

УСУЛҲОИ Шерматов Шавкат, н.и.ф.-мат, дотсенти кафедраи методикаи таълими физика; **Юсупов Зарифҷон ҲАЛЛИ МУОДИЛАҲОИ МУВОЗИНАТИ ҲАРОРАТӢ Нематҷонович**, н.и.ф.-мат., дотсенти кафедраи электроника; **Каримова Парвинахон**, магистранти соли 2-юми факултети физикаю техникаи МДТ “ДДХ ба номи акад.Б. Гафуров” (Тоҷикистон, Хуҷанд)

МЕТОДЫ Шерматов Шавкат, к.ф.-математических наук, доцент кафедры методики преподавания физики; **Юсупов Зарифджон Нематджонович**, к.ф.-мат.наук, доцент кафедры электроники, **E-mail: Zarif_1972@mail.ru**; **Каримова Парвинахон**, магистрант 2-го курса физико-технического факультета ГОУ «ХГУ имени акад. Б. Гафурова» (Таджикистан, Худжанд)

EQUATION SHERMATOV SHAVKAT, candidate of physical-mathematical sciences, associate professor of the department of the methods of teaching physics, SEI “KSU named after acad. B. Gafurov” (Tajikistan, Khujand), **Yusupov Zarifjon Nematjonich**, candidate of physical-mathematical sciences, associate professor of the department of electronics of the faculty of physics and technology, SEI “KSU named after acad. B. Gafurov” (Tajikistan, Khujand), **E-mail: Zarif_1972@mail.ru**; **Karimova Parvinakhon**, master student of the Faculty of Physics and Technology, SEI “KSU named after acad. B. Gafurov” (Tajikistan, Khujand),

Вожаҳои калидӣ: ҳарорат миқдори гармӣ, гармиғунҷоии хос, гармиғунҷоии ҷисм, гармии хоси ғудозиш, гармии хоси сӯзиш, гармии хоси буғҳосилишавӣ

Мақола ба усулҳои ҳалли муодилаҳои мувозинати ҳароратӣ дар дарси физика бахшида мешавад. Қайд карда мешавад, ки дилхоҳ раванди гармидиҳӣ аз як ҷисм ба ҷисми дигар ин камии ҷуваи дохилии як ҷисм аст, ки ба зиёдагии ҷуваи дохилии ҷисми дигар меорад. Ин раванд бо мафҳуми миқдори гармӣ тавсиф карда мешавад. Суммаи миқдори гармии ба зиёдагии ҷуваи дохилии ҷисм саршуда ба суммаи миқдори гармие, ки ҷисми дигар ҳангоми камии ҷуваи дохилии медиҳад, баробар аст. Муодилае, ки ин ҳолатро ифода мекунад, муодилаи мувозинати ҳароратӣ номида мешавад. Дар мақола усулҳои тартиб додани муодилаи мувозинати ҳароратӣ ва ҳалли ин муодилаҳо доир ба мавзӯи ҳодисаҳои ҳароратӣ ва инчунин, тартиб додани муодилаҳои алгебравӣ бобати ин масоил дар раванди ҳалли масъалаҳои мушкул аз қисми термодинамика бо таври мушаххас нишон дода шудааст.

Ключевые слова: температура, количество теплоты, удельная теплоёмкость, теплоёмкость тела, удельная теплота плавления, удельная теплота сгорания, удельная теплота парообразования

Процесс нагревания от одного тела другого представляет собой уменьшение внутренней энергии одного из них, что приводит к увеличению внутренней энергии другого тела. Этот процесс описывается понятием количества теплоты. Сумма количества теплоты, используемой для увеличения внутренней энергии тела, равна сумме количеству теплоты, отдаваемой другим телом при уменьшении его внутренней энергии. Уравнение, описывающее это состояние, называется уравнением теплового равновесия. В данной статье показаны способы составления уравнения теплового равновесия и решения этих уравнений на предмет тепловых явлений, а также составление алгебраических уравнений на эти вопросы в процессе решения сложных задач со стороны термодинамики, что представляет собой специфический способ.

Key words: temperature, quantities of heat, specific heat capacity, body heat, capacity, specific heat of fusion, specific heat of combustion, specific heat of vaporization

The process of heating from one body to another is a decrease in the internal energy of one body, which leads to an increase in the internal energy of another body. This process is described by the concept of heat quantity. The sum of the amount of heat used to increase the internal energy of a body is equal to the sum of the amount of heat given off by another body when its internal energy decreases. The equation describing this state is called the thermal equilibrium equation. This article shows ways of compiling the equation of thermal equilibrium and solving these equations for thermal phenomena, as well as compiling

algebraic equations for these questions in the process of solving complex problems from thermodynamics in a specific way.

Ҳалли масъалаҳо яке аз марҳилаҳои муҳим ва асосии машғулияти таълим мебошанд. Ба ҳалли масъалаҳо аз физика дар мактабҳои таҳсилоти умумӣ ва макотиби олии ҳамчун як қисмати асосии раванди омӯзиш дар самти омӯзиши асосҳои физика аҳамияти аввалиндараҷа додан зарур аст.

Масъалаҳо аз физика имкон медиҳанд, ки раванди азхудкунии маводи таълимӣ бо дарки баланд, аниқтар ва мустақамтар ба роҳ монда шуда, дониши муҳассилин чуқуртар ва васеътар гардад, вобастагии функционалии бузургиҳо барқарор, татбиқи назария дар амалия ва алоқаи илм ва техника ба роҳ монда шавад, тафаккури мантиқӣ ва малакаи мустақилона кор кардан рушд ёбад, такрори маводи гузашта мақсаднок ва дар шакли дастрас ба роҳ монда шавад. Имконият пайдо мегардад, то алоқаи байнифаннии математика ва физика таъмин карда шуда, омӯзгор назорати донишазхудкунии муҳассилинро зерин назорати қатъӣ гирад.

Раванди ҳалли масъалаҳо аз физика ба марҳилаҳои зерин ҷудо кардан мумкин аст;

- 1) хондани шартӣ масъала;
- 2) муайян кардани он, ки ҳама мафҳумҳо, калимаҳо ва номҳои бузургиҳо дар шартӣ масъала ба хонанда фаҳмо аст ё не;
- 3) таҳлили мазмуни масъала бо мақсади дарки моҳияти физикии он;
- 4) навиштани мазмуни мухтасари шартӣ масъала;
- 5) аз кадом низоми воҳидҳо истифода бурдан;
- 6) муқаррар кардани ҳама қонуниятҳои физикие, ки ҳалли масъала ба он алоқаманд аст ва тартиб додани муодилаҳои ба онҳо мувофиқ;
- 7) тасвири расмҳо, нақшаҳо, схемаю графикаҳо;
- 8) ҳосил кардани қимати адабии бузургии номаълум;
- 9) таҳлили ҷавоби охири;

Масъалаҳои термодинамика ба се гурӯҳи шартӣ ҷудо мешаванд:

Гурӯҳи якум ин масъалаҳоеанд, ки дар онҳо раванди гузаштани ҳарорат аз ҷисмҳои гарм ба хунук дида баромада шуда, дар натиҷаи он мувозинатии ҳароратӣ барқарор мегардад, яъне, ҳарорати ҷисмҳо баробар мешавад. Дар ин ҳангом кор иҷро намегардад ва қувваи гармӣ ба дигар намудҳои қувва мубаддал намегардад. Ин гуна масъалаҳо бо роҳи тартиб додани муодилаҳои мувозинатии ҳароратӣ ҳал карда шуда, бузургии талабкардашудаи номаълум ёфта мешавад.

Гурӯҳи дуюм ин масъалаҳо мебошанд, ки дар онҳо раванди гузаштани қувваи механикӣ ба ҳароратӣ, ё ин ки баръакс он дида баромада мешавад. Аз ҷумла, масъалаҳо, ки дар онҳо аз ҳисоби қувваи ҳароратӣ кор иҷро карда мешавад ва ё, баръакс, аз ҳисоби кори иҷрошуда ҷисм қувваи ҳароратӣ мегирад.

Гурӯҳи сеюм ин масъалаҳо доир ба истифодаи қонуни якуми термодинамика ба равандҳои дар газҳои идеалӣ мебошад.

Қайд бояд кард, ки ба гурӯҳҳои ҷудо кардан ин амали шартӣ аст, чунки дар асоси равандҳои, ки дар ин масъалаҳо дида мешаванд, ҳамон як Қонуни бақо ва тақдирӣ қувваи гармӣ мехобад ва он барои ҷисмҳои мухталиф ва равандҳои дар онҳо гузаранда татбиқи ҳудро меёбад.

Мо дар ин ҷо масъалаҳоеро баррасӣ хоҳем кард, ки, асосан, ба гурӯҳи якум мутааллиқ буда, аз тартиб додани муодилаҳои мувозинатии ҳароратӣ иборат аст. Дар масъалаҳои ин гурӯҳ табиист, ки ҷисмҳои гарм ва хунук ба ҳам расонида мешаванд, ки дар натиҷаи он ҷисмҳои гарм як қисми миқдори гармиашонро медиҳанд ва хунук, баръакс, мегиранд, яъне, гармӣ дар равандҳои гармкунӣ, гудозиш ва буғҳосилкунӣ фуру бурда мешавад ва дар равандҳои хунуккунӣ, кристаллизатсия, конденсатсия ва сӯхтан ҷудо карда мешавад.

Агар ҳангоми додани ҳарорат аз як ҷисм ба ҷисми дигар гумшавии қувваи ҳароратӣ мавҷуд набошад, он гоҳ аз рӯи Қонуни бақои қувваи миқдори гармии дар раванди гармкунӣ, ё ин ки гудозиш ё буғҳосилкунӣ (буғшавӣ ё ҷӯшиш) аз ҷониби ҷисмҳо фуру бурда шуда, ба миқдори гармии аз ҷониби дигар ҷисмҳо дар раванди хунуккунӣ, кристаллизатсия (сахтшавӣ), конденсатсия ва сӯхтан ҷудо карда шуда баробар аст. Ҳангоми ҳалли чунин масъалаҳо лозим

аст, ки суммаи миқдори гармии аз ҷониби ҳар як ҷисми низоми термодинамикӣ дар раванди гармкунӣ, гудозиш ё буғҳосилшавӣ фуру бурда шударо бо суммаи миқдори гармии аз ҷониби ҷисмҳои дигари ҳамин низоми ҳангоми хунуккунӣ, кристаллизатсия, конденсатсия ё сӯхтан ҷудошуда баробар кардан лозим аст, ё ин ки суммаи алгебравии ин миқдорҳои гармиро ба сифр баробар мекунем. Дар ин ҷо, миқдори гармии фурубурдашударо бузургии мусбат ва ҷудокардашударо манфӣ ҳисобидан мумкин аст.

Муодилае, ки дар он суммаи миқдори гармии як қатор ҷисми низоми термодинамикирифта ба суммаи миқдори гармии ба дигар ҷисмҳои ин низом додашуда баробар аст, муодилаи мувозинатии ҳароратӣ номида мешавад. Он моҳиятан Қонуни бақои қувваи ҳароратии системаи термодинамикиро таҷассум мекунад.

Агар ҳама ҳарорати аз ҷониби ҷисмҳои системаи термодинамикӣ додашуда аз ҷониби дигар ҷисмҳои ин система нопурра гирифта шавад, пас, дар ин раванд ҳарорат ба ҷисмҳои фурубаранда талаф мегардад. Вай тамоман нобуд намешавад, фақат аз ҷониби ҷисмҳои дигар ё муҳити атроф фуру бурда мешавад, ки онҳо доимо мавҷуданд. Ҳангоми ҳалли масъалаҳо доир ба мавзӯи мувозинатии ҳароратӣ дар бораи коэффитсиенти кори фоиданок (ККФ) низ ягон чиз гуфта мешавад.

Коэффитсиенти кори фоиданоки η (ККФ) раванди ҳароратӣ ин нисбат ба миқдори гармии фоиданок истифодашуда Q_{ϕ} , ки ҷисми дигар фуру мебарад, бар миқдори гармии сарфшуда, яъне, аз ҷониби ҷисми дигари ин системаи ҷудошуда Q_c баробар аст:

$$\eta = \frac{Q_{\phi}}{Q_c} \cdot 100\%$$

Ҳама гармии аз ҷониби ҷисми фурубурдашуда, яъне, гармие, ки ҷисм гирифтааст, миқдори гармии фоиданок ва ҳамаи гармии ҷудокардашуда ин миқдори гармии сарфшуда, яъне, додашуда мебошад.

Агар ККФ аз 100 фарсад калон шавад, ин имконнопазир аст, чунки фурубарии миқдори калони гармӣ аз миқдори гармии ҷудокардашуда мумкин нест. Пас, дар вақти ҳалли масъала мо ба хатой роҳ додаем, яъне, мумкин ҷои маҳраҷ ва сурат иваз шуда бошад. Бинобар он, масъаларо бори дигар дида баромада, таҳлил бояд кард.

Дар баъзе ҳолатҳо дар шартӣ масъала ба ҷои ККФ дар бораи талафшавии гармӣ сухан меравад. Масалан, талафшавии гармӣ 60 фарсад, яъне, ин маънои онро дорад, ки ККФ-и раванд 40 фарсад аст. Бояд бодикқат дар ва ККФ-ро бо талафоти гармӣ омехта кардан лозим аст. Дар акси ҳол, ҳалли масъала хато мешавад.

Дар раванди гармиивазкунӣ ҳама вақт якчанд ҷисм иштирок мекунад ва дар ин ҳолат онро муҳим аст, ки кадом ҷисмҳо гармиро фуру мебаранд ва кадоме аз ҷисмҳо ҷудо мекунанд, муайян кунем ва баъд ба ҳар як ҷисм индекси миқдори гармиашро мемонем. Дар ин сурат ҳамон як ҷисм метавонад дар якчанд раванди фурубарӣ иштирок кунад. Масалан, дар ибтидо метасфад, баъд гудохта мешавад ва дар охир ба буғ табдил меёбад. Ба ҳама бузургиҳои ба ин равандҳо мутааллиқ, ки бо формулаҳои гуногун муайян карда мешаванд, индексҳо алоҳида дода мешаванд. Баъд муайян кардан лозим аст, ки кадом равандҳои ҷудо кардани гармӣ ҷой доранд ва кадом ҷисмҳо дар он иштирок мекунанд. Ҷисмҳо метавонанд дар равандҳои гуногуни ҷудо кардани гармӣ иштирок кунанд. Масалан, ҷисм метавонад аввал буғ бошад, баъд конденсатсия шавад, хунук шавад ва баъд ба кристалл мубаддал гардад ва ҳоказо. Ба ҳар як раванди бо ҷисми алоҳидаи система гузаранда миқдори гармии худаш Q - ро бо индекси алоҳида медиҳем ва ҳаракат мекунем, ки онҳоро бо ҳамдигар омехта накунем. Баъд ҳама миқдори гармии фурубурдашударо ҳам карда, боз суммаи ҳосилшударо бо суммаи ҳама миқдори гармии ҷудошуда баробар мекунем. Ҳамин тариқ, мо муодилаи мувозинатии ҳароратро ҳосил мекунем. Баъд бузургиҳои дар шартӣ масъала додашударо ба формула гузошта бузургиҳои номаълумро меёбем.

Акнун формулаҳои, ки дар раванди ҳалли масъалаҳо доир ба ин мавзӯ истифода мешаванд, пешкаш менамоем:

фурубарии ҳарорат ҳангоми гармкунӣ:

$$Q = C_T \Delta T, \quad Q = C_T (T_2 - T_1)$$

$$Q = cm \Delta T, \quad Q = cm (T_2 - T_1)$$

$$Q = cv \Delta t^0, \quad Q = cv (t^0_2 - t^0_1)$$

$$Q = cm \Delta t^0, \quad Q = cm (t^0_2 - t^0_1)$$

$$Q = cv \Delta T, \quad Q = cv (T_2 - T_1)$$

Ҳангоми ҷӯшиш	$Q=cv\Delta t^0, Q=cv(t^0_2 - t^0_1)$
$Q = m\lambda$	$Q=cv\Delta T, Q=cv(T_2-T_1)$
Ҳангоми буғишавӣ	Ҳангоми кристаллизатсия
$Q = mr$	$Q = m\lambda$
Гармии ҷудокардашуда ҳангоми хунукшавӣ:	Ҳангоми конденсатсия
$Q=cm\Delta T, Q=cm(T_2-T_1)$	$Q = mr$
$Q=cm\Delta t^0, Q=cm(t^0_2 - t^0_1)$	Ҳангоми сӯзиш
$Q=C_T\Delta T, Q=C_T(T_2-T_1)$	$Q = mq$

Дар ин ҷо, c – гармиғунҷоиши хоси модда, C_T – гармиғунҷоиши модда, C – гармиғунҷоиши молярии модда, λ – гармии хоси гудозиш, r – гармии хоси буғҳосилкунӣ, q – гармии хоси сӯзиши модда. Ҳама ин бузургихоро ғайр аз гармиғунҷоиши ҷисм C_T дар маълумотномаҳо ёфтан мумкин аст. Гармиғунҷоиши моляриро аз рӯи формулаи $C=cM$ муайян мекунем.

Қайд кардан лозим аст, ки гармиғунҷоиши хоси ҳамон як модда дар ҳолатҳои агрегатии гуногун якхела нест. Масалан, гармиғунҷоиши хоси ях аз гармиғунҷоиши хоси об ва буғ фарқ мекунад, бинобар он, дар муодила онро бо c ишора мекунем, фақат индексҳояшон гуногун мешавад.

Ҳама доимиҳоро барои гармиғунҷоиши хос аз маълумотнома ё ҷадвалҳои дар китобҳои маҷмӯаи масъалаҳо буда ёфтан мумкин аст.

Агар ҳамон як модда пурра аз як ҳолати агрегатӣ ба дигараш гузарад, он гоҳ $m_1 = 1\text{кг}$ массаи он як хел меистад ва онро бо як ҳарф ва як индекс навиштан мумкин аст. Масалан, яхи массааш $m_1 = 1\text{кг}$ ба об мубаддал шуд, массаи ин об низ $m_1 = 1\text{кг}$ навишта мешавад.

Боз як хусусияти муҳими ҳалли масъалаҳоро доир ба тартиб додани муодилаи мувозинати ҳарорат қайд мекунем.

Формулаи ҳисоб кардани миқдори гармиро дар равандҳои гармкунӣ ва хунуккунӣ дида мебароем:

$$Q = cm(t^0_2 - t^0_1)$$

Дар ин ҷо, Q -миқдори гармии гирифта ё додашуда мебошад, m -массаи ҷисм, c - гармиғунҷоиши хоси модда, t^0_2 –ҳарорати баланд, ки ҷисм ҳангоми гармкунӣ ё хунуккунӣ доро буд, t^0_1 -ҳарорати аввала. Ҳар дуи ин бузургихоро ҳарорати аввала ва охир низ меноманд. Бояд донем, ки ҳангоми хунуккунӣ дар пеши миқдори гармӣ аломати тарҳ гузоштан лозим аст. Масалан, агар ҷисми массааш m_3 аз температураи $t^0_1=40^0\text{C}$ то температураи $t^0_2=10^0\text{C}$ хунук шуда бошад, он гоҳ миқдори гармии додашуда

$$Q = cm(t^0_2 - t^0_1) = -cm(10^0\text{C} - 40^0\text{C}) \text{ ё } Q = cm(40^0\text{C} - 10^0\text{C}) \text{ навишта мешавад.}$$

Агар мо аз ибтидо ҳарорати баланди ҷисм 40^0C -ро бо t^0_2 ва ҳарорати паст 10^0C -ро бо t^0_1 ишора кунем, он гоҳ метавонем муодиларо чунин нависем:

$$Q = cm(t^0_2 - t^0_1) = cm(40^0\text{C} - 10^0\text{C}) \text{ ва дар ин ҳол навиштани аломати минус пеш аз } Q \text{ зарурият надорад.}$$

Агар мо t^0_2 -ро доимо охир ва t^0_1 -ро доимо аввал ҳисобем, пас, мо бояд ҳамаи миқдори гармии гирифташуда ва додашударо бо баҳисобгирии чамъу тарҳи онҳо чамъ кунем ва суммаи алгебравии ҳосилшударо ба сифр баробар намоем.

Тағйирёбии ҳарорати Δt^0 аз рӯи шкалаи Селсия ба тағйирёбии ҳарорат ΔT аз рӯи шкалаи Келвин баробар аст, ки дар формулаҳои

$$Q = cm(t^0_2 - t^0_1), Q = Cv(t^0_2 - t^0_1) \text{ ё } Q = C_T(t^0_2 - t^0_1) \text{ дараҷаҳои селсияро ба келвин нигардонидан мумкин аст.}$$

Масъалаҳое ҳастанд, ки дар онҳо ҳарорат бо шкалаи селсия ва ҳарорати мутлақ дода мешаванд.

Дар баъзе масъалаҳо ва маълумотномаҳо ба ҷои истилоҳи “гармиғунҷоиши хос” калимаи “гармиғунҷоиш” меоранд, ки гармиғунҷоиши c дар назар дошта шудааст. Барои он ки ҳар дуи гармиғунҷоишҳо (c ва C_T) - ро омехта накунем, мо, албатта, бояд ба воҳиди ченкунии онҳо аҳамият диҳем. Агар $\frac{Q}{\text{ёа}\cdot\text{ё}}$ бошад ин гармиғунҷоиши хос аст ва агар $\frac{Q}{\text{ёа}}$ бошад, ин гармиғунҷоиши ҷисм аст.

Агар ҳарорати хоси сӯзиш бошад, онро бо ҳарфи q ишора мекунем.

Акнун якчанд масъаларо доир ба тартиб додани **муодилаи мувозинати ҳароратӣ** дида мебароем.

Масъалаи 1. Ҷисми тасфони массааш m_1 , гармиғунҷоиши хосаш c_1 ва ҳарораташ t^o_1 -ро ба калориметри массааш m_2 , гармиғунҷоиши хосаш c_2 , ки дар дохилаш оби массааш m_3 , гармиғунҷоишаш c_3 ҳафт, ғўтониданд. Ҳарорати оби хунук ва калориметр t^o_2 аст. Дар натиҷаи гармиивазкунӣ ҳарорати ҷисм, калориметр ва об якхела t^o шуд. Муқаррар аст, ки ҳарорати охир t^o аз ҳарорати аввала t^o_1 хурд аст, аммо аз ҳарорати аввалаи оби хунук ва калориметр t^o_2 калон аст. Мувофиқан ҷисми тасфон миқдори гармии $Q_1 = c_1 m_1 (t^o_1 - t^o)$ -ро ҷудо мекунад, яъне, аз ҳарорати аз ҷама баланди t^o_1 то ҳарорати пасти t^o хунук мешавад. Калориметри хунук ва оби хунук миқдори гармии $Q_2 = c_2 m_2 (t^o - t^o_2)$ ва

$Q_3 = c_3 m_3 (t^o - t^o_2)$ -ро гармшавон аз ҳарорати пасти t^o_2 то температураи баланди охир t^o мегиранд.

Муодилаи мувозинати ҳароратӣ барои ин раванд чунин мешавад:

$$-Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \text{ ё ин ки } Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Аз ин ҷо,

$$c_1 m_1 (t^o_1 - t^o) = c_2 m_2 (t^o - t^o_2) + c_3 m_3 (t^o - t^o_2)$$

Дида мешавад, ки дар ин ҷо ғайр аз равандҳои гармшавӣ ва хунукшавӣ ягон чизи дигаре нест, бинобар он бо се миқдори гармӣ Q_1, Q_2, Q_3 маҳдуд мешавем. Аз ифодаи охири мо метавонем бузургии номаълумро, ки дар шартӣ масъала талаб карда мешавад, ёбем.

Масъалаи 2. Ба зарфи массааш m_1 , гармиғунҷоишаш c_1 оби хуноки массааш m_2 ва гармиғунҷоишаш c_2 , ки дар он яхи массааш m_3 -и гармӣ хоси гудозишаш λ шино мекунад рехта шудааст. Зарф, об ва ях дар мувозинати ҳароратианд, яъне, ҳарорати якхела доранд. Ин ҳарорат метавонад фақат $t^o_1 = 0^o\text{C}$ бошад, чунки дар дигар ҳарорати мувозинати ҳароратӣ вайрон мешавад. Дар ҳарорати аз 0^oC баланд ях об мешавад, аз ин паст шавад ях мекунад. Ҳамин тариқ, дар шартӣ масъала сухан дар бораи ях дар об шинокунанда равад, мегӯем, ки ҳарорати онҳо як хел ба 0^oC баробар аст. Об дар даруни ягон зарф бошад, ҳарорати он низ ба 0^oC баробар аст. Масъаларо давом медиҳем. Ба зарфи обу яхдор буғи ҳарораташ 100^oC ва массааш m_4 -ро сар доданд, ки гармӣ хоси буғшавиаш r аст. Дар натиҷаи гармиивазкунӣ тамоми ях об ва буғ конденсатсия шуда ҳарорати зарф t^o мешавад, ки он аз $t^o_1 = 0^o\text{C}$ калон ва аз $t^o_2 = 100^o\text{C}$ хурд аст. Акнун барои ин масъала муодилаи мувозинати ҳароратиро месозем.

Ин масъала нисбат ба масъалаи болоӣ душвор аст. Дар масъалаи болоӣ фақат равандҳои гармкунӣ ва хунуккунӣ ҷой доштанд. Дар ин ҷо гудозиш ва конденсатсия мавҷуд аст. Ба ёд меорем, ки ба ҳар як раванд ва ба ҳар як ҷисм миқдори гармӣ Q – и худаш хос аст ва набояд ягон чиз гум шавад.

Инак, ҷисме, ки гармиро фурӯ мебарад, ин:

а) зарфи массааш m_1 бо гармиғунҷоиши c_1 , ҳангоми ба он сар додани буғи ҳарораташ 100^oC фақат аз ҳарорати $t_1 = 0^o\text{C}$ то ҳарорати умумии мувозинати ҳароратӣ t^o гарм мешавад, бинобар он, миқдори гармие, ки зарф фурӯ мебарад:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t^o - t^o_1) ;$$

б) оби массааш m_2 бо гармиғунҷоиши c_2 , ки дар он ях шино мекунад ба монанди зарф аз ҳарорати $t^o_1 = 0^o\text{C}$ то t^o гарм мешавад, бинобар он, миқдори гармӣ дар ин ҳолат:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t^o - t^o_1) ;$$

в) ях, ки дар ҳарорати 0°C шино мекунад. Бояд фаромӯш накард, ки агар ҳарорати ях 0°C бошад ба он аз берун қувваи ҳароратӣ диҳем он гарм нашуда ба об шудан сар мекунад ва ҳарораташ як хел меистад, то он даме, ки пурра об нашавад. Дар ин вақт он миқдори гармии фурубурда

$$Q_3 = m_3 \lambda \text{ аст.}$$

Баъд аз он ки ях об шуд массаи он m_3 меистад ва ҳарорати он низ дар аввал 0°C аст. Азбаски мувофиқи шартӣ массаи ҳарорати дар охир барқароршуда t^0 аз 0°C калон аст, ин об аз $t^{\circ}_1 = 0^{\circ}\text{C}$ сар карда, то ҳарорати охир t^0 гарм мешавад. Гармиғунҷоиши хоси ин оби ях бо гармиғунҷоиши хоси обе, ки дар он ях шино мекард, як хел аст, аммо массаҳояшон фарқ мекунад. Дар он об масса m_2 буд ва массаи оби ях m_3 аст. Бинобар он, оби ях миқдори гармиро фуру мебарад:

$$Q_4 = c_2 m_3 (t^0 - t^{\circ}_1)$$

Ҳамин тариқ, мо ба ях ду миқдори гармиро бахшидем: миқдори гармии Q_3 , ки ҳангоми шинокунӣ фуру бурдааст ва миқдори гармии Q_4 , ки оби аз ях пайдошуда (оби ях) ҳангом гарм кардан то ҳарорати мувозинатии ҳароратӣ фуру бурдааст.

Ҳамаи ин ҳарорати фурубурдашуда $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ буғ чудо мекунад.

Бо он равандҳои зерини ҳарораташ ба амал меоянд:

г) агар буғи температурааш садградусаро ба муҳити хунук гузорем, хунук нашуда, конденсатсия мешавад ва ҳарораташ доимо $t^{\circ}_2 = 100^{\circ}\text{C}$ мемонад, то он даме, ки пурра ба об мубаддал нагардад. Дар ин ҳангом миқдори гармӣ:

$$Q_5 = m_4 r; \text{ аст.}$$

д) вақте ки ҳамаи буғ конденсатсия мешавад, оби аз он ҳосилшуда массаи бо массаи буғ m_4 ва ҳарораташ $t^{\circ}_2 = 100^{\circ}\text{C}$ -ро дошта то ҳарорати мувозинатии ҳароратӣ t^0 хунук мешавад. Миқдори энергияи ҳароратии ҷудошуда:

$$Q_6 = m_4 c_2 (t^0 - t^{\circ}_2) \text{ аст.}$$

Ҳамин тариқ, ба буғ низ ду миқдори гармӣ Q_5 ва Q_6 -ро бахшидем.

Дигар ягон ҷисм дар гармиивазкунӣ иштирок намекунад ва ба ягон раванди дигар низ намегузарад. Дар бораи гумшавии ҳарорат ва ККФ ҳам ҳеҷ чизе гуфта нашудааст, пас ҳамаи ҳарорати аз ҷониби зарф, об ва ях фурубурдашударо ба ҳарорате, ки буғ ҳангоми гармиивазкунӣ ҷудо кардааст, баробар кардан мумкин аст:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6$$

ё ин ки

$c_1 m_1 (t^0 - t^{\circ}_1) + c_2 m_2 (t^0 - t^{\circ}_1) + m_3 \lambda + c_2 m_3 (t^0 - t^{\circ}_1) = m_4 r + c_2 m_4 (t^0 - t^{\circ}_2)$, ки ин муодилаи мувозинатии ҳароратӣ аст.

Акнун бояд диққат дод, ки агар ба ин зарфи обдор яхи ҳарораташ $t^{\circ}_1 = 0^{\circ}\text{C}$ неву аз он хурд, масалан, $t^{\circ}_3 = -10^{\circ}\text{C}$ -ро сар диҳем, он гоҳ, он аввал то ҳарорати $t^{\circ}_1 = 0^{\circ}\text{C}$ гарм шуда, баъд ҳарорати миқдори гармии зеринро фуру мебарад:

$$Q_7 = m_3 c_3 (t^{\circ}_1 - t^{\circ}_3).$$

Дар ин ҷо, c_3 -гармиғунҷоиши хоси ях, ки аз гамиғунҷоиши хоси об c_2 фарқ мекунад ва то ҳарорати 0°C гарм шуда ба ях обшавӣ сар мекунад. Дар ин ҳолат, ба ях се миқдори гармӣ Q_3 , Q_4 , ва Q_7 бахшида мешавад ва дар тарафи чапи муодилаи мувозинатӣ як ҷамъшаванда зиёд мегардад.

Ба ҳамин монанд, агар буғ дар ҳарорати $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$ неву дар ҳарорати баландтар $t_3 = 200^{\circ}\text{C}$ бошад, он гоҳ, ҳангоми онро ба муҳити хунук гузоштан буғ конденсатсия нашуда, аввал то ҳарорати $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$ хунук мешавад ва баъд ба конденсатсияшавӣ оғоз мекунад.

Ҳангоми хунукшавӣ вай миқдори гармии зеринро ҷудо мекунад

$$Q_8 = c_4 m_4 (t_3^0 - t_2^0)$$

Дар ин ҷо, c_4 -гармиғунҷоиши хоси буғ аст. Он аз гармиғунҷоиши хоси об кам фарқ мекунад. Бинобар он, агар шартӣ масъала дода нашуда бошад $c_4=c_2$ -ро гирифтани мумкин аст.

Ҳамин тариқ, дар ин лаҳза ба буғ мо се миқдори гармӣ - Q_5 , Q_6 ва Q_8 -ро мебахшем. Дар ин ҳангом ба тарафи рости муодилаи мувозинатии ҳароратӣ ҷамъшавандаи сеюм Q_8 -ро ҳамроҳ мекунем.

Ҳангоми тартиб додани муодилаи мувозинатии ҳароратӣ дар баъзе ҳолатҳо лозим меояд, ки то ҳашт миқдори гармиро ба назар гирем ва ягонтои онҳоро гум кардан номумкин аст, чунки масъала нодуруст ҳал мешавад.

Ба ин нигоҳ накарда масъалаҳои болоӣ нисбатан осонанд. Кор ҳамон вақт аз ин мураккабтар мешавад, ки агар дар шартӣ масъала натиҷаи охирини гармиивазкунӣ номаълум бошад. Масалан, миқдори ях чунон ҳам зиёд буданаш мумкин аст, ки фақат як қисми он об мешавад халос. Ё ин ки ях ҳамин хел ҳарорати пастро доштаниш мумкин аст, ки ҳама оби зарф ях мекунад ва то ҳарорати аз 0°C хунук мешавад. Ё ин ки, баръакс, миқдори буғ ҳамин хел зиёд ва ҳарораташ чунон баланд шуда метавонад, ки дигар боқимонда ҷисмҳо то ҳарорати 100°C метасфанд ва як қисми об (ё ҳамааш) ба буғ мубаддал мегардад.

Ин гуна масъалаҳоро дар намуди умумӣ ҳал кардан ғайриимкон аст. Барои ин аввал ҳамаи миқдори гармии фурубурдаи як қисми ҷисмҳоро ҳисоб карда ҷамъ намуда, баъд миқдори гармии ҷудокардаи дигар ҷисми боқимондаро низ ҳисоб намуда онҳоро низ ҷамъ намудан лозим аст. Баъд натиҷаҳоро муқоиса намуда дидан лозим аст, ки кадом сумма калон аст ва натиҷаи гармиивазкунӣ чӣ хел аст.

Дар мисолҳои мавриди баррасӣ дар бораи гумшавии ҳарорат ва ККФ дар раванди гармиивазкунӣ чизе гуфта нашудааст, яъне, тахмин карда шудааст, ки системаи ҷисмҳо сарбастаанд ва ҳамаи гармии як ҷисм ҷудокарда, аз ҷониби дигар ҷисм фуру бурда мешавад. Аммо дар асл ҳеҷ вақт ин тавр намешавад, як қисми қувваи гармӣ ба гармкунии муҳите, ки ҷисмро ихота кардааст сарф мешавад. Мо инро ба эътибор нагирифтаем. Агар гумшавии қувваи ҳароратиро ба эътибор нагирифтани мумкин набошад, он гоҳ дар шартӣ масъала дар ин бора ягон чиз гуфта мешавад, ё ки ККФ-и раванд дода мешавад.

ПАЙНАВИШТ:

1. Рымкевич, А.П. Сборник задач по физике/А.П.Рымкевич. – Москва: Просвещение, 1990.-191 с.
2. Лукашик, В.И. Сборник задач по физике/В.И.Лукашин. – Москва: Просвещение, 2007.-240с.
3. Перышкин, А.В. Курс физики/А.В.Перышкин. –Москва: Просвещение, 1992.-242 с.
4. Касаткина, И.Л. Репетитор по физике. Теория/И.Л.Касаткина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006.-484 с.
5. Знаменский, П.А. Методика преподавания физики/П.А.Знаменский.–Ленинград: Просвещение, 1955.-400 с.

REFERENCES:

- 1.Rymkevich, A.P.. Collection of Sums in Physics - Moscow "Enlightenment" 1990-191 p.
- 2.Lukashik, V.I.. Collection of tasks in Physics - Moscow "Enlightenment" 2007-240 p.
- 3.Peryshkin, A.V. The Course in Physics - Moscow "Enlightenment" 1992-242 p.
4. Kasatkina, I.L. Manual in Physics. Theory - Rostov-on-Don "Phoenix" 2006-484 p.
5. Znamensky, P.A.Methods of teaching physics - Leningrad "Enlightenment" 1955-400 p.