**План:**

**Вступ**.....................................................................................................................3

1. Основні поняття термодинаміки.................................................................4
2. Перший початок термодинаміки.................................................................5
3. Другий початок термодинаміки..................................................................6
4. Необхідні і достатні умови існування систем.............................................8
5. Ентропія Землі............................................................................................10
6. Термодинаміка і проблеми довкілля.........................................................13

**Висновок**..............................................................................................................17

**Використана література**....................................................................................18

**Вступ.**

Термодинаміка вивчає закономірності теплового руху в рівноважних системах і під час переходу систем в рівновагу (класична або рівноважна, термодинамічна), а так само узагальнює ці закономірності на нерівноважні системи рівноважна термодинамічна або термодинаміка безповоротних процесів.

Термодинаміка безповоротних процесів є порівняно молодою і розділом термодинамічної фізики, що інтенсивно розвивається. Вона виникла в результаті узагальнення класичної термодинаміки на область малих відхилень системи від рівноваги і надалі була поширена на побудову теорії процесів в сильно нерівноважних системах.

**Основні поняття термодинаміки.**

Макроскопічна система - всякий матеріальний об'єкт, всяке тіло, що складається з великого числа часток. Рівноважний стан системи - це такий стан, коли в системі не лише усі параметри постійні в часі, і немає ніяких стаціонарних потоків за рахунок дії яких-небудь зовнішніх джерел. Ізольована або замкнута система - система, яка не обмінюється з навколишніми тілами ні енергією, ні речовиною. Відкрита система - система, яка обмінюється з навколишніми тілами енергією і речовиною. Закрита система - система, що не обмінюється з іншими тілами речовиною, але обмінюється енергією. Енергія системи - енергія безперервно рухомих і взаємодіючих часток. Повна енергія системи розділяється на зовнішню і внутрішню. Частина енергії, що складається з енергії руху системи як цілого і потенційної енергії системи в полі зовнішніх сил, називається зовнішньою енергією. Інша частина енергії системи називається внутрішньою енергією. Кількість теплоти - енергія, передана системі без зміни її зовнішніх параметрів. Процес називається рівноважним або квазістатичним, якщо усі параметри системи змінюються фізично нескінченно повільно, так що система увесь час знаходиться в рівноважних станах. Час релаксації - проміжок часу, в течії якого система повертається в стан рівноваги. Якщо зміна якого-небудь параметра a відбувається за час t, менше або рівніше часу релаксації τ (t≤τ), так що, то такий процес називається нерівноважним або нестатичним. Процес переходу системи із стану 1 в 2 називається оборотним, якщо повернення цієї системи в початковий стан з 2 в 1 можна здійснити без яких би то не було змін в навколишніх зовнішніх тілах. Процес же переходу системи із стану 1 в 2 називається безповоротним, якщо зворотний перехід системи з 2 в 1 не можна здійснити без змін в навколишніх тілах.

**Перший початок термодинаміки.**

Термодинаміка - дедуктивна наука. Її основні успіхи можуть бути охарактеризовані тим, що вона дозволяє отримати безліч різних співвідношень межу величинами, що визначають стан тіл, спираючись на дуже загальні електричні закони - початку-термодинаміки. Обговоримо зміст цих основних законів і відповідним їм основних рівнянь термодинаміки. Однією з аксіом термодинаміки є перший початок термодинаміки, стверджуючий наступний, : внутрішня енергія термодинамічної системи є функцією стану, що змінюється тільки при взаємодії з оточенням. Зміна внутрішньої енергії пов'язана з роботою і кількістю теплоти рівнянням першого початку термодинаміки :

*δQ = dE + δА. (1)*

Вираження (1) по суті є законом збереження енергії, що описує взаємодію макросистеми з оточенням. Перший початок термодинаміки, встановлюючи зв'язок між dE, δА і δQ, тим самим дозволяє звести вимір dE до виміру макроскопічних величин, таких як робота або кількість теплоти. З іншого боку, перший початок термодинаміки дозволяє зробити певний висновок про ту механічну роботу, яку можна отримати в тому або іншому процесі, що представляє великий практичний інтерес. Історично встановлення першого початку термодинаміки (закону збереження енергії) було пов'язане якраз з невдачами при спробах сконструювати машину, яка здійснювала б роботу, не витрачаючи при цьому ніякої енергії і не отримуючи теплоти ззовні. У термодинаміці таку нездійсненну машину називають вічним двигуном першого роду. Для періодично діючої машини dE = 0; тому для періодичного виробництва нею роботи через закон збереження енергії необхідно або підводити кількість теплоти δQ або використовувати роботу δА інших джерел енергії. Неможливо побудувати вічний двигун, який виконував би велику роботу, чим кількість що поглинається їм ззовні енергії. Останнє твердження можна розглядати як одне з формулювань першого початку термодинаміки. Надалі для позначення елементарної зміни внутрішньої енергії dE, елементарної роботи δА і кількості теплоти δQ використовуватимемо тільки один символ: d.

**Другий початок термодинаміки.**

Другий початок термодинаміки - один з принципів термодинаміки, постулювало існування ще однієї функції стану - ентропії і визначає характер її зміни в оборотних і безповоротних процесах, стверджуючи, що зміна ентропії в макросистемах більше або дорівнює зміні приведеної теплоти для нерівноважних і рівноважних процесів відповідно. Математичним вираженням другого початку термодинаміки є співвідношення між елементарною зміною ентропії і приведеною теплотою :

. (2)

Скористаємося першим початком термодинаміки і виразимо у вираженні (2) кількість теплоти dQ через зміну внутрішньої енергії dE і елементарну роботу dA. Отримаємо:

 (3)

Знак рівності у вираженні (3) відповідає оборотним процесам, нерівність характеризує зміну ентропії в нерівноважних процесах. Таким чином, для рівноважних процесів з вираження (3) маємо рівність:

*TdS = dE + dA (4)*

зване основним рівнянням термодинаміки для рівноважних процесів, і нерівність:

*TdS>dE + dA (5)*

зване основною нерівністю термодинаміки для нерівноважних процесів.

Процеси в макросистемах можуть протікати тільки за умови виконання співвідношень (2). Існує декілька еквівалентних формулювань другого початку термодинаміки, вони відбивають історичний хід розвитку знань в цій області і підкреслюють різні сторони проблеми. Формулювання Клаузіуса (1850) : процес, при якому в системі не відбувається ніяких змін, окрім передачі теплоти від гарячого тіла до холодного, є безповоротним; інакше кажучи, теплота не може мимоволі перейти від холоднішого тіла до гарячішому без яких-небудь інших змін в системі. Формулювання Томсона(1851) : процес, при якому теплота переходить в роботу, є безповоротним; інакше кажучи, неможливо перетворити в роботу усю теплоту, узяту від тіла з однорідною температурою, не виробляючи ніяких інших змін в стані системи. Принцип неможливості створення вічного двигуна другого роду : неможливо створити періодично працюючу машину, яка виконувала б роботу за рахунок поглинання теплоти одного теплового резервуару, не викликаючи при цьому ніяких інших змін стану системи. (Таку уявну машину прийнято називати вічним двигуном другого роду)

**Необхідні і достатні умови існування систем.**

Народження життя на Землі, її розвиток і існування, антропогенна діяльність знаходяться в строгій відповідності з другим початком термодинаміки - законом зростання ентропії. Цей закон показує, як і яким чином відбувається неминуче погіршення якості довкілля для досягнення головної мети - забезпечення існування життя на планеті і стійкого розвитку. Для еволюції впорядкованих систем і їх існування потрібно необхідні і достатні умови:

* потрібні джерела, що забезпечують системи речовиною, енергією з низькою ентропією;
* можливість позбавлення від відходів, що мають високу ентропію.

Особливість живого організму полягає в тому, що він підтримує себе на порівняно низькому рівні ентропії, користуючись високоякісною енергією, за рахунок зростання ентропії довкілля, а умовою існування життя є достатність запасів ентропій природного довкілля. Для забезпечення життя довкілля повинне знаходитися в "достатньому впорядкованому стані". У ній повинні знаходитися ряд живлячих підсистем : сонячне випромінювання, повітря, вода, мінерали, рослини, тварини і тому подібне. Існування і розвиток життя створюють нові високовпорядковані системи, але при цьому прискорюються процеси зростання ентропії. У довкілля (у космос) виносяться низькоякісні потоки енергії (довгохвильові випромінювання) і інші відходи людської цивілізації. Життя створює актуальну впорядкованість з неактуальної невпорядкованості. При цьому відбувається збільшення ентропії в неактуальній частині загальної системи. У нашому випадку актуальною підсистемою є біосфера на Землі, неактуальній, - космічний простір, звідки приходить сонячне випромінювання, що дає життя на Землі. Туди ж, в космічний простір, розсіюється випромінювання із земної поверхні. Це випромінювання має більшу ентропію, тобто нижчою якістю енергії, чим потік сонячного випромінювання. Тому зростання впорядкованості в біосфері Землі з великим надлишком сплачене збільшенням ентропії Всесвітом. Головне при цьому полягає в тому, що відбувається переміщення зростання ентропії в неактуальні частини системи. Таким чином, у цілковитій згоді із законом зростання ентропії досягається локальне зменшення ентропії в актуальних для життя людини підсистемах. Насправді, немає жодного процесу в житті, де порушувався б закон зростання ентропії. Усі процеси в біосфері пов'язані з цим законом. Людина, як вищий продукт живої природи, знаходиться на верхньому рівні піраміди ентропії, де її значення має дуже мале значення, але стійкість цього рівня забезпечується за рахунок значного зростання ентропії рівнів, що пролягають нижче, і інших живлячих підсистем. Положення рівня людини дуже чутливо до будь-яких зовнішніх дій і потрібно великий набір додаткових достатніх умов, що забезпечують відносну стабільність існування цього рівня, що склався в ході тривалих процесів еволюції живої матерії. Мало того, що для забезпечення людського життя потрібні повітря, вода, їжа, житло, сонячне випромінювання і багато що інше, але вимагається, щоб вода і повітря були чистими. Такі, до яких звикла людина за довгі роки еволюційного розвитку. Потрібно великий набір біотичних і абиотических чинників, що забезпечують достатність стійкості життя. Швидка зміна одного з цих чинників може порушити стійкість рівня в піраміді, де знаходиться людина. Ні склад води, ні склад повітря і так далі не повинні швидко мінятися від складу, що склався за еволюційний період. Якщо, наприклад, абиотические чинники міняються (склад води, повітря і тому подібне), то швидкість цих змін має бути такою, щоб устигав спрацьовувати механізм адаптації живого організму. Необхідні (обов'язкова наявність низької ентропії відкритої підсистеми за рахунок більшого приросту ентропії зовнішніх живлячих систем) і достатні (набір біотичних і абиотических чинників, що постійних або міняються із швидкістю адаптації) умови забезпечують стійкість життя в біосфері. Необхідно відмітити, що ці умови не охоплюють усі сторони багатогранного життя людини і суспільства з його наукою, культурою, виробництвом, мистецтвом, етикою, мораллю і так далі, проте вони є фундаментом і каркасом будівлі, в якій живе і творить людина.

**Ентропія Землі.**

Планета Земля разом з живою і неживою природою є складною самостійною екосистемою, в якій треба піклуватися про її стан, здатний забезпечити існування життя. Для цього необхідно, щоб були, по-перше, джерела, в яких відбуватиметься зростання ентропії в системі "Земля - космос" за рахунок зменшення ентропії в ноосфері, по-друге, потрібні способи позбавлення від відходів людської цивілізації. Найважливішим джерелом енергії з низьким значенням ентропії є сонячне випромінювання, яке забезпечує життєдіяльність біосфери, протікання різних нерівноважних процесів, включаючи фотосинтез і інші біохімічні і біофізичні реакції. Довгохвильове теплове випромінювання Землі, що йде в космос, відносить частину "відходів" у вигляді приросту ентропії, як неминучого побічного продукту багатьох земних процесів природного і техногенного походження. Баланс енергії при цьому зберігається. Головне полягає в тому, що сонячна енергія має нижчу ентропію (отже, вищою якістю енергії), ніж довгохвильове випромінювання Землі, що йде в космос, має вищу ентропію (отже, нижчою якістю енергії). Іншими словами, Земля отримує від Сонця якісну енергію з низькою ентропією, а віддає в космос неякісне випромінювання з високою ентропією і, таким чином, "очищається" від надлишку ентропії. Останній процес також важливий, як і перший процес отримання якісного сонячного випромінювання. Ці дві сторони доки не викликають занепокоєння: сонячного випромінювання вистачить на мільйони років, а приріст ентропії у Всесвіті за рахунок вступу надлишків ентропії від антропогенної діяльності нікчемно мало. Питання в іншому. В результаті науково-технічної революції і науково-технічного прогресу порушується стійка рівновага системи "Людина - середовище". Нині настільки багато різних видів забруднень біосфери, що потрібно спеціальні додаткові заходи для їх утилізації. Але з іншого боку, для їх утилізації потрібно енергію і засоби. Це викликає приріст ентропії в інших областях, які поставляють цю енергію і засоби. Виникає зачароване коло, одне місце очищають, пересуваючи відходи в інше місце, аналогічно тому, що димар будується вище з тим, щоб продукти вихлопу відносилися по можливості далі, в сусідню область. Якщо розглядати в цілому усю Земну кулю, то категорія "чисте виробництво", "повна утилізація" при глобальному балансі є позбавленням від своїх відходів за рахунок збільшення їх сумарної кількості на планеті. Для виходу з цього порочного круга можна розглянути два шляхи:

* краще і ефективніше від використовувати сонячне випромінювання;
* знайти і ввести нові джерела енергії з низькою ентропією.

За першим способом можливо в недалекому майбутньому в космосі створити приймачі сонячного випромінювання у вигляді досконалих гелиобатарей і передавати цю енергію на Землю. За другим способом можна використовувати атомну або термоядерну енергію. При цьому маємо низьку ентропію процесів вивільнення енергії при перетворенні атомних ядер. Проте, при зростанні енергоспоживання (наприклад, в 102 раз більше, ніж нині), що все збільшується, знову встане проблема поховання радіоактивних відходів у величезних кількостях і позбавлення від теплових забруднень. Негодяще тепло від атомних станцій і інших джерел енергії викличе істотний нагрів атмосфери, гідросфери, літосфери, що є серйозною загрозою, що порушує стійку рівновагу. Оцінимо величину ентропії, стосовно теплової системи "Земля". Вважаємо, що сонячне випромінювання, що падає, має внутрішню енергію Е1 і температуру Т2 а розсіяне Землею в космос випромінювання має відповідно Е2 і Т2. В середньому енергія на Землі не накопичується, тому з відомим наближенням можна вважати, що Е1=Е2 = Е і ентропія на Землі дорівнює різниці ентропії сонячного випромінювання, що падає, і розсіяного в космос випромінювання Землі. Вважаємо Землю рівноважною термодинамічною системою типу абсолютно чорного тіла. Величина ентропії Землі за абсолютною величиною буде рівна:

 (6)

Рахуючи T2 ≈6000 До і T2 ≈300 До, з урахуванням інтенсивності сонячного випромінювання і геометричних розмірів Землі, маємо:

кал∙град- 1∙г- 1 (7)

Враховуючи, що вираження (7) набере вигляду:

, кал∙град- 1 ∙г- 1. (8)

З (8) видно, що чим менше Т2 тобто глибше охолодження випромінювання, що йде, від Землі в космос при постійній кількості і якості сонячного випромінювання, тим можна більше добитися більшої різниці ентропії між якісною сонячною енергією і низькоякісною, розсіяною в космос енергією Землі. При більшій деградації енергії Е2 Землі, що розсіюється в космос у вигляді більше довгохвильового випромінювання, більше число фотонів переноситиме задане кількості енергії, оскільки сонячне випромінювання, що падає з енергією Е1 і частотою v1 має N1 квантів, а що йде в космос з поверхні Землі випромінювання з енергією Е2 має N2 квантів. Враховуючи, що E1 = E2 і v1>v2, маємо:

*N1hv1 = N2hv2 (19) або (9)*

Збільшення числа квантів N2 з частотою v2<v1 означає зростання ентропії. Рослинний покрив Землі додатково сприяє охолодженню випромінювання, що йде, тобто температура Т2 зменшується, але при цьому збільшується зростання ентропії Всесвітом. Знову приходимо до початкового тлумачення. Локально в окремій впорядкованій підсистемі можна добитися зменшення ентропії, але для усієї системи в цілому буде більше пиращение ентропії. Для окремих термодинамічних систем найважливішою характеристикою є похідна ентропії за часом: dSi/dt, де Si - внутрішня ентропія системи. Через цю величину можна виражати умови динамічної рівноваги, еволюційного розвитку і стійкої рівноваги. В ході різних виробничих процесів, використання природних ресурсів, розпиляло матеріалів в довкіллі, утворення у вигляді фізичних, хімічних і біологічних забруднень ентропія системи "Людина - довкілля" збільшується.

**Термодинаміка і проблеми охорони довкілля.**

Для багатьох ці поняття - фізика і екологія - здаються несумісними. Адже фізика, впровадження її результатів в промисловість представляються як одне з найголовніших джерел забруднення довкілля. І дійсно, атомна промисловість, енергетика, інші галузі, широко використовуючі досягнення фізики, дають немало прикладів негативної дії на довкілля. Але фізика має до екології і інше, наповнене позитивним змістом, відношення. Існують різні тлумачення терміну "екологія". Згідно з класичним визначенням, екологія як самостійна наука відноситься до наук біологічних, та і сам термін "екологія" був запропонований німецьким біологом-еволюціоністом Э. Геккелем. Разом з таким "біологічним" розумінням екології в сучасному суспільстві існує поняття "екологія" як уявлення про рівень техногенного забруднення довкілля, уявлення про екологію як науку, що займається вивченням антропогенної дії на довкілля і розробкою методів зменшення цієї дії. Такі представлення не є науковими, але саме вони найширше поширені в суспільстві, а також серед учених, що займаються прикладними дослідженнями. Нове розуміння екології виникло на основі теорії систем, термодинаміки відкритих систем і є найбільш "фізичним". Це розуміння екології сходить до робіт А.А. Богданова, В. І. Вернадського. Богданов ще на початку XX століття висловив думку про те, що закони організації повинні діяти не лише в живій, але і неживій природі. Наявність структур, організованість - це найважливіші риси природи. Вернадський, розвиваючи вчення про біосферу і ноосферу, використовував поняття організованості як найважливішої властивості матеріальних і енергетичних частин біосфери. І вважав, що антропогенна дія може стати потужнішим геологічним і геохімічним чинником, ніж усі природні процеси разом узяті. Згідно В. Г. Горшкову, при повному порушенні скоррелированного взаємодії видів в природних співтовариствах біоти довкілля може повністю (на 100%) спотворитися за десятки років. Якщо ж уся біота буде знищена, то спотворення довкілля на 100% за рахунок геофизичних процесів станеться тільки за сотні тисяч років. Починаючи принаймні з XX століття біота суші перестала поглинати надлишок вуглецю з атмосфери. Навпаки, вона стала викидати вуглець в атмосферу, збільшуючи забруднення довкілля, вироблюване промисловими підприємствами. Це означає, що структура природної біоти суші порушена в глобальних масштабах. Що стосується усієї біосфери, можна констатувати, що її сучасний частково забруднений стан оборотно, вона може повернутися в колишній стійкий стан при скороченні антропогенного забруднення на порядок величини. Іншого стійкого стану біосфери не існує, і при збереженні або прискоренні темпів обурення біосфери стійкість довкілля буде зруйнована. Звідси витікає, що ноосфера (сфера розуму) як екологічна ніша стійкого існування і розвитку цивілізованої людини за наявності економіко-технологічної діяльності можлива тільки при збереженні достатньої кількості біоти на великій території планети. Таким чином, головне природне протистояння, пов'язане з існуванням і розвитком життя на Землі, здійснюється між геофизичними процесами, що обурюють біосферу, і біотою, компенсуючою ці обурення. Звідси ясна роль фундаментальних досліджень в області екологічної геофізики і фізики взагалі. Глибоке вивчення проблем екологічної геофізики розширить можливості пошуків виходу з екологічної кризи, обумовленої неконтрольованою антропогенною дією на довкілля. У зв'язку з дослідженням термодинаміки відкритих систем і вивченням процесів самоорганізації в нерівноважних системах стали зрозумілими фізичні причини самоорганізації в живій і неживій природі. Елементи або системи живої і неживої природи є відкритими термодинамічними системами, далекими від стану рівноваги. Їх пронизують потоки енергії і речовини, і тому в них і відбуваються процеси структуризації, самоорганізації. Таким чином, самоорганізація систем в природі базується на фундаментальних фізичних принципах. И.Р. Пригожин, лауреат Нобелівської премії по хімії, назвав впорядковані утворення, які виникають в ході нерівноважних процесів, диссипативними структурами. Диссипативні структури виникають в результаті розвитку власних внутрішніх процесів системи. При цьому відбувається обмін системи енергією і речовиною з довкіллям, що забезпечує стан динамічної рівноваги (балансу потоків), незважаючи на внутрішні втрати в системі. У цьому їх відмінність від впорядкованих структур, виникнення яких обумовлене зовнішніми діями. Системи океанічних течій, циркуляція в атмосфері є яскравими і добре відомими прикладами диссипативних структур, існуючих на планеті. Земля є відкритою системою. Основний потік енергії поступає від Сонця. В процесі фотосинтезу і наступних перетворень ця енергія трансформується в інші форми. Тепло, що приходить, урівноважується тепловим випромінюванням Землі. Класичним прикладом диссипативних структур є циркуляційні осередки Бенара. Представте: рідина, налита в широку плоску посудину, підігрівається знизу; після того, як градієнт температури рідини перевищить деяке критичне значення, уся рідина в посудині розбивається на систему сотообразних циркуляційних осередків; у центральній частині осередку рідина піднімається, а в пограничних бічних гранях - опускається, в поверхневому шарі рідина розтікається від центру до країв, а в придонному - навпаки. Залежно від знаку температурної залежності коефіцієнта молекулярної в'язкості від температури напрям руху в осередках змінюється на зворотний. Виникнення циркуляційних осередків забезпечує передачу більшого теплового потоку в рідині в порівнянні з тепловим потоком, який передавався тільки за рахунок молекулярної теплопровідності. Гігантська структура таких осередків спостерігається на Сонці. Повернемося до згаданого вище визначення екології, яке являється, з одного боку, найбільш загальним, а з іншої - найбільш "фізичним". Визначимо екологію як науку про організацію і еволюцію біосферних систем різних рівнів складності (у тому числі усієї біосфери), що вивчає зв'язки і перетворення в таких системах. Завдання екології полягає у встановленні причин і умов виникнення і розвитку біосферних систем різного рівня складності, вивчення стійкості цих систем. Екологія в цьому випадку розуміється як наука, що вивчає процеси самоорганізації і еволюції систем в живій і неживій природі, а особлива роль фізики у вивченні найважливіших проблем екології - добре видна. Екологія на сучасній стадії свого розвитку є наукою, покликаною об'єднати, синтезувати сукупність наукових знань про біосферу. Цей процес інтеграції може бути вирішений тільки на основі якого-небудь загального початку. Вважаємо, що саме фізика через сказане вище повинна виступити таким об'єднуючим початком. Прогнозна функція екології може бути виконана тільки у тому випадку, якщо вона базуватиметься на фундаментальних принципах природи, законах організації природи. Частина екологічних проблем, що вивчаються фізикою, може бути виділена в особливу галузь екології - екологічну фізику. Геофізика (фізика Землі), що вивчає, зокрема, фізичні процеси в літосфері, гідросфері, атмосфері, по суті досліджує фізичні процеси в біосфері або її частинах. Необхідно вказати, що більшість екологічних чинників мають геофизичну природу. Геофізика, що накопила найбагатший досвід дослідження закономірностей фізичних процесів, що протікають в оболонках Землі, на стику яких і формуються життєво важливі екосистеми, схильні до впливу геоэволюционного і катастрофічно зростаючого антропогенного чинників, може узяти на себе рішення ряду екологічних проблем.

**Висновок.**

Широкий спектр фізичних методів вивчення речовини повинен знайти застосування в створенні ефективних засобів моніторингу екосистем різного рівня. Очевидно, що глобальні методи моніторингу можуть бути створені тільки на основі фізичних принципів.

Досвід розробки фізико-математичних моделей природних процесів також може бути корисним в дослідженні впливу антропогенних дій на функціонування екосистем. Усі перераховані напрями можуть бути віднесені до сфери інтересів нової науки, що розвивається на стику фізики і екології, - екологічної фізики. Зміст цього нового напряму ще чітко не визначений і знаходиться у стадії становлення.

**Використана література:**

1. Базарів И.П. термодинаміка: навчань. для. внз. - 4-е видавництво, перераб. і доп. - М.: Висш. Шк., 1991. - 376 с.: мул.
2. Бордовский Г. А., Бурсиан Э.В. Би.82. загальна фізика: курс лекцій з компъютерной підтримкою: Навчань. посібник для студ. Висш. Навчань. закладів: В 2 Т. - М: Видавництво Владос-прес, 2001. - Т. 1. - 240с.: мул.
3. Гершензон Е.М. та ін. Г37 Молекулярна фізика: навчань. посібник для студ. Висш. Пед. Навчань. закладів /Е.М. Гершензон, И.Н. Малов, А.М. Мансуров. - М.: Видавничий центр "Академія", 2000. - 272 с.
4. Кричевский И.Р., Петрянов И.В. К828 Термодинаміка для багатьох. М., "Педагогіка", 1975., 160с з мул. (бібліотечка Дитячої енциклопедії "Учені - школяру")
5. Куклев Ю.И. до.89. Фізична екологія: Навчань. посібник. - М.: Вища школа, 2001. - 357 с.: мул.