

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

SƏFƏROV N.Y., MEHRABOVA M.Ə.

TERMODİNAMİKA və STATİSTİK FİZİKA LABORATORİYA İŞLƏRİ

(metodik vəsait)

BAKİ-2024

Elmi redaktor: AMEA-nın müxbir üzvü, f.r.e.d., AzTU-nun “Mühəndis fizikası və elektronika” kafedrasının professoru V.A.Hüseynov

Rəyçilər: 1. ADPU-nun “Ümumi fizika” kafedrasının müdiri,
f.e.d. prof. C.İ.Hüseynov
2. AzTU-nun “Mühəndis fizikası və elektronika” kafedrasının professoru,
f.e.d. M.Ş.Həsənova
3. BDU-nun “Maddə quruluşu” kafedrasının baş müəllimi,
f.r.e.n. N.H.Həsənov

Metodik vəsaitdə ABŞ şirkətindən alınmış cihazlar əsasında AzTU-nun Mühəndis fizikası və elektronika kafedrasında qurulmuş müasir laboratoriya cihazları və qurğuları ilə işləmək, onların vasitəsilə müxtəlif termodinamik kəmiyyətləri ölçərək eksperimental məlumatları toplamaq və emal etmək kimi bacarıqları formalaşdıran 9 laboratoriya işinin təsviri verilmişdir. Vəsaitdə DataStudio proqramı ilə işləmək qaydası və hər işə aid nəzəriyyə də verilmişdir.

Laboratoriya işləri Mühəndis fizikası ixtisaslı tələbələrin Termodinamika və statistik fizika fənninin tədris proqramına tam uyğundur.

MÜNDƏRİCAT

DataStudio kompüter proqramı haqqında qısa məlumat	4
Laboratoriya işi №1	
Enerjinin saxlanması və termodinamikanın birinci qanunu.....	9
Laboratoriya işi № 2	
Soyuducunun modeli	19
Laboratoriya işi №3	
İstilik nasosunun məhsuldarlıq əmsalının təyini.....	25
Laboratoriya işi №4	
İstilik maşınının dövrləri.....	32
Laboratoriya işi №5	
Yük müqaviməti və səmərəlilik	36
Laboratoriya işi №6	
İstiliyin elektrik ekvivalentinin öyrənilməsi	43
Laboratoriya işi №7	
Qazların istilik tutumları nisbətinin öyrənilməsi	49
Laboratoriya işi №8	
Bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalının təyini	53
Laboratoriya işi №9	
Entropiyanın ölçülməsi	59
 LABORATORİYA İŞLƏRİNƏ AİD QISA NƏZƏRİ MƏLUMATLAR 64	
Ədəbiyyat	84

DATASTUDIO KOMPÜTER PROQRAMI HAQQINDA QISA MƏLUMAT

DataStudio məlumatların toplanması, vizuallaşdırılması və analizi üçün nəzərdə tutulmuş kompüter proqramıdır. Məlumatları toplamaq və analiz etmək üçün bu proqram analoq və rəqəmli signal çeviriciləri (interfeyslər) və xüsusi çeviricilər (sensorlar) ilə birlikdə işləyir. DataStudionu fizika, kimya və başqa elm sahələrində eksperimentlərin yaradılması və yerinə yetirilməsi məqsədi ilə istifadə etmək olar.

Bizim təqdim etdiyimiz eksperimentlərdə ScienceWorkshop 750 interfeysindən istifadə edilir. DataStudiordan istifadə edə bilmək üçün ən azı aşağıdakılar tələb olunur:

Windows - Windows 95, 98 və ya NT 4.0, Operativ yaddaş 8 Mb(RAM), USB port, CD-ROM drive, daimi yaddaş 20 MB (Hard disk)

DataStudiordan istifadə qaydası

DataStudio eksperiment aparılan müddətdə məlumatları toplayır və vizuallaşdırır. Eksperimentin işə salınması uyğun çeviricinin (sensorun) interfeysin uyğun yuvasına birləşdirilməsi və proqramın qurulması ilə başlayır. DataStudio məlumatları müxtəlif şəkillərdə göstərə bilər: qrafik, cədvəl, histoqram, ədədlərlə və s. verə bilər.

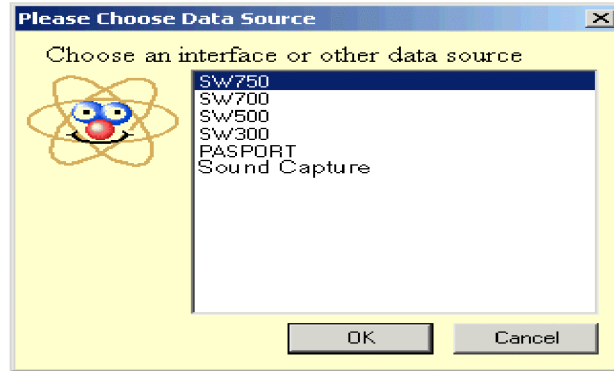
DataStudio əvvəlcədən kompüterə yüklənir (lisenziya olmalıdır) və eksperiment aparılan müddətdə uyğun fayl seçilməklə işə salınır.

Tələb olunan cihazların və proqram təminatının nizamlanması

Analoq və rəqəmsal signal çeviricisinin (interfeys) növündən asılı olaraq cihazlar və proqram təminatı bir – birindən fərqlənir. ScienceWorkshop və PASPORT variantlarını istifadə etmək olar. Biz ScienceWorkshop 750 interfeysi vasitəsilə DataStudionun başlanmasını izah edək. İşçi stolda əvvəlcədən yerləşdirilmiş DataStudio ikonasına iki dəfə basmaqla proqramı işə salırıq. DataStudio açıldıqda "Welcome to DataStudio" naviqatorunun ekranı aşağıdakı dörd variant işıqlandıracaq:

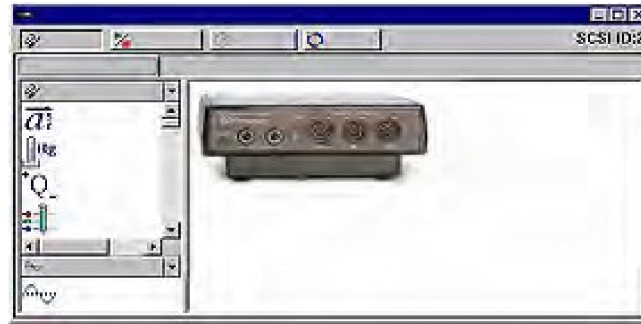
ScienceWorkshop eksperimentinin qurulması

Eksperiment qurulma pəncərəsini aktivləşdirmək üçün  düyməsini basın. Bu pəncərəni sensorların və eksperimentin şərtlərinin müəyyənləşdirilməsi üçün istifadə edəcəyik. Əgər açılan pəncərədə birbaşa lazım olan interfeys tanınılmamışsa **Change** düyməsini basın və **Please Choose Data Source** pəncərəsindəki interfeyslər siyahısından sizə lazım olan interfeysi seçin və **OK** basın. Onda **Experiment Setup** pəncərəsi seçilmiş interfeysi göstərəcəkdir.



Sensorlar paneli

Bu paneldə mümkün olan sensorların siyahısı verilmişdir. Eksperimentdə sizə lazım olan sensoru tapmaq üçün siyahını fırladın. Sensoru seçmək üçün uyğun ikonanın üzərinə iki dəfə basmaq lazımdır. Program avtomatik olaraq uyğun portu seçəcəkdir.



İndi fiziki sensoru uyğun kanala qoşun.

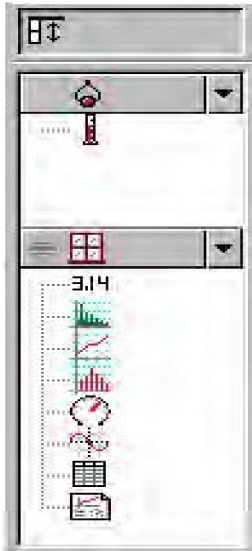
Sensor seçilmişsə onun ikonu **experiment setup window** – da ortaya çıxır və oxlar vasitəsilə hər bir sensora uyğun kanal nişan verilir. Sensorun üzərinə iki dəfə basmaq onun xassələrini əks etdirən pəncərə açılacaq. Orada ölçüləri, nizamlama və nümunə parametrlərini yaratmaq mümkündür. Uyğun olan ölçülər **summary panel** – də görünür.

DataStudionun eksperimentin quraşdırılması üçün istifadə olunması

DataStudio eksperimentin quraşdırılmasını müxtəlif cihazların müşayiəti ilə reallaşdırır. **Summary panel** və müşayət edən funksiyalar gələcəkdə eksperimentin parametrlərinin təyininə kömək edir. Görünənlər məlumatların vizuallaşmasını təmin edir. Bu bölmə məlumatların vizuallaşması və hər bir funksiyanın təsvir edilməsi ilə məşğul olur.

Məlumatların vizuallaşdırılması

 **Summary Panel (Xülasə paneli)** cari müddətdə əldə olan ölçmələrin siyahısını, eksperiment zamanı toplanmış məlumatları görüntüləri ilə yanaşı əks etdirir.



Məlumatları vizuallaşdırmaq üçün sensor və ya məlumatlar display ilə uyğunlaşdırılmalıdır. Toplanılan məlumatların üzəri ilə gəzməklə onları vizuallaşma şəklinə uyğun göstərmək olar. **Summary Panel** uyğun sensor və seçilmiş məlumatlar üçün vizuallaşma şəkli yaradacaq.

Məlumatların görüntülərini yaratmaq

İstənilən anda, hətta məlumat toplayan müddətdə eksperimentdən görüntü yaratmaq və onu yox etmək olar.

DataStudiada mümkün olan görüntülər

Bizim baxdığımız eksperimentlərdə, əsasən, **qrafik şəklində** görüntü və **cədvəl şəklində** görüntüdən istifadə edirik. Ona görə də bunlar haqqında qısa məlumat verək.

Graph (Qrafik)

Qrafik şəklində görüntü sensorun verdiyi məlumatların zamandan asılılıq qrafikindən ibarətdir. Müəyyən növ məlumatların digər məlumatlardan asılılığını qurmaq üçün **Summary panel**-ində məlumatlar toplusundan verilənləri sürüyüb zaman oxunun (x oxu) üzərinə salmaq lazımdır. Yeni növ məlumatlar zamanın yerinə gələcək (məsələn, qüvvənin koordinatdan asılılığı).

Oxun üzərində ədədin tıklanması və sürünüb aparılması birbaşa qrafikin şkalasını dəyişdirir. Koordinat oxlarının tıklanması və sürünüb aparılması oxların özlərini görüntü pəncərəsində hərəkət etdirir.

Table (Cədvəl)

Cədvəl şəklində görüntü qoşa sütunlarda koordinatların ədədi qiymətini göstərir.

Ölçülərin götürülməsi

Məlumatların toplanması

Eksperiment qurulmuşsa, məlumat toplamağa başlamaq üçün **Start** düyməsini basın.



Start button and timer (Start düyməsi və zaman qeydedicisi)

Start düyməsi basıldıqda o, stop düyməsinin də içərisini dəyişdirəcək. Stop düyməsini basdıqda məlumat toplanması dayandırılacaq. Eksperiment zaman ölçəni cari zaman şərtlərini göstərir; ya məlumatlar nə qədər müddət toplanacaq və ya başlanğıc zaman şərtləri vasitəsilə saymanın nəticələri toplanacaq.



Keep/Stop button (Saxla/dayandır düyməsi)

Əgər eksperiment nümunə üçün quraşdırılmışsa **Start** düyməsi **Keep/Stop** düyməsinə

Görüntü və analiz alətləri

 Scale to fit (Uyğunlaştırma şkalası)

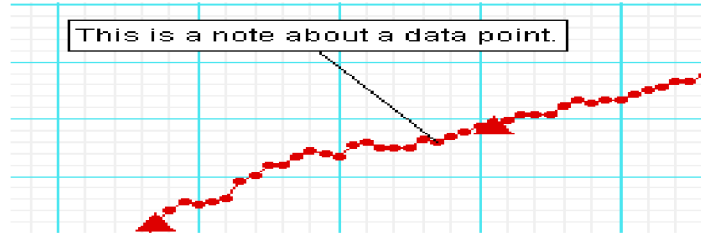
 Zoom in, Zoom out, Zoom select (Masштаbın böyüdülməsi, kiçildilməsi və seçilməsi aləti)

 **Smart Tool (Smart aləti)**

Bu alət kursurun nişanladığı yeri dəyişdirmək üçündür.



7



Statistics Tool (Statistika aləti)

Bu alət vasitəsilə mümkün olan statistikaları görüntüyə gətirmək olar.



Calculator (Kalkulyator)

Bu alət DataStudiada yalnız riyazi ifadələrin hesablanması ilə məşğul olmur, həm də sensorlardan alınan ölçüləri idarə edir. Görüntülər kimi , hesabatlar da istənilən vaxt yaradıla bilər və ləğv edilə bilər.

Laboratoriya işi №1

ENERJİNİN SAXLANMASI VƏ TERMODİNAMIKANIN BİRİNCİ QANUNU

İşin məqsədi: ET–8782 termoelektrik təcrübə qurğusunda enerjinin saxlanma və termodinamikanın birinci qanununun öyrənilməsidir.

Ləvazimatlar: ET–8782 termoelektrik dövrə lövhəsi, məsaməli izolyator (2 ədəd), birləşdiricilər, sabit cərəyan qida mənbəyi (10V, 1A minimum), gərginlik / cərəyan sensoru, 4 girişli temperatur sensoru, interfeys, "Data Studio" proqram təminatı.

Nəzəri məlumat

Termodinamika nədir?

- Termodinamika enerji, onun çevrilməsi və maddələrin fiziki xassələrinə təsirinin öyrənilməsi ilə məşğul olan elm sahəsidir.
- Bir prosesin stasionarlığı və baş vermə mümkünlüyünü öyrənir.
- İstilik, iş və tarazlıqda olan sistemlərin xassələri arasındakı əlaqəni öyrənir.

Termodinamikada iki yanaşma mövcuddur:

- Makroskopik yanaşma - klassik termodinamika
- Mikroskopik yanaşma - statistik termodinamika

İstilik ötürülməsi: temperatur fərqiə görə enerji ötürülməsinə istilik ötürülməsi deyilir.

Termodinamikanın prinsipləri dörd termodinamik qanun şəklində ümumiləşdirilir:

Sıfırıncı Qanun istilik tarazlığı ilə məşğul olur və temperaturu ölçmək üçün bir vasitə təyin edir.

Birinci Qanun enerjinin saxlanmasından bəhs edir və daxili enerji anlayışını təqdim edir.

Termodinamikanın ikinci qanunu maddənin daxili enerjisinin işə çevrilmə qaydalarını müəyyən edir. O, həmçinin entropiya anlayışını təqdim edir.

Termodinamikanın üçüncü qanunu entropiyanın mütləq sıfırını təyin edir. Mütləq sıfır temperaturda təmiz kristal maddənin entropiyası sıfırdır.

TERMODİNAMİKANIN BİRİNCİ QANUNU

- Bu, enerjinin saxlanma qanununa əsaslanır.
- Buna birinci prinsip də deyilir.

Bir dövr keçən qapalı sistem üçün,

bütün iş köçürmələrinin cəmi = bütün istilik köçürmələrinin cəmi

$$(W_1+W_2+W_3+.....) = (Q_1 +Q_2+Q_3+.....)$$

$$\Sigma(W) = \Sigma(Q)$$

Proses baş verən qapalı sistem üçün

İstilik sistem tərəfindən udulduğu zaman onun daxili enerjisini artırır və müəyyən iş görür.

$$Q = \Delta E + W$$

burada Q - sistem tərəfindən udulmuş istilik, W – sistemdən iş çıxışı, ΔE – sistemin saxlanılan enerjisində dəyişiklikdir.

Qurğunun təsviri:

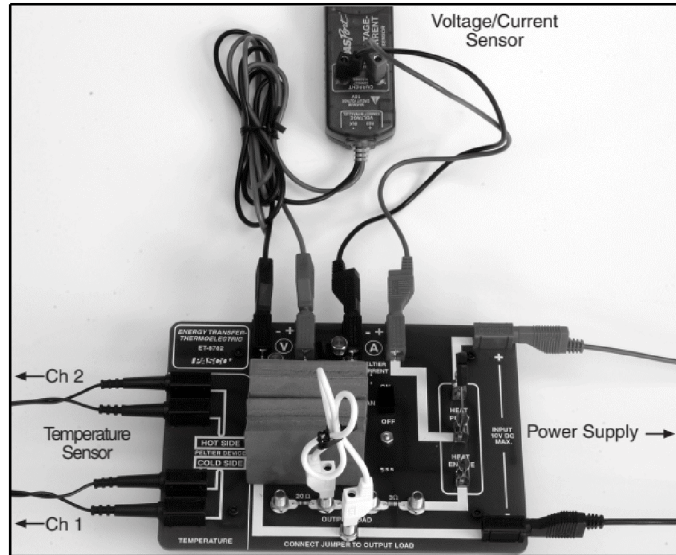
Təqdim olunan təcrübə işə salınandan sonra eksperimental qurğunun içərisində enerji axınını öyrənəcəyik.

İlk növbədə qurğu istilik nasosu rejimində işə salınır, bu zaman enerji Peltje cihazına ötürülür, Peltje cihazı nasos funksiyasında istini bir alüminium blokdan digərinə ötürür. Bloklar arasında temperaturlar fərqi qərarlaşdıqdan sonra Peltje cihazı istilik mühərriki rejiminə qoşulur, bu zaman isti Peltje cihazından keçməklə isti blokdan soyuq bloka axır. Peltje cihazı isti blokdan axan istinin bir hissəsini yük müqavimətində ortaya çıxan elektrik enerjisine çevirir.

Təcrübənin aparılması dövründə qurulmuş termoelektrik dövredə müxtəlif formalı enerji axınları izlənilir: cərəyan mənbəyindən Peltje cihazına axan elektrik enerjisi,

alüminium bloklardan axan istilik enerjisi və rezistora axan elektrik enerjisi. Eksperiment müddətində enerjinin saxlanması və termodinamikanın birinci qanununa diqqət ayrılır. Eksperimentin icrası aşağıdakı ardıcılıqla davam etdirilir.

1.Güc daxil edilməsi: Lövhe üzərindəki İstilik nasosu/İstilik maşını açarı neytral vəziyyətdə (yuxarı) qoyulur. Termoelektrik lövhə üzərində istilik nasosu rejimi qurulur. Aşağıdakı şəkildə göstəriləyi kimi qida bloku naqillər vasitəsilə lövhə üzərindəki giriş cərəyanı və gərginliyi yuvalarına birləşdirilir (Şəkil 1.). Qütblərin düzgünlüyünə əməl edin.



Şəkil 1. Termoelektrik dövrə lövhəsi

2. Yük müqaviməti: Müqavimət, lövhənin aşağı hissəsindəki A yuvasından B yuvasına birləşdiricilər vasitəsilə qoşulur. Elektrik müqaviməti $3\ \Omega + 7\ \Omega = 10\ \Omega$.

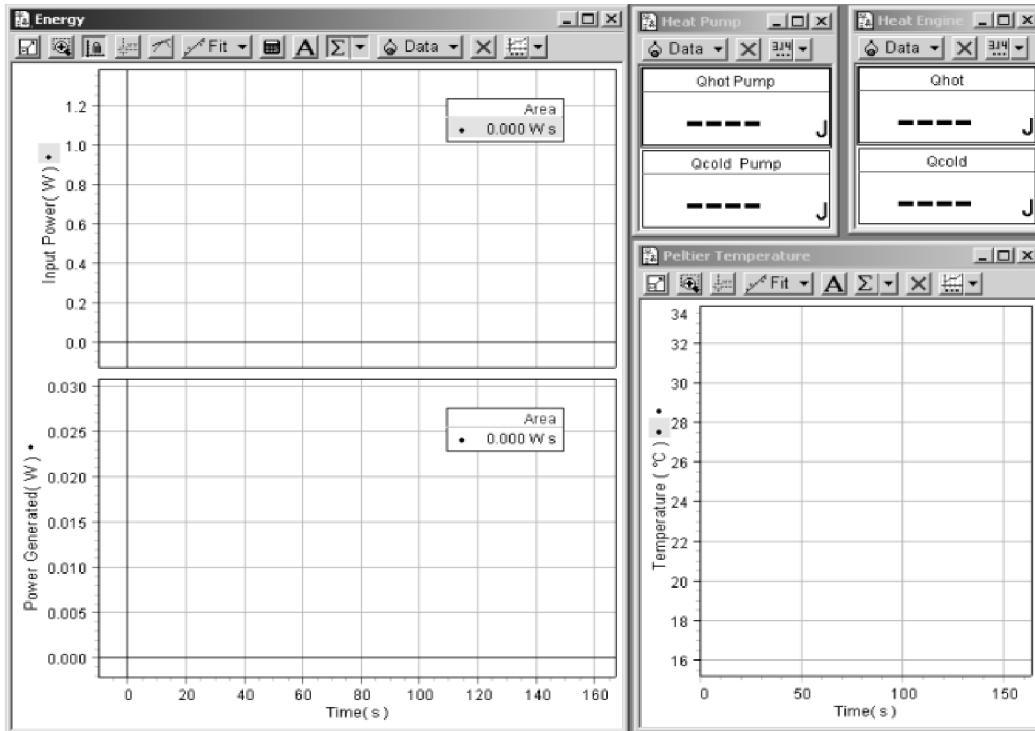
3. İzolyatorlar: Hər iki izolyator alüminium blokları üzərinə yerləşdirilir.

4. Temperatur: Kanal 1 soyuq tərəfə, Kanal 2 isti tərəfə qoşulmaqla temperatur sensoru temperatur yuvalarına birləşdirilir.

5. Gərginlik, cərəyan: Gərginlik/cərəyan sensorundakı gərginlik birləşdiriciləri lövhə üzərindəki gərginlik portlarına, cərəyan birləşdiriciləri isə müvafiq cərəyan portlarına birləşdirilir.

6. Compüter: Temperatur və gərginlik / cərəyan sensorları interfeys vasitəsilə kompüterə qoşulur.

“Data Studio” proqramı vasitəsilə alüminium blokların temperaturları, Peltie cihazı vasitəsilə istilik nasosu rejimində və istilik mühərriki rejimində yaranan cərəyan və gərginlik qeyd edilir. Bu verilənlərə əsasən istilik miqdarı, iş və güc hesablanır.



Şəkil 2. Ölçülən kəmiyyətlər

İşin gedişi:

1. Təcrübəyə başlamazdan əvvəl alüminium bloklar otaq temperaturunda olmalıdırlar. Açar neytral vəziyyətdə olmalıdır (yuxarı) və ventilyator söndürülmüş olmalıdır.
2. Sabit gərginlik mənbəyi 3 - 4 volt arasında işləməlidir.
3. İstilik nasosu rejimində açar dövrəyə birləşdirilir və verilənlər qeyd edilir.

4. Verilənlərin qeyd edilməsi ilə giriş signalının gücü qrafikin yuxarı hissəsində meydana çıxacaq. Əyrinin altındakı sahə ədədi qiymətə Peltje cihazına verilən enerjidir ki, bu da istilik nasosu vasitəsilə görülmə işə bərabərdir.
5. Rəqəmsal displeyde istilik nasosu rejimində soyuq rezervuardan kənara ötürülən (Q_{soyuq}) və isti rezervuara ötürülən (Q_{istip}) istilik miqdarlarının maksimal qiymətləri görünəcək.
6. Alüminium bloklarda temperaturun necə dəyişməsinə müşahidə etmək lazımdır.
7. Peltje cihazı istilik nasosu rejimində təxminən 1 dəqiqə ərzində qoşulur, sonra istilik mühərriki rejiminə keçirilir.
8. Təkrar olaraq alüminium bloklarda temperaturun necə dəyişməsinə müşahidə etmək lazımdır.
9. Bu halda displeyde qrafikin aşağı hissəsində təcrübə zamanı yaranan gücün verilənləri görünür. Bu qrafikdəki əyrinin altındakı sahənin ədədi qiyməti istilik mühərriki rejimində yaranan və rezistora tətbiq edilən elektrik enerjisinə bərabərdir.
10. Displeyde istilik mühərrikinin isti rezervuarından axan istilik miqdarı (Q_{isti}), soyuq rezervuara axan istilik miqdarı (Q_{soyuq}) və onların temperaturları görünür.
11. Alüminium bloklarda temperaturlar bərabərləşənə qədər verilənlər qeyd edilir.

İstiliyin temperaturdan asılılığının “Data Studio” proqramı vasitəsilə hesablanması

Displeyde Peltje cihazının istənilən isti və soyuq tərəfi ilə alüminium bloklarından keçən istilik miqdarının (Q_{isti} və Q_{soyuq}) ədədi qiymətləri göstərilir. İstilik miqdarı ilə temperaturlar fərqi arasında: $Q = cm\Delta T$ münasibəti vardır. Burada, Q – ötürülmüş istilik miqdarı; m – alüminium blokun kütləsi; c – alüminium blokun xüsusi istilik tutumu $= 0.90 \text{C}/(\text{qr} \cdot ^\circ\text{C})$ ΔT – temperaturlar fərqidir. Q – nün müsbət qiymət alması blokun Peltje cihazının isti və ya soyuq tərəfində olmasından və Peltje cihazının istilik nasosu və ya istilik mühərriki kimi işlədilməsindən asılı olaraq alüminium bloka və ya alüminium blokdan ötürülən istiliklə əlaqədardır. Hər blokun temperaturu qurulmuş termistorla ölçülür. “Data Studio” proqramında temperaturlar fərqi, daxil edilmiş m və c kəmiyyətlərindən asılı olaraq istilik miqdarı hesablanır. Paneldəki kalkulyator işarəsi üzərində mausun düyməsini basmaqla

açılan pəncərənin aşağı hissəsində m və c sabitləri qeyd edilir. (Hər blokun kütləsi 19 q – dır, kütlənin hesablanması üçün blokların ölçüsü və alüminiumun sıxlığından $\rho=2,7 \text{ q/sm}^3$ istifadə edilmişdir).

Peltie cihazının istilik nasosu rejimində görülən işi və gücü.

İstilik nasosu rejimində nasosun qida mənbəyindən aldığı giriş signalının gücünün vasitəsilə Peltie cihazı soyuq rezervuardan isti rezervuara enerji ötürmək üçün iş görür. Gərginlik/cərəyan sensoru Peltie cihazına qoşulmuş gərginliyi və ondan axan cərəyanı ölçür. Giriş signalının gücü aşağıdakı düstur ilə hesablanır: $P=IU$. Giriş signalının gücünün zamandan asılılıq qrafikindəki əyrinin altındakı sahənin qiyməti Peltie cihazına verilən enerjinin qiymətinə bərabərdir, bu da Peltie cihazındada görülən işin qiymətidir.

Peltie cihazının istilik mühərriki rejimində görülən işi və gücü.

Peltie cihazında istilik mühərriki rejimində yaranan elektrik enerjisi rezistorda görülən işə bərabərdir. Gərginlik /cərəyan sensoru rezistordan keçən cərəyanı və gərginliyi ölçür. Bu ölçmələrdən rezistora verilən güc hesablanır. Generasiya olunan gücün zamandan asılılıq qrafikindəki əyrinin altındakı sahənin ədədi qiyməti Peltie cihazı vasitəsilə rezistorda görülən işə bərabərdir.

Analizlər

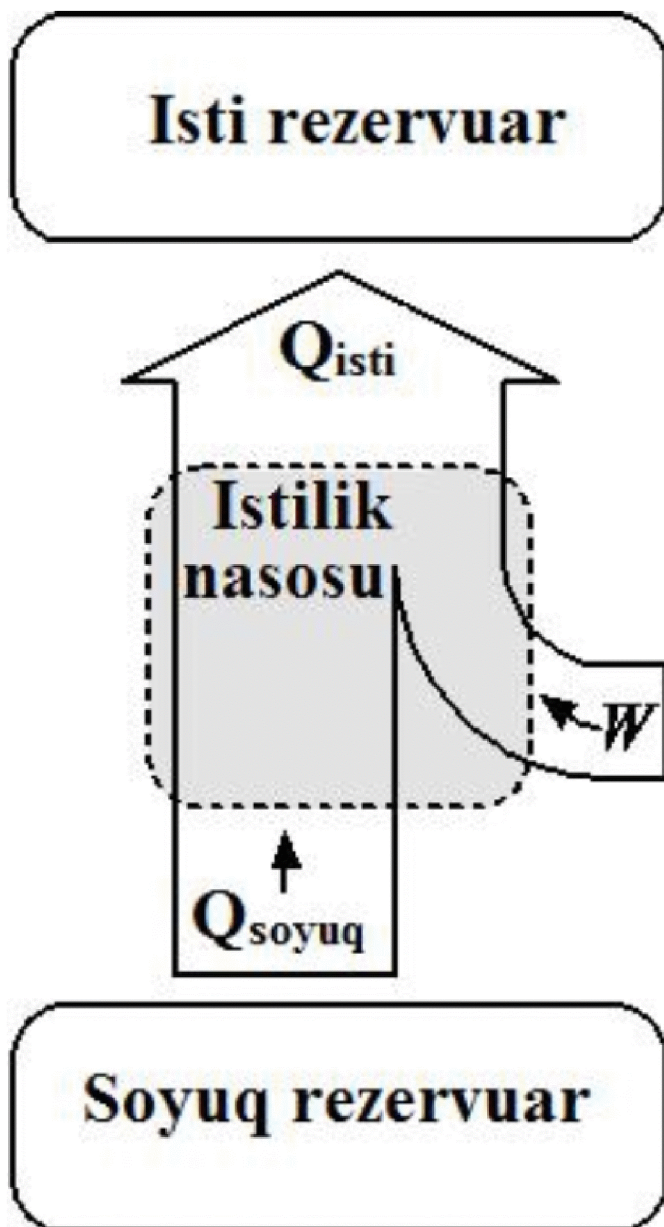
İstilik nasosu rejimi :

İstilik nasosu rejimində Peltie cihazı istiliyin soyuq rezervuardan isti rezervuara vurulması üçün işləyir (Şəkil 3). Termodinamikanın birinci qanununa görə, $Q_{isti}= Q_{soyuq}+W$ W - Peltie cihazının gördüyü iş (giriş signalının gücü əyrisinin altındakı sahənin ədədi qiymətinə bərabərdir), Q_{istip} – istilik nasosu rejimində isti rezervuara ötürülən istilik miqdarı, Q_{soyuqp} –soyuq rezervuardan kənara ötürülən istilik miqdarıdır.

1) Soyuq rezervuardan istilik hara ötürülür? İsti rezervuardan istilik hara ötürülür? Niyə isti rezervuara soyuq rezervuardan daha çox istilik ötürülür?

2) ($Q_{\text{soyuq}} + W$) və Q_{isti} kəmiyyətlərini müqayisə edin. Əgər onlar bərabər olmasalar, o zaman “itən enerji” hara gedir?

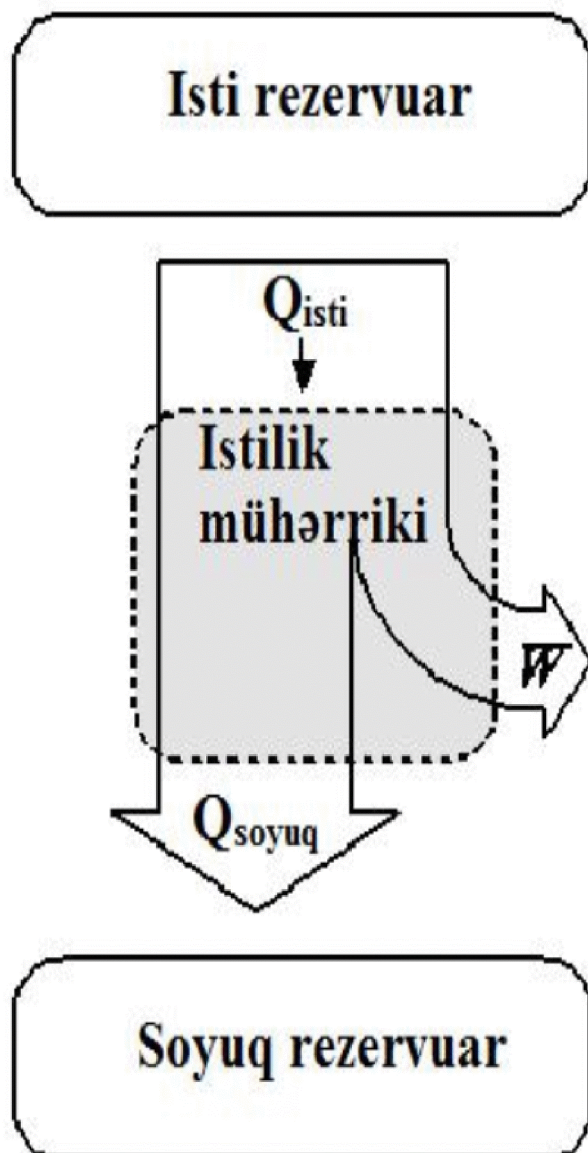
3) “İtən enerji” nəzəriyyəsinə əsasən Q_{isti} və Q_{soyuq} verilənlərinə əsasən E_{itki} tənliyini yazın.



Şəkil 3. Nasos rejiminin sxemi

İstilik mühərriki rejimi:

İstilik mühərriki rejimində istilik miqdarı isti rezervuardan kənara axır, bir hissəsi işə çevrilir, qalan istilik miqdarı isə soyuq rezervuara axır (Şəkil 4). Termodinamikanın birinci qanununa görə: $W = Q_{\text{isti}} - Q_{\text{soyuq}}$ burada, W - istilik mühərrikinin gördüyü iş, Q_{isti} –isti rezervuardan kənara ötürülən istilik miqdarı, Q_{soyuq} – soyuq rezervuara ötürülən istilik miqdarıdır.



Şəkil 4. İstilik mühərriki rejiminin sxemi

4) Müşahidə etdiyiniz təcrübədən alınmış $W_{\text{müşahidə}}$ (gücün zamandan asılılıq qrafikindəki əyrinin altındakı sahə) və $Q_{\text{isti}} - Q_{\text{soyuq}}$ istilik miqdarını müqayisə edib, bərabər olub olmadıqlarını yoxlayın.

5) Real istilik maşınında, iki rezervuardan axan istiliyin yalnız bir hissəsi ($Q_{\text{isti}} - Q_{\text{soyuq}}$) faydalı işə çevrilir. Bu təcrübədə müşahidə etdiyiniziş (faydalı iş) yük müqaviməti üzərində görülmüşdür.

İsti rezervuardan axan bütün enerjiləri təcrübədə aldığınız $W_{\text{müşahidə}}$, Q_{isti} və Q_{soyuq} qiymətləri ilə ifadə edə bilərsiniz? Əks halda “itən enerji” ni haradan tapmaq olar?

6) Alüminium bloklarından yekun istilik axınının faydalı işə çevrilən payını hesablayın.

7) W , Q_{isti} və Q_{soyuq} verilənlərinə əsasən E_{itki} tənliyini yazın.

8) Bu təcrübədə hesabladığımız faydalı iş rezistor üzərində görülmüşdür. Rezistorda görülmüş iş necə dəyişir? İstilik mühərriki rejimində görülmüş işin faydalı hissəsini artırmaq üçün dövrəni necə dəyişə bilərsiniz?

Enerjinin saxlanması:

İstilik nasosu rejimində mənbədən qidalanma mərhələlərində enerjisi sistemə əlavə edilir.

Sonra, istilik mühərrikinin istilik fazasında isti rezervuardan çıxır və onun bir hissəsi elektrik enerjisinə çevrilir, bu da elektrik müqavimətində ortaya çıxır. İstilik mühərriki rejimində faydalı işin payı aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$\frac{\text{generasiya olunan enerji}}{\text{sərf olunan enerji}} \times 100\% = \text{fiə}$$

Keçiricilik və İzolyatorlardan istilik axını:

Bu təcrübədə enerjinin itməsi səbəblərindən biri izolyatorlardan keçən isti axını ilə əlaqədardır. İzolyatordan isti axınının keçmə sürəti

$$Q_i/t = kA \frac{\Delta T}{x}$$

düsturu ilə hesablanır. Burada, Q_i/t - izolyatordan isti axını sürəti, k —izolyatorun istilikkeçirməsi $k=0.036 \text{ Vt/(m}\cdot\text{C)}$, A —isti axını keçən sahə, ΔT —izolyatorlar arasındakı temperaturların fərqi və x —izolyasiya materialının qalınlığıdır. Soyuq blokun ön səthi ilə əlaqədə olan izolyator vasitəsilə axan istilik miqdarı hesablanmalıdır. İzolyatordakı alüminium bloku əhatə edən boşluğun hündürlüyü və eni ölçülür. Köndələn kəsiyin səthi sahəsi hesablanır (A , m^2). Ön bloku örtən izolyatorin x qalınlığı ölçülür. İzolyatorların tərəfləri nəzərə alınmır (sadəcə ön örtükdən isti axını hesablanır). Götürülən ölçülər metrle yazılır.

Suallar:

1. İsti tərəfdəki izolyatordan isti axını soyuq tərəfdəki izolyatordan isti axınından necə fərqlənir? Hər iki kəmiyyəti və isti axınının istiqamətlərini nəzərdən keçirin. 2. İzolyatorlardan keçən isti axını (isti və soyuq tərəflərə) bu təcrübədə nə əhəmiyyət kəsb edir? 3. İzolyatorlardan istifadə edilmədikdə mövcud olan fərqi göstərin.

Laboratoriya işi № 2

SOYUDUCUNUN MODELİ

İşin məqsədi: Termoelektrik soyuducunun modeli, iş prinsipi barədə məlumat verməkdir.

Ləvazimatlar: Termoelektrik dövrə, məsaməli izolyator, radiator, birləşdirici naqillər, sabit cərəyan mənbəyi (10V, 1A), cərəyan və gərginlik sensoru, temperatur sensoru, interfeys, “Data Studio” proqram təminatı, “Refrigerator” adlı fayl.

Nəzəri məlumat

Soyuducu – istidən izolə olunmuş kamera daxilində aşağı temperaturu saxlayan qurğudur. İşləmə prinsiplərinə görə soyuducular- kompressor tipli, udulma, termoelektrik tipli, burulğanlı soyutma tipli növlərə bölünürlər. Termoelektrik soyuducunun iş prinsipinin əsasını Peltze effekti təşkil edir, yəni iki müxtəlif materialın kontaktından kontakt potensialları fərqi istiqamətində cərəyan keçdikdə istilik enerjisi elə daşınır ki, kontaktların biri qızır, digəri isə soyuyur. Peltze elementləri əsasında qurulmuş soyuducular, səssiz, etibarlı və uzun ömürlüdür. Amma, termoelektrik soyuducu elementlərinin baha olması səbəbindən çox da geniş yayılmamışdır. Bu soyuducuların daha bir çatışmayan cəhəti bu soyuducuların məhsuldarlıqlarının ətraf mühitin temperaturundan asılı olmasıdır. Bəzi istilik nasosları soyuducular, kondisionerlər soyutma effektivə əsasən istifadə olunurlar. Bu tip cihaz və qurğular istiliyi olduqları mühitdən kənarlaşdıraraq daxiləki havanın temperaturunu aşağı salırlar. Bundan əlavə, istilik nasosları həm də isti mühit yaratmaq üçün də istifadə olunurlar. İstilik nasoslarının ən üstün cəhətlərindən biri və vacibi onların nə qədər enerji sərf edərək lazımi temperaturu almalarıdır. Təqdim olunmuş təcrübədə istilik nasosunun hər iki rejimdə işləməsi ilə məhsuldarlıq əmsalının necə dəyişdiyini müşahidə edilir və istilik nasoslarının binaların isidilməsi prosesində digər isitmə üsullarından daha əlverişli olması halı araşdırılır. Peltze cihazından istifadə etməklə soyuducunun modeli qurulur. Peltze cihazına verilən cərəyan və gərginlik, radiatordan axan havanın temperaturu, alüminium blokların temperaturu sensorlarla qeydə alınır və kompüterdə Data Studio proqramı vasitəsilə qrafikləri qurulur.

Eksperimentin icrası aşağıdakı ardıcılıqla davam etdirilir.

1.Güc daxil edilməsi: Lövhə üzərindəki İstilik nasosu/İstilik maşını açarı neytral vəziyyətdə (yuxarı) qoyulur. Aşağıdakı şəkildə göstərildiyi kimi qida bloku naqillər vasitəsilə lövhə üzərindəki giriş cərəyanı və gərginliyi yuvalarına birləşdirilir (Şəkil 1.). Qütblərin düzgünlüyünə əməl edin.

2. İzolyatorlar: Hər iki izolyator alüminium blokları üzərinə yerləşdirilir.

3. Temperatur: Kanal 1 soyuq tərəfə, Kanal 2 isti tərəfə qoşulmaqla temperatur sensoru temperatur yuvalarına birləşdirilir.

4. Havanın temperaturu. Radiatorun aşağı və yuxarisında havanın temperaturunu ölçmək üçün iki Temperatur Zondunu quraşdırın. Zondları radiatorun altında və yuxarıda yerləşdirmək üçün temperatur sıxaclarından istifadə edin (şəkildə göstərildiyi kimi). Aşağıdakı zond temperature sensorunun 3 yuvasına, yuxarıdakı zond sensorun 4 yuvasına qoşulur.

5. Gərginlik,cərəyan: Gərginlik/cərəyan sensorundakı gərginlik birləşdiriciləri lövhə üzərindəki gərginlik portlarına, cərəyan birləşdiriciləri isə müvafiq cərəyan portlarına birləşdirilir.

6. Kompüter: Temperatur və gərginlik / cərəyan sensorları interfeys vasitəsilə kompüterə qoşulur.

“Data Studio” proqramı vasitəsilə alüminium blokların temperaturları, Peltie cihazı vasitəsilə istilik nasosu rejimində və istilik mühərriki rejimində yaranan cərəyan və gərginlik qeyd edilir. Bu verilənlərə əsasən istilik miqdarı, iş və güc hesablanır.

İşin gedişi:

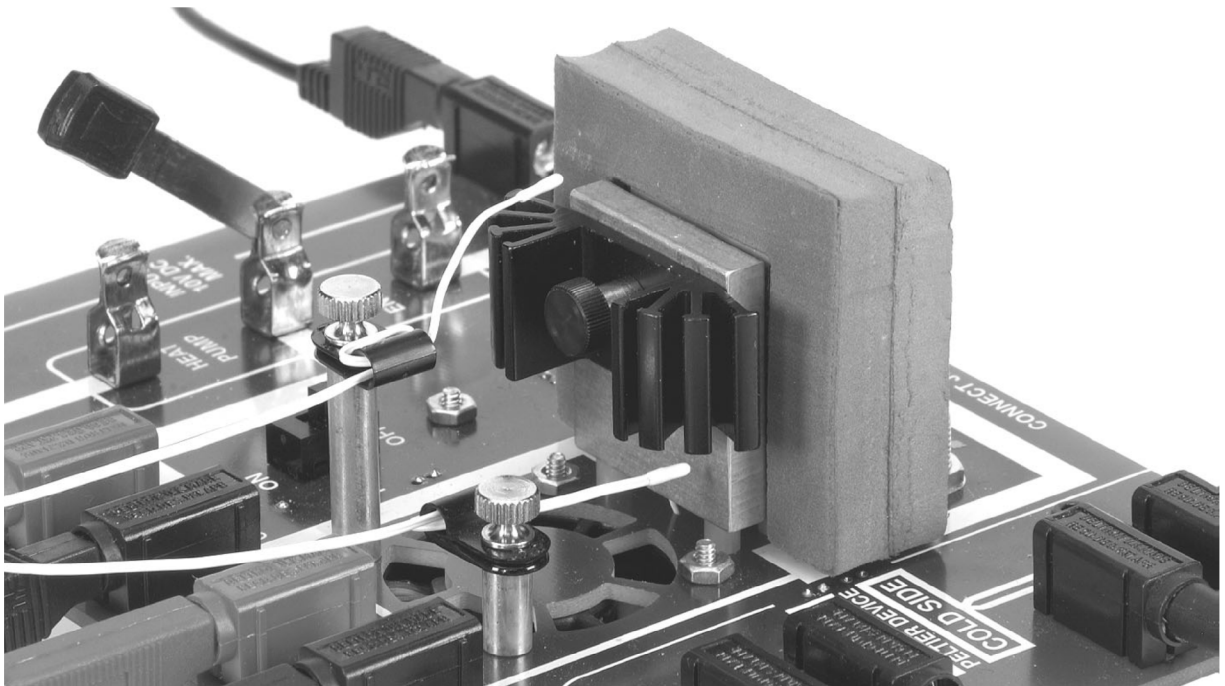
1. Şəkildə təsvir olunmuş Soyuducu modelindən istifadə edilir. Əvvəlcə açar neytral vəziyyətə gətirilir (Şəkil 1).

2. Sabit gərginlik mənbəyi 6V seçilir.

3. Ventilyator qoşulur.

4. Verilənlərin istilik nasosu rejimində qeyd olunmasına başlanılır. Bu zaman cərəyan şiddəti 1A-dən böyük olarsa, cərəyan sensoru signal verəcək. Bu halda qurğ  s nd r lm lidir. Pelt e cihazının soyuq və isti tərəfinin temperaturları qeyd edilir.

5. Yığılmış soyuducu modelini bu rejimdə soyuq və isti tərəfinin temperaturlar b r b r olana qədər ən azı 5 dəqiqə saxlamaq lazımdır.



Şəkil 1. Soyuducu modeli

İstilik ötürülməsi zamanı hava axını:

6. Radiatorun alt və üst hissəsində havanın temperaturu qeyd edilir. Radiator daxilindən keçərkən havanın temperaturunun n  qədər dəyişməsi hesablanır. Radiatordan havaya ötürülən istilik miqdarı bu temperatur artımı ilə mütənasibdir. Radiatordan havaya ötürülən istilik miqdarı qazlar     n

$$Q = nc\Delta T$$

düsturu ilə hesablanır.

Burada, n – havanın molekullarının sayıdır, ΔT –havadakı temperaturlar fərqi, c – xüsusi istilik tutumudur. Q –radiatordan havaya ötürülən istilik miqdarıdır.

Sabit həcmdəki və sabit təzyiqdəki istilik tutumları fərqlənir. Bizim halda hava sabit təzyiqdə qızdırılır və sabit təzyiqdə $c_{\text{hava}} = 29,1 \text{ C/mol } ^\circ\text{C}$.

Müəssisələrdə istifadə edilən soyuducu sistemlərin işlədilməsi zamanı ötürülən istilik miqdarı 2l/san olur. Otaq temperaturunda 1 mol qaz 24,3 litr təşkil edir. Bu zaman 1 saniyə ərzində

$$n = \frac{2l}{24,3l/mol} = 0,082mol$$

miqdarda qaz molekulları axır.

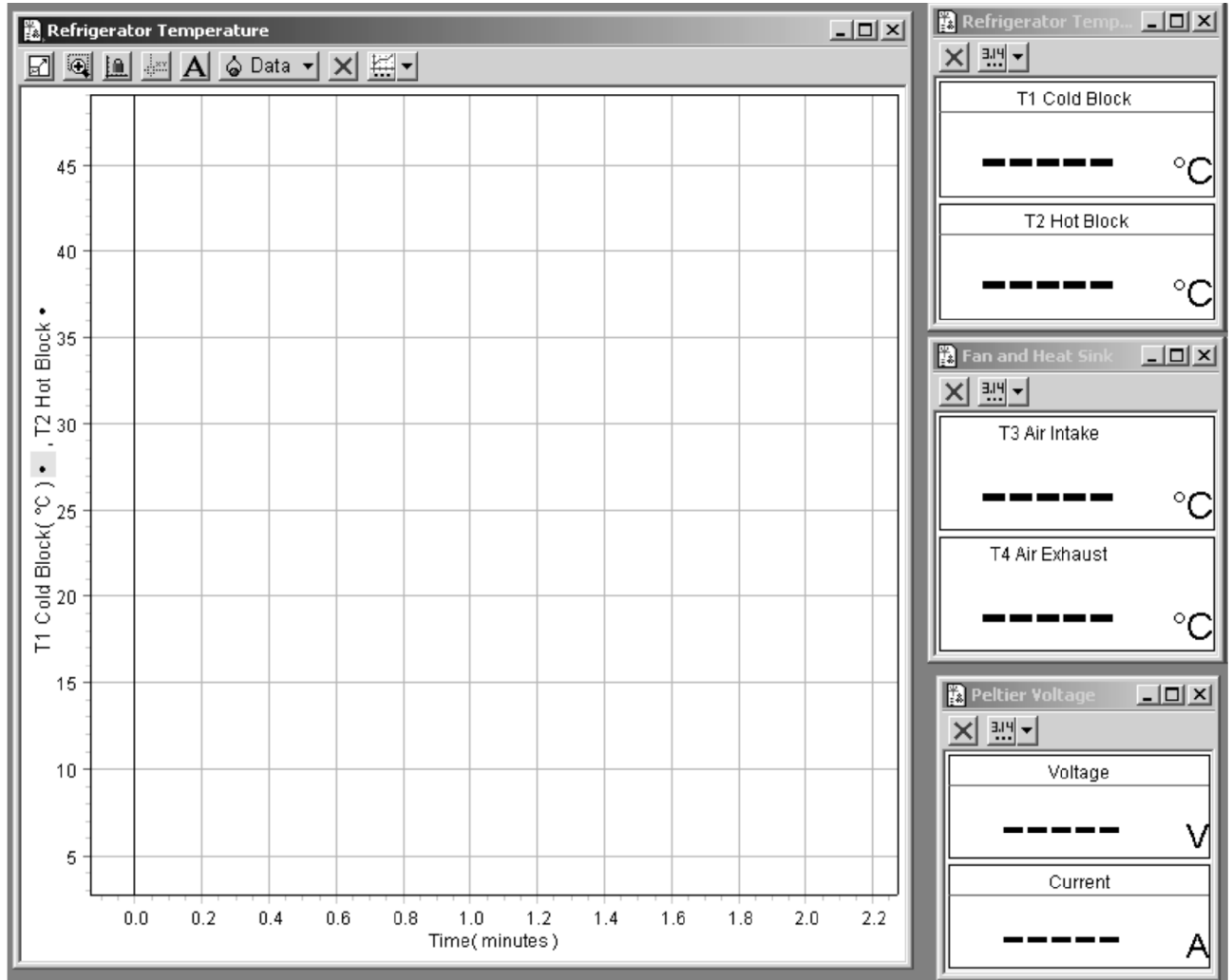
7. İsti və soyuq blokların temperaturları stabilləşdikdən sonra hər saniyədə havaya ötürülən istilik miqdarının ədədi qiyməti hesablanır. Alınmış nəticələr necə dəyişir? Çox yüksəkdir yoxsa aşağıdır?

İstilik nasosuna verilən güc

$$P=IU$$

kimi təyin edilir. Burada, P –güc, ($1Vt=1 \text{ C/san}$), I –dövredən keçən cərəyanın şiddəti (A), U –dövrəyə verilən gərginlikdir (V).

8. İstilik nasosunun işlədilməsi zamanı cərəyanın və gərginliyin ölçülmüş qiymətlərindən istifadə edərək, bir saniyədə qurğunun işlədilməsi üçün sərf olunan enerji hesablanır. Peltie qurğusuna verilən enerji ilə havaya ötürülən istilik miqdarının qiymətlərini müqayisə edin. Hansı kəmiyyət daha böyükdür? Enerjinin saxlanması qanununa əsasən aldığınız nəticələri izah edin.



Məsaməli izolyator, ventilyator və radiator

9. İsti və soyuq blokların tarazlığa çatanda temperaturalar qeyd edilir. Məsaməli izolyator alüminum lövhədən çıxarıldıqdan sonra da qeydlərin aparılması davam etdirilir. Bu zaman soyuq blokun temperaturunda dəyişiklik müşahidə edilirmi?

10. Məsaməli izolyatoru təkrar olaraq lövhə üzərinə yerləşdir. Bu zaman soyuq blokun temperaturunda dəyişiklik müşahidə edilirmi?

11. Ventilyator söndürülərək verilənlər qeyd edilir. Bir neçə dəqiqədə yaranan effekti müşahidə edin. Hər iki tərəfin temperaturları necə dəyişir? Səbəbini izah edin.

12. Havanın temperaturuna diqqət edin. İzolyator blokun üstünə yerləşdirildikdə temperaturlar dəyişirmi? Radiatordan havaya ötürülən istilik miqdarının sürəti sizcə necə dəyişir: artır, azalır, yoxsa sabit qalır? Aldığınız nəticələri izah edin.

13. Əgər blokların temperaturları ventilyator söndürüldükdə bərabərləşirsə, soyuq blokun yekun temperaturu nə ola bilər? Bu aldığınız nəticələr kefiyyətli soyuducu modelini əks etdirirmi?

14. İsti tərəfin temperaturu 80°C -ə çatmamış açarı açmaq və ya ventilyatoru dövrəyə birləşdirmək lazımdır.

15. Qurulmuş soyuducu modelində həqiqi soyuducunun hansı hissəsi təsvir edilmişdir? Nə üçün soyuducu modelində məsaməli izolyatorlardan və radiatorlardan istifadə olunur? Qurulmuş soyuducu modeli izolyatorsuz və ventilyator dövrəyə qoşulmuş vəziyyətdə bir neçə dəqiqə işlədilir. Belə rejimdə soyuq blokun temperaturu hansıdır? Dövrədəki cərəyanı və gərginliyi dəyişmədən soyuq tərəfi daha da soyuq etmək olarmı?

16. Qurduğunuz soyuducu modelinin xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmaq üçün təkliflər irəli sürüb, onları sınaqdan keçirin.

Laboratoriya işi №3

İSTİLİK NASOSUNUN MƏHSULDARLIQ ƏMSALININ TƏYİNİ

İşin məqsədi: İki rejimdə işləyən istilik nasosunun məhsuldarlıq əmsalının təyini.

Ləvazimatlar: ET–8782 termoelektrik dövrə lövhəsi, məsaməli izolyator (2 ədəd), birləşdiricilər, sabit cərəyan qida mənbəyi (10V, 1A minimum), gərginlik / cərəyan sensoru, 4 girişli temperatur sensoru, interfeys, “Data Studio” proqram təminatı.

GİRİŞ

Bəzi istilik nasosları, məsələn, soyuducular və kondisionerlər, onların soyutma təsirinə görə istifadə olunur. Onlar bir konteynerdən və ya binadan istini çıxarır, içərini ətraf mühitdən daha sərin edir. Lakin istilik nasosu həm də binaya isti vurmaq üçün istifadə oluna bilər ki, bu da içərini ətraf mühitdən daha isti edir.

İstilik nasosunun vacib bir xüsusiyyəti, müəyyən bir isti miqdarını hərəkət etdirmək (içəriyə və ya ətrafa) üçün nə qədər enerji sərf etməsi ilə bağlıdır. Bu fəaliyyətdə siz hər iki rejimdə işləyən istilik nasosunun məhsuldarlıq əmsalını ölçəcək və istilik nasosunun binanı qızdırmaqda adi üsullardan necə daha səmərəli ola biləcəyini kəşf edəcəksiniz.

Qurğunun təsviri:

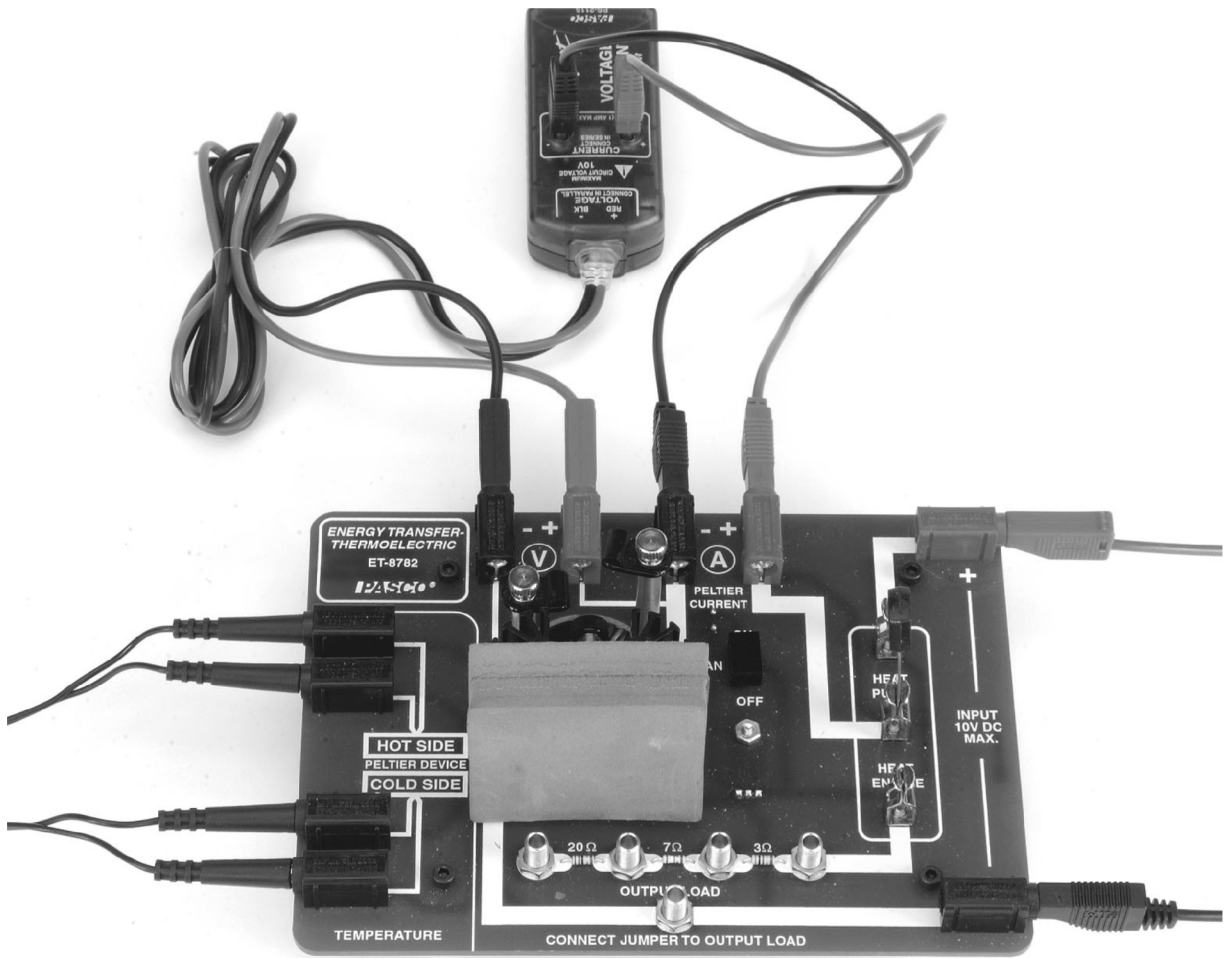
Təqdim olunan təcrübə işə salınandan sonra eksperimental qurğunun içərisində enerji axınını öyrənəcəyik.

İlk növbədə qurğu istilik nasosu rejimində işə salınır, bu zaman enerji Peltie cihazına ötürülür, Peltie cihazı nasos funksiyasında istini bir alüminium blokdan digərinə ötürür. Bloklar arasında temperatur fərqi qərarlaşdıqdan sonra Peltie cihazı istilik mühərriki rejiminə qoşulur, bu zaman isti Peltie cihazından keçməklə isti blokdan soyuq bloka axır. Peltie cihazı isti blokdan axan istinin bir hissəsini yük müqavimətində ortaya çıxan elektrik enerjisə çevirir.

Təcrübənin aparılması dövründə qurulmuş termoelektrik dövrədə müxtəlif formalı enerji axınları izlənilir: cərəyan mənbəyindən Peltie cihazına axan elektrik enerjisi,

alüminium bloklardan axan istilik enerjisi və rezistora axan elektrik enerjisi. Eksperiment müddətində enerjinin saxlanması və termodinamikanın birinci qanununa diqqət ayrılır.

Qurğu aşağıdakı şəkildə göstərilmiş sxem üzrə yığılır. İsti tərəfdə alüminium bloka radiator birləşdirilir. Cihaz interfeysə, interfeysi isə kompüterə qoşulur, kompüterdə “Məhsuldarlıq əmsalı” adlı fayl açılır.



Eksperimentin icrası aşağıdakı ardıcılıqla davam etdirilir.

1.Güc daxil edilməsi: Lövə üzərindəki istilik nasosu/istilik maşını açarı neytral vəziyyətdə (yuxarı) qoyulur. Aşağıdakı şəkildə göstərilədiyi kimi qida bloku naqillər vasitəsilə lövhə üzərindəki giriş cərəyanı və gərginliyi yuvalarına birləşdirilir (Şəkil 1.). Qütblərin düzgünlüyünə əməl edin.

2. Radiator və izolyator: Radiatoru Peltiyenin isti tərəfindəki alüminium bloka birləşdirin. Digər blokun üzərinə isə izolyatoru yerləşdir.

3. Temperatur: Kanal 1 soyuq tərəfə, Kanal 2 isti tərəfə qoşulmaqla temperatur sensoru temperatur yuvalarına birləşdirilir.

4. Gərginlik,cərəyan: Gərginlik/cərəyan sensorundakı gərginlik birləşdiriciləri lövhə üzərindəki gərginlik portlarına, cərəyan birləşdiriciləri isə müvafiq cərəyan portlarına birləşdirilir.

5. Kompüter: Temperatur və gərginlik / cərəyan sensorları interfeys vasitəsilə kompüterə qoşulur.

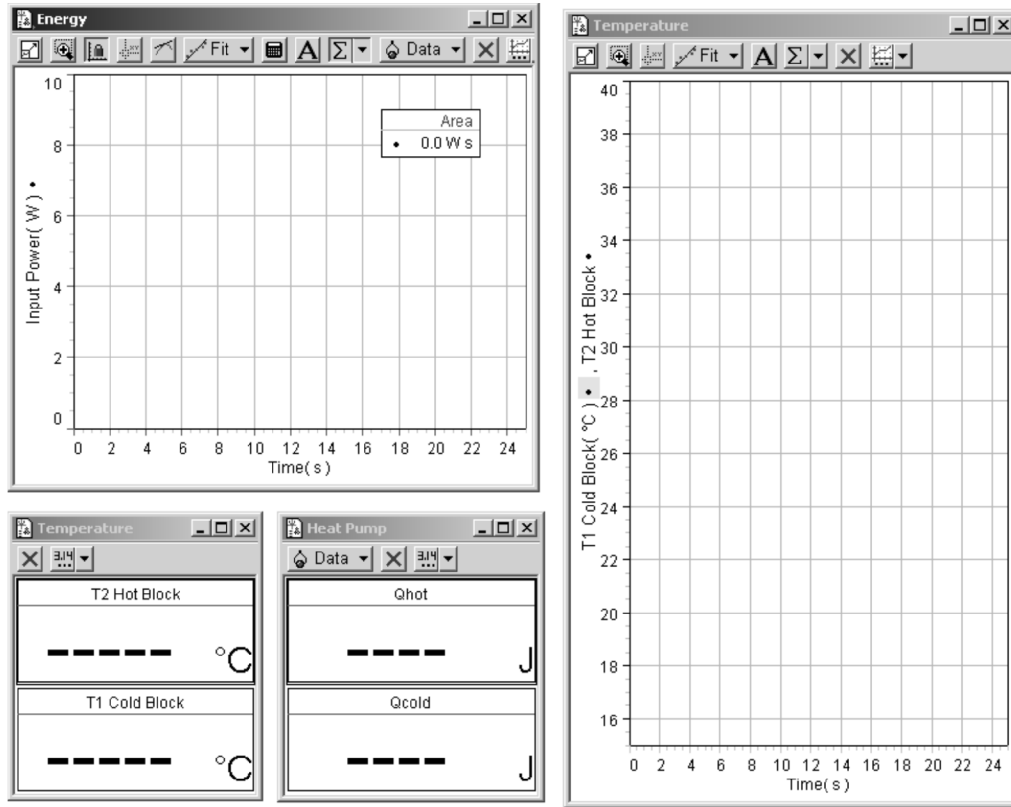
DataStudio həm alüminium blokların temperaturunu, həm də Peltiyəyə tətbiq olunan gərginliyi və cərəyanı ölçmək və qeyd etmək üçün konfigurasiya edilmişdir. Bu ölçülən kəmiyyətlərdən DataStudio istilik axını, gücü və işi hesablayacaq və göstərəcək. Aşağıdakı bölmələr DataStudio-nun bu ölçmələri və hesablamaları necə etdiyini izah edir.

İstiliyin temperaturdan asılılığının “Data Studio” proqramı vasitəsilə təhlili:

Soyuq blokdan isti bloka ötürülən istilik miqdarı proqram vasitəsilə qeyd edilir. İstilik miqdarı ilə temperaturun dəyişməsi arasında $Q = mc\Delta T$ asılılığı mövcuddur. Burada, Q – istilik miqdarı, m –alüminium blokun kütləsi, c – alüminiumun xüsusi istilik tutumu ($c = 0.9 \text{ C/q}^0\text{C}$), ΔT – temperatur fərqidir. Q_{isti} – müsbət qiymətlə isti bloka daxil olan isti miqdarını, Q_{soyuq} –müsbət qiymətlə soyuq blokdan ətrafa ötürülən isti miqdarını göstərir.

Hər bir blokun temperaturu quraşdırılmış termistorla ölçülür. DataStudio ölçülmüş temperatur dəyişikliyinə və əvvəlcədən daxil edilmiş m və c qiymətlərindən istifadə etməklə isti axını hesablayır.

Alətlər panelində kalkulyator işarəsi üzərinə klikləyin və istifadə olunan tənliklərə baxın; kalkulyator pəncərəsinin aşağı hissəsindəki sabitləri, m və c -ni qeyd edin. (Hər blokun kütləsi təxminən 19 qr. Öz dəyərini daxil etmək istəsəniz blokların ölçülərini tapıb alüminiumun sıxlığından $2,7 \text{ q/cc}$, istifadə etməklə kütlələri hesablayın sonra onu kalkulyatora daxil edin.)



Giriş Gücü və Peltiyə tərəfindən görülən işlər

Enerji təchizatından gələn giriş gücü Peltiyenin istini soyuq rezervuardan isti rezruvara vurmaq üçün vahid zamanda gördüyü işə bərabərdir. Gərginlik/cərəyan sensoru peltiyəyə tətbiq olunan gərginliyi və ondan keçən cərəyanı ölçür. DataStudio tənlikdən istifadə edərək giriş gücünü hesablayır:

Güc = Gərginlik × Cərəyan şiddəti.

Giriş gücünün zamandan asılılıq qrafikinə altındakı sahə peltiyəyə verilən enerjiyə bərabərdir ki, bu da peltiyə tərəfindən görülən işə, W-ə bərabərdir.

Başlanğıc şərtlər

Başlat düyməsini kliklədiyiniz zaman (rubilnik açıq vəziyyətdə) DataStudio canlı məlumatları göstərəcək, lakin siz rubilniki bağlayana qədər qeyd etməyə başlamayacaq. Bu, ölçmələrə nəzarət etməyə və məlumatların qeydinə başlamazdan əvvəl hər iki blokun eyni temperaturda olduğunu təsdiq etməyə imkan verəcək.

İşin gedişi

Soyuducu

Təcrübəyə başlamazdan əvvəl ventilyator söndürülmüş vəziyyətdə olmalıdır. İzolyator soyuq blok üzərində, radiator isə isti blok üzərində olmalıdır.

Sabit gərginlik mənbəyi ilə 5V gərginlik verilir.

“**Start**” düyməsi basılır. İsti və soyuq blokların hər birində temperatur $0,1^{\circ}\text{C}$ olmalıdır. Əgər fərqli olarsa ventilyator vasitəsilə soyudulur. Ventilyator söndürülür. Rubilnik dövrəyə istilik nasosu rejimində birləşdirilir. Bu vəziyyətdə 10-15 saniyə işlədikdən sonra rubilnik-açar dövrədən ayrılır. Alınan temperatur qrafiklərində kənara çıxan piklər müşahidə edildikdə verilənlərin qeyd edilməsi dayandırılır. Verilənlərin qeyd edilməsini dayandırmazdan əvvəl blokların maksimum və ya minimum qiymətini alması üçün bir neçə saniyə gözləmək lazımdır. İstilik nasosları k məhsuldarlıq əmsalına əsasən qiymətləndirilir. Soyutmaq məqsədilə istifadə olunan istilik nasoslarının (məs: soyuducu) k məhsuldarlıq əmsalı

$$k = \frac{Q_{soyuq}}{W}$$

düsturu ilə hesablanır. Yeni, məhsuldarlıq əmsalı istilik nasosunun soyuq tərəfdən isti tərəfə ötürülən istilik miqdarının bu istiliyin ötürülməsinə sərf olunan enerjiyə nisbəti ilə hesablanır.

- 1) Qurulmuş soyuducu modelində soyuq blokdan isti bloka ötürülən isti miqdarının (Q_{soyuq}) və istiliyin ötürülməsinə sərf olunan enerjinin zamandan asılılığında ($W(t)$) əyri altındakı sahənin ədədi qiymətlərinə əsasən k məhsuldarlıq əmsalı hesablanır.
- 2) Real istilik nasosları üçün k məhsuldarlıq əmsalı vahiddən böyük olur. Qurduğunuz soyuducu modelində bu şərt yoxlanılır.
- 3) Qurulmuş soyuducu modeli hava kondisionerlərinin modeli kimi də istifadə oluna bilər.
- 4) Modelinizi kondisionerlə soyudulan bina ilə müqayisə edin. Peltier nəyi təmsil edir? Soyuq blok nəyi təmsil edir? İsti blok nəyi təmsil edir?

5) Evinizi sərin saxlamaq üçün kondisioner seçsəydiniz, məhsuldarlıq əmsalı yüksək və ya aşağı olanı seçərdiniz? Səbəbini izah edin.

Tərsinə çevrilə bilən istilik nasosu rejimi

Tərsinə çevrilə bilən istilik nasosu

İstilik nasosu kimi tanınan müəyyən növ kondisioner də binanı qızdırmaq üçün istifadə edilə bilər. İndi siz binanı ətrafdakı havadan daha isti saxlamaq üçün istifadə edilən tərsinə çevrilə bilən istilik nasosunu modelləşdirmək üçün peltiyedən istifadə edəcəksiniz.

Müxtəlif ərazilərin və obyektlərin soyudulması və isidilməsi məqsədi ilə hava kondisionerlərindən istifadə olunur. Bu tip cihazlar ikili istilik nasosu rejimində çalışırlar. Hazırda aparacağımız təcrübədə məqsəd Peltie qurğusundan istifadə edərək müxtəlif ərazilərin və obyektlərin isidilməsi rejiminin modelini qurmaq və bu modelin xüsusiyyətlərini araşdırmaqdır.

Radiator soyuq blok üzərinə, məsaməli izolyator isə isti blok üzərinə qoyulur.

Əvvəllər qeyd etdiyiniz məlumatları silin. (Təcrübə menyusuna klikləyin və Bütün Məlumatları Sil seçin.)

“Start” düyməsini basın. Davam etməzdən əvvəl isti və soyuq blokların bir-birindən 0,1 °C aralığında olduğundan əmin olun. (Əgər onlar yoxdursa, izolyatoru çıxarın, ventilyatoru yandırın və temperatur bərabərləşdirmək üçün gözləyin. Sonra ventilyatoru söndürün, izolyatoru dəyişdirin və davam edin.)

Rubilniki istilik nasosu rejiminə qoyun. İstilik nasosunun 10-15 saniyə işləməsinə icazə verin, sonra rubilniki açın. Temperatur qrafiklərinə baxın; temperatur pik həddə çatdıqdan sonra məlumat toplanmasını dayandırın.

Binanı qızdıran istilik nasosu üçün biz binaya vurulan istiliklə maraqlanırıq. Q_{isti} (Bu, nasos vasitəsilə binanın ətrafına isti verilməsi halının əksidir)

İstilik nasosunun isitmə rejimində işlədilməsi zamanı məhsuldarlıq əmsalı

$$k = \frac{Q_{isti}}{W}$$

(isitmə rejimində) kimi hesablanır.

6) İsti bloka verilən istilik (Q_{isti}) və Güc-zaman əyrisi altındakı sahə (W) üçün öz dəyərlərinizdən Performans əmsalını hesablamaq üçün istifadə edin, k .

Suallar:

1. Peltie qurğusu əvəzinə alüminium blokun isidilməsi üçün rezistordan və eynilə sərf olunan enerjinin qiymətindən istifadə edərək, soyutma əmsalı (k) hesablanarsa, bloka ötürülən istilik miqdarının qiyməti necə dəyişər?
2. İkitərəfli istilik nasosu vasitəsilə qurduğunuz sxemdən olduğunuz otağın havasının temperaturunu dəyişmək məqsədilə istifadə edə bilərsiniz. Bu zaman Peltie qurğusunda isti və soyuq bloklarda necə dəyişiklik müşahidə edilir? Aldığınız nəticələri izah etməyə çalışın.
3. İkili istilik nasosu üçün soyutma əmsalının $k=1$ -dən böyük olması nə səbəbə görə vacibdir? Səbəbi adi elektrik qızdırıcıları təmsalında izah etməyə çalışın.

Laboratoriya işi № 4

İSTİLİK MAŞINININ DÖVRLƏRİ

İşin məqsədi: İstilik maşınının dövrünü PV koordinatlarda çəkib, real f.i.ə.-nin təyin edilməsidir.

Ləvazimat: İstilik maşını/Qaz qanunları aparatı, enli dayaqlı mil, çəki daşları, dəşikli çəki daşları (10q,20q), asqı, isti və soyuq su üçün plastik vannalar (3 l-lik), ip, 90 sm-lik polad mil, PASPORT fırlanma hərəkəti sensoru, PASPORT dördlü temperatur sensoru, PASPORT ikili təzyiq sensoru, PASPORT interfeys, Data Studio proqram təminatı

Giriş

İstilik maşını termal enerjini isti rezervuardan alır, müəyyən iş görür və soyuq rezervuara termal enerji verir. Bu eksperimentdə istilik maşınında içində hava olan silindr vardır. Asılmış çən isti suya salındıqda həmin hava genişlənir. Genişlənmiş hava porşeni itələyir və çəki daşını qaldıraraq iş görür. Çən isti sudan çıxarılıb soyuq suya salındıqda təzyiq və həcm başlanğıc qiymətlərinə qaydır. Bununla dövr başa çatır.

Qısa nəzəriyyə

İstilik maşınının nəzəri maksimal faydalı iş əmsalı yalnız isti rezervuarın temperaturundan T_H və soyuq rezervuarın temperaturundan T_C asılıdır:

$$e = \left[1 - \frac{T_C}{T_H} \right] \times 100\%$$

Real f.i.ə isə aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$e = \frac{W}{Q_H} \times 100\%$$

burada W istilik maşınının öz ətrafı üzərində gördüyü iş, Q_H isti rezervuardan çıxan isti miqdarıdır.

Dövrün başlanğıcında hava sabit temperaturda saxlanılır və çəki daşı porşenin üstündə yerləşir. Qaz üzəridə iş görülür və isti soyuq rezervuara verilir. Temperatur dəyişmədiyindən qazın daxili enerjisi ($\Delta U = nC_V \Delta T$) də dəyişmir. Termodinamikanın birinci qanununa görə

$$\Delta U = Q - W$$

Burada Q qaza əlavə olunan isti miqdarı, W qaz tərəfindən görülən işdir.

Dövrün ikinci hissəsində qaza əlavə olunan isti miqdarı onun genişlənməsinə səbəb olur, porşeni yuxarı itələyir, çəki daşını qaldırmaqla iş görür. Bu proses sabit təzyiqdə baş verir (atmosfer təzyiqində), çünki porşen sərbəst hərəkət edə bilər. İzobarik proses üçün qaza əlavə olunan isti miqdarı $Q = nC_p \Delta T$, burada n qabdakı qazın mollarının sayı, C_p sabit təzyiqdə molyar istilik tutumu, ΔT temperatur dəyişməsidir. Qaz tərəfindən görülən iş termodinamikanın birinci qanununa görə tapılır, $W = Q - \Delta U$, burada Q qaza əlavə

olunan isti miqdarı, ΔU daxili enerjinin dəyişməsidir $\Delta U = nC_V \Delta T$, burada C_V sabit həcmdə molyar istilik tutumudur.

Hava əsasən ikiatomlu molekullardan təşkil olunduğundan $C_V = \frac{5}{2}R$ və $C_P = \frac{7}{2}R$.

Dövrün üçüncü hissəsində çəki daşı porşenin üzərindən götürülür və qaz sabit temperaturda isti qalır. Qaza istilik əlavə olunmuşdur, qaz genişlənir və iş görür. Bu izotermik prosesdə görülmə iş

$$W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$$

Burada V_i izotermik prosesin başlanğıcında qazın həcmi, V_f izotermik prosesin sonunda qazın həcmidir. İzotermik proses üçün daxili enerjinin dəyişməsi sıfır olduğundan birinci qanun göstərir ki, qaza əlavə olunan isti miqdarı qaz tərəfindən görülmə işə bərabər olur.

$$\Delta U = Q - W = 0 \quad \text{və}$$

$$W = Q$$

Dövrün sonuncu hissəsində isti miqdarı qazı tərk edir və soyuq rezervuara daxil olur, porşen başlanğıc vəziyyətinə qaydır. Bu proses izobarikdir və dövrün ikinci hissəsindəki tənliliklərlə təsvir olunur.

Qurğunun təsviri

1. Mili dayaq üzərində yerləşdir. İstilik maşınıni milə bərkət. İstilik maşını porşenlə düzləndirilməlidir və dayığa yaxın yerləşdirilməlidir (şəkil 1).
2. Fırlanma hərəkəti sensorunu dayaq milinin yuxarisına bərkət. Fırlanma hərəkəti sensorunun dairəsinin orta yivini elə istiqamətləndir ki, istilik mühərrikinin porşen platformasının mərkəzindən gələn sim dairənin üzəri ilə keçsin.
3. Sensorları GLX-ə və GLX-i kompüterə qoş.
4. Plastik vannanın birini yarıya qədər isti su (80 C) ilə doldur. Digər plastik vannanı buzlu su ilə doldur. Plastik vannalar isti və soyuq temperaturlarını dövr ərzində sabit saxlamalıdırlar.
5. Temperatur sensorlarından birini isti suya, digərini soyuq suya yerləşdir. Onları proqramın tələbinə uyğun yerləşdir.
6. Data studio proqramını qoş.

İşin gedişi

1. Addımlar arasında tərəddüd etmədən aşağıdakı dövrü yerinə yetirin. Məlumatları qeyd etməzdən əvvəl bir neçə dəfə məşq etmək olar. Soyuq sudakı çənle başlayın. Bu başlanğıc nöqtəsi A nöqtəsi adlanacaq. Porşenin aşağı tərəfini hündürlüyünü qeyd edin.



Şəkil 1. Qurğunun şəkli

Məlumatları kompüterdə qeyd etməyə başla.

A → B : 200 q kütləni platformaya qoyun.

B → C : Çəni soyuq vannadan isti vannaya köçürün.

C → D : 200 q kütləni platformadan götürün.

D → A: Çəni isti vannadan soyuq vannaya keçirin.

2. Kompüterdə dövrün qrafikini çək. Qrafikdə küncləri A B C D adlandır. Həmin nöqtələrə uyğun temperaturları müəyyənleşdir. Proseslərin istiqamətlərini oxlarla göstər.

3. Keçidlərin hansı proseslərə uyğunluğunu tap.

4. Qaza isti əlavə olunmasını göstərən iki prosesi müəyyənləşdir və adlandır.
5. İki temperatur arasında işləyən istilik mühərriki üçün maksimum f.i.ə hesablayın.
6. B-dən C-yə izobar genişlənmə və C-dən D-yə izotermik genişlənmə zamanı isti rezervuar tərəfindən qaza verilən isti miqdarını hesablayın. Sən aşağıdakıları hesablamalısan:

a) Biz ilkin həcmi, V_A -nı bilmirik, lakin biz onu bankanın həcmi ölçməklə və silindrdə havanın ilkin həcmi əlavə etməklə hesablaya bilərik. Boruların həcmi nəzərə alınır.

$$V = (\pi r^2 h)_{\text{cən}} + (Ah_0)_{\text{silindr}}$$

burada A porşenin en kəsiyinin sahəsidir.

İzobar proses üçün ideal qaz qanunundan V_D -ni hesablaya bilərik: $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_D}{T_D}$

b) İzotermik proses üçün ideal qaz qanunundan V_C -ni hesablaya bilərik:

$$P_C V_C = P_D V_D$$

c) $Q_{C \rightarrow D}$ -ni hesabla. İzotermik proses üçün

$$Q = nRT \ln \frac{V_f}{V_i} \text{ və } PV = nRT \text{-dən istifadə etsək}$$

$$Q_{C \rightarrow D} = P_D V_D \ln (V_D / V_C)$$

Yada salmaq ki, mütləq $P = (\text{ölçü } P) + (\text{atmosfer } P)$

d) $Q_{B \rightarrow C}$ -ni hesabla. İzobar proses üçün $Q = nC_p \Delta T$, $C_p = \frac{5}{2} R$, $nR = PV/T$

$$Q_{B \rightarrow C} = \frac{7}{2} \frac{P_D}{T_D} V_D (T_C - T_D)$$

e) Q_H hesabla $Q_H = Q_{B \rightarrow C} + Q_{C \rightarrow D}$

7) Əyri daxilindəki sahəni ölçməklə qazın gördüyü işi hesablayın.

8) Real f.i.ə -ni hesabla

$$e = \frac{W}{Q_H} \times 100\%$$

9. $W = mgh$ istifadə edərək 200 q kütlədə görülən faktiki işi hesablayın. Kütlənin yalnız hündürlüyündəki dəyişiklikdən istifadə etmək üçün diqqətli olun. Bu, 7-ci hissədəki qazın gördüyü işlə necə müqayisə olunur? Qaz 200 q kütləni qaldırmaqdan başqa bir iş görmü?

10. Buzlu suyun bir hissəsini isti su ilə və əksinə qarışdırın ki, iki su vannası eyni temperatura yaxın olsun. Dövrü yenidən yerinə yetirin. İndi çəki daşı nə qədər qaldırılıb? Yeni temperaturlardan istifadə etməklə nəzəri f.i.ə nə qədərdir?

Laboratoriya işi №5

YÜK MÜQAVİMƏTİ VƏ SƏMƏRƏLİLİK

Məqsəd: İstilik mühərriki rejimində işləyərkən Peltje cihazının yaratdığı güclə çıxış yükünün müqaviməti arasındakı əlaqəni araşdırmaqdır.

Ləvazimatlar: ET–8782 termoelektrik dövrə lövhəsi, məsaməli izolyator (2 ədəd), birləşdiricilər, sabit cərəyan qida mənbəyi (10V, 1A minimum), gərginlik / cərəyan sensoru, 4 girişli temperatur sensoru, interfeys, “Data Studio” proqram təminatı.

GİRİŞ

Bu təcrübədə siz istilik mühərriki rejimində işləyərkən Peltje cihazının yaratdığı güclə çıxış yükünün müqaviməti arasındakı əlaqəni araşdıracaqsınız.

Qalan hər şeyi sabit saxlamaqla (məsələn, bloklar arasındakı temperatur fərqi) yük müqavimətini dəyişdiyiniz zaman çıxış gücünü müşahidə edəcəksiniz. Blokları sabit bir temperatur fərqiində saxlamaq mümkün olmadığından, siz Peltje cihazını bir neçə eyni istilik və soyutma dövründən keçirəcəksiniz və hər dəfə müəyyən bir temperatur fərqi baş verdikdə gücü ölçəcəksiniz. Siz 0 Ω -dən 30 Ω -a qədər dəyişən yük müqavimətinin hər bir qiyməti üçün dövrü təkrarlayacaqsınız.

Başlamazdan əvvəl çıxış gücü və yük müqaviməti arasındakı əlaqə haqqında nə kəşf edəcəyinizi təxmin edin. Sözlər, rəqəmlər və qrafikdən istifadə edərək proqnozunuzu yazın. Məntiqinizi izah edin.

Ekspəriməntin icrası aşağıdakı ardıcılıqla davam etdirilir.

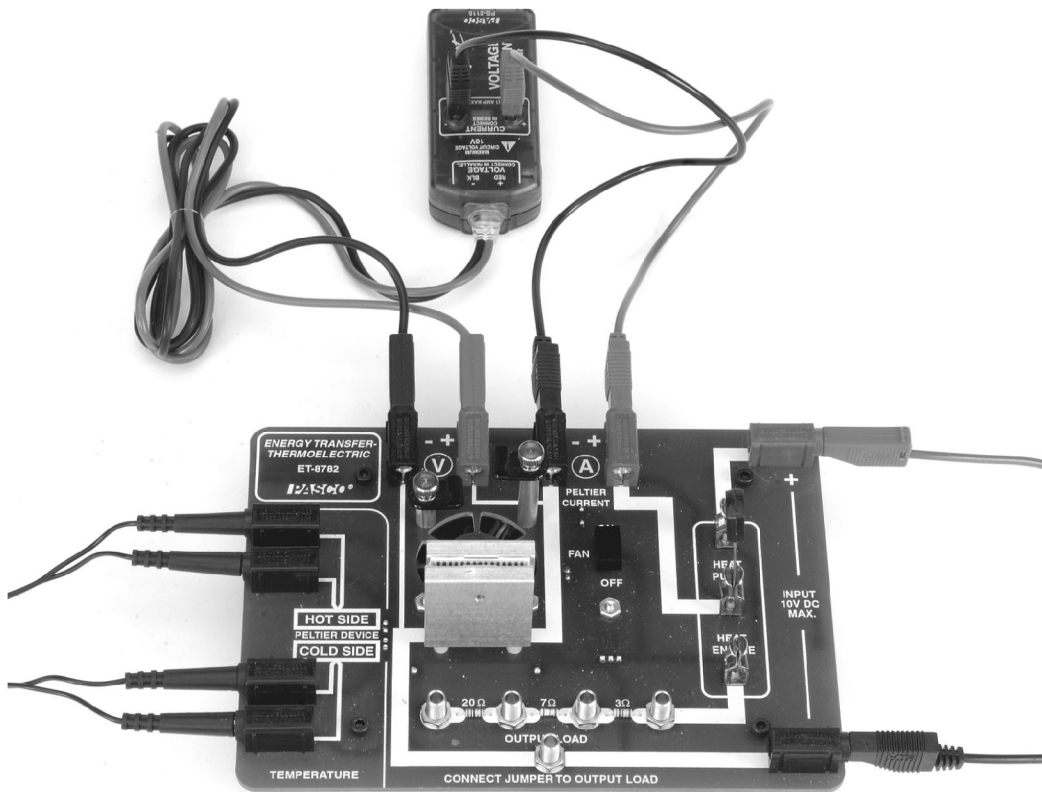
1.Güc daxil edilməsi: Lövhə üzərindəki İstilik nasosu/İstilik maşını açarı neytral vəziyyətdə (yuxarı) qoyulur. Aşağıdakı şəkildə göstərildiyi kimi qida bloku naqillər vasitəsilə lövhə üzərindəki giriş cərəyanı və gərginliyi yuvalarına birləşdirilir (Şəkil 1.). Qütblərin düzgünlüyünə əməl edin.

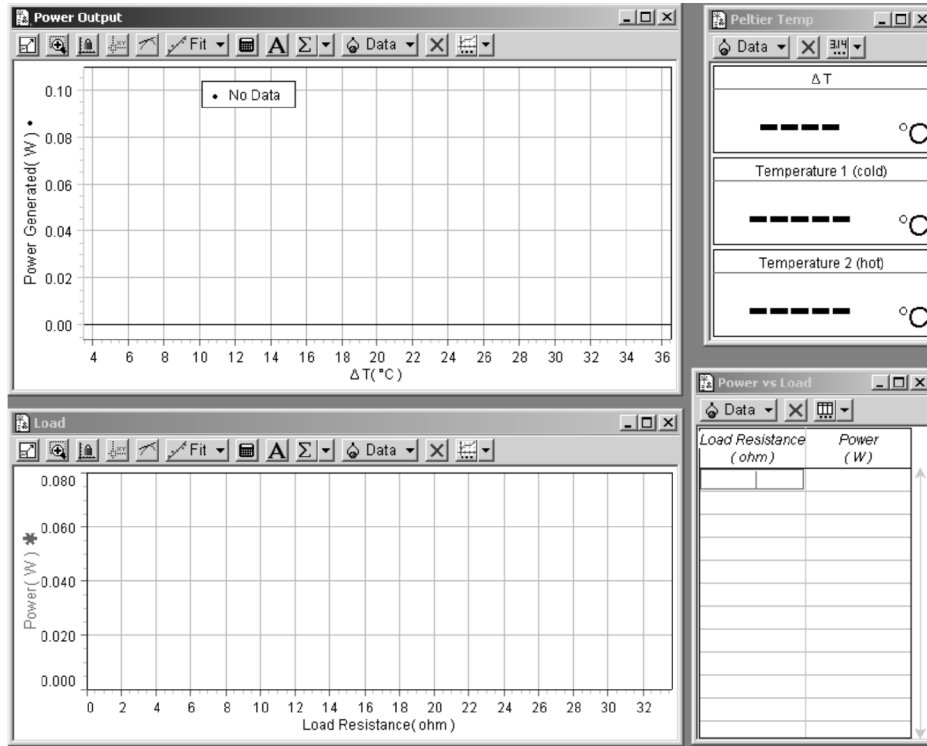
2. Temperatur: Kanal 1 soyuq tərəfə, Kanal 2 isti tərəfə qoşulmaqla temperatur sensoru temperatur yuvalarına birləşdirilir.

3. Gərginlik,cərəyan: Gərginlik/cərəyan sensorundakı gərginlik birləşdiriciləri lövhə üzərindəki gərginlik portlarına, cərəyan birləşdiriciləri isə müvafiq cərəyan portlarına birləşdirilir.

4. Compüter: Temperatur və gərginlik / cərəyan sensorları interfeys vasitəsilə kompüterə qoşulur.

“Data Studio” proqramında “Load Efficiency” faylını seçin. Display aşağıdakı kimi görünməlidir.





Data Studioda seçilmiş konfigurasianın bir neçə detalını izah edək.

Hesablamalar: Data Studio hər iki blokun (T_{hot} və T_{cold}) temperaturunu, yük rezistorundakı gərginliyi və yük rezistorundan keçən cərəyanı ölçəcək. Bu ölçmələrin köməyiylə aşağıdakı tənliklərdən istifadə edərək iki hesablama aparın; temperatur fərqi (ΔT) və çıxış gücü (P):

$$\Delta T = T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}$$

$$P = \text{cərəyan} \times \text{gərginlik}$$

Başlama və Dayandırma Şərtləri: DataStudio məlumatların nə vaxt qeydə alındığını idarə edən başlanğıc və dayandırma şərtləri ilə konfigurasia edilmişdir. *Başlama şərti* odur ki, ΔT 35 °C-dən aşağı düşməlidir. Hər dövrü başlamazdan əvvəl ($\Delta T < 35$ °C olduqda) Start düyməsini sıxacaqsınız; DataStudio canlı məlumatları göstərəcək, lakin qeyd etməyə başlamayacaq. ΔT 35 °C-dən yuxarı artana qədər məlumatların qeydə alınması başlamayacaq. Başlama şərti sizə temperatur ölçmələrini qeyd etmədən nəzərdən keçirməyə imkan verəcək. *Dayandırma şərti* ΔT 5 °C-dən aşağı düşəndə qeydin dayandırılmasına səbəb olacaq.

Data Run adının dəyişdirilməsi: DataStudio hər bir yük müqaviməti üçün ayrıca məlumat axını (qaçış) qeyd edəcək. Onları izləmək üçün siz hər bir məlumat axınının adını dəyişəcəksiniz. Avtomatik olaraq, qaçışlar Run #1, Run #2 və s. adlanır. Qaçışın adını dəyişmək üçün onu Summary pəncərəsində (ekranın sol tərəfində) tapın, seçmək üçün üzərinə bir dəfə klikləyin, sonra klikləyin. redaktə etmək üçün yenidən üzərinə vurun (iki dəfə tək klikləməyə diqqət edin, iki dəfə klikləməyin). Yeni adı daxil edin (məsələn, "7 ohm"). DataStudio soruşanda ki, siz bu axında bütün məlumatların adını dəyişmək istəyirsiniz, onda Yes seçin.

İŞİN GEDİŞİ

1. **Start** düyməsini basın. DataStudio Rəqəmlər ekranında canlı temperatur oxunuşlarını göstərəcək, lakin hələ qeyd etməyə başlamayacaq.
2. Peltiyenin hər iki tərəfinin temperaturunu müşahidə edin; hər ikisi otaq temperaturuna yaxın olmalıdır. Təcrübə zamanı siz peltiyeni bir neçə istilik və soyutma dövründən keçirəcəksiniz. Hər dövrə başlamazdan əvvəl peltiyenin hər iki tərəfinin otaq temperaturuna yaxın olduğundan əmin olmalısınız. Gələcəkdə istinad üçün otaq temperaturunu qeyd edin.
3. Enerji təchizatında gərginliyi təxminən 6 volta qoyun. Rubilnik açarı təxminən 2 saniyəyə İstilik nasosu rejiminə qoyun, sonra onu neytral vəziyyətə qaytarın. Gərginlik/cərəyan sensoru signal verirsə, o zaman cərəyan çox yüksəkdir (1 amperdən çox) və siz gərginliyi azaltmalısınız (sonrakı iş üçün açarı yenidən bağlayın).
4. Rubilniki İstilik mühərriki rejiminə qoyun və blokların soyumasına imkan verin. Hər iki tərəf otaq temperaturuna yaxın olana qədər gözləyin. (Daha tez soyumaq üçün radiatoru isti bloka bərkidin və soyutma ventilyatorunu qoşun. O, həm də hər iki blokla metal obyektin təmasda olmasına kömək edir.)
5. Çıxış yükü əlaqələndiricisini D terminalına qoşun. Bu, bütün rezistorlardan yan keçir və yük müqavimətini demək olar ki, sıfıra endirir. Qeyd edək ki, lövhədəki naqillər və birləşmə cıgırları müəyyən müqavimətə malik olduğundan müqavimət tam olaraq sıfır deyil.
6. Hər iki bloku izolyatorla örtün.
7. Rubilniki İstilik nasosu rejiminə qoyun. İki blok arasındakı temperatur fərqinə baxın (ΔT). Siz ΔT -nin $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ə çatmasını gözləyirsiniz ki, bu da təxminən bir dəqiqə çəkəcək.

8. ΔT 35 °C-ə çatdıqda, rubilniki İstilik mühərriki rejiminə dəyişdirin. Temperatur fərqi azalmağa başlayacaq. ΔT 35 °C-dən aşağı düşdükdə DataStudio avtomatik yazmağa başlayacaq. Siz məlumatların ΔT Power Generated qrafikində göründüyünü müşahidə edəcəksiniz.
9. ΔT 5 °C-dən aşağı düşdükdə məlumatların yazılması avtomatik dayandırılacaq.
10. Yük müqavimətini göstərmək üçün məlumat axınının adını dəyişdirin.
11. Start klikləyin. DataStudio temperatur məlumatlarını göstərəcək, lakin hələ qeyd etməyə başlamayacaq.
12. İzolyatorları çıxarın və blokları otaq temperaturuna yaxın sərinlətmək üçün ventilyator və radiatordan istifadə edin.
13. Yük rezistorunu 3 Ω -a dəyişdirin (birləşdiricini C terminalına qoşun).
14. İzolyatorları yerləşdirin və istilik və soyutma dövrünü təkrarlayın. (7-ci addıma qayıdın.)
15. Yük rezistorlarının aşağıdakı qiymətləri üçün dövrü yenidən təkrarlayın:
 - 7 Ω (əlaqələndiricini B-yə birləşdirin, həm də C-ni D-yə qısa qapayın.)
 - 10 Ω (əlaqələndiricini D -yə qoşun.)
 - 20 Ω (əlaqələndiricini A-ya birləşdirin, həm də B-ni D-yə qısa qapayın.)
 - 30 Ω (əlaqələndiricini A-ya birləşdirin.)
16. Bitirdiyiniz zaman, çıxış yükü müqavimətinin altı fərqli qiyməti üçün güc və temperatur məlumatlarını əldə etmiş olacaqsınız.

ANALİZLƏR

Qeydə alınmış məlumatlardan siz $\Delta T = 30$ °C-də Yük Müqavimətinə (R_L) uyğun Yaranan Gücün (Power Generated) (P) qrafikini çəkmək üçün lazım olan məlumatları çıxaracaqsınız.

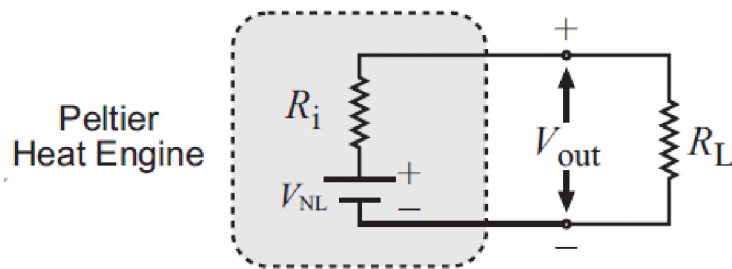
P vs ΔT qrafikində yük müqavimətinin hər bir qiyməti üçün $\Delta T = 30$ °C-də yaranan gücü oxumaq üçün smart kursordan istifadə edin. (Qrafikin miqyasını dəyişdirmək və ölçüsünü böyütmək üçün zoom seçim alətindən istifadə edin).

Güc və Yük cədvəlində qiymətləri daxil edin. Cədvələ məlumat daxil etdikdə, onlar Güc və Yük Müqaviməti qrafikində görünəcək.

1) R_L -in hansı qiymətində maksimum güc yaranır?

2) Optimal qiymətdən az və ya çox yük rezistorları üçün Peltie niyə daha az güc yaradır?

Bütün real elektrik enerjisi mənbələri (Peltier istilik mühərriki daxil olmaqla) daxili müqavimətə malikdir, R_i . Onlar aşağıda göstərilədiyi kimi rezistorla ardıcıl qoşulmuş ideal gərginlik mənbəyi kimi modeləşdirilə bilər (xarici müqavimət qoşulmuşdur)



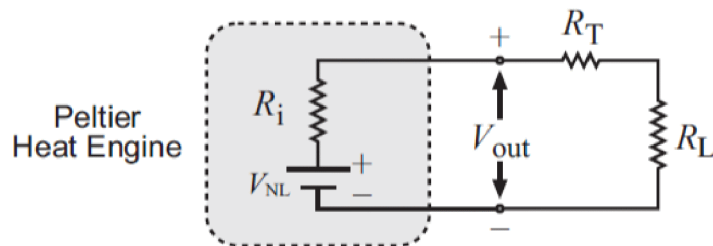
İdeal gərginlik mənbəyinin gərginliyi V_{NL} yüksüz gərginlik adlanır. Peltie istilik mühərriki üçün V_{NL} yalnız ΔT -dən asılıdır.

3) Hansı halda çıxış gərginliyi (V_{out}) V_{NL} -ə bərabərdir?

4) $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ -də V_{NL} -ni birbaşa necə ölçərdiniz?

5) V_{NL} , R_i və R_L əlaqəli çıxış gücü P üçün nəzəri tənliyi yazın. P və R_L qrafikini qurun (V_{NL} və R_i üçün ixtiyari qiymətlər seçin). Tənliyinizə və qrafiklərinizə əsasən, hansı şəraitdə P maksimumdur?

6) Bu təcrübədə məlumat nöqtələrindən biri $R_L = 0$ ilə götürüldü. Tənliyinizə görə, $R_L = 0$ olduqda yaranan nəzəri güc nə qədərdir? Təcrübənizdə belə hal olub?



Hələ nəzərdən keçirmədiyimiz başqa bir müqavimət mənbəyi var, o da dövrədəki cığırın, birləşdirici naqillərin və sensorların müqavimətidir. Gəlin buna R_T deyək. R_T -ni əlavə etsək, dövrə belə modeləşdirilə bilər:

7) R_T -ni nəzərə alaraq P üçün nəzəri tənliyi yenidən yazın.

8) Bu tənliyi eksperimental məlumatlarınıza uyğunlaşdırın. $\Delta T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də yüksüz gərginlik nədir? Peltiyenin daxili müqaviməti nədir? R_T nədir?

ƏLAVƏ TƏDQIQATLAR

1. $\Delta T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də yüksüz gərginliyin birbaşa ölçülməsini aparın.

2. R_T -nin birbaşa ölçülməsini aparın (və ya mümkün qədər çox ölçün).

3. Fərqli ΔT qiymətləri üçün təhlilinizi təkrarlasanız, nəticələrinizin necə fərqlənəcəyini təxmin edin? Proqnozunuzu sınayın

4. Güc və Yüklü Müqaviməti qrafikiniz üçün yalnız R_L və P -nin dəyişməsinə və bütün digər eksperimental parametrlərin sabit qalmasını təmin etmək üçün nə etdiniz? Bu ölçmələrin nə qədər uğurlu olduğunu qiymətləndirin. Onları necə təkmilləşdirə biləcəyinizi müzakirə edin.

5. Təhlildə biz V_{out} un $\Delta T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nin bütün qiymətləri üçün sabit olduğunu qəbul etdik. Bu fərziyyəni yoxlamaq üçün bir təcrübə aparın.

6. Hər hansı bir çıxış yükü üçün P və ΔT arasındakı əlaqəni kəmiyyətə təsvir edin.

Laboratoriya işi №6

İSTILİYİN ELEKTRİK EKVIVALENTİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: enerji ötürücü kalorimetr; əl generator; gərginlik/cərəyan sensoru; temperatur sensoru; tez cavab verən temperatur zondı; tərəzi; Pasport interfeys, Data Studio proqram təminatı

GİRİŞ

Bu eksperimentin məqsədi termal enerjiyə ekvivalent olan elektrik enerjisinin miqdarının tapılmasıdır. Bu, istilik rezistorunun işlədilməsi üçün istifadə olunan elektrik enerjisinin miqdarını və nəticədə suya əlavə olunan istilik enerjisini ölçməklə həyata keçirilir. Həmçinin bir kaloridəki Coul sayı müəyyən edilir.

Xəbərdarlıqlar: Rezistor suya batırılmamış, ona gərginlik tətbiq etməyin. Heç vaxt rezistora toxunmayın. İsti olur! 10 voltndan çox tətbiq etməyin.



NƏZƏRİ MƏLUMAT

Bərk cismə və ya mayeyə isti əlavə olunanda enerji materialların daxili enerjisinin artmasına sərf olunur və onların temperaturunu artır. İsti miqdarı ilə temperatur dəyişməsi arasında əlaqə

$$Q = mc\Delta T$$

düsturu ilə verilir. Burada Q isti miqdarı, m kütlə, c xüsusi istilik tutumu, ΔT temperatur dəyişməsidir. Bu eksperimentdə iki cismin temperaturu dəyişir: su və alüminium qab-kalorimetr. Suyun və qabın kütlələri və xüsusi istilik tutumları fərqlidir, lakin onların temperatur dəyişmələrini eyni qəbul edirik.

Bu eksperimentdə kalorimetmə-alüminium qaba isti qızan resistor vasitəsilə verilir. Elektrik generatorunun tutqacını fırlatmaqla tələbə onu üzərində iş görür və elektrik cərəyanı yaranır.

Generasiya olunmuş elektrik enerjisi resistor üzərində istiyə çevrilir, resistor isə suyun və qabın temperaturunu artırır. Tarixən bu, istiliyin elektrikle ekvivalent olduğu fikrini formalaşdırıb.

Elektrik gücü generatorun istehsal etdiyi gərginlik və cərəyan şiddətinin hasili kimi tapılır:

$$P=IV$$

burada, I rezistordan axan cərəyan şiddəti (A), V rezistorun ucları arasında potensiallar fərqi (V), P ayrılan gücdür (Vt və ya C/san).

Güc enerjinin generasiya və ya istifadə sürətinə bərabərdir.

Güc = enerji / zaman və ya Enerji = Güc · zaman

Güc sabit olmadıqda Enerji, güc zaman qrafikinin altındakı sahə kimi hesablanır.

İşdən əvvəl müəyyən suallara cavab verək.

1. Generatorun tutqacını fırladarkən gücü sabit saxlamaq mümkün deyil. Gücün sabit qalmamasının işin hesablanmasına təsiri yoxdur. Çünki, enerji əyrinin altındakı sahə kimi hesablanır.
2. Kalorimetr bir-birinin içində yerləşən iki silindrik qabdan ibarətdir, onları izolyasiya həlqəsi bir-birindən ayırır. Niyə belədir? Daxili və xarici silindrlər arasındakı hava qatı daxili qabı ətraf mühitdən izole edir.

3. Hesabatlarda yalnız qablardan biri iştirak edir. Hansı qab? Yalnız daxili silindrik qab iştirak edir. Çünki xarici qabda temperature dəyişməsi olmur.
4. Suyu, yoxsa alüminiumu 1 dərəcə qızdırmaq asandır? Alüminiumu.
5. Vt san hansı vahiddir? Coul

QURĞUNUN TƏSVİRİ

1. Data studioda "electricheat.ds" faylını aç.
2. Gərginlik/cərəyan sensorunu Pasport interfeysə tax
3. Temperatur sensorunu Pasport interfeysə tax , tez cavab verən temperatur zondunu isə temperatur sensoruna tax.

QEYD: Zondun ucu açıq tıxac dəliyindən aşağı endirilə bilər. Təcrübə zamanı probun ucunun suyun altında olmasına, lakin istilik rezistoruna toxunmamasına əmin olun.

4. Generatordan çıxan qırmızı kabeli gərginlik/cərəyan sensorunun + cərəyan terminalına birləşdirin.
5. Qızdırıcı rezistordan qırmızı kabeli gərginlik/cərəyan sensorunun - cərəyan terminalına birləşdirin.
6. Qızdırıcı rezistordan və Generatordan çıxan qara kabelləri bir-birinə qoşun.
7. Sensordan qırmızı gərginlik kabelini (-) cərəyan terminalına qoşun. Sensordan qara gərginlik kabelini qızdırıcı rezistorundan gələn qara kabele qoşun.

İŞİN GEDİŞİ

1. Masanın üzərində yerləşdirilən quru Tez cavab verən Temperatur zonu ilə otağın temperaturunu oxumaq üçün DataStudio-da START düyməsini basın. Sonra STOP düyməsini basın. İstənilən vaxt temperaturu qeyd etmədən izləmək istəyirsinizsə, <ALT> M düyməsini basın və ya Experiment menyusundan "Məlumatlara nəzarət" seçin.

2. Kalorimetrin daxili alüminium silindrin kütləsini ölçün. Yalnız daxili qab temperaturu dəyişir və təcrübənin bir hissəsidir. Xarici (böyük) stəkan yalnız dayaq funksiyasını yerinə yetirir və aralarındakı hava boşluğuna görə daxili stəkanın izolyasiyasına kömək edir.
3. Otaq temperaturundan təxminən 5°C aşağı olan bir az su hazırlayın. Daxili stəkana təxminən 50 q su əlavə edin. Alüminium stəkan və su temperatur tarazlığına gəldikdən və təcrübəyə başlamağa hazır olduqdan sonra temperaturun otaq temperaturundan təxminən 3°C aşağı olmasını istəyəcəksiniz.
4. Stəkanın kütləsini su ilə birlikdə ölçün və suyun kütləsini hesablayın.
5. Daxili stəkani daha böyük stəkanın içinə asmaq üçün boşluqdan istifadə edin. Qapağı taxın və qızdırıcı rezistorunun tıxacını yuvaya daxil edin. Temperatur zondunu tıxacın deşiyinə daxil edin, ucun suyun altında olduğundan əmin olun.
6. Suyun temperaturunu yenidən yoxlayın. Başlamazdan əvvəl su çox isti olarsa, stəkan və suyu sərinləmək üçün buz qabına qoya bilərsiniz. Yenidən xarici stəkana yerləşdirməzdən əvvəl daxili stəkandakı nəmi silin. Su çox soyuqdursa, onu qızdırmaq üçün generatordan istifadə edə bilərsiniz, amma həddindən artıq olmayın! Suyu qarışdırmaq üçün daxili stəkani ehmalca çevirin və məlumat toplamağa başlamazdan əvvəl tarazlığı gözləyin.
7. DataStudio-da qeyd etməyə başlayın
8. Tutqacı müsbət istiqamətə çevirin (generatordakı cədvələ baxın). Güc qrafikini izləyin. Gücü 10 vattından aşağı saxlayın.
9. Hər 15 saniyədən bir, suyu qarışdırmaq üçün kalorimetr stəkanını ehmalca çevirin.
10. Temperatur qrafikinə baxın və su otaq temperaturundan təxminən 3°C yuxarı olana qədər fırlatmağa davam edin. Gücü sabit saxlamağa çalışmaq lazım deyil. Qeydiyyatı dayandırmayın.
11. Fırlatmanı dayandırdıqdan sonra temperatur platoya çatana və ya azalana qədər məlumatları qeyd etməyə davam edin. Suyu qarışdırmağı unutmayın!
12. Qeydiyyatı dayandırın.



ANALİZLƏR

1. Temperaturun dəyişməsinə ΔT tapmaq üçün qrafikdə Smart Tool və onun Delta Alətindən istifadə edin. Və ya cədvəldə maksimum və minimum statistikanı seçin.
2. Suyu və alüminium stəkana əlavə olunan istilik miqdarının ümumi miqdarını, Q hesablayın. Hər biri üçün müvafiq xüsusi istilik tutumu istifadə edin. $\text{Kal/q}^\circ\text{C}$ vahidlərində xüsusi istilik tutumlarından istifadə edin ki, istilikdə kalori vahidləri olsun. ($c_{\text{su}} = 1.00 \text{ cal/q}^\circ\text{C}$ və $c_{\text{Aluminium}} = 0.215 \text{ cal/q}^\circ\text{C}$)

$$Q = Q_{\text{Water}} + Q_{\text{Cup}}$$

$$Q = mc\Delta T$$

3. Statistika menyusunda Sahə seçimini etməklə Güc və vaxt qrafiki altındakı sahəni tapın. Bu, suya və kalorimetr qabına verilən enerjidir.
4. İstiliyi (kalori ilə) verilən enerjiyə (Coul ilə) bərabər qoyun. Bir kaloriyə neçə Coulun bərabər olduğunu hesablayın. Qəbul edilmiş dəyəri axtarın və onunla cavabınız arasındakı faiz fərqi hesablayın.

SUALLAR

1. Bu təcrübədə enerji itirildi, yoxsa qazanıldı? Enerjiyə saxlanması qanunundan istifadə edərək nəticələrinizi izah edin.

2. Cavabınız qəbul edilən qiymətdən böyük və ya kiçik idi? Təcrübə bu səhvə səbəb ola bilərmi?
3. Nə üçün otaq temperaturundan 3°C aşağı başlamaq və otaq temperaturundan 3°C yuxarıda dayandırmaq lazımdır?

Laboratoriya işi №7

QAZLARIN İSTİLİK TUTUMLARI NİSBƏTİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: 1. İstilik maşını. 2. Ştativ. 3. Uzunluğu 45 sm olan polad çubuq. 4. Aşağı təzyiq çeviricisi. 5. İnterfeys -750 (rəqəmsal və analoq signal çeviricisi)
6. Kompyüter proqramı - Data Studio Software

İşin məqsədi: qazların itilik tutumları nisbətini təyinidir.

Qısa nəzəriyyə

Slindrik qab hava ilə doldurulmuşdur və aşağı təzyiq çeviricisinə birləşdirilmişdir. Qabdakı hava porşen vasitəsilə sıxılır. Porşen əl ilə idarə olunur və sərbəst rəqs etmək imkanına malikdir. Təzyiqin dəyişməsi zamanın funksiyası kimi qeyd olunur. İstilik tutumlarının nisbəti yaranan rəqslərin perioduna əsasən təyin edilir.

Porşen x qədər yerini dəyişdikdə, onu tarazlıq vəziyyətinə qaytarmağa çalışan qüvvə meydana çıxır. Bu zaman porşen sıxılmış yayın rəqsi hərəkətinə analoji rəqslər etməyə başlayır. Bu rəqsi hərəkətin periodu

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

düsturu ilə təyin olunur. k kəmiyyətinin qiymətini təyin etmək üçün, porşenin x qədər yerini dəyişməsi zamanı yaranan qüvvəni hesablamaq lazımdır. Porşen x qədər aşağı sürüşdükdə, qabın həcmi, onun ümumi həcmi ilə müqayisədə çox az kiçilir: $dV = x \cdot dS$, burada dS - porşenin en kəsiyinin sahəsidir. Porşenə təsir edən əvəzləyici qüvvə

$$F = (dP / dS)$$

düsturu ilə təyin olunur. Burada dP təzyiqin çox kiçik dəyişməsidir. dP və dV arasında münasibəti müəyyən etmək üçün, fərz edirik ki, rəqslər çox kiçik amplitudla və böyük sürətlə baş verir və qaz ətraf mühitlə istilik mübadiləsində olmur. Yəni bu proses adiabatik prosesdir və



Şək.1. Qurğunun işçi vəziyyəti

$$PV^\gamma = \text{const} \quad (2)$$

burada

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad (3)$$

molyar istilik tutumlarının nisbətidir. C_p və C_v ideal qazın, uyğun olaraq, sabit təzyiqdə və sabit həcmdə molyar istilik tutumlarıdır. İki atomlu qaz üçün: $C_v = 5/2 R$ və $C_p = 7/2 R$, onda $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 7/5$. (2) tənliyindən törəmə alsaq

$$P \cdot \gamma \cdot V^{\gamma-1} \cdot dV + V^\gamma \cdot dP = 0 \quad (4)$$

ifadəsini alırıq. Buradan dP üçün

$$dP = -\frac{P \cdot \gamma \cdot V^{\gamma-1}}{V^\gamma} dV \quad (5)$$

alırıq. Nəzərə alsaq ki, $dV = x \cdot dS$

$$dP = -\frac{\gamma \cdot P \cdot x \cdot dS}{V} \quad (6)$$

olur. (6) ifadəsini $F = (dP / dS)$ düsturunda yerinə qoysaq

$$F = -\left(\frac{\gamma \cdot P \cdot dS^2}{V}\right)x \quad (7)$$

alırıq. (7)- ifadəsinin $F = -kx$ düsturu ilə müqayisəsi göstərir ki,

$$k = \left(\frac{\gamma \cdot P \cdot dS^2}{V}\right) \quad (8)$$

(8) ifadəsini periodun düsturunda nəzərə alsaq

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot V}{\gamma \cdot P \cdot dS^2}} \quad (9)$$

alırıq. Buradan həcm üçün

$$V = \frac{\gamma \cdot dS^2 \cdot P \cdot T^2}{4\pi^2 \cdot m}$$

ifadəsini alırıq. Ümumi həcm $dS \cdot (h + h_0)$ olur, h_0 şkala üzərində sıfırdan aşağı məlum olmayan hündürlük, h qurğu üzərində olan şkalada ölçülən hündürlükdür. Həcmi bu ifadəsini nəzərə alaraq, porşenin h hündürlüyü üçün

$$h = \left(\frac{\gamma \cdot dS \cdot P}{4\pi^2 \cdot m} \right) T^2 - h_0 \quad (10)$$

yaz a bilərik. Beləliklə, porşenin h hündürlüyünün periodun kvadratından asılılıq qrafiki, meyli $meyl = \left(\frac{\gamma \cdot dS \cdot P}{4\pi^2 \cdot m} \right)$ olan və y oxu ilə h_0 nöqtəsində kəsişən düz xətt olur.

Ona görə də istilik tutumlarının nisbəti

$$\gamma = \frac{4\pi^2 m \cdot (meyl)}{dS \cdot P} \quad (11)$$

düsturu ilə təyin olunur. Burada m - porşenin kütləsi, dS - porşenin en kəsiyinin sahəsi, P - atmosfer təzyiqi və $meyl$ – hündürlüyün periodun kvadratından asılılıq düz xəttinin meylidir.

Qurğunun təsviri

1. İstilik maşınıni şəkil 1-də göstərilən vəziyyətə gətirin.
2. Aşağı təzyiq çeviricisini istilik maşınıni portlarından birinə qoşun. Qurğunun aşağı hissəsində borucuğun sıxacını açın.
3. Porşeni şkala üzərində verilmiş bölgülərə əsasən 9 sm hündürlüyə qaldırmaq və qurğunun yuxarı hissəsindəki vintin köməyi ilə bu vəziyyətdə bərkidin. Açıq portda, borucuğun sıxacını bağlayın. Vinti boşaldın və bu halda porşen 9 sm hündürlükdə qalır.
4. Aşağı təzyiq çeviricisini interfeys-750 qurğusunun kanalına qoşun.
5. "İstilik tutumlarının nisbəti" adlı kompyüter proqramını işə salın.

İşin gedişi

1. Qurğu üzərində verilən qiymətlərdən porşenin kütləsi (m) və en kəsiyinin sahəsi (dS) təyin edilir.
2. Kompüter proqramında "Başla" (**Start**) düyməsini basın.
3. Müəyyən vaxtdan sonra kompüter proqramında "Dayan" (**Stop**) düyməsini basın.
4. Kursordan istifadə edərək qrafikdən təzyiqin rəqslərinin periodunun zamandan asılılığını təyin edin. Rəqsləri göstərən qrafikin sahəsini genişləndirin. Rəqs periodunun qiymətini tapmaq üçün, bir neçə yüksəkliyə (pik) uyğun zaman müddətini piklərin sayına bölmək lazımdır. Periodun və hündürlüyün uyğun qiymətlərini kompüter proqramındakı cədvələ qeyd edin.
5. Porşeni şkala üzərində verilmiş bölgülərə əsasən 8 sm hündürlüyə gətirərək təcrübəni təkrar edin. Sonra 1 sm addımla porşeni növbəti vəziyyətlərə gətirməklə prosesi 1 sm hündürlüyə qədər təkrar edin.
6. Əgər qurğuda barometr yoxdursa, atmosfer təzyiqi $1,01 \cdot 10^5$ Pa qəbul olunur.
7. Porşenin h hündürlüyünün periodun kvadratından asılılıq qrafikinə meylindən istifadə edərək hava üçün ölçmələr aparın və ideal hal üçün qiymətlərlə müqayisə edin.

SUALLAR

1. İkiatomlu qaz üçün molyar istilik tutumları nisbətinin nəzəriyyədən alınan qiyməti nə qədərdir?
2. Biratomlu qaz üçün molyar istilik tutumları nisbətinin nəzəriyyədən alınan qiyməti nə qədərdir?
3. Helium üçün qrafikin meyl bucağı havanıniki ilə müqayisədə böyükdür yoxsa kiçikdir?
4. Havanı nə üçün ikiatomlu qaz hesab edirik? Hava əsasən hansı qazlardan ibarətdir?

Laboratoriya işi №8

BƏRK CİSİMLƏRİN İSTİLİKKEÇİRMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

- Ləvazimat:**
1. Buxar generatoru(1 dəqiqədə 10 qram buxar yaradır)
 2. Ərimiş buzdan alınan suyu toplamaq üçün qab
 3. Buxardan kondensə olunan suyu toplamaq üçün qab
 4. Yığılmış suların kütləsini təyin etmək üçün tərəzi
 5. Suyun yaxşı axması üçün Vazelin yağı

İşin məqsədi: İstilikkeçirmə qurğusu (kalorimetr) ilə tanış olmaq və tikintidə geniş istifadə olunan materialların istilikkeçirmə əmsallarının təyin edilməsidir.

Qısa nəzəriyyə

Daxili enerjinin cismin bir hissəsindən digər hissəsinə və ya bir cisimdən digər cismə iş görmədən ötürülməsinə istilik vermə deyilir. İstilik vermə əsasən üç üsulla baş verə bilər: Bunlar istilikkeçirmə, konveksiya və şüalanma üsullarıdır. Hər bir üsulun fiziki mahiyyəti müxtəlif olub və özünə məxsus qanunauyğunluqlara tabedirlər.

İstilikkeçirmə prosesində daşınan ümumi istilik miqdarı **Fürye** tənliyi ilə ifadə olunur:

$$\Delta Q = - \chi S \Delta T \Delta t / h \quad (1)$$

Burada ΔQ - daşınan ümumi istilik miqdarı, S - istiliyin daşındığı səthin sahəsidir, ΔT - istilik keçirən nümunənin istilik daşınan üzvləri arasındakı temperatur fərqi, Δt -istiliyin keçmə müddəti, h - materialın qalınlığıdır. $\Delta T / h$ - temperatur qradienti olub istiliyin daşınma istiqamətində vahid uzunluqda temperaturun dəyişməsidir. Fürye tənliyində mənfi işarəsi enerjinin (istiliyin) temperaturun azalma istiqamətində daşındığını göstərir. χ -əmsalı maddənin istilikkeçiriciliyi əmsalı olub ədədi qiymətcə, temperatur qradienti vahid olan, vahid səthdən, vahid zamanda daşınan istilik miqdarına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.

BS sistemində istilikkeçirmə əmsalının vahidi $[\chi] = \frac{C}{m \cdot K \cdot \text{san}} = \frac{V_t}{m \cdot K}$ -dir. İstilik miqdarı

kalori ilə ölçülərsə istilikkeçirmə əmsalının praktikada ölçü vahidi $[\chi] = \frac{\text{kal}}{m \cdot K \cdot \text{san}}$ - olar.

Bu vahidlər arasında əlaqə $1 \text{ kal/m.K.san} = 4,186 \text{ C/m.K.san}$ -dir

İstilikkeçirmə əmsalı, istifadə olunan materialın istiliyi yaxşı və ya pis keçirməsinin göstəricisi olub, tikintidə istifadə olunan materialların seçilməsində mühüm əhəmiyyət daşıyır. Adətən, tikintidə arakəsmə divarlarında elə materiallardan istifadə olunur ki onların istilikkeçirmə əmsalları kiçik olsun, qızdırıcı cihazların istilikkeçirmə əmsalı isə əksinə böyük olsun. χ - haqqında məlumat layihələndirici mühəndislər, tikinti sahibləri və istifadəçilər üçün də çox əhəmiyyətlidir.

(1) tənliyindən istilikkeçirmə əmsalı belə təyin olunur:

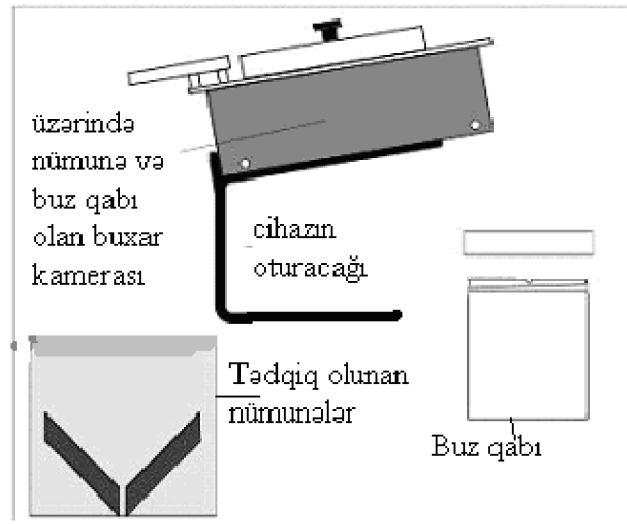
$$\chi = \Delta Q h / S \Delta T \Delta t \quad (2)$$

Bu laboratoriya işində tikintidə geniş tətbiq olunan beş materialın (şüşə, yastı daş parçası, leksan, maconit, quru taxta məmulatı) istilikkeçirmə əmsalları təyin olunur. Nümunələr nazik alumunium folqa içərisində yerləşdirilmişdir ki, onun səthləri ərimiş buz ilə ıslanmasın.

Qurğunun təsviri

İstilikkeçirmə qurğusu və ona daxil olan əsas köməkçi vasitələr şəkil 1- də təsvir olunmuşdur.

Qurğu, üzərinə nümunə və buz qabı yerləşdirilmiş buxar kamerasından ibarətdir



Şəkil-1. İstilikkeçirmə qurğusuna daxil olan hissələr.

İstilikkeçirmə qurğusunun sxematik quruluşu şəkil 2-də verilmişdir. Təcrübə qurğunun əsas hissələri: – buxar generatorundan, buxar kamerasından, kamera üzərinə nümunəni

bərkitmək üçün sıxaclardan, tədqiq olunan nümunələrdən, nümunə üzərində yerləşdirilən buz qabından, əriyən buzu toplamaq üçün qabdan və buxarın kondensasiyası nəticəsində alınan suyu toplamaq üçün qabdan ibarətdir.

Buxar kamerasının üzərinə qoyulmuş nümunənin alt səthi 100 °C temperaturda, üst səthi isə 0 °C-də (buzun ərimə temperaturunda) saxlanılır.

Buzun əriməsinə sərf olunan istilik miqdarı

$$\Delta Q = Lm \quad (3)$$

düsturu ilə ifadə olunur, burada **L**- xüsusi ərimə istiliyi olub, ərimə temperaturunda (T-0° C = 273,2K) götürülmüş 1 kq buzun tamamilə əriməsi üçün lazım olan istilik miqdarıdır. Buz üçün xüsusi ərimə istiliyini L= 80 kal/qram =335 kC/kq götürməli.

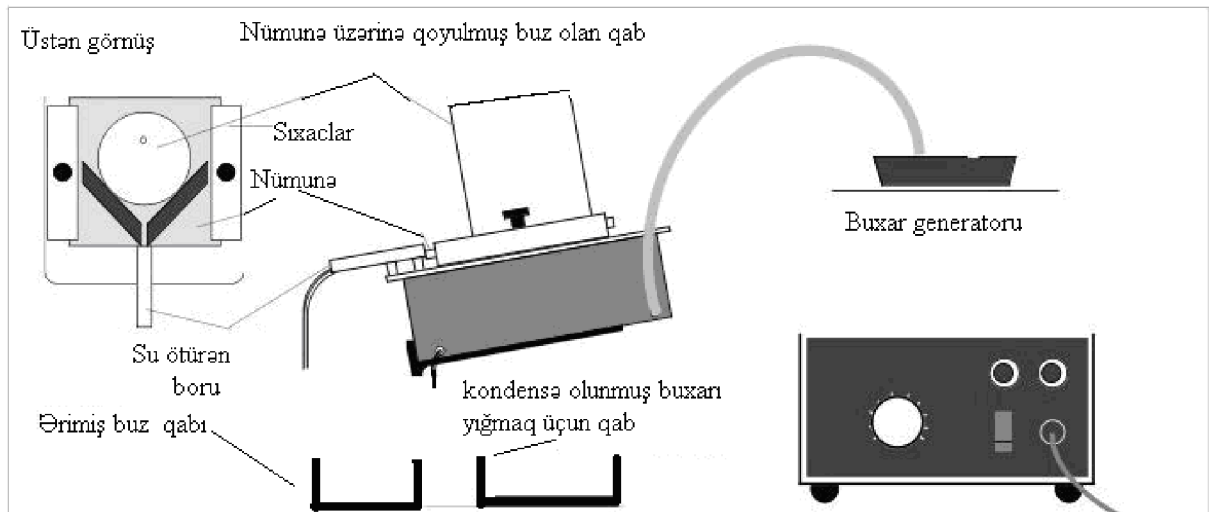
ΔQ-nin (3) ifadəsini istilikkeçirmə əmsalı üçün yazılmış (2) tənliyində nəzərə alsaq, **χ**- üçün

$$\chi = Lm h /S \Delta T \Delta t \quad (4)$$

tənliyi alınır.

İşin gedişi

1. Silindr formalı buz qabına su tökərək buz hazırlanır. Buzun yaxşı əriməsi üçün suya köpüklənməyən yuyucu toz əlavə olunur. Suyu dondurarkən qabın qapağını açıq saxlamalı.



Şəkil 2. Təcrübə qurğusu

2. Buz formasının(şablonunun)qabdan asan ayrılması üçün qabı ilıq su ilə islatmalı

3. Nümunənin **h** qalınlığını ölçməli və cədvəldə qeyd etməli

4. Tədqiq olunan nümunəni sıxaclar vasitəsi ilə Şəkil 2-də göstərildiyi kimi buxar kamerasının üzərinə bərkitməli

Qeyd:Buzu şablon qabdan məcburi çıxartmamalı.

5. Buzu qabdan çıxartmamalı, lakin elə etməli ki, buz parçası qabın içərisində sərbəst olsun.

Buz parçasının diametrini ölçüb nəticəni **d₁** kimi qeyd etməli. Qabı ağzı aşağı olmaqla şəkil 2-dəki kimi nümunə üzərinə qoymalı və buzun sərbəst eriməsini gözləməli.

6 Əriyən buzun nümunə ilə yaxşı təmasda olması üçün bir neçə dəqiqə gözləməli.(Buz əriməyə başlayan anda təcrübə qiymət götürmək olmaz,çünki bu zaman buzun üst hissəsinin temperaturu 0 °C –dən aşağı olur).

7.Buzun erimə sürətini təyin etmək üçün:

a)əriyən buzdan alınan suyu toplamaq üçün istifadə olunan qabı tərəzidə çəkməklə kütləsini təyin edib nəticəni cədvəldə qeyd etməli.

b) Təqribən **t_a= 10** dəqiqə müddətində əriyən buzdan alınan suyu yığmalı.

c) Su ilə birlikdə qabın kütləsini təyin edib, nəticəni cədvələ qeyd etməli.

d) Alınmış nəticədən boş qabın kütləsini çıxaraq ərimiş buzun **m_b**-kütləsini təyin etməli

8. Buxar genertorundan buxar kamerasına buxar buraxmalı və temperaturun stabilləşməsi və istilik axınının qərarlaşması üçün bir neçə dəqiqə gözləməli (Buxar kamerasından çıxan buxar şımağının altına buxardan kondensə olunan suyu toplamaq üçün qab yerləşdirməli).

9.Əriyən buzı toplamaq üçün istifadə olunan qabı boşaltmalı və işin gedişindəki 7 –ci bənddəki ardıcılığı buxar kamerasında buxar olduğu hal üçün təkrar etməli. İstilik axınının maksimum halı üçün əriyən buzdan alınan suyun **m_s**- kütləsini və erimə müddəti **t** –ni (təqribən5-10 dəq) təyin etməli.

10.Təcrübənin sonunda buz parçasının **d₂** - diametri ölçülür və nəticə cədvəldə qeyd olunur

Ölçmələr və labortoriya işinin hesabatı:

1. Ölçülmüş d_1 və d_2 diametrlərinə görə d –nin orta qiymətini təyin etməli

2. d -nin orta qiymətinə əsasən buzun nümunə ilə toxunan səthinin sahəsini $S = \pi d^2/4$ təyin etməli. Qəbul etməli ki yalnız **S** –səthi nümunə ilə təmasda olur.

3. Ərimiş buzdan alınmış suyun m_b kütləsini tərəzi ilə çəkib onun t_a ərimə müddətinə bölüb R_a ərimə sürətini və kameraya buxar buraxdıqdan sonra ərimiş buzdan alınan suyun m_s kütləsini tərəzidə təyin etməklə, t - müddətinə bölüb R ərimə sürətini təyin etməli. Temperatur qradienti hesabına yaranan R_a - $R=R_0$ buzun ərimə sürətini təyin etməli.

4. Nümunənin istilikkeçirmə əmsalı χ -nı, (kal /sm K san.) (5) tənliyi ilə təyin etməli

$$\chi = \frac{(R_0)(80 \text{ kal/qram})(h)}{(S)(\Delta T)} \quad (5)$$

ΔT – üçün suyun qaynama temperaturu (100 °C) ilə buzun ərimə temperaturu (0 °C) fərqi götürməli.

Təcrübi qiymətlər və hesablamanın nəticələri.

h	d_1	d_2	t_a	m_b	t	m_s	$\bar{d}$	S	R_a	R	R_0

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tədqiq olunan materialların sorğu kitablarından götürülmüş qiymətləri

Nümunənin adı	$\frac{kal}{sm.san \cdot K}$	$\frac{Vt}{m.K}$
Mazonit	$1,13 \cdot 10^{-4}$	0,047
Taxta (ağac)	$(20,6-3,3) \cdot 10^{-4}$	0,11-0,14
Leksan	$4,6 \cdot 10^{-4}$	0,19
Yastı daş (Qranit)	$10,3 \cdot 10^{-4}$	0,43
Şüşə	$(17,2-20,6) \cdot 10^{-4}$	0,72-0,86

Laboratoriya işi №9

ENTROPIYANIN ÖLÇÜLMƏSİ

İşin məqsədi: Qurğu (kalorimetr) ilə tanış olmaq və buz parçasına daxil olan entropiya miqdarının ölçülməsidir

Ləvazimat: 1. Buxar generatoru (1 dəqiqədə 10 qram buxar yaradır)

2. Ərimiş buzdan alınan suyu toplamaq üçün qab

3. Buxardan kondensə olunan suyu toplamaq üçün qab

4. Yığılmış suların kütləsini təyin etmək üçün tərəzi

5. Suyun yaxşı axması üçün Vazelin yağı

Qısa nəzəriyyə

Bu vəsaitin arxa hissəsində entropiya haqqında orijinal nəzəri məlumat verilmişdir.

Buz qabında müəyyən formalı buz parçasını bərkidirik. Buxar kamerasını işə salaraq buz parçasını qızdırırıq, buz parçasına entropiya ötürməyə başlayırıq. Sonlu zamanda buz parçasına daxil olan entropiya miqdarını ölçmək lazımdır. Buxar kamerasından buzun bərkidildiyi materialdan keçməklə müəyyən miqdar entropiya buz parçasına daxil olur. Nəticə olaraq buz parçasının bir hissəsi əriyir. Ərimiş buzun kütləsi buz parçasına daxil olmuş entropiyanın ölçüsüdür.

Ədəbiyyatdan məlumdur ki, 1 q su 1 q buzdan 1,22 C/K qədər artıq entropiya daşıyır. Deməli, buxar kamerasındakı su buxarının təsiri ilə qızma nəticəsində hər 1 q suya 1,22 C/K qədər entropiya əlavə olunmuşdur. Bu, buxar kamerasını tərk edən entropiya miqdarına bərabər olmaya bilər. Ərimiş buzdan alınmış su kütləsini qramla ölçərək və alınan ədədi 1,22 C/K entropiya miqdarına vurmaqla buz parçasına əlavə olunmuş entropiya miqdarını tapa bilərik. Məsələn, ərimiş buzun (suyun) kütləsi 18 q (1 mol) isə buz parçasına daxil olmuş entropiya miqdarı $18 \times 1,22 \text{ C/K} = 22 \text{ C/K}$ olacaqdır. Bu, yuxarıdakı qrafikdə buzun ərimə xəttinin uzunluğuna (entropiya vahidləri ilə) bərabərdir. Buxar kamerasının üzərində bərkidilmiş buz parçası 100 °C temperaturu buxarın təsiri ilə əriməyə başlayır. Buzun əriməsinə sərf olunan istilik miqdarı

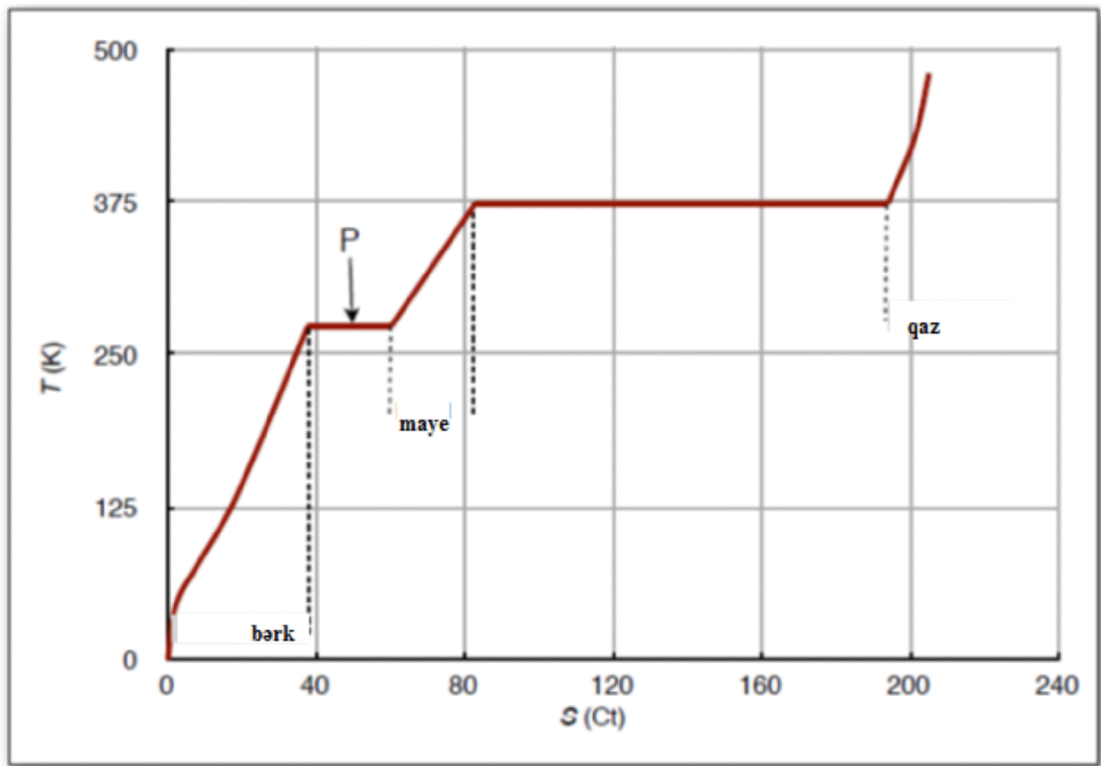
$$\Delta Q = Lm \quad (1)$$

düsturu ilə ifadə olunur, burada L- xüsusi ərimə istiliyi olub, ərimə temperaturunda ($T = 0^\circ\text{C} = 273,2\text{K}$) götürülmüş 1 kq buzun tamamilə əriməsi üçün lazım olan istilik miqdarıdır.

Buz üçün xüsusi ərimə istiliyini $L = 80 \text{ kal/qram} = 335 \text{ kC/kq}$ götürməliyik.

18q (1mol) suyun əldə edilməsi üçün $\Delta Q = 335 \times 0,018 = 6030 \text{ C}$ ərimə istiliyi sərf edilir.

Bu istilik $T = 273 \text{ K}$ -də verilir. Onda $\Delta S = \Delta Q/T = 22,1 \text{ C/K}$ alınır. Bu hesabatdan, qrafikdən, eksperimentdən alınan qiymətlər bir-birinə bərabər olmalıdır. Aşağıdakı şəkildə (şəkil 1) 1 mol su üçün T-S asılılığı verilmişdir.



Şəkil 1. 1 mol su üçün T-S asılılığı

Temperaturu 25°C olan 1 sm³ həcmli su 4 entropiya vahidi (C/K) saxlayır. Su kütləsinin həcmi $V=m/\rho$ düsturu ilə taparaq verilmiş kütlədəki tam entropiya miqdarını 25°C üçün hesablamaq olar. Aşağıdakı cədvəldə (Cədvəl 2) xarakterik hallar və proseslər üçün entropiya miqdarı verilmişdir. Cədvəl entropiya haqqında aydın təsəvvür yaratmaq imkanı verir.

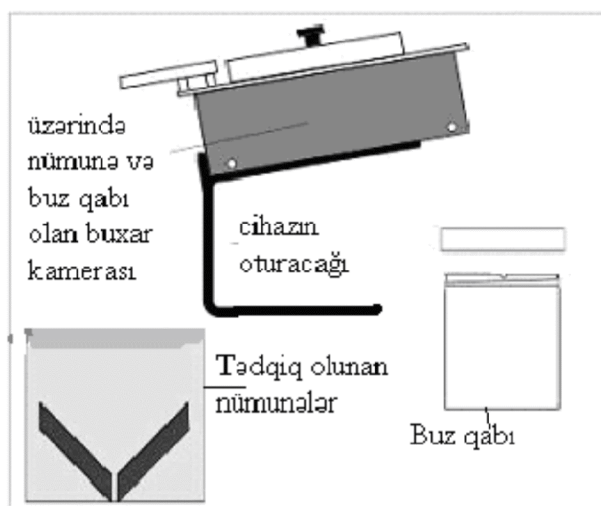
Cədvəl 2.

Proses və ya hal	Entropiya (C/K)
1 sm ³ buzu əritmək üçün lazım olan istilik	1
1 sm ³ suyu otaq temperaturundan qaynamaya qədər qızdırmaq üçün lazım olan istilik	1
1 sm ³ suyu buxarlandırmaq üçün lazım olan istilik	6
Normal temperatur və təzyiqdə 1l qazdakı istilik miqdarı	10
Suyu 1 dəq qızdıran zaman yaranan istilik	10 ²
Sürətlə hərəkət edən maşın dağıldıqda yaranan istilik	10 ³
Qışda standart evdə 1 saatda sərf olunan istilik	10 ⁵

Qurğunun təsviri

Qurğu və ona daxil olan əsas köməkçi vasitələr şəkl. 2- də təsvir olunmuşdur.

Qurğu, üzərinə nümunə və buz qabı yerləşdirilmiş buxar kamerasından ibarətdir



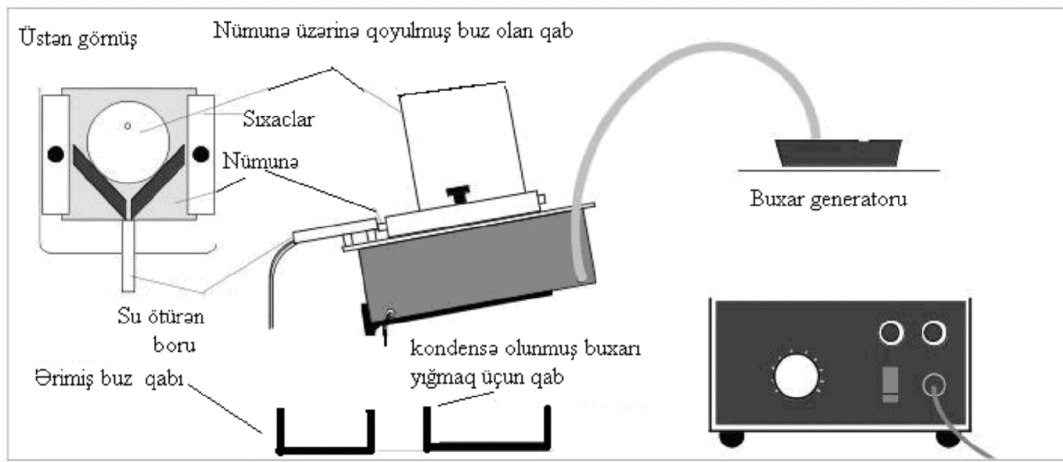
Şek. 2. Qurğuya daxil olan hissələr.

Qurğunun sxematik quruluşu şəkil 3-də verilmişdir. Təcrübə qurğunun əsas hissələri: – buxar generatorundan, buxar kamerasından, kamera üzərinə nümunəni bərkitmək üçün

sıxaclardan, nümünə üzərində yerləşdirilən buz qabından, əriyən buzu toplamaq üçün qabdan və buxarın kondensasiyası nəticəsində alınan suyu toplamaq üçün qabdan ibarətdir.

İşin gedişi

1. Silindr formalı buz qabına su tökərək buz hazırlanır. Buzun yaxşı əriməsi üçün suya köpüklənməyən yuyucu toz əlavə olunur. Suyu dondurarkən qabın qapağını açıq saxlayın.



Şək. 3. Qurğunun sxematik quruluşu

2. Buz formasının (şablonunun) qabdan asan ayrılması üçün qabı ilıq su ilə isladın.

3. Buz parçasını sıxaclar vasitəsi ilə Şəkil 2-də göstərildiyi kimi buxar kamerasının üzərinə bərkidin.

Qeyd: Buzu şablon qabdan məcburi çıxartmamalı.

4. Buzu qabdan çıxarmayın, lakin elə edin ki, buz parçası qabın içərisində sərbəst olsun.

5. Buxar genertorundan buxar kamerasına buxar buraxın və temperaturun stabilləşməsi və istilik axınının qərarlaşması üçün bir neçə dəqiqə gözləyin. (Buxar kamerasından çıxan buxar şımağının altına buxardan kondensə olunan suyu toplamaq üçün qab yerləşdirin).

Buzun sərbəst əriməsini gözləyin.

- a) əriyən buzdan alınan suyu toplamaq üçün istifadə olunan qabı tərəzidə çəkməklə kütləsini təyin edib nəticəni cədvəldə qeyd edin.
- b) 3 dəfə 5 dəqiqə müddətində əriyən buzdan alınan suyu yığın.
- c) hər dəfə su ilə birlikdə qabın kütləsini təyin edib, nəticəni cədvələ qeyd edin.
- d) hər dəfə alınmış nəticədən boş qabın kütləsini çıxaraq ərimiş buzun kütləsini təyin edin.

LABORATORİYA İŞLƏRİNƏ AİD QISA NƏZƏRİ MƏLUMATLAR

Laboratoriya işi 1

“Cismin daxili enerjisi onu təşkil edən hissəciklərin hərəkət və qarşılıqlı təsir enerjisidir. Real qazlarda daxili enerji həm temperaturdan, həm də həcmdən asılı olduğu halda verilmiş kütləli ideal qazın daxili enerjisi yalnız temperaturdan asılıdır. Biratomlu ideal qazın daxili enerjisi

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} \nu RT$$

İstilikvermə prosesi zamanı cismə verilən və ya ondan alınan daxili enerjinin miqdarına istilik miqdarı deyilir. Cismin daxili enerjisini iş görməklə və istilik mübadiləsi ilə dəyişmək olar. İndi sistemin daxili enerjisi, sistemə verilən istilik miqdarı və iş arasındakı əlaqəni özündə əks etdirən qanunu müəyyən edək. Bu qanun istilik proseslərində enerjinin saxlanması qanununu daha geniş mənada ifadə edir. Enerjinin saxlanması qanununa uyğun olaraq, sistem bu haldan başqa hala keçərkən onun daxili enerjisinin dəyişməsi (ΔU), onun aldığı istilik miqdarı (ΔQ) ilə, sistemin xarici qüvvələrə qarşı gördüyü işin fərqinə bərabərdir.

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta A'$$

Sistemə verilən istilik miqdarı sonsuz kiçikdirsə (dQ) və sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi də sonsuz kiçik olarsa, onda sistemi gördüyü iş dA -da sonsuz kiçik olar. Onda (2) ifadəsi

$$dU = dQ - dA'$$

şəklində yazıla bilər.

Məlumdur ki, sistemin daxili enerjisi onun halının birqiymətli funksiyasıdır və sistemdə gedən müəyyən prosesdən sonra başlanğıc vəziyyətə qayıtdıqda onun daxili enerjinin dəyişməsi (dU) sıfıra bərabərdir və bu səbəbdən daxili enerjinin dəyişməsi tam differensialdır. Qapalı istilik proseslərində görülən iş isə bütün hallarda sıfıra bərabər deyil. Bu mənada görülən iş, tam differensial deyildir. Onda (2)-dən alınır ki, istilik mübadiləsində alınan və ya verilən istilik miqdarı da tam differensial deyildir. Onda termodinamikanın I qanununu daha dəqiq

$$\delta Q = dU + \delta A'$$

kimi yazıla bilər.

Termodinamikanın birinci qanunundan aşağıdakı nəticə alınır: elə bir periodik işləyən mühərrik yaratmaq mümkün deyil ki, o xaricdən istilik miqdarı almadan iş görə bilsin. Əgər bu mümkün olsa idi, birinci növ daimi mühərrik yaratmaq mümkün olardı.” [4

]

Laboratoriya işi 2

Termodinamik proses zamanı sistem bir sıra hallardan keçərək yenidən başlanğıc halına qayıdırsa, onda belə prosesə *dairəvi proses* deyilir.

pV diaqramında dairəvi proses *qapalı əyri xətt* şəklində göstərilir.

Dairəvi prosesdə sistemin *gördüyü iş* ədədi qiymətcə qapalı əyrinin əhatə etdiyi fiqurun sahəsinə bərabərdir.

İki cür dairəvi prosesi bir-birindən fərqləndirirlər: düzünə və tərsinə dairəvi proses.

- əgər dairəvi prosesdə işçi cisim ona verilən istilik hesabına müsbət iş görərsə $(A = \oint pdV > 0)$ belə proses düzünə proses adlanır.

- Əgər dairəvi proses zamanı görülən iş mənfi olarsa $(A = \oint pdV < 0)$, belə prosesə *tərsinə proses* deyilir.

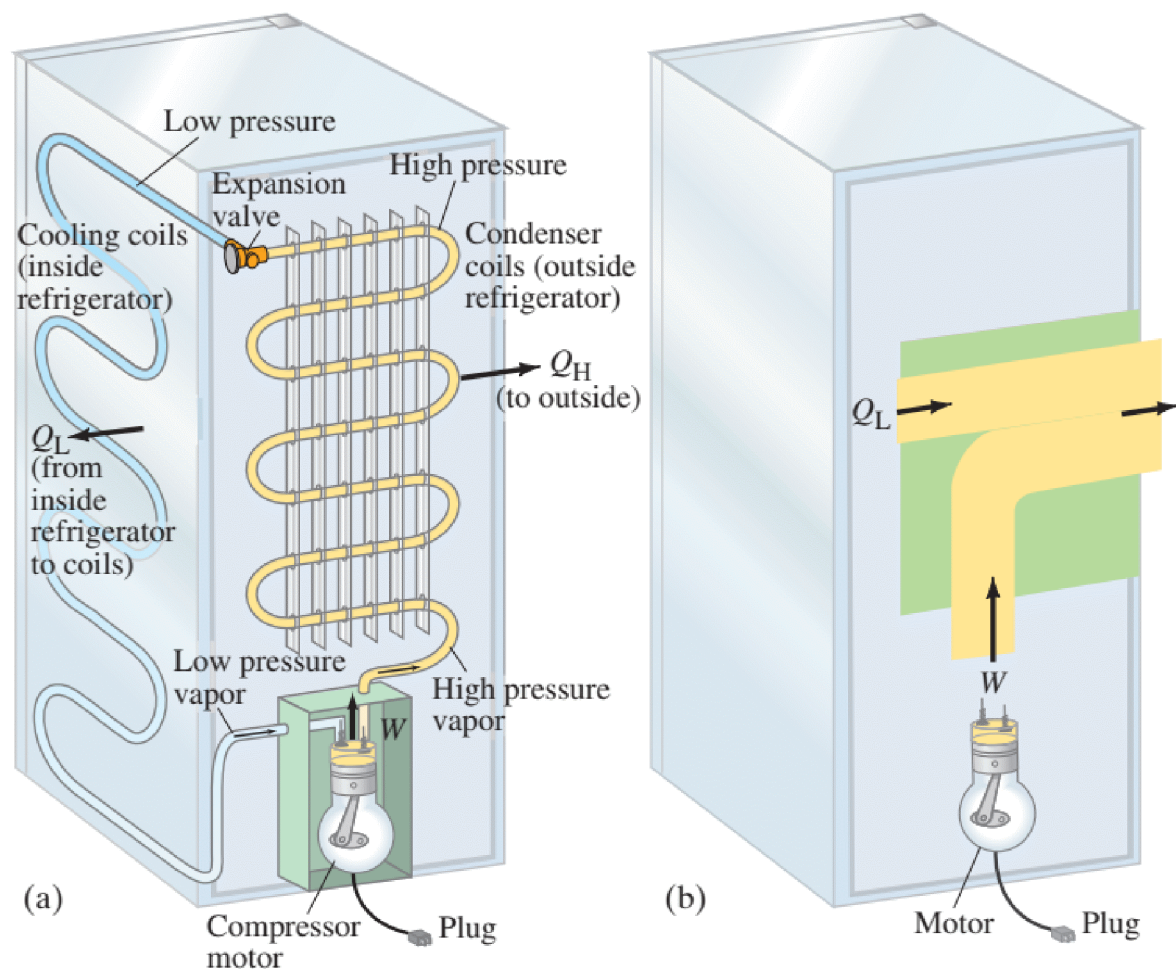
Tərsinə prosesdə işçi cisim üzərində iş görülür və ondan bu işə ekvivalent miqdarda istilik ayrılır.

- İstilik mühərriklərində işçi cisim düzünə, soyuducu qurğularda isə tərsinə dairəvi proses icra edir.

Tipik soyuducu system belə işləyir. Soyuducunun arxa tərəfində aşağıda elektrik mühərriki yerləşir. O, kompressor kimi işləyir. Daxil olan aşağı təzyiqli qazı sıxır. Soyuducunun xarici divarında yerləşdirilən borular condenser rolunu oynayır, qazı həm qovur, həm də sıxır. Sonda qaz soyuyur və mayeyə çevrilir.

Maye yüksək təzyiq bölgəsindən soyuducunun daxili divarlarındakı borulara keçir. Bu klapın vasitəsilə baş verir. Bu borularda aşağı təzyiq vardır; maye bu aşağı təzyiqdə buxarlanır. Buxara çevrilmək üçün soyuducunun içindən istiliyi alır. Sonra aşağı təzyiqli qaz kompressora qayıdır, burada dövr yenidən başlayır.

Sxematik diaqram şəklində verilmişdir.



Laboratoriya işi 3

“İstilik nasosu” bir cihazdır ki, bu cihaz istiliyi daha soyuq bir rezervuardan daha isti bir rezervuara köçürür, bu prosesdə mexaniki enerji sərf edir. Bu cihazın əsas məqsədi daha isti rezervuarı istiləşdirməkdir.

Bir istilik nasosu (TN) cihazı ilə tanış olaq ki, orta temperaturda aşağı temperaturdan istilik çıxarır və onu istilik sisteminə və qızdırılan suya ötürür. Vahid aşağıdakıları ehtiva edir:

1. Aşağı bir dondurma nöqtəsi olan bir maye ilə doldurulmuş və aşağı dərəcə istilik suyunun (yeraltı su və ya su anbarı), torpaq və ya havanın alınmasını təmin edən nasoslu boru kəmərləri;
2. Buxarlayıcı;
3. Mexaniki dayanan kompressor;
4. Kondensator;
5. Kran qutusu;
6. İstilik akkumulyatoru;
7. İstilik sistemi.

Bununla belə, istilik nasosları təkcə istilik və isti su təchizatı üçün deyil, həm də integrasiya olunmuş sistemdə istifadə edilə bilər - evdə ventilyasiya istiliyinin bərpası üçün.

Bir neçə istilik nasosu nümunəsi BEKO tərəfindən təqdim edilir. Məsələn, Qurutma maşınları (Heat Pump, 8 kq) Energy Efficiency Class. Bu cihazlar yüksək səmərəlilik, yüksək davamlılıq, da az səs təmin edir.

İstilik nasosu necə işləyir

Zərərləri sürətlə azaldılan yanacaq və enerji ehtiyatlarından səmərəli istifadəsi təkcə insan sivilizasiyasının inkişafı üçün deyil, həm də habelə yaşayış mühitinin qorunması üçün böyük əhəmiyyətə malikdir.

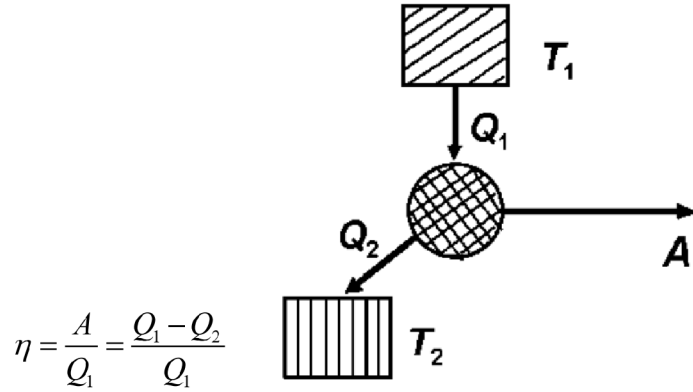
Yüksələn enerji qiymətləri və onların çatdırılmasının yüksək xərcləri istehlakçıları qənaət etməyi düşünən elektrik və istilik qiymətlərinin sürətli artmasına səbəb olur.

Fiziologiya məktəbi kursundan istilik köçürülməsi qızdırılan bədənərdən və daha çox SOLDdan gəlir, lakin heç bir şəkildə deyil. Həyatımızın təcrübəsi əks prosesləri bilmir, elm bunu əsaslandırır. Bununla belə, texniki fəndlər istiliyi əks istiqamətdə - daha az qızdırılan bədənərdən daha isti bir vəziyyətə ötürməyə imkan vermişdir. Müasir bir şəxs üçün, soyuducunun istiliyi, mənfi ola biləcəyi istilik, ətraf mühitə axıdıldıqda soyuducunun istismarında təəccüblü bir şey yoxdur. Bu istilik, məsələn, otaq istiliyində istifadə edilərsə və soyuducu kameranın etibarlı, daimi isti bir təbii qaynaq ilə əvəz olunduğu bir istilik pompası olacaqdır.

Laboratoriya 4

Düzünə dairəvi prosesi nəzərdən keçirərkən gördük ki, bu prosesdən istilik maşını kimi istifadə oluna bilər. Yəni, qızdırıcıdan alınan Q_1 istilik miqdarı hesabına işçi maddə A işini görür və istiliyin Q_2 hissəsi soyuducuya verilir (şəkil 1).

İstilik maşınının f.i.ə



ifadəsilə təyin olunduğundan aydındır ki, $\eta \rightarrow 1$ olduqda istilik maşını daha mənfəətli olur. $\eta = 1$ olan istilik maşını soyuducunun olmasını tələb etmir. Belə istilik maşınına II növ perpetium mobile və ya II növ daimi mühərrik deyirlər.

Klauzius və Tomson göstərmişlər ki: yeganə nəticəsi, mənbədən alınan istilik miqdarı hesabına iş görməkdən ibarət proses mümkün deyil.

Klauzius bu tərifə bir qədər başqa cür də ifadə etmişdi: Ətraf mühitdə dəyişiklik etmədən istiliyi soyuq cisimdən alıb, isti cismə vermək mümkün deyil.

Bu mülahizə termodinamikanın II qanunu adlanır.[4]

Laboratoriya 5

- Elektrik yükü zərəciklər arasında fundamental qarşılıqlı təsirlərdən birinin əsasıdır. Yük müsbət və mənfi olur. Eyni yüklər bir-birini itələyir, əks adlı yüklər bir-birini cəzb edir.
- Naqillər elə materiallardır ki, yük onun içərisində hərəkət edə bilər; izolyatorlarda yük sərbəst hərəkət edə bilmir.
- İxtiyari izole edilmiş sistemdə tam elektrik yükü saxlanılır. İstənilən yük elektronun yükünün tam misillərinə bərabərdir. Elektronun yükü fundamental yük vahididir.
- Kulon qanunu yüklərin qarşılıqlı təsir qüvvəsinin yüklərdən və onların arasındakı məsafədən necə asılı olduğunu göstərir. Verilmiş yükə digər iki və ya daha çox yük tərəfindən təsir edən yekun qüvvə individual qüvvələrin vector cəminə bərabərdir.
- Elektrik sahə intensivliyi vector kəmiyyətdir, fəzanın verilməmiş nöqtəsində vahid yükə təsir edən qüvvəni göstərir. İxtiyari nöqtədə yüklər toplusunun yaratdığı yekun sahə intensivliyi individual yüklərin yaradılan sahə intensivliklərinin vector cəminə bərabərdir.
- Elektrik sahə xətləri sahəni qrafik təsvir etməyə imkan verir.
- Elektrik dipolu fəzada bir-birindən ayrılmış modulca eyni işarəyə əks iki yükə ibarətdir.
- Hər hansı səthdən keçən elektrik intensivliyinin seli səthin sahəsi və intensivlik vektorunun səthə perpendikulyar toplananın hasilinə bərabərdir.
- Gauss teoremində deyilir elektrik intensivliyinin ixtiyari qapalı səthdən keçən seli səthin içərisində qalan tam elektrik yükünə mütənasibdir. Bu qanun müxtəlif simmetrik paylanmış yüklər tərəfindən yaradılmış sahələrin hesablanması üçün faydalıdır.
- Elektrostatik sahədə hərəkət edən yükə təsir edən qüvvə konservativdir və potensial enerjilərlə əlaqədardır.
- Elektrik potensialı skalyar kəmiyyətdir. Yükün elektrik sahəsi ilə qarşılıqlı təsirində vahid yükə düşən potensial enerjidir. O, adətən sadəcə potensial adlanır.
- Elektrik sahəsinin hər hansı nöqtəsindəki potensial sahəni yaradan yüklər vasitəsilə və ya birbaşa sahənin özü vasitəsilə tapıla bilər.
- Hər bir nöqtəsində eyni potensiala malik olan səth ekvipotensial səth adlanır.
- Əgər potensial fəzanın hər hansı bölgəsində koordinatların funksiyası kimi məlumdursa, həmin bölgənin hər bir nöqtəsində elektrik sahə intensivliyi təyin edilə bilər.
- Kondensator bir-birindən vakuum və ya dielektriklə ayrılmış iki keçirici lövhədən ibarətdir. Keçirici lövhələrdə modulca eyni, işarəyə əks yüklər yerləşdirilsə, həmin yük

potensiallar fərqinə mütənasib olur. Mütənasiblik əmsalı tutum adlanır. Tutum keçirici lövhələrin ölçüsündən, formasından və aralarındakı məsafədən və lövhələri ayıran materialdan asılıdır.

- Ardıcıl və ya paralel birləşdirilmiş kondensatorların təbiəti ekvivalent tutum vasitəsilə təsvir edilə bilər.
- Yüklənmiş kondensatorun enerjisi yüklər tərəfindən yaradılmış elektrik sahəsindən asılıdır və enerji sıxlığı vasitəsilə ifadə oluna bilər.
- Kondensatorun lövhələri arasında yerləşdirilmiş dielektrikin təsiri onun içində yüklərin yenidən paylanması, dielektrikin polyarlaşması əsasında başa düşülə bilər.
- Qauss qanunu keçirici lövhənin üzərində yerləşmiş yüklər və dielektrikin içərisindəki polyarlaşma yükləri vasitəsilə yenidən yazıla bilər.
- Elektrik cərəyanı elektrik yüklərinin bir yerdən başqa yerə axma yeyinliyini xarakterizə edir. Naqildə cərəyan yüklü zərrəciklərin dreyf sürətindən onların konsentrasiyasından və yükündən asılıdır. Cərəyan sıxlığı vahid sahəyə düşən cərəyandır.
- Om qanununun ödənilmədiyi materiallarda elektrik sahə intensivliyinin cərəyan sıxlığına olan nisbəti sabitdir. O, xüsusi müqavimət adlanır və temperaturdan asılıdır. Om qanunun ödənilmədiyi xüsusi cihazlar üçün potensiallar fərqinin cərəyana nisbəti sabitdir, müqavimət adlanır və temperaturdan asılıdır.
- Sabit cərəyan axan tam dövrdə elektrik hərəkət qüvvəsi mənbəyi, batareya və ya generator olmalıdır. EQ dövrəyə enerji verir və onun içində yüklər aşağı potensiallı yerdən yuxarı potensiallı yerə hərəkət edirlər. Qapalı dövrdə EQ ilə potensiallar fərqinin cəmi sıfıra bərabər olmalıdır.
- İxtiyari cihazda ayrılan güc cərəyan şiddəti ilə qütblər arasındakı potensiallar fərqinin (terminal potensial) hasilinə bərabərdir.
- Kirxhof qaydaları budaqlanan dövrləri analiz etmək üçün ümumi metoddur. Cərəyan qaydası(düyünlər qaydası)na görə düyüdə cərəyanların cəbri cəmi sıfıra bərabərdir. Gərginliklər qaydasına görə ixtiyari qapalı dövrə hissəsi üçün potensial fərqlərinin cəbri cəmi sıfıra bərabərdir.” [4]

Laboratoriya 7

1. Cismi təşkil edən hissəciklərin hər cür hərəkətinin kinetik enerjiləri ilə bu hissəciklərin hər cür qarşılıqlı təsirinin potensial enerjilərinin cəminə cismin **daxili enerjisi** deyilir. Daxili enerji temperatur (T) və həcm (V) kimi iki termodinamik parametrdən asılıdır.

Təkcə Kelvinlə ölçülən temperaturdan asılı olan verilmiş kütləli ideal qazın daxili enerjisi (1) düsturu ilə hesablanır.

$$U = \frac{i}{2} \nu RT = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{i}{2} pV \quad (1)$$

• daxili enerjini iki üsulla dəyişmək mümkündür: **işgörmə** və **istilik mübadiləsi** yolu ilə.

2. Cismin temperaturunu dT qədər dəyişmək üçün tələb olunan istilik miqdarı:

$$dQ = cm dT \quad (2)$$

3. Termodinamikada sabit təzyiqdə qazın həcmnin dV qədər dəyişməsi zamanı görülən elementar iş:

$$dA = p dV \quad (3)$$

• izobarik prosesdə həcmnin sonlu dəyişməsi zamanı görülən iş:

$$A = p(V_2 - V_1) = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1) \quad (4)$$

• izotermik genişlənmə zamanı görülən iş:

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_2}{p_1} = pV_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (5)$$

4. **İstilik balansı tənliyi**: İstilik baxımından izole edilmiş, yeni qapalı sistemin cisimlərinin qəbul etdikləri istilik enerjilərinin toplamı sıfıra bərabərdir:

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0 \quad (6)$$

5. Termodinamikanın I qanunu: Termodinamik sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi sistemin qəbul etdiyi isti miqdarı ilə görülmə işin cəminə bərabərdir

$$\delta Q = dU + \delta A \quad (7)$$

6. Xüsusi istilik tutumu vahid kütləli maddənin, molyar istilik tutumu isə bir mol maddənin temperaturunu bir dərəcə dəyişdirmək üçün lazım olan isti miqdarıdır

$$c = \frac{dQ}{m dT} \text{ -xüsusi istilik tutumu; } C_m = \frac{dQ}{\nu dT} \text{ -molyar istilik tutumudur.}$$

➤ Cismın istilik tutumu onun qızdırılma şəraitindən də asılıdır.

Qızdırılma prosesi termodinamik parametrlərin (həcm və təzyiq) sabit qiymətində aparıla bilər.

- Qazın sabit həcmdə xüsusi istilik tutumu (c_v):

$$c_v = \left(\frac{dQ}{m \cdot dT} \right)_{V=\text{const}} = \frac{i}{2} \frac{R}{M} \quad (8)$$

- Qazın sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu (c_p):

$$c_p = \left(\frac{dQ}{m \cdot dT} \right)_{p=\text{const}} = \frac{i+2}{2} \frac{R}{M} \quad (9)$$

düsturları ilə təyin edilir.

- $C_M = M \cdot c$ olduğundan onun sabit həcmdə və sabit təzyiqdə **molyar istilik tutumları** uyğun olaraq

$$C_{MV} = M c_v = \frac{i}{2} R \quad (10)$$

$$C_{MP} = M c_p = \frac{i+2}{2} R \quad (11)$$

kimi olacaqdır.

7. Mayer düsturu:

$$C_{MP} - C_{MV} = R \Rightarrow C_{MP} = C_{MV} + R \quad (12)$$

Termodinamik parametrlərin (həcm və təzyiq) sabit qiymətlərindəki molyar istilik tutumları bir-birindən R qədər fərqlənir

- termodinamik parametrlərin (həcm və təzyiq) sabit qiymətlərindəki molyar istilik tutumlarının nisbəti adiabat göstəricisi adlanır.

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{2} \quad (13)$$

8. Adiabatik prosesdə ətraf mühitlə sistem isti mübadiləsində olmurlar.

Adiabatik prosesdə termodinamik sistemin daxili enerjisinin dəyişməsi ya sistemin gördüyü, yaxud sistem üzərində görülən iş hesabına baş verir:

$$\Delta U = -A$$

- **Adiabatik prosesin hal tənliyi – Puasson tənliyi:**

$$pV^\gamma = const \Rightarrow TV^{\gamma-1} = const \Rightarrow T^\gamma V^{1-\gamma} = const$$

Laboratoriya 8

1. *Köçürmə hadisələri*. Tarazlıqda olmayan sistemlərdə baş verən dönməyən proseslərə *köçürmə hadisələri* deyilir. Köçürmə hadisələrinə misal olaraq *diffuziya*, *istilikkeçirmə* və *daxili sürtünməni* göstərmək olar. Köçürmə hadisələri nəticəsində qazın həcmi daxilində *enerji, kütlə və impulsun* daşınması baş verir.

2. *Diffuziya* kontakta gətirilmiş qazların, mayələrin və hətta bərk cisimlərin hissəciklərinin bir-birinin daxilinə nüfuz etməsi və qarışması hadisəsinə deyilir. Diffuziya zamanı kütlənin

daşınması baş verir. Daxilində sıxlıq qradienti $\left(\frac{\Delta \rho}{\Delta x}\right)$ olan kimyəvi bircins qazda ΔS səthindən Δt müddətdə daşınan kütlə (ΔM) *Fik qanunu* vasitəsilə hesablanır:

$$\Delta M = -D \frac{\Delta \rho}{\Delta x} \Delta S \Delta t \quad (3.46)$$

D -diffuziya əmsalı, $\left(\frac{\Delta \rho}{\Delta x}\right)$ –sıxlıq qradientidir «-» işarə kütlənin daşınmasının sıxlıq qradienti vektorunun əksinə, yəni sıxlığın azalması istiqamətində baş verdiyini göstərir.

• Diffuziya əmsalı:

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \quad (3.47)$$

kimidir. $\langle v \rangle$ - qaz molekullarının orta sürəti, $\langle \lambda \rangle$ -sərbəst yolun orta uzunluğudur.

3. *İstilikkeçirmə*, istiliyin (yaxud daxili enerjinin) maddənin bir hissəsindən digər hissəsinə ötürülməsi hadisəsinə deyilir.

* İstilikkeçirmə zamanı ΔS səthindən Δt müddətində daşınan istilik miqdarı (ΔQ) *Furye qanunu* vasitəsilə hesablanır:

$$\Delta Q = -\chi \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta S \Delta t \quad (3.48)$$

χ - istilik keçirmə əmsalı, $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ - temperatur qradientidir. «-» işarə göstərir ki, istiliyin daşınması temperatur qradienti vektorunun əksinə, yəni temperaturun azalması istiqamətində baş verir

- İstilik keçirmə əmsalı:

$$\chi = \frac{l}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle c_v \quad (3.49)$$

kimidir.

$\langle v \rangle$ - qaz molekullarının orta sürəti, $\langle \lambda \rangle$ - molekulun sərbəst yolunun orta uzunluğu, ρ - sıxlığı, c_v - sabit həcmdə xüsusi istilik tutumudur.

4. *daxili sürtünmə* hadisəsi (yaxud özlülük) müxtəlif sürətlə hərəkət edən qaz (yaxud maye) təbəqələri arasında sürtünmə qüvvəsinin yaranması ilə əlaqədardır. Bu zaman qaz, yaxud mayenin həcmi daxilində impulsun daşınması baş verir.

* İki qaz, yaxud maye təbəqəsi arasında yaranan sürtünmə qüvvəsi *Nyuton qanunu* ilə hesablanır:

$$F = -\eta \frac{\Delta v}{\Delta x} \Delta S \quad (3.50)$$

η - dinamik özlülük, $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ - sürət qradientidir. «-» işarə sürtünmə qüvvəsinin sürət qradienti vektorunun əksinə yönəldiyini göstərir.

- Dinamik özlülük:

$$\eta = \frac{l}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \rho \quad (3.51)$$

kimidir. $\langle v \rangle$ - qaz molekullarının orta sürəti, $\langle \lambda \rangle$ - sərbəst yolun orta uzunluğu, ρ - qazın sıxlığıdır.

- Köçürmə əmsalları arasında əlaqə düsturları:

$$\left. \begin{aligned} \eta &= \rho D \\ \chi &= \eta c_v = \rho D c_v \end{aligned} \right\} \quad (3.52)$$

Laboratoriya işi 9

Tam diferensialı $\frac{dQ}{T}$ -yə bərabər, özü isə sistemin halının funksiya olan kəmiyyət entropiya adlanır.

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad (1)$$

- *Entropiya* (S) termodinamik sistemlə xarici mühit arasında istilik mübadiləsinin istiqamətini, həmçinin qapalı sistemlərdə gedən ixtiyari proseslərin getmə istiqamətini xarakterizə edən kəmiyyətdir.

- Entropiya *additivlik* xassəsinə malikdir: sistemin entropiyası bu sistemi təşkil edən cisimlərin entropiyaları *cəminə* bərabərdir.

- Entropiyanın BS-də vahidi $[S] = I \frac{C}{K}$ -dir.

Termodinamik sistem 1 halından 2 halına keçdikdə entropiyanın dəyişməsi:

$$\Delta S_{1 \rightarrow 2} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{dU + \delta A}{T} \quad (2)$$

inteqralı ilə hesablanır.

- Qapalı sistemlərdə dönmə dairəvi proseslərdə sistemin entropiyası sabit qalır, yəni $\Delta S = 0$ və $S = const$.

- qapalı sistemlərdə dönməyən dairəvi proseslərdə sistemin entropiyası artır, yəni $\Delta S > 0$.

- *İzotermik* prosesdə ($T_1 = T_2$) entropiyanın dəyişməsi:

$$\Delta S = \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} R \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (3)$$

- *İzoxorik* prosesdə ($V_1 = V_2$) entropiyanın dəyişməsi:

$$\Delta S = \frac{m}{M} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{m}{M} C_v \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (4)$$

- İzobarik prosesdə ($p_1 = p_2$) entropiyanın dəyişməsi:

$$\Delta S = \frac{m}{M} \left(C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right) = \frac{m}{M} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (5)$$

- Adiabatik prosesdə $dQ = 0$ olduğundan entropiyanın dəyişməsi $\Delta S = 0$ olacaqdır. Deməli, adiabatik döənən dairəvi prosesin entropiyası sabit qalır, $S = \text{const}$.

“Entropiya” klassik termodinamikaya daxil edilmiş kəmiyyətin adıdır, mücərrəd funksiyadır və inteqral vasitəsilə təyin edilir. Entropiya anlayışı, adətən, Klauzis təyininə uyğun daxil edilir: “Biz sistemin hər bir halına bir S funksiyası aid edirik və onu halın entropiyası adlandırırıq. Onun tam

diferensialı döənən dəyişmələr üçün $dS = \frac{dQ}{T}$

kimi ifadə olunur, burada dQ udulan istilik, T

udulmanın baş verdiyi temperaturdur.”

Bu təyin həmin kəmiyyətin mahiyyətinə o qədər yaxın deyil ki, hətta ixtisasçı belə kəmiyyətin mahiyyətini dərk etmək üçün xeyli səy göstərir. Entropiyanın mənasını, heç olmasa kobud şəkildə, başa düşmək üçün kimyaçılar onun nizamsızlıq ölçüsü kimi şərhinə üstünlük verirlər. Kimyaçıların yanaşması ilə entropiyanın mahiyyəti keyfiyyətə əhatə edilə bilər, lakin bu, fiziklərin standartlarına cavab verməyə kifayət etmir. Fizik üçün kəmiyyət o vaxt təyin edilmiş hesab edilir ki, o, həmin kəmiyyətin qiymətini (kəmiyyətini) ölçmək yolunu da bilsin. Digər çatışmazlıq ondan ibarətdir ki, entropiyanın nizamsızlıq ölçüsü kimi şərhindən istifadə etdikdə belə görünür ki, entropiyaya uyğun sadə makroskopik xassə yoxdur.

1911-ci ildə, Klauzisdən 50 il sonra, London Fizika Cəmiyyətinin prezidenti Kallendar məruzəsində Klauzis entropiyasının Karnonun nəzərdə tutduğu “istilik”dən, “kalorik”dən yalnız bir şeylə fərqləndiyini göstərmişdir: Karnoya görə “istilik” enerji, kütlə, elektrik yükü kimi saxlanan kəmiyyətdir, Klauzisə görə istilik yarana bilər, lakin, Karno dediyi kimi, yox ola bilməz. Kallendar yazır: “... entropiyanın Klauzis tərfi yalnız riyaziyyatçılar üçün nəzərdə tutulub. Kalorik sürtünmə və ya digər dönməyən proseslərdə yarana bilən xassədir. O, axa bilən, elektrikə bənzər xassədir” . O, hesab edir ki, Karnonun “kalorik”i entropiyanın mahiyyətini daha aydın və düzgün əks etdirir.

Mexanika impulsu ilə başladığı kimi termodinamika da entropiya anlayışının daxil edilməsi ilə başlayır. Ümumi danışiq dilində entropiya istilik miqdarı və ya istilik adlandırıla bilər. Müxtəlif ölkə alimləri entropiya anlayışına bu cür yanaşmışlar

Entropiya zaman, uzunluq, kütlə kimi aydın başa düşülə bilər və sadə üsullarla ölçülə bilər. Entropiya anlayışının informasiya nəzəriyyəsində, statistik fizikada, kimyaçıların atomistik ideyalarında istifadə olunması onun makrofizikada istilik rolunda olmasına mane olmur.

Entropiya anlayışının təlimi zamanı onun mahiyyətinin açılması üçün aşağıda sadalanan xassələrin bilinməsinə ehtiyac vardır.

- Obyektin temperaturu yüksəkdirsə o, daha çox entropiyaya malikdir.
- Obyektin kütləsi çoxdursa entropiyası da çoxdur.
- Obyektəki entropiyanın miqdarı obyektin materialından asılıdır. Temperaturu 20 C olan 1kg suyun entropiyası həmin temperaturu 1kg spirtin entropiyasından çoxdur.
- Entropiyanın BS-dəki vahidi C/K-dir. Temperaturu 25°C olan 1 sm³ həcmli su 4 entropiya vahidi saxlayır.
- Entropiya özbaşına yüksək temperaturu yerdən aşağı temperaturu yerə axır. Temperatur fərqi entropiya seli üçün hərəkətverici qüvvədir.
- Entropiyanı aşağı temperaturu cisimdən yüksək temperaturu cismə axıtmaq üçün istilik nasosu (entropiya nasosu) lazımdır. İstilik nasosu entropiyanı soyuq yerdən isti yerə ötürür. İstilik nasosu soyuducularda və kondensiyonlarda əsas elementdir.

- Müəyyənləşdirilmişdir ki, temperaturu 0K olan cisim sıfır entropiyaya malikdir, daha ümumi sözlərlə desək, mütləq soyuq cisim istiliyə malik deyil. Ən aşağı temperatur - 273,15 C hesab edilir. Bu temperaturda obyektin entropiyası sıfır qəbul edilir.
- Entropiya yarana bilir. Aşağıdakı proseslərdə entropiya yaranır: 1) kimyəvi reaksiyalarda (yanma); 2) elektrik cərəyanı axan naqildə; 3) mexaniki sürtünmədə. Bunlar müxtəlif sürtünmə hallarıdır: mexaniki sürtünmə, rezistorda “elektrik” sürtünməsi, sərbəst baş verən kimyəvi reaksiyalarda “kimyəvi” sürtünmə.
- Enerji, xətti və bucaq impuls, elektrik yükü saxlanan kəmiyyətlərdir, lakin entropiya saxlanan kəmiyyət deyildir. Sistem qapalı olsa belə onun daxilində əlavə entropiya yarana bilir. Entropiya da ekstensiv kəmiyyətdir və onun digər ekstensiv (miqdari) kəmiyyətlərdən əsas fərqi budur.
- Entropiyanın yarandığı proseslər dönməyəndir.
- Elektrik cərəyanı, impuls cərəyanı kimi entropiya cərəyanı da vardır. Obyektin iki yerinin temperaturları arasındakı fərq böyük olarsa həmin yerlər arasında entropiya cərəyanının şiddəti də böyük olar. Bu, Om qanununun analoqudur. Cərəyan, adətən, keçiricilik anlayışı ilə bağlıdır və entropiya keçiriciliyi anlayışı vardır. Elektrik cərəyanında olduğu kimi entropiya cərəyanı üçün də fiziki analoq ifadə mövcuddur:

$$I = \sigma \frac{A}{d} \Delta \phi \text{ (Om qanunu)} \quad I_s = \sigma_s \frac{A}{d} \Delta T$$

Burada I_s entropiya cərəyanı şiddəti, σ_s xüsusi entropiya keçiriciliyi, A istilik keçirən obyektin en kəsiyinin sahəsi, d uzunluğu, ΔT temperatur fərqi (gərginlikdir).

- Aşağıdakı cədvəldə (Cədvəl 1.) bəzi maddələr üçün xüsusi entropiya keçiriciliyinin qiyməti verilmişdir.

Cədvəl 1.

Madde	σ_s (C/san· m·K ²
gümüş	1,54
mis	1,43
dəmir	0,29

Şüşə	0,0027
taxta	0,00047
su	0,0009
hava	0,000088

- Entropiyanın ötürülməsi istilikkeçirmə, konveksiya və istilik süalanması yolu ilə həyata keçirilir.. Konveksiya yolu ilə ötürmədə entropiya maye və qaz seli vasitəsilə daşınır. Mərkəzi istilik sistemində konveksiya istifadə olunur. Konveksiya yolu ilə entropiyanı daşımaq üçün temperaturlar fərqi zəruri deyil.
- Entropiya enerji daşıyıcısıdır.
- Temperatur yüksək olduqda entropiya daha çox enerji daşıyır.
- Enerji cərəyanı ilə elektrik cərəyanının əlaqəsini bilirik:

$$P = I \Delta \varphi \text{ (} P \text{ gücdür)}$$

Enerji cərəyanı ilə entropiya cərəyanının əlaqəsi buna analoqdur:

$$P = I_s \Delta T$$

- Mütəlak temperatur entropiya cərəyanının hansı enerji yükünü daşdığını göstərir.
- Milin isti ucundan soyuq ucuna doğru entropiya cərəyanı axarkən əlavə entropiya yaranır. Bu, cərəyan keçən naqildə istilik ayrılmasına analoqdur.
- İstilik mühərrikində enerji daşıyıcısı dəyişir. Enerji istilik mühərrikinə entropiya adlanan enerji daşıyıcısı ilə daxil olur və bucaq impulsu daşıyıcısı ilə onu tərk edir.
- Cismdə yığılan entropiya miqdarı: 1) cismin kütləsindən; 2) cismin temperaturundan; 3) cismin materialından asılıdır.
- Fiziki kəmiyyətin tam başa düşülməsi üçün onun ölçülməsi prosesinin bilinməsi vacibdir. Birbaşa və sadə ölçü metodu daha yaxşıdır. Entropiya üçün də ölçmə metodunun seçilməsi zəruridir.

- verilən tərifdən entropiyanın ölçmə metodunu təyin etmək çətinidir. Sistemin hal dəyişmələrinin dönən olduğunu necə bilək? Udulan istilik miqdarını necə ölçək? Dönməyən proseslər üçün yaranan entropiyanı ölçmək çətin deyil.

Bəs entropiyanı ölçmək üçün sadə konseptual metod varmı? Bu suala cavab vermək üçün entropiyaya analoq olan elektrik yükü, xətti impuls kimi ekstensiv kəmiyyətlərin ölçü metodlarına uyğun metod axtarmaq məsləhətdir.

Belə kəmiyyətlərin ölçülməsi aşağıdakı yolla reallaşdırılır. Ölçülməli olan kəmiyyət miqdarı ölçü alətinə ötürülür. Ölçü alətinin göstəricisi (əqrəbi) bu dəyişməyə uyğun reaksiya göstərir. Məsələn, elektrik yükü elektrometrə ötürülür və onun əqrəbi uyğun meyl edir. Xətti impuls da uyğun metodla ölçülə bilər. Belə yanaşma ilə entropiya miqdarını da ölçə bilərik.

Ədəbiyyat

1. N.Y.Səfərov. FİZİKADAN LABORATORİYA İŞLƏRİ

Metodik vəsait 2021 pdf

[https://drive.google.com/file/d/1fZjzvYlzamsx-](https://drive.google.com/file/d/1fZjzvYlzamsx-YqYtNYFer3y8cij4ktl/view?usp=drive_link)

[YqYtNYFer3y8cij4ktl/view?usp=drive_link](https://drive.google.com/file/d/1fZjzvYlzamsx-YqYtNYFer3y8cij4ktl/view?usp=drive_link)

2.

http://aztu.edu.az/azp/elmi_tedqiqat/scientific_research_2/az/files/jurnal_2018_4/27.pdf

3. N.Y.Səfərov. Texniki ali məktəblərdə fizikanın təlimində vahid yanaşma (monoqrafiya)

. Bakı, AzTU, 2021, 303s.

[https://drive.google.com/file/d/1RZw8l0vbwr14ByPwwdRoJSTOFIZE0-](https://drive.google.com/file/d/1RZw8l0vbwr14ByPwwdRoJSTOFIZE0-KF/view?usp=drive_link)

[KF/view?usp=drive_link](https://drive.google.com/file/d/1RZw8l0vbwr14ByPwwdRoJSTOFIZE0-KF/view?usp=drive_link)

4. Səfərov N.Y. Fizika. Dərs vəsaiti. Bakı, AzTU, 2021, 382s.

https://drive.google.com/file/d/1X9ZO4orx9ol9lptXaxwTdJO_MzTX19Xn/view?usp=drive_link

5. N.Y.Səfərov. Metodik vəsait 2012

https://docs.google.com/document/d/1oF7jalt56GAVvxC5yZKwW6HP_py3r2Wq/edit?usp=drive_link&oid=106990310317889080592&rtpof=true&sd=true

6. N.Y.Səfərov. Metodik vəsait 2003

https://docs.google.com/document/d/1_mO803X5d27tdzzlTI7jK5nOC0JXIR3e/edit?usp=drive_link&oid=106990310317889080592&rtpof=true&sd=true

7. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т.1: Теория равновесных систем: Термодинамика. Том.1. Изд. 2, испр. и доп. М.: УРСС, 2002. 240 с.

8. Базаров И. П. Заблуждения и ошибки в термодинамике. Изд. 2-е испр. М.: Едиториал УРСС, 2003. 120 с.