

**ТАШАККУЛИ САЛОҲИЯТИ
ТАҲҚИҚОТЧИГИИ ХОНАНДАГОН
ҲАНГОМИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲО ДОИР
БА ҚОНУНҲОИ ТЕРМОДИНАМИКА
РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ ПРИ РЕШЕНИИ
ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ЗАКОНАМИ
ТЕРМОДИНАМИКИ**

**DEVELOPMENT OF STUDENTS' RESEARCH
SKILLS IN SOLVING PROBLEMS RELATED TO
THE LAWS OF THERMODYNAMICS**

Шерматов Шавкатҷон Мамадҷонович
доценти кафедраи методикаи таълими
физикаи МДТ “ДДХ ба номи акад. Б.
Ғафуров” (Тоҷикистон, Хуҷанд)

Шерматов Шавкатдҷон
Мамадҷонович, доцент кафедри
методикаи препоавания физики ГОУ
“ХГУ имени акад.Б. Гафурова
(Таджикистан, Худжанд)

Shermatov Shavkat Mamadjonovich,
Associate Professor of the Department of
Methods of Teaching Physics, SEI “KhSU
named after acad. B.Gafurov”, (Tajikistan,
Khujand), **E-mail:soeva_t89@mail.ru**

Калидвожаҳо: термодинамика, таҳқиқот, физика, маҳфил, машгулияти беруназсинфӣ, ҳарорат, температура, ғунҷоии, ғунҷоиии хос, шабнишинӣ, мувозинати ҳароратӣ, энергия, энергияи дохилӣ, миқдори гармӣ, энергияи кинетикӣ, энегияи потенциалӣ, модда.

Дар мақола сухан оиди салоҳияти таҳқиқотчиғии хонандагон ҳангоми ҳалли масъалаҳо доир ба қонунҳои термодинамика меравад. Қайд карда мешавад, ки дар дарсҳои муқаррарӣ барои чуқур омӯхтани асосҳои назариявӣ ва амалии фанни физика вақти ҷудошуда нокифоя аст. Барои ҳамин ҳам дар мактабҳо устодоне, ки хонандагонро ба озмунҳои олимпиадаҳои фаннӣ тайёр мекунанд дарсҳои беруназсинфӣ таъкил мекунанд. Омӯзгор чиқадаре, ки салоҳияти баланд дошта бошад, шогирдонаш ҳамон қадар пешраву муваффақ мегарданд. Дар мисоли ҳалли масъалаҳои термодинамикӣ нишон дода мешавад, ки муносибати эҷодкоронаи омӯзгор имконият медиҳад то дар хонандагон қобилияти тадқиқотчиғӣ пайдо шавад ва онҳо низ барои ҳалли муаммоҳои физикӣ эҷодкорона муносибат намоянд. Ин ба он боис мегардад, ки хонандагон салоҳиятнокии хешро дар раванди ҳалли ин ё он масъалаи душвори физикӣ эҳсос намоянд.

Ключевые слова: термодинамика, исследование, физика, кружок, внеклассные занятия, теплота, температура, ёмкость, тематические вечера, тепловое равновесие, энергия, внутренняя энергия, количество теплоты, кинетическая энергия, потенциальная энергия, вещество.

В статье говорится об исследовательской компетентности студентов при решении задач, связанных с законами термодинамики. Отмечается, что на регулярных занятиях не хватает времени для углубленного изучения теоретических и практических основ физики. По этой причине учителя, готовящие учащихся к научным конкурсам и олимпиадам, организуют в школах внеклассные занятия. Чем компетентнее преподаватель, тем более продвинутыми и успешными становятся его ученики. На примере решения термодинамических задач показано, что творческий подход учителя позволяет учащимся развивать исследовательские навыки, а также творчески подходить к решению физических задач. Это позволит учащимся почувствовать свою компетентность в процессе решения той или иной сложной физической задачи.

Keywords: thermodynamics, research, physics, club, extracurricular activities, heat, temperature, capacity, theme evenings, thermal equilibrium, energy, internal energy, amount of heat, kinetic energy, potential energy, matter.

The article talks about the research competence of students in solving problems related to the laws of thermodynamics. It is noted that in regular classes there is not enough time for an in-depth study of the theoretical and practical foundations of physics. For this reason, teachers preparing students for scientific competitions and olympiads organize extracurricular activities in schools. The more competent the teacher, the more advanced and successful his students become. Using the example of solving thermodynamic problems, it is shown that the teacher's creative approach allows students to develop research skills, as well as a creative approach to solving physical problems. This will allow students to feel competent in the process of solving a particular complex physical problem.

Омӯзиши чуқури физика дар раванди дарсҳо аз рӯи барномаи дарсӣ вобаста аз он, ки соатҳои дарсӣ дар мактабҳои миёнаи тахсилоти ҳамагонӣ дар давоми ҳафта ба ҳисоби миёна дар синфҳо кам мебошанд, имконнопазир аст [5]. Ин имконият намедиҳад, ки хонандагон бо таври бояду шояд

илми физикаро азхуд намоянд. Барои ҳамин ҳам яке аз роҳҳои то қадри имкон азхудкунии дарсҳои физика ин ташкили машғулиятҳои беруназ синфӣ аст.

Дар давоми 45 дақиқаи дарсӣ мебоҷад қисми назариявӣ дарс гузаронида шавад ва хуб мешуд бо ҳалли ягон масъала он мустаҳкам карда шавад. Ҳол он, ки ҳалли баъзе маъалаҳои душвор соатҳоро талаб мекунад. Бинобар он хуб мешавад берун аз дарс, дарсҳои иловагӣ, маҳфилҳо, конференсияҳои фанӣ, шабнишиниву мусобикаҳои амаливу назариявӣ ташкил карда шаванд.

Барои ташкили самараноки машғулияти дигар маърақаҳои беруназсинфӣ омӯзгори босалоҳият лозим аст, то ки аз рӯи таҷриба, малака, дониши амиқ ва маҳорати педагогии худ тавонад хонандагонро интиҳоб намояд, ки онҳо нисбати ин фан шавқу рағбат ва қобилияти азхудкунии аз дигарон фарқкунанда дошта бошанд.

Устод ва хонанда дар вақти иҷрои корҳои амалӣ хоҳ таҷрибагузарониҳо ва хоҳ ҳалли масъалаҳо бояд муносибати эҷодкорона ё ин ки таҳқиқотчиғии худро нишон диҳанд. Дар ин ҳолат мо метавонем гӯем, ки онҳо салоҳиятнок ҳастанд.

Акнун баъзе масъалаҳои оиди қисматҳои термодинамика, ки яке аз фаслҳои душворфаҳми физика ба шумор меравад дида мебароем.

Мо пеш аз ҳама оиди мафҳумҳои энергияи дохилӣ ва миқдори гармӣ маълумоти кофӣ доштанимон лозим аст.

Энергияи дохилии ҷисм ба суммаи энергияҳои кинетикии ҳаракати молекулаҳо ва энергияи потенциалии таъсири байниҳамдигарии онҳо баробар аст:

$$U = \sum_{i=1}^N E_{K_i} + \sum_{i=1}^N E_{P_i}$$

Дар ин ҷо $\sum_{i=1}^N E_{K_i}$ -суммаи энергияҳои кинетикии ҳамаи молекулаҳои ҷисм аз 1-ум то N -ум, $\sum_{i=1}^N E_{P_i}$ -суммаи ҳамаи энергияҳои потенциалии таъсири байниҳамдигарии онҳо[4].

Дар раванди гармиивазкунӣ баъзе ҷисмҳо миқдори гармиро медиҳанд, дигарашон мегиранд. Миқдори гармӣ Q чунин таъриф дода мешавад:

миқдори гармӣ – ин андозаи тағйирёбии энергияи дохилӣ мебошад, ки бо иҷроиши кор ва кӯчиши модда алоқа надорад. Миқдори гармӣ ин бузургии скалярӣ аст. Дар системаи СИ миқдори гармӣ бо воҳиде чен карда мешавад, ки ба монанди энергия ва кор ҷоул аст. Дар адабиётҳои кӯҳнаи таълимӣ ва илмӣ воҳидҳои берун аз системавӣ вомерхӯранд: калория ва килокалория, $1 \text{ кал} = 4,186 \text{ Ҷ}$ ва $1 \text{ ккал} = 4186 \text{ Ҷ}$ аст.

Агар то додани гармӣ энергияи дохилӣ U_1 ва баъди додан гармӣ U_2 бошад, онҳо миқдори гармии ба ҷисм додашуда[6]

$$Q = U_2 - U_1 \text{ ҳангоми } A = 0$$

Гармиғунҷоиши хоси модда ба нисбати миқдори гармие, ки ҳангоми гармкунӣ гирифтааст бар масса модда ва тағйирёбии температура $\Delta T = T_2 - T_1$ баробар аст:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad \text{ё} \quad c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)}$$

Азбаски тағйирёбии температура аз рӯи шкалаи Келвин ба тағйирёбии температура аз рӯи шкалаи Селсия $\Delta T_K = \Delta t^\circ C$, он гоҳ формулаи гармиғунҷоиши хосро бо таври зерин навиштан мумкин аст:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t^\circ} \quad \text{ё} \quad c = \frac{Q}{m(t_2^\circ - t_1^\circ)}$$

Дар баъзе ҳолатҳо дар шартҳои масъала гап дар бораи гармиғунҷоиши хоси модда неву, дар бораи гармиғунҷоиши ҷисм C_T меравад. Ин тамоман дигар бузургӣ аст. Таърифи гармиғунҷоиши ҷисм C_T : гармиғунҷоиши ҷисм – ин бузургииест, ки ба нисбати миқдори гармие, ки ҷисм ҳангоми гармшавӣ фуру бурдааст Q бар тағйирёбии температураи он ΔT баробар аст:

$$C_T = \frac{Q}{\Delta T}, \quad C_T = \frac{Q}{T_2 - T_1} \quad \text{ё} \quad C_T = \frac{Q}{t_2^\circ - t_1^\circ}$$

Гармиғунҷоиши ҷисм ба ҳосили зарби гармиғунҷоиши хоси моддае, ки аз он тайёр карда шудааст бар массаи худ ҷисм баробар аст.

$$C_T = cm$$

Таърифи массаи молярӣ C : массаи молярӣ бузургии физикиест, ки ба нисбати миқдори гармии Q , ки модда ҳангоми гармшавӣ фуру бурдааст ё ҳангоми хунукшавӣ додааст, бар миқдори молҳо ν ва тағйирёбии температура ΔT баробар аст:

$$C = \frac{Q}{\nu\Delta T}$$

Алокаи байни гармигунчоиши молярӣ ва ҳос[4]: гармигунчоиши молярӣ модда ба ҳосили зарби гармигунчоиши хоси он бар массаи ин модда баробар аст:

$$C = Mc$$

Гармии хоси гудозиш – ин бузургии физикиест, ки ба нисбати миқдори гармии Q-и ҷисми кристаллӣ дар раванди гудозиш фуру бурда, бар массаи ин ҷисм баробар аст:

$$\lambda = \frac{Q}{m}$$

Гармии хоси буғшавӣ - ин бузургии физикиест, ки ба нисбати миқдори гармие, ки барои ба буғ мубаддал гаштани моеъ ҳангоми температураи ҷушиш зарур аст, бар массаи ин моеъ баробар аст:

$$r = \frac{Q}{m}$$

Гармии хоси сӯзиши сӯзишворӣ – ин бузургии физикиест, ки ба нисбати миқдори гармии сӯзишворӣ ҷудокарда бар массаи сӯзишворӣ баробар аст:

$$q = \frac{Q}{m}$$

Масъалаҳои термодинамика

Масъалаҳои термодинамика ба се гурӯҳи шартӣ ҷудо мешаванд:

Гурӯҳи якум ин масъалаҳое, ки дар онҳо протсессҳои гузаштани ҳарорат аз ҷисмҳои гарм ба хунук дида баромада мешавад, ки дар натиҷаи он мувозинатии ҳароратӣ барқарор мегардад, яъне температураи ҷисмҳо баробар мешавад. Дар ин ҳангом қор иҷро намешавад ва энергияи ҳароратӣ ба дигар намудҳои энергия мубаддал намешавад. Ин ҳел масъалаҳо бо роҳи тартиб додани муодилаҳои мувозинатии ҳароратӣ ҳал карда шуда бузургии талаб карда шудаи номаълум ёфта мешавад.

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

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

Қайд бояд кард, ки ба гурӯҳҳо ҷудо кардан ин амали шартӣ аст, чунки дар асоси равандҳо, ки дар ин масъалаҳо дида баромада мешаванд, ҳамон як қонуни бақо ва тақдирҳои энергияи ҳароратӣ меҳобад, ва он барои ҷисмҳои мухталиф ва равандҳои дар онҳо гузаранда татбиқи худро меёбад. Бо ҳам алоқаманд карда тавонистани се гурӯҳ ин як раванди муносибати таҳқиқотчиӣ омӯзгору хонанда ба ҳисоб меравад.

Мо дар ин мақолаи худ масъалаҳои 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 гузашти энергияи ҳароратӣ мавҷуд набояд, онҳо аз рӯи қонуни бақои энергия миқдори гармии дар раванди гармкунӣ ё ин ки гудозиш ё буғҳосилкунӣ (буғшавӣ ё ҷушиш) аз ҷониби ҷисмҳо фуру бурдашуда ба миқдори гармии аз ҷониби дигар ҷисмҳо дар раванди хунуккунӣ, кристаллизатсия (сахтшавӣ), конденсатсия ва сӯхтан ҷудокардашуда баробар аст. Ҳангоми ҳалли чунин масъалаҳо лозим аст, ки суммаи миқдори гармии аз ҷониби ҳар як ҷисми системаи термодинамикӣ дар раванди гармкунӣ, гудозиш ё буғҳосилшавӣ фуру бурдашударо бо суммаи миқдори гармии аз ҷониби ҷисмҳои дигари ҳамин система 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 ҳо миқдори гармии фуру бурдашударо бузургии мусбат ва ҷудокардашударо манфӣ ҳисобидан мумкин аст.

Муодилае, ки дар он суммаи миқдори гармии як қатор ҷисмҳои системаи термодинамикӣ гирифта ба суммаи миқдори гармии ба дигар ҷисмҳои ин система додашуда баробар аст, муодилаи мувозинатии ҳароратӣ номида мешавад. Он моҳиятан қонуни бақои энергияи ҳароратии системаи термодинамикиро таҷассум мекунад.

Агар ҳамаи ҳарорати аз ҷониби ҷисмҳои системаи термодинамикӣ додашуда, аз ҷониби дигар ҷисмҳои ин система нопурра гирифта шавад, пас дар ин раванд ҳарорат ба ҷисмҳои фурубаранда бо талаф меояд. 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 фойданок (ККФ) низ ягон чиз гуфта мешавад[4].

Коэффитсиенти кори фойданоки η (ККФ) раванди ҳароратӣ ин нисбати миқдори гармии фойданок истифодашуда Q_{Φ} , ки ҷисми дигар фуру мебарад, бар миқдори гармии сарфшуда яъне аз ҷониби ҷисми дигари ин система ҷудошуда Q_c баробар аст:

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

Ҳамаи гармии аз ҷониби ҷисм фурубурдашуда, яъне гармие, ки ҷисм гирифтааст миқдори гармии фойданок ва ҳамаи гармии ҷудокардашуда ин миқдори гармии сарфшуда, яъне додашуда мебошад.

Агар ККФ аз 100 фисад калон шавад ин имконнопазир аст, чунки фурубарии миқдори калони гармӣ аз миқдори гармии ҷудокардашуда мумкин нест. Пас дар вақти ҳалли масъала мо ба хатоғӣ роҳ додаем, яъне мумкин ҷои махраҷ ва сурат иваз шуда бошад. Бинобарон 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 фисад, яъне ин маънои онро дорад, ки ККФ-и раванд 40 фисад аст. Бояд бодикқат шуд ва ККФ-ро бо талафоти гармӣ омехта накардан лозим аст, ки дар акси ҳол ҳалли масъала хато мешавад.

Дар равандҳои гармиивазкунӣ ҳама вақт якчанд ҷисмҳо иштирок мекунанд ва дар ин ҳолатҳо муҳим аст, ки кадом ҷисмҳо гармиро фуру мебаранд ва кадом ҷисмҳо ҷудо мекунанд муайян кунем ва баъд ба ҳар як ҷисм индекси миқдори гармиашро мемонем. Дар ин ҳангом ҳамон як ҷисм метавонад дар якчанд равандҳои фурубарӣ иштирок кунад, масалан дар ибтидо метасфад, баъд ғудохта мешавад ва дар охир ба буғ табдил меёбад. Ба ҳамаи бузургҳои ба ин равандҳо мутааллиқ, ки бо формулаҳои гуногун муайян карда мешаванд индекси 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 ҳадашро Q бо индекси алоҳида медиҳем ва ҳаракат мекунем, ки онҳоро бо ҳамдигар омехта накунем. Баъд ҳамаи миқдори гармии “фурубурдашударо” бо ҳам ҷамъ карда боз суммаи ҳосилшударо бо суммаи ҳамаи миқдори гармии “ҷудошуда” баробар мекунем. Ҳамин тариқ мо муодилаи мувозинатии ҳароратро ҳосил мекунем. Баъд бузургҳои дар шартӣ масъала додашударо ба формула гузошта бузургҳои номаълумро меёбем.

Акнун формулаҳои, ки дар раванди ҳалли масъалаҳо доир ба ин мавзӯи истифода мешаванд пешкаш менамоем[4]:

Фурубарии ҳарорат ҳангоми гармкунӣ:

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

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

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

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

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

Ҳангоми ҷӯшиш

$$Q = m\lambda$$

Ҳангоми бугшавӣ

$$Q = mr$$

Гармии ҷудокардашуда ҳангоми хунукшавӣ:

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

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

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

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

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

Ҳангоми кристаллизатсия

$$Q = m\lambda$$

Ҳангоми конденсатсия

$$Q = mr$$

Ҳангоми сӯзиш

$$Q = mq$$

Дар ин ҷо c -гармиғунҷоиши хоси модда, C_T – гармиғунҷоиши модда, C – гармиғунҷоиши молярии модда, λ - гармии хоси ғудозиш, r – гармии хоси буғҳосилкунӣ, q – гармии хоси сӯзиши модда. Ҳамаи ин бузургӣҳоро ба ғайр аз гармиғунҷоиши ҷисм C_T дар маълумотномаҳо ёфтани 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, бинобарон дар муодила онро бо s ишора мекунем фақат индексҳояшон гуногун мешавад.

Ҳамаи доимӣҳоро барои гармиғунҷоиши хос аз маълумотнома ё ҷадвалҳои дар китобҳои маҷмӯаи масъалаҳо буда ёфтани мумкин аст.

Агар ҳамон як модда пурра аз як ҳолати агрегатӣ ба дигараш гузарад, онгоҳ $m_1 = 1$ кг массаи он як ҳел меистад ва онро бо як ҳарф ва як индекс навиштан мумкин аст. Масалан яхи массааш $m_1 = 1$ кг ба об мубаддал шуд, массаи ин об низ $m_1 = 1$ 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 додасуда мебошад, m -массаи ҷисм, c -гармиғунҷоиши хоси модда, t^{0_2} -температураи баланд, ки ҷисм ҳангоми гармкунӣ ё хунуккунӣ доро буд, t^{0_1} -температураи аввала. Ҳар дуи ин бузургӣҳоро температураи аввала ва охира низ меноманд. Бояд донем, ки ҳангоми хунуккунӣ дар пеши миқдори гармӣ аломати минус гузоштан лозим

аст. Масалан агар ҷисми массааш m_3 аз температураи $t^{0_1}=40^{\circ}\text{C}$ то температураи $t^{0_2}=10^{\circ}\text{C}$ хунук шуда бошад, онгоҳ миқдори гармии додасуда

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

Агар мо аз ибтидо температураи баланди ҷисм 40°C -ро бо t^{0_2} ва температураи паст 10°C -ро бо t^{0_1} ишора кунем, онгоҳ метавонем муодиларо чунин нависем:

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

Агар мо t^{0_2} -ро доимо охира ва t^{0_1} -ро доимо аввала ҳисобем, пас мо бояд ҳамаи миқдори гармии гирифташуда ва додасударо бо баҳисобгирии плюс ва минуси онҳо ҷамъ кунем ва суммаи алгебравии ҳосилшударо ба сифр баробар намоем.

Тағйирёбии температура Δt^0 аз рӯи шкалаи Селсия ба тағйирёбии температура ΔT аз рӯи шкалаи Келвин баробар аст дар формулаҳои

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

Масъалаҳое ҳастанд, ки дар онҳо температура бо шкалаи селсия ва температураи мутлақ дода мешаванд. Дар баъзе масъалаҳо ва маълумотномаҳо ба ҷои калимаи “гармиғунҷоиши хос” калимаи “гармиғунҷоиш” менависанд, ки гармиғунҷоиш c дар назар дошта шудааст. Барои он, ки ҳар дуи гармиғунҷоишҳоро (c ва C_T) омехта накунем мо албатта бояд ба воҳиди ҷенкунии онҳо аҳамият диҳем. Агар $\frac{q}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ бошад ин гармиғунҷоиши хос аст ва агар $\frac{C}{\text{кг}}$ бошад ин гармиғунҷоиши ҷисм аст.

Агар температураи хоси сӯзиш бошад бо ҳарфи q ишора мекунем.

Намунаи ҳалли масъалаҳо

Акнун якҷан масъалаҳоро доир ба тартиб додани муодилаи мувозинати ҳароратӣ дида мебароем.

Масъалаи 1. Ҷисми тасфони массааш m_1 , гармиғунҷоиши хосаш c_1 ва температурааш t^{0_1} -ро ба калориметри массааш m_2 , гармиғунҷоиши хосаш c_2 , ки дар дохилаш оби массааш m_3 , гармиғунҷоишаш c_3 ҳаст ғӯтониданд. Температураи оби хунук ва калориметр t^{0_2} аст. Дар

натиҷаи гармиивазкунӣ температураи ҳисм, калориметр ва об якхела t^0 шуд. Муқаррар аст, ки температураи охира t^0 аз температураи аввала t^0_1 хурд аст, аммо аз температураи аввалаи оби хунук ва калориметр t^0_2 калон аст. Мувофиқан ҳисми тасфони миқдори гармии $Q_1 = c_1 m_1 (t^0_1 - t^0)$ -ро ҷудо мекунад, яъне аз температураи аз ҳама баланди t^0_1 то температураи пасти t^0 хунук мешавад. Калориметри хунук ва оби хунук миқдори гармии $Q_2 = c_2 m_2 (t^0 - t^0_2)$ ва $Q_3 = c_3 m_3 (t^0 - t^0_2)$ –ро гармшавон аз температураи пасти t^0_2 то температураи баланди охира t^0 мегиранд.

Муодилаи мувозинатии 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

$$c_1 m_1 (t^0_1 - t^0) = c_2 m_2 (t^0 - t^0_2) + c_3 m_3 (t^0 - t^0_2)$$

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

Масъалаи 2. Ба зарфи массааш m_1 , гармигунҷоишаш c_1 оби хуноки массааш m_2 ва гармигунҷоишаш c_2 , ки дар он яхи массааш m_3 -и гармии хоси гудозишаш λ шино мекунад рехта шудааст. Зарф, об ва ях дар мувозинатии ҳароратианд, яъне температураи якхела доранд. Ин температура метавонад фақат $t^0_1 = 0^\circ\text{C}$ бошад, чунки дар дигар температура мувозинатии ҳароратӣ вайрон мешавад. Дар температураи аз 0°C баланд ях об мешавад, аз ин паст шавад ях мекунад. Ҳамин тариқ дар шартӣ масъала сухан дар бораи яхи дар об шинокунада равад, меғӯем, ки температураи онҳо якхел ба 0°C баробар аст. Об дар даруни ягон зарф бошад температураи он низ ба 0°C баробар аст.

Масъаларо давом медиҳем. Ба зарфи обу яхдор буғи температурааш 100°C ва массааш m_4 -ро сар доданд, ки гармии хоси буғшавиаш r аст. Дар натиҷаи гармиивазкунӣ тамоми ях об ва буғ конденсатсия шуда температураи зарф t^0 мешавад, ки он аз $t^0_1 = 0^\circ\text{C}$ калон ва аз $t^0_2 = 100^\circ\text{C}$ хурд аст. Акнун барои ин масъала муодилаи мувозинатии ҳароратино месозем.

Ин масъала нисбати масъалаи болоӣ душвор аст. Дар масъалаи болоӣ фақат равандҳои гармкунӣ ва хунуккунӣ ҷой доштанд, дар ин ҷо гудозиш ва конденсатсия мавҷуд аст. Ҳеҷ гап не дида мебароем. Ба ёд меорем, ки ба ҳар як раванд ва ба ҳар як ҳисм миқдори гармии Q – и ҳудаш хос аст ва набояд ягон чиз гум шавад.

Инак ҳисме, ки гармиро фуру мебарад ин:

а) зарфи массааш m_1 бо гармигунҷоиши c_1 , ҳангоми ба он сар додани буғи температурааш 100°C фақат аз ҳарорати $t_1 = 0^\circ\text{C}$ то температураи умумии мувозинатии ҳароратӣ t^0 гарм мешавад, бинобарон миқдори гармие, ки зарф фуру мебарад

$$Q_1 = c_1 m_1 (t^0 - t^0_1) ;$$

б) оби массааш m_2 бо гармигунҷоиши c_2 , ки дар он ях шино ба монанди зарф аз температураи $t^0_1 = 0^\circ\text{C}$ то t^0 гарм мешавад, бинобарон миқдори гармӣ дар ин ҳолат

$$Q_2 = c_2 m_2 (t^0 - t^0_1) ;$$

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

$$Q_3 = m_3 \lambda$$

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

$$Q_4 = c_2 m_3 (t^0 - t^0_1)$$

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

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

Бо ин равандҳои зерини ҳароратӣ ба амал меоянд[2]:

г) агар буғи температурааш сад градусаро ба муҳити хунук гузорем, хунук нашуда конденсатсия мешавад ва температурааш доимо $t^0_2=100^0\text{C}$ мемонад то он даме, ки пурра ба об мубаддал нагардад. Дар ин ҳангом миқдори гармӣ

$$Q_5 = m_4 r;$$

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

$$Q_6 = m_4 c_2 (t^0_2 - t^0)$$

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

Дигар ягон ҷисм дар гармиивазкунӣ иштирок намекунад ва 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

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

Акнун бояд диққат дод, ки агар ба ин зарфи обдор яхи температурааш $t^0_1=0^0\text{C}$ неву аз он хурд, масалан $t^0_3 = -10^0\text{C}$ -ро сар дихем онгоҳ он аввал то температураи $t^0_1=0^0\text{C}$ гарм шуда баъд ҳарорати миқдори гармиаш зеринро фуру мебурд

$$Q_7 = m_3 c_3 (t^0_1 - t^0_3).$$

Дар ин ҷо c_3 -гармиғунҷоиши хоси ях, ки аз гамиғунҷоиши хоси об c_2 фарқ мекунад ва то температураи 0^0C гарм шуда ба ях обшавӣ сар мекунад. Дар ин лаҳза ба ях се миқдори гармӣ Q_3 , Q_4 , ва Q_7 -ро “бахшида” мешавад ва дар тарафи чапи муодилаи мувозинатӣ як чамъшаванда зиёд мегардад. Ба ҳамин монанд, агар буғ дар температураи $t_2=100^0\text{C}$ неву дар температураи баландтар $t_3=200^0\text{C}$ бошад, онгоҳ ҳангоми онро ба муҳити хунук гузоштан буғ конденсатсия нашуда аввал то температураи $t_2=100^0\text{C}$ хунук мешуд ва баъд ба конденсатсияшавӣ оғоз мекард.

Ҳангоми хунукшавӣ вай миқдори гармии зеринро ҷудо мекунад

$$Q_8 = c_4 m_4 (t^0_3 - t^0_2)$$

Дар ин ҷо c_4 -гармиғунҷоиши хоси буғ. Он аз гармиғунҷоиши хоси об фарқ мекунад. Бинобарон дар шартӣ масъала дода нашуда бошад $c_4=c_2$ 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 ростӣ муодилаи мувозинатии ҳароратӣ чамъшавандаи сеюм Q_8 -ро ҳамроҳ мекунем. Мо дида истодаем, ки ҳангоми тартиб додани муодилаи мувозинати ҳароратӣ дар баъзе ҳолатҳо лозим меояд, ки то ҳаштто 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 агар дар шартӣ масъала натиҷаи охирини гармиивазкунӣ номаълум бошад. Масалан, миқдори ях ҷунон ҳам зиёд буданаш мумкин аст, ки фақат як қисми он об мешаваду халос. Ё ин ки ях ҳамин ҳел температураи пастро доштаниаш мумкин аст, ки ҳамаи оби зарф ях мекунад ва то температураи аз 0^0C хунук мешавад. Ё ин ки баръакс миқдори буғ ҳамин ҳел зиёд ва температурааш ҷунон баланд шуда метавонад, ки дигар боқимонда ҷисмҳо то температураи 100^0C 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 суммиронидан лозим аст, баъд миқдори гармии ҷудо кардаи дигар боқимонда ҷисмҳоро низ ҳисоб намуда онҳоро низ суммиронидан лозим аст. Баъд натиҷаҳоро муқоиса намуда дидан лозим аст, ки кадом сумма калон аст ва натиҷаи гармиивазкунӣ чӣ ҳел аст.

Дар мисолҳои дида баромада шуда дар бораи гумшавии ҳарорат ва ККФ дар раванди гармиивазкунӣ ҳеҷ чиз гуфта нашудааст, яъне фараз карда шудааст, ки системаи ҷисмҳо сарбастаанд ва ҳамаи гармии як ҷисм ҷудо карда аз ҷониби дигар ҷисм фуру бурда мешавад. Аммо дар асл ҳеҷ вақт ин тавр намешавад, як қисми энергияи гармӣ ба гармкунии муҳите, ки ҷисмро ихота кардааст сарф мешавад. Мо инро ба эътибор нагирифтаем. Агар гумшавии энергияи ҳароратиро ба эътибор нагирифта мумкин набошад, онгоҳ дар шартӣ масъала дар ин бора ягон чиз гуфта мешавад ё ки ККФ-и раванд дода мешавад.

АДАБИЁТ:

1. Рымкевич, П. Сборник задач по физике/П.Рымкевич. - Москва «Просвещение»1990г.
2. Лукашик, В.И. Сборник задач по физике/ В.И. Лукашик. –Москва «Просвещение» 2007г.
3. Перышкин, А.В.Курс физики/А.В.Перышкин.–Москва «Просвещение» 1992г.
4. Касаткина,И.Л.Репетитор по физике теория/ И.Л.Касаткина –Ростов-на-Дону «Феникс» 2006г.
5. Знаменский,П.А. Методика преподавания физики Ленинград/П.А.Знаменский. «Просвещение» 1955г.
6. Трофимова, Т.И. Курс физики/Т.И.Трофимова.-М., 1998.
7. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики/Т.И.Трофимова.- М., 1996.
8. Трофимова,Т.И. Физика. 500 основных законов и формул/Т.И.Трофимова.-Справочник, М., 1997.
9. Трофимова, Т.И. Оптика и атомная физика: законы, проблемы, задачи (справочник для студентов вузов)/ Т.И.Трофимова.-М., 1998.
10. Кабардин, и др. Контрольные и проверочные работы по физике. 7 – 11 кл. Изд. дом «Дрофа». Москва - 1998.
11. Балашов, М. М. Физика. Задачник. 7 – 8 кл. Изд. дом «Дрофа». Москва - 1998.
12. Ильин, В. А. Физика в формулах. 7 – 11 кл. Изд. дом «Дрофа». Москва - 1998.
13. Орлов, А. В. Физика в таблицах. 7 – 11 кл. Изд. дом «Дрофа». Москва -

REFERENCES:

1. Rymkevich P. Collection of problems in physics. - M.: Enlightenment, 1990.
2. Lukashik V. I. Collection of problems in physics. - M.: Enlightenment, 2007.
3. Peryshkin A. V. Physics course. - M.: Enlightenment, 1992.
4. Kasatkina I. L. Tutor in physics theory - Rostov-on-Don: Phoenix, 2006.
5. Znamensky P. A. Methods of teaching physics. Leningrad: Enlightenment, 1955.
6. Trofimova T. I. Physics course. - M., 1998.
7. Trofimova T. I. Collection of problems for the physics course. – M., 1996.
8. Trofimova T. I. Physics. 500 basic laws and formulas. Handbook. – M., 1997.
9. Trofimova T.I. Optics and atomic physics: laws, problems, tasks (handbook for students of higher educational institutions). - M., 1998.
10. Kabardin et al. Tests and examinations in physics. 7-11 grades. - M.: Drofa, 1998.
11. Balashov M.M. Physics. Problem book. 7-8 grades. - M.: Drofa, 1998.
12. Ilyin V.A. Physics in formulas. 7-11 grades. - M.: Drofa, 1998.
13. Orlov A.V. Physics in tables. 7-11 grades. - M.: Drofa,