

**РЕАЛІЗАЦІЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ
“ФІЗИКА-ЕКОНОМІКА” ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ
МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ
У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ**

УДК 372.8.53+378.147:53+33

О. В. Школа

У Державній національній програмі “Освіта: Україна ХХІ століття” перед вищою школою поставлено завдання перенести освіту на рівень досягнень розвинутих країн світу й інтегрувати її у міжнародне науково-освітнє співтовариство. Серед пріоритетних напрямків реформування вищої школи важливе місце посідають завдання вдосконалення змісту базової освіти; запровадження ефективних інноваційних технологій навчання; пошук нових засобів формування кваліфікованих спеціалістів для всіх галузей народного господарства і, у першу чергу, спеціалістів з економіки, які будуть здатні в найближчому майбутньому організувати та здійснити такі соціально-економічні перетворення, що нададуть нашій країні можливість стати в один ряд із розвинутими європейськими державами.

Сучасний економіст повинен знати економіко-математичні методи, уміти їх використовувати для моделювання реальних економічних ситуацій. Це надає змогу краще засвоїти теоретичні питання сучасної економіки, сприяє підвищенню рівня кваліфікації і загальної професійної культури фахівця. Але озброєння майбутніх економістів системою наукових знань не забезпечує автоматично, водночас формування у них відповідних умінь. Формування вміння використовувати математичні моделі для аналізу економічних ситуацій є досить тривалим процесом, який потребує знань та праці. Це такий рівень культури мислення, на який студенти можуть піднятися лише у результаті цілеспрямованої, спеціально організованої роботи з ними. Тому у процесі підготовки фахівців економічного напрямку повинні систематично застосовуватися методи економіко-математичного моделювання, що широко

використовуються в різних галузях економіки, під час прийняття управлінських рішень у фінансовій сфері, аналізу динаміки економічного розвитку фінансового ринку, галузей виробництва, підприємств тощо [1].

Як відомо, для сучасної науки характерним є діалектичне поєднання процесів її диференціації й інтеграції, що є виявом двох закономірностей людського пізнання: відобразити єдність і цілісність світу, з одного боку, а з іншого – виявити закономірності специфічних структур матерії в її багатстві та різноманітності. Диференціація й інтеграція як закономірні тенденції розвитку науки знаходять своє відображення і в процесі навчання. Інтеграція навчального процесу – один із найважливіших чинників його оптимізації та раціоналізації. Інтеграція закріплює не лише взаємозв'язок, але й взаємопроникнення окремих навчальних предметів. Знання, одержані в процесі вивчення природничо-наукових дисциплін у вищій школі, є передумовою наукового розуміння законів природи та суспільства. Звідси виходить, що методично правильне навчання природничим дисциплінам, у тому числі і фізики, студентами нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів повинно проводитись на міжпредметних засадах. Як зазначає відомий методист В. М. Федорова, міжпредметні зв'язки являють собою “відображення в змісті навчальних дисциплін тих діалектичних взаємозв'язків, які об'єктивно діють у природі та суспільстві і пізнаються сучасними науками” [2].

Аналіз науково-методичної літератури свідчить про те, що різним сторонам удосконалення структури та змісту, методів, організаційних форм і засобів навчання фізики у вищій школі присвячено дослідження П. С. Атаманчука, О. І. Бугайова, Г. Ф. Бушка, С. П. Величка, С. У. Гончаренка, О. І. Іваницького, Л. Р. Калапуші, Е. В. Коршака, Д. Я. Костюкевича, О. І. Ляшенка, М. Т. Мартинюка, В. Ф. Савченка, О. В. Сергеева, В. П. Сергієнко, Б. А. Суся, І. І. Тичини, М. І. Шута та ін. Висновки цих досліджень можна застосовувати на нефізичних спеціальностях при відповідному врахуванні специфіки їх реалізації у нових умовах модернізації вищої освіти. Сьогодні існує багато дидактичних матеріалів стосовно

запровадження міжпредметних зв'язків у курсі фізики в середній загальноосвітній школі. Дослідження з використання міжпредметних зв'язків “фізика-економіка” під час підготовки фахівців економічного напрямку у вищому навчальному закладі майже відсутні. Тому метою статті є аналіз основних шляхів реалізації міжпредметних зв'язків “фізика-економіка” під час вивчення молекулярної фізики і термодинаміки студентами нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Як відомо, молекулярна фізика та термодинаміка – розділи фізики, які вивчають макроскопічні процеси в тілах, що складаються з величезної кількості мікрочастинок (молекул, атомів, електронів, фононів тощо). Між термодинамікою і молекулярною фізикою існує глибока різниця у підході до вивчення макрооб'єктів. Термодинаміка не цікавиться внутрішньою структурою досліджуваних систем, характером руху та взаємодії її частинок. Завдяки цьому висновки останньої є справедливими для всіх систем незалежно від їх конкретної структури. Опираючись на три фундаментальні емпіричні закони (принципи), у межах термодинаміки можна зробити певні висновки про властивості макросистем у рівноважному стані і закономірності процесів переходу між ними.

У молекулярній (статистичній) фізиці, навпаки, розглядається молекулярна будова макрооб'єктів та закономірності зумовлених нею мікропроцесів. Остання досліджує явища, які є результатом сукупної дії величезної кількості структурних одиниць (молекул, атомів тощо). Такі явища підлягають законам великих чисел або законам статистики, чим і зумовлюється її назва. Виходячи з певних загальних гіпотез про механізм цих внутрішніх явищ, статистичний метод призводить до теоретичного встановлення основних законів термодинаміки та забезпечує їх поглиблений аналіз. Зазначені вище підходи не суперечать один одному: закони термодинаміки можна встановити за допомогою методів статистичної фізики. Очевидно, що статистичний метод є більш глибоким та одночасно більш наочним, водночас як термодинамічний

метод унаслідок нехтування внутрішніх процесів відзначається певною абстрактністю [4].

Основним об'єктом дослідження у термодинаміці є *термодинамічна система* – система, яка складається з величезної кількості мікрочастинок, однорідна за складом та обмежена зовнішніми поверхнями від навколишнього середовища. Як остання можуть виступати будь-які макроскопічні об'єкти: тверді тіла, однорідні рідини і розчини, ідеальні та реальні гази, електронний газ у металі, електромагнітне випромінювання в порожнині, зіркові системи, плазма тощо. Аналогом такої системи в економіці є *ринок*, який, як і будь-яка система, характеризується певними ознаками, що визначають саму систему та її відношення до навколишніх об'єктів.

Відомо, що властивості термодинамічної системи у рівноважному стані і процеси її переходу з одного стану в інший описують за допомогою термодинамічних величин (*параметрів стану*), які можна експериментально визначити. До них відносять: об'єм, тиск, температуру, густину, концентрацію речовини, теплоємність, енергію тощо. Усі макроскопічні параметри системи поділяються на *зовнішні* та *внутрішні*. Зовнішні параметри – це величини, що визначаються розташуванням зовнішніх тіл, які не належать до досліджуваної системи. Наприклад, зовнішнім параметром є об'єм системи, що визначається для газів або рідин зовнішнім тілом – посудиною. Внутрішні параметри – це величини, які визначаються рухом і розподілом у просторі частинок системи. До внутрішніх параметрів відносять густину, температуру, тиск та енергію. Зовнішніми макропараметрами ринку як системи є податкове законодавство, пора року, місцевість. Внутрішніми параметрами є: попит, пропозиція, кількість товарів, продавців і покупців. Отже, між макропараметрами стану термодинамічної системи та параметрами, що описують ринок, можна провести аналогію (табл. 1).

Іншим прикладом економічної системи є макроекономіка як єдине ціле, параметри якої також мають аналогію з макроскопічними параметрами стану звичайної термодинамічної системи (табл. 2).

**Аналогія між параметрами
термодинамічної та ринкової систем**

№ з/п	Термодинамічна система	Ринкова система
1	Густина, ρ	Кількість продавців на ринку
2	Концентрація речовини, n	Кількість покупців на ринку
3	Об'єм, V	Кількість товарів на ринку
4	Тиск, p	Податкове законодавство
5	Температура, T	Не визначене
6	Енергія, E	Сума грошових коштів, які знаходяться у розпорядженні ринку або грошовий обіг

Таблиця 2

**Аналогія між параметрами
термодинамічної та макроекономічної систем**

№ з/п	Термодинамічна система	Макроекономічна система
1	Густина, ρ	Макроекономічні суб'єкти: домашні господарства, підприємці, закордонні споживачі
2	Концентрація речовини, n	Обсяги виробництва товарів у державі
3	Об'єм, V	Кількість товаровиробників
4	Тиск, p	Податкове законодавство
5	Температура, T	Не визначене
6	Енергія, E	Сукупні доходи та витрати

Звичайно, наведені аналогії не повністю відображають зв'язки й особливості параметрів ринкової та макроекономічної систем. Проте важливо, що останні, як і будь-які системи, функціонують за певними законами, маючи свої характеристики, закономірності та систему показників, які регулюють їх діяльність.

У фізико-економічній системі “ринок” існує кругообіг обмінних вартостей, або інакше, *два види економічних форм руху*: товарна і грошова, спрямовані назустріч одна одній. Ринок породив поділ праці, а товарообмін породив гроші. Поділ праці призвів до появи попиту на товари та до їхньої пропозиції. Ринок завжди прямує до такого *рівноважного стану*, коли пропозиція на певний вид товару дорівнює попиту. Якщо товар має попит, то продавці збільшують його кількість, якщо – ні, то, відповідно, зменшують. Це яскраво можна побачити на сезонних коливаннях асортименту товарів [3].

Зазначена вище особливість ринку як системи є аналогом фундаментального у фізиці принципу термодинаміки про *необоротність теплових процесів у природі (закон зростання ентропії)*. Як свідчить дослід, реальні макроскопічні процеси в природі є необоротними, тобто проходять чітко в напрямку рівноваги, коли всі термодинамічні параметри стану системи в усіх її частинах набувають стаціонарних (рівноважних) значень. Рівноважний стан досягається замкненою системою самовільно, як результат руху і взаємодії її мікрочастинок. Найбільш типовими, наприклад, є такі необоротні процеси: 1) дві речовини, що змішуються в результаті дифузії, ніколи з часом не розділяються самовільно; 2) за умов контакту двох тіл з різними температурами тепло переходить від більш до менш нагрітого тіла, аж до встановлення між ними теплової рівноваги; 3) тіло, яке рухається за інерцією, завжди з часом зупиняється, оскільки механічна енергія в процесі тертя переходить у внутрішню енергію його самого та середовища. Зворотні процеси у наведених прикладах є можливими, але реально вони ніколи не відбуваються, оскільки мають дуже малу ймовірність. У межах статистичної фізики доводиться, що ізольована макроскопічна система за рахунок теплового руху частинок самовільно переходить від менш до більш імовірних станів, доки не досягне найімовірнішого, рівноважного стану. Одночасно буде зростати й ентропія системи, яка в рівноважному стані буде максимальною [5, с. 77].

У термодинаміці важливе значення мають *кругові процеси або цикли*, що на діаграмі $p(V)$ мають вид замкненої лінії (рис. 1). Залежно від обраних

параметрів можуть бути зображені й інші діаграми, але найчастіше використовують так звані робочі діаграми за основними параметрами стану системи (p, V, T). Уміння аналізувати замкнені процеси у молекулярній фізиці, як свідчить практика, у майбутньому призводить до розуміння й *економічних циклових процесів*. Студенти розуміють, що зміна одного параметра призводить до зміни інших, можуть знаходити причини зміни цих параметрів і проаналізувати можливі наслідки.

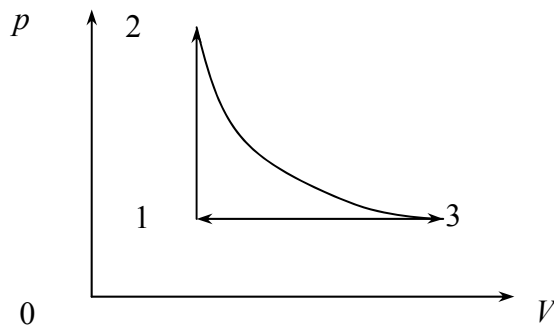


Рис. 1. Цикл зміни параметрів ідеального газу

Розглядаючи відомий газовий закон *Бойля–Маріотта* (ізотермічний процес, рис. 2), приходимо до “*закону попиту*”: $PQ = const$, де Q – кількість проданого товару, P – ціна товару. Величина (обсяг) попиту зменшується у міру збільшення ціни товару, тобто між величиною попиту та ціною існує обернено пропорційна залежність, якщо нецінові чинники залишаються незмінними (рис. 3).

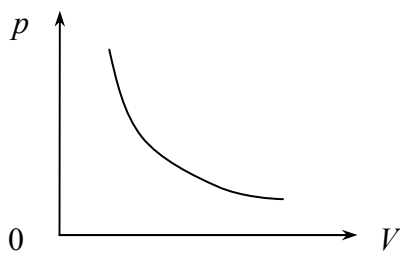


Рис. 2. Ізотерма ідеального газу

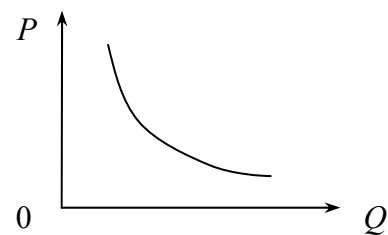


Рис. 3. Графічне зображення закону попиту

Отже, студенти самостійно формулюють один із фундаментальних законів економічної теорії (згідно з А. Курно), відчуваючи себе дослідниками, співавторами одного з видатних математиків і філософів XIX століття, що

загалом значно підвищує їх пізнавальний інтерес, сприяє глибині та міцності засвоєння навчального матеріалу.

Як відомо, переміщення ізотерми на діаграмі $p(V)$ пов'язано зі зміною фіксованого параметра – температури (рис. 4). У випадку ринку маємо інший результат. Як уже зазначалось, на попит впливає і низка нецінових чинників. Збільшення попиту через нецінові чинники графічно зображується як переміщення кривої попиту праворуч ($1 \rightarrow 2$), що вказує на більший попит для кожної ціни (рис. 5).

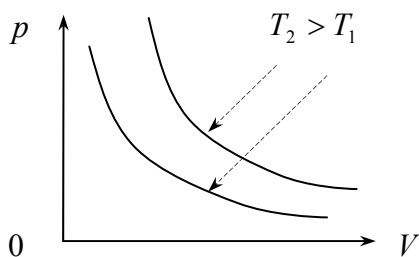


Рис. 4. Зміщення ізотерми ідеального газу

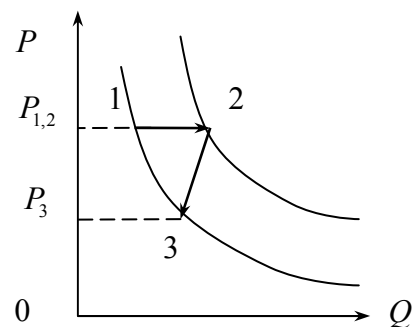


Рис. 5. Зміщення кривої попиту

З іншого боку, якщо попит зменшується, отримуємо протилежний результат. Якщо початковий попит спадає, то ціна зменшується ($2 \rightarrow 3$), при цьому і необхідна кількість товару також зменшиться – відбувається скорочення у постачанні. Зазначимо, що це виключно ефект змін у попиті. Кількість, яка забезпечується за кожною ціною, є такою ж самою, як і до переміщення попиту. Причина зміни ціни полягає в тому, що рівноважна кількість та ціна змінюється, якщо змінюється попит. Раніше (див. табл. 1) не було визначено, яке поняття ринкової системи є аналогічним поняттю температури в термодинамічній системі. На підставі аналізу рис. 4 і 5 можна зробити висновок: поняття “температура” у ринковій системі є аналогом поняття “нецінові чинники” (смаки споживачів, очікування продавців тощо) і саме вони визначають “температуру” останньої. Аналогічно ми діяли і під час вивчення ізохоричного процесу, порівнюючи закон Шарля та закон пропозиції.

Особлива роль у реалізації міжпредметних зв'язків “фізика-економіка” під час вивчення молекулярної фізики та термодинаміки студентами

нефізичних спеціальностей належить також розв'язуванню спеціально дібраних фізичних задач економічного змісту. Наведемо приклади таких задач з теми “Основи термодинаміки”.

1. На початку 90-х років ХХ ст. японський автовиробник “Мазда” випустив перший у світі автомобіль з водневим двигуном у 130 к.с., який був здатний розвивати швидкість 170 (км/год) і долати відстань у 230 км без дозаправки. У чому переваги водню порівняно з іншими видами палива? Чи є він економічно доцільнішим?

2. У дволітровому електричному чайнику потужністю 1 кВт вода закипає за 20 хвилин, тоді як у такому ж за місткістю чайнику потужністю 3 кВт – через 5 хвилин. Яким з них користуватися економічно доцільніше та чому?

3. Що ефективніше для збільшення ККД циклу Карно: підвищити температуру нагрівача на ΔT за $T_2 = const$ чи на стільки ж знизити температуру холодильника за $T_1 = const$?

Наведені приклади свідчать про те, що практично до кожної теми курсу загальної фізики у вищому навчальному закладі можна самостійно дібрати наявні завдання економічного напрямку без шкоди для засвоєння фізичних знань, для чого, безумовно, слід використовувати різноманітну науково-методичну літературу. Викладання навчального матеріалу необхідно проводити методами проблемного навчання, шляхом мотивації навчальної діяльності, постановки таких теоретичних і практичних завдань економічного змісту, вирішення яких вимагає застосування певних математичних знань, закономірностей, що виражаються формулами, ілюструються схемами та графіками. Насамперед, студентів можна познайомити з такими поняттями як продуктивність праці, ефективність виробництва, собівартість продукції, енерговитрати й економія ресурсів, реклама та маркетинг тощо.

Як свідчать проведені нами дослідження, більш ефективному та результативному використанню міжпредметних зв'язків “фізика-економіка” у навчальному процесі сприятиме залучення самих студентів у діяльність щодо їх здійснення. Під час вирішення завдань міжпредметного змісту студенти

порівнюють явища, здійснюють аналіз їх ознак, вибирають з поміж них суттєві, класифікують і систематизують ці ознаки, роблять узагальнення та висновки, тобто використовують широкий спектр розумової діяльності. Отже, застосування міжпредметних зв'язків “фізика-економіка” у навчальному процесі ґрунтується на активізації самостійної розумової діяльності студентів, що сприяє формуванню їх світогляду і наукового стилю мислення, розвитку пізнавальних та творчих здібностей і загалом формуванню конкурентоспроможного спеціаліста на ринку праці.

Отже, соціально-економічні перетворення в Україні зумовлюють необхідність реформування всіх галузей освіти, що ставить перед вищими навчальними закладами, які готують економістів, нові завдання підвищення ефективності та результативності теоретичної підготовки майбутніх спеціалістів як основи їх професійної компетентності. Одним з ефективних шляхів підвищення професійної підготовки економістів є прикладна і професійна спрямованість викладання курсу загальної фізики, яка може бути забезпечена лише при реалізації системного та комплексного підходу в організації навчального процесу. Тому активна робота кожного викладача вищого навчального закладу щодо посилення, розширення і поглиблення міжпредметних зв'язків є одним із важливих шляхів у комплексному вирішенні проблеми навчання та виховання майбутніх економістів, формування в них діалектичного стилю мислення, реалізації принципу інтеграції знань.

До подальших наукових пошуків зазначеного напрямку можна віднести: визначення шляхів і чинників інтенсифікації мотивації навчально-пізнавальної та майбутньої професійної діяльності; розробку системи завдань економічного змісту до кожної теми курсу фізики; створення якісного методичного забезпечення самостійної роботи студентів із застосуванням міжпредметних зв'язків “фізика-економіка”; розробку відповідної комп'ютерно-орієнтованої дидактичної системи тощо.

Список використаної літератури

1. Вітлінський, В. В. Моделювання економіки / В. В. Вітлінський. – К. : КНЕУ, 2003. – 358 с.
2. Богданов, І. Т. Методика навчання загальної фізики на факультетах нефізичних спеціальностей у вищих навчальних педагогічних закладах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання фізики” / І. Т. Богданов. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2003. – 20 с.
3. Конторов, Д. С. Основы физической экономики / Д. С. Конторов, Н. В. Михайлов, Ю. С. Саврасов. – М. : Радио и связь, 1999. – 184 с.
4. Чоплан, П. П. Основы фізики / П. П. Чоплан. – К. : Вища школа, 2000. – 514 с.
5. Школа, О. В. Основы термодинаміки і статистичної фізики : навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / О. В. Школа. – Донецьк : Юго-Восток, 2009. – 375 с.

Рецензент: доктор педагогічних наук, професор Сосницька Н. Л.