшеулер және бақылаулар. Оқу құралы, - Астана, 2014, -143 б.**
- 2. А.К. Сариева. Өлшеулер теориясы және әдістемесі. Оқу құралы., – Алматы, 2020, - 190 бет. Қазақ университет баспасы.**
- 3. Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений. – М.: Мир,1990.**
- 4. Тартаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: учебник для вузов /Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М. : Высшая школа, 2001. – 205 с.**
- 5. Ж.Қ. Әміров және т.т, Метрология, стандарттау және сапамен меңгеру., Алматы, 2000, -190 б.**
- 6. Балакирев, В.С. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления / В.С. Балакирев, Е.Г. Дудников, А.М. Цирлин. – М. : Энергия, 1967. – 206 с.**