УДК 539.19(075.8)

Мороз І.О.

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка

ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ

Аналізуються навчальні дисципліни з теоретичної фізики в педагогічних університетах та пропонується авторська структура змістовного компоненту вивчення статистичної термодинаміки при підготовці вчителя фізики.

Ключові слова:класична механіка, СТВ, електродинаміка, термодинаміка, статистична фізика.

Сучасною світовою наукою початок XXI століття розглядається як перехідний період від цивілізації індустріальної до цивілізації постіндустріальної. Тенденції, які все виразніше виявляються в останні десятиліття, показують, що головними рисами постіндустріального розвитку світової спільноти і нового технологічного способу виробництва є:

- пріоритет високотехнологічних досягнення фундаментальної науки та підвищення науко місткості виробництва;
- використання безвідходних і маловідходних технологій, комплексне використання природної сировини і його заміна синтетичним, тобто екологізація виробництва;
- одночасна локалізація та інтернаціоналізація виробництва на основі локальних технічних систем, посилення інтеграційних зв'язків між регіонами і країнами, орієнтованих на задоволення попиту, що у свою чергу збільшує рухливість населення і можливості роботи фахівців у різних регіонах і країнах;
- мініатюризація та гуманізація техніки, що проявляється як в структурі, так і в характері її застосування; збільшується виробництво техніки, що задовольняє потреби людини, надає праці більш творчий характер.

Високий темп розвитку виробництва, виникнення абсолютно нових галузей техніки, насичення виробництва сучасними засобами вимірів, моделювання та автоматизації, які раніше застосовувалися виключно в спеціалізованих лабораторіях, забезпечується результатами фундаментальних досліджень. Все ширше залучаються до виробництва досягнення таких галузей знань як релятивістська фізика, квантова механіка, біологія, лазерна і плазмова фізика, фізика елементарних частинок тощо, тобто галузей науки, які раніше вважались дуже далекими від практики. Все більше фундаментальних теорій починають використовуватися для практичних цілей, трансформуючись в інженерні теорії.

Все це разом взяте диктує нові вимоги до системи освіти, у тому числі до посилення його фундаментальної компоненти, зростає необхідність інтеграції фундаментальних, гуманітарних та спеціальних знань, що забезпечує всебічне бачення майбутнім фахівцем своєї професійної діяльності в контексті прийдешніх технологічних і соціальних змін та формує сучасний науковий світогляд випускників ВНЗ. У найбільшій мірі фундаменталізація освіти стосується педагогічних університетів, які здійснюють підготовку вчителів, оскільки засвоєні ними знання, наукові ідеї та концепції будуть надалі багато разів тиражуватися і, зрештою, у найближчій перспективі визначать світоглядний настрій в суспільстві. Тому потрібне подальше підвищення якості фундаментальної підготовки в предметних областях, в теорії та методиці навчання, подальша робота по вивченню інтелектуального освітнього середовища, яке дозволить забезпечити готовність учителя до професійної діяльності в умовах фундаменталізації навчання.

Основу фундаменталізації освіти повинні скласти фундаментальні наукові знання. Вперше концепція фундаментальної освіти була сформульована ще Гумбольдтом на початку 19 століття і в ній говорилося, що предметом такої освіти мають бути ті фундаментальні знання, які саме сьогодні відкриває фундаментальна наука на своєму передньому краю. Проте з часом зростаючий обсяг знань привів до необхідності їх адекватної її структуризації і відображення

в учбових дисциплінах, що у результаті, перетворило фундаментальну освіту на самостійну і найважливішу область інтелектуальною діяльності людини.

Велику увагу фундаменталізації науки, а відповідно й відображення цього у навчальних дисциплінах, приділяв А.Ейнштейн: **«…высшим долгом физиков является поиск тех общих элементарных законов, из которых путем чистой дедукции можно получить картину мира.** » [1, 40].

Пошук шляхів вдосконалення природничо-наукової освіти привів в кінці XX століття до появи концепції фундаментального навчального курсу, яка була сформульована і застосована до курсу фізики А. Д. Сухановим [2]. Але до теперішнього часу, незважаючи на те, що перехід до нової освітньої концепції, в основі якої лежить фундаменталізація освіти, визнається усіма цілком назрілим, структура та зміст навчальних дисциплін не відповідають сучасному стану природничих наук, зокрема, в підготовці вчителя фізики.

Дійсно, в підготовці педагогічних фахівців бакалаврського рівня викладання теоретичної фізики здійснюється згідно з державними стандартами, які по суті, задають викладачу програму дій, які він повинен виконувати, щоб не порушувати ці державні стандарти. Але діючі державні стандарти, висловлюючись дипломатичною мовою, не є ідеальними. Так у першому розділі теоретичної фізики «Класична механіка» змістовні модулі «Основні поняття і закони класичної механіки» та «Загальні теореми динаміки і закони збереження» дублюють відповідний курс загальної фізики і така традиційна методика дублювання існує уже багато десятиліть, незважаючи на те, що в теоретичній фізиці основним інструментом вивчення механічного руху є аналітична та релятивістська механіка.

Класична і релятивістська механіка в педагогічних університетах вивчається в одному семестрі і багато питань (загальні теореми динаміки, закони збереження, зіткнення і розсіяння частинок і т. п), які в тій чи іншій мірі повторюються, виходячи з принципу фундаменталізації знань, слід розглядати із більш загальних - релятивістських позицій, як це зроблено автором [3].

Електродинаміка вивчається після класичної механіки й СТВ. Вона за своєю суттю є релятивістськи-коваріанттюю теорією, але вивчення її зовсім не базується на принципах теорії відносності. Достатньо переглянути чинні навчальні програми з фізики та державні стандарти, щоб упевнитись в тому, що при вивченні електродинаміки у вищих педагогічних навчальних закладах не передбачено використання результатів і методів спеціальної теорії відносності, незважаючи на те, що ці розділи фізики органічно пов'язані між собою.

Такий же висновок можна зробити й при аналізі навчальних посібників з електродинаміки. Причому цей аналіз також показує, що при розгляді стаціонарних зарядів усі автори у явному вигляді і справедливо приймають дослідний факт – закон Кулона як фундаментальний закон, з якого, разом з принципом суперпозиції, створюється теорія стаціонарного електричного поля. Основні властивості цього поля можна знайти зокрема в посібнику [4]. При вивченні стаціонарних струмів теорія стаціонарного магнітного поля будується аналогічно електростатиці: формулюються закони Ампера та Біо-Савара-Лапласа, причому так, що у студентів та учнів вони помилково сприймаються, разом із законом Кулона, як фундаментальні закони природи. Зрозуміло, що така застаріла методики викладення магнітостатики пояснюється наочністю начебто очевидних емпіричних фактів та аналогією з побудовою електростатики, яка достатньо легко сприймається.

Значний крок вперед при викладенні магнітних явищ зробили відомі фізики О.Н. Мавеєєв, Е. Парселл, А.А. Пінський, Р, Фейнман та ін, які зробили спробу створити електродинаміку на основі принципу відносності, але в їх роботах розв'язується лише незначну частину питань дидактики електромагнетизму.

В останні два десятиріччя появилась серія статей О.А. Коновала, який, послідовно, на основі принципу відносності, розглянув багато явищ електромагнетизму, які входять до програм підготовки фахівців з фізики. Розроблені в цих роботах дидактичні та методичні засади вивчення електродинаміки докорінним чином змінюють існуючі методики і максимально

наближують електродинаміку як навчальну дисципліну до сучасного рівня науки. Основні результати цих робіт можна прочитати в монографії О.А. Коновала [5] та його докторській дисертації.

З таких же позицій, але на дещо відмінних моделях, нами [3,6] також розглянуто метод побудови теорії стаціонарного магнітного поля, який не лише розвиває й підтверджує висновки О.А. Коновала, але й суттєво доповнює його роботи. Річ у тому, що аналіз вибраних нами моделей в математичному плані суттєво більш простий і тому, як показав дослід викладання, легко сприймається студентами. У пропонованій нами методиці за математичними викладеннями ясно і достатньо легко, на наш погляд, видно фізичну суть.

У наш час накопичилось достатньо багато навчально-методичної літератури також і з статистичної фізики та термодинаміки. Причому термодинамічний і статистичний методи, як правило, розглядаються окремо. Це створює у студентів помилкове уявлення про існування двох, не пов'язаних між собою наук: термодинаміки й статистичної фізики. Цьому сприяють навчальні програми, назва навчальної дисципліни (термодинаміка й статистична фізика), відповідна назва кафедр і навіть державні стандарти. Традиційний розрив цих двох методів у професіональній підготовці не лише вчителів фізики, але й фізиків-дослідників, не ліквідовується, навіть поглиблюється, незважаючи на те, що в науковій літературі термодинамічний і статистичний методи дослідження є двома взаємодоповнюючими методами єдиного розділу фізики - статистичної термодинаміки (а можливо й більш точною є назва – статистична фізика). У найбільш відомих курсах з теоретичної фізики Л.Д. Ландау [7] не існує навіть розділу «Термодинаміка». В професіональному середовищі фізиків-теоретиків є очевидним, що постулати, за фізичним змістом аналогічні законам термодинаміки, являються наслідком статистичного аналізу макроскопічних систем.

Тому, керуючись ейнштейнівською концепцією фундаменталізації науки, і застосовуючи цю концепцію до навчальних дисциплін, нами виконаний

теоретико-онтодидактичний та методичний аналіз навчально-методичної літератури з питань термодинаміки й статистичної фізики, який показує необхідність перебудови структури змістовного компоненту розділу «термодинаміка та статистична фізики» курсу теоретичної фізики для студентів вищих педагогічних навчальних закладів і запропоновано авторську структуру змістовного компоненту методики навчання статистичної термодинаміки, основні питання якої схематично зображено на рис. 1.

Зрозуміло, що в одній, обмеженій за об'ємом, статті неможливо детально розглянути всю структуру пропонованого змістовного компоненту навчального курсу «Статистична термодинаміка (статистична фізика – по Л.Д. Ландау», тому розглянемо лише її основи.

Віддаючи дань історії розвитку статистичного методу, вважаємо доцільним спочатку розглянути прообраз статистичної фізики - розподіл молекул за швидкостями та статистичну теорію намагнічення парамагнетиків, або теорію поляризації полярних діелектриків, які були створені без використання методу Гіббса (але вони можуть бути отримані й як наслідок розподілу Гіббса) Максвеллом і відповідно Ланжевеном.

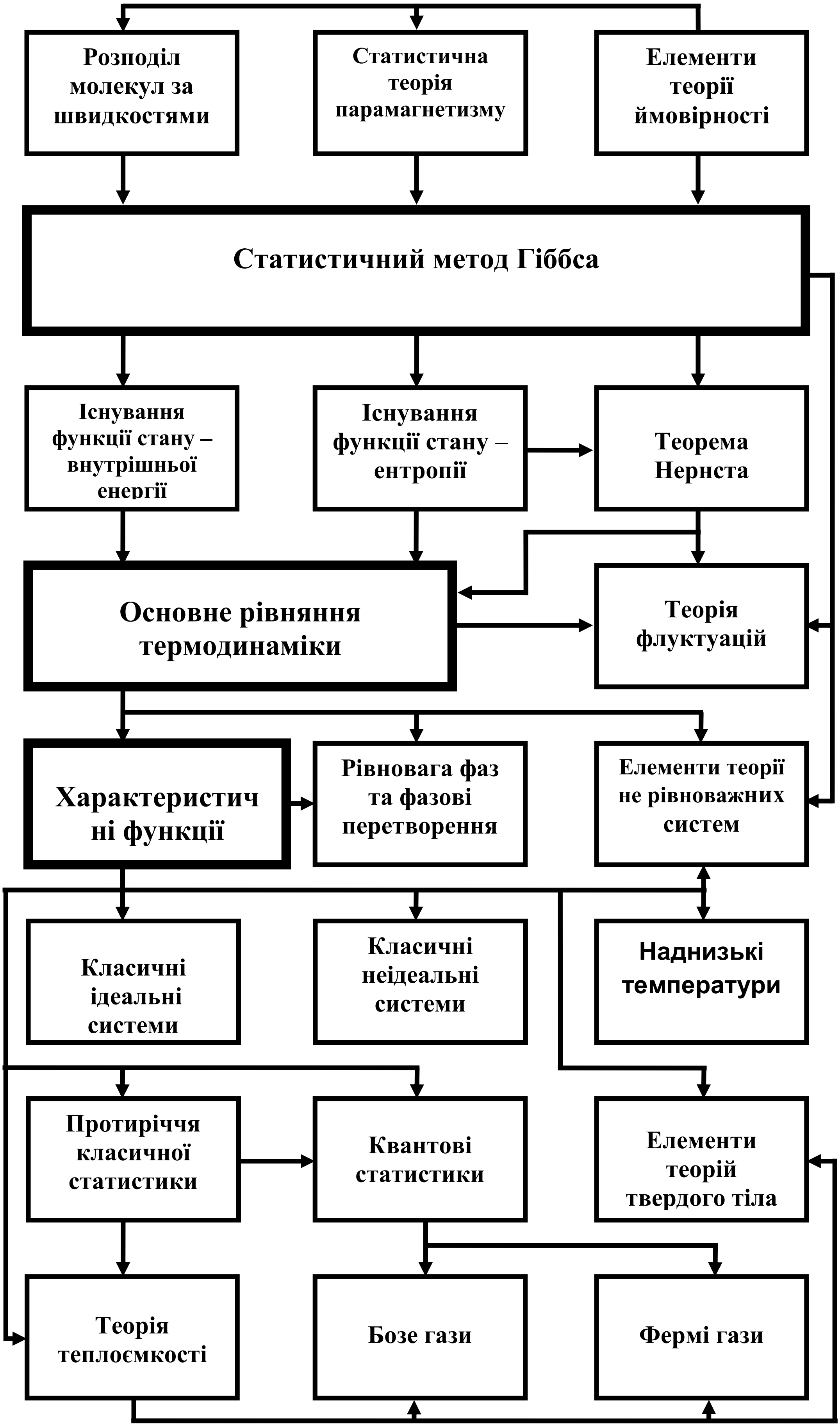

Рис.1. Структура курсу "Статистична термодинаміка"

Наступний змістовний модуль – це розгляд розподілів Гіббса, із яких власне і розвиваються два методи дослідження макроскопічних систем: статистичний та термодинамічний (метод характеристичних функцій). Тут знову ж таки, в силу історичних традицій, використовується термодинамічна термінологія. Розглянемо тезисно один із можливих варіантів одержання статистичним методом постулатів, аналогічних за фізичним змістом законам термодинаміки, і тим самим покажемо, що виокремлення в державних стандартах, лекційних курсах та в навчальних посібниках суто термодинамічних питань є дещо архаїчним і тому недоцільним.

Використовуючи властивості простору та часу, перш за все, приходимо до висновку, що вся сукупність видів енергії, якою володіє ізольована нерухома макроскопічна система (внутрішня енергія) не змінюється з часом. В неізольованій системі, внаслідок взаємодії частинок системи з навколишнім середовищем, внутрішня енергія (*E*) може змінюватись. Причому, оскільки вказана взаємодія є хаотичною, внутрішня енергія системи (у найбільш загальному вигляді – квантової системи) у кожний момент часу має випадкове значення. Тому внутрішню енергію можна записати наступним чином: $E = \sum_i E_i \omega_i$, де E_i – випадкове значення енергії, ω_i – ймовірність цього випадкового значення. Внутрішня енергія системи залежить як від стану системи, так і від зовнішніх параметрів, тобто як від рівнів енергії, так і від розподілу частинок за рівнями енергії, відповідно можна знайти нескінченно малу зміну внутрішньої енергії: $dE = \sum_i (dE_i)_{\omega_i} \omega_i + \sum_i E_i (d\omega_i)_{E_i}$. Легко впевнитись, що перший член правої частини останнього виразу це робота над системою (δA^*), а другий доданок визначає зміну внутрішньої енергії системи за рахунок зміни ймовірності заповнення енергетичних рівнів системи. Це відбувається внаслідок взаємодії частинок системи з частинками навколишнього середовища. При цьому, якщо вони запозичують енергію, то переходять на вищі енергетичні рівні без зміни останніх, тобто стан з більшою енергією стає ймовірнішим, система нагрівається і навпаки. Спосіб зміни внутрішньої енергії, який здійснюється взаємодією

частинок системи з частинками навколишнього середовища, і призводить до зміни ймовірності заповнення мікростанів системи, традиційно називається теплообміном, а кількість енергії, що надається при цьому, як і в термодинаміці назвемо кількістю теплоти. Тоді вираз для зміни внутрішньої енергії запишеться у вигляді: що за фізичним змістом і аналітично збігається з виразом для першого закону термодинаміки. Будь-який процес в системі відбувається в результаті руху і взаємодії структурних елементів, які надалі будемо називати молекулами. Причому для простоти молекули будемо розглядати як матеріальні точки, які не мають внутрішньої структури (це не звужує загальність подальших міркувань). Стан кожної такої структурної частинки системи визначається лише її положенням у системі і тим, як вона рухається, тобто – її координатами (x, y, z) та проекціями імпульсу (p_x, p_y, p_z), або квантовими числами – у тому випадку, коли систему потрібно розглядати не з позицій класичної, а з позицій квантової фізики. молекул координати та проекції імпульсу (квантові стани) окремих молекул змінюються. Отже, даному макростану (як рівноважному, так і не рівноважному) відповідає велике число мікростанів. Причому ці мікростани не мають переваги один над одним, тобто вони наступають з однаковою частотою.

Таким чином, із найзагальніших положень статистичної фізики витікає постулат**: кожному стану системи відповідає функція стану – термодинамічна ймовірність** W **(кратність виродження** g – для квантових систем**).**

Оскільки ці величини є мультиплікативними, то зручніше вказаний постулат записати наступним чином: $S_{ст} \sim \ln W$, $S_{ст} \sim \ln g$, де функцію $S_{ст}$ назвемо статистичною ентропією.

Коефіцієнт пропорційності, який потрібно записати, щоб останні вирази перетворились на рівності, повинен мати розмірність термодинамічної ентропії. Це може бути теплоємність або постійна Больцмана. Надалі можна переконатись, що в останніх виразах у якості коефіцієнта пропорційності між ентропією й термодинамічною ймовірністю потрібно вибрати постійну Больцмана. При цьому введена в статистичній фізиці ентропія буде збігатись з термодинамічною

ентропією не лише за фізичним змістом, але й кількісно, а закон її зростання – з постулатами другого закону в термодинаміці. Тому відпадає необхідність використання індексів у відповідних формулах для ентропії, а також – необхідність уточнень: «статистична» чи «термодинамічна» в єдиному терміні – «ентропія».

Таким чином, можемо записати одну з найважливіших формул статистичної фізики – формулу Больцмана: $S = k\ln g, \quad S = k\ln W.$

Якщо розглядати два можливі макростани системи, які можуть реалізовуватись різною кількістю мікростанів, то, враховуючи рівноправність останніх, можна стверджувати, що більшу частину часу система буде знаходитись в стані, якому відповідає більша кількість мікростанів. З погляду теорії ймовірності це означає, що такий стан системи є ймовірнішим. Якщо з цієї точки зору розглядати необоротні процеси, які проходять самі по собі в ізольованій системі і переводять систему із нерівноважного стану в більш рівноважний стан, то їх можна розглядати як перехід системи від менш ймовірного до більш ймовірного стану. Отже, найбільш ймовірний стан системи – це стан термодинамічної рівноваги, в якій необоротні процеси закінчуються і в ньому стають можливими лише оборотні процеси.

Таким чином, постулат про існування функції стану будь-якої макроскопічної системи – термодинамічної ймовірності (кратності виродження), логарифм яких – це ентропія, що був раніше сформульований, необхідно доповнити наступним твердженням: **у міру протікання самовільного процесу і наближення системи до рівноважного стану, функція стану - ентропія зростає, і в стані рівноваги ентропія приймає максимальне значення.**

Ці постулати можна розглядати як другий закон термодинаміки в статистичній інтерпретації. Оскільки при необоротних процесах відбувається перехід системи від станів меншою до станів з більшою ентропією, то формула Больцмана визначає не лише ентропію в статистичному трактуванні, але – й закон її зростання в необоротних процесах: $dS \geq 0$.

Далі, використовуючи розподіл Гіббса, можна легко довести, що введена статистична ентропія збігається з ентропією, яку вводять в термодинаміці і записати основне рівняння: $TdS \geq dE + \delta A,$ використовуючи яке можна створити метод характеристичних функцій, за допомогою якого аналізуються, наприклад, всі питання, що стосуються рівноваги фаз та фазових перетворень чи методів одержання наднизьких температур тощо (див. рис.1).

Використовуючи статистичний метод легко пояснюється й теорема Нернста, яка в термодинаміці розглядається як третій її закон (начало).

Таким чином, запропонована нами фундаменталізація навчальної дисципліни «термодинаміки та статистична фізика» це реалізація концепції Ейнштейна [1, 55]: «**Цель теоретической физики состоит в том, чтобы создать систему понятий, основанную на возможно меньшем числе логически независимых гипотез, которая позволила бы установить причинную взаимосвязь всего комплекса физических процессов»**. Підкреслимо також ще раз, що у своєму монографічному «Курсі теоретичної фізики» Л.Д. Ландау [7] теж не виокремлював суто термодинамічні питання, розглядаючи їх послідовно з позицій статистичної фізики.

Зрозуміло, що фундаменталізація електродинаміки як навчальної дисципліни, яка дуже вдало виконана О.А. Коновалом та запропонована нами концепція вивчення курсу «термодинаміка та статистична фізики», інших курсів теоретичної фізики повинна знайти своє відображення у відповідних навчальних посібниках, виданих масовим тиражем, щоб студенти всіх ВНЗ мали можливість вивчати теоретичну фізику відповідно до рівня сучасної науки. Але для цього потрібна державна підтримка. Існуючий в даний час порядок видання навчальної літератури «… Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України розглянуло рукопис навчального посібника… схвалило його до видання за **кошти автора** з грифом… не **менше 300 примірників**» - (із листа МОНМС про надання грифу), на жаль, ніяк не сприяє забезпеченню ВНЗ сучасною навчальною літературою.

На наш погляд, фундаменталізація навчальних дисциплін є актуальною не лише для підготовки вчителів фізики. Від якості професійної підготовки учителів всіх предметів багато в чому залежить якість підготовки підростаючого покоління, майбутніх фахівців у будь-якій галузі. Тому фундаменталізація в підготовці вчителя зараз – це технічний та соціальний прогрес нації в майбутньому.

Література

1. Эйнштейн А. Собрание научных трудов : в т.4. / Альберт Эйнштейн. – Т.IV.-М.: Наука, 1967. - 600 с.
2. А.Д. Суханов, О.Н. Голубева. Концепции современного естествознания. М. Издательство «Агар», 2000, -325с.
3. Мороз І.О., Иваний В.С., Холодов Р.І. Спеціальна теорія відносності. Навчальний посібник. Суми. Видавництво «МакДен», 2011, -336с.
4. Мороз І.О. Основи електродинаміки. Електростатика. Навчальний посібник. Суми. Видавництво «МакДен», 2011. -162с.
5. О.А. Коновал. Теоретичні та методичні основи вивчення електродинаміки на засадах теорії відносності. Монографія. Кривий Ріг, «Видавничий дім», 2009, - 345с.
6. Мороз І.О. Основи електродинаміки. Магнітостатика. Навчальний посібник. Суми. Видавництво «МакДен», 2011, -162с.
7. Л.Д. Ландау и Е.М. Лившиц. Теоретическая физика. Т.V, Статистическая физика. М.: Наука. 1964. – 567с.

Аннотация

Анализируются учебные дисциплины теоретической физики в педагогических университетах и предлагается авторская структура содержательного компонента изучения статистической термодинамики при подготовке учителя физики.

Ключевые слова: классическая механика, СТВ, электродинамика, термодинамика, статистическая физика.

Annotation

Educational disciplines of theoretical physics are analysed in pedagogical universities, and the authorial structure of rich in content component of study of statistical thermodynamics is offered at preparation of teacher of physics.
Keywords: classic mechanics, СТВ, electrodynamics, thermodynamics, statistical physics.

Відомості про автора:

Мороз Іван Олексійович -
канд. техн. наук, доцент, професор кафедри експериментальної та теоретичної фізики СумДПУ ім. А.С. Макаренка.

morozeitf@mail.ru