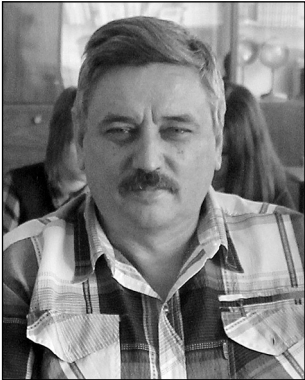


**СТУДІЇ: ПРЕДМЕТНІ МЕТОДИКИ**

# Навчання фізики на основі методів модульно-розвивальної системи А.В. Фурмана

**Володимир ГОРБАТКО,***вчитель фізики вищої кваліфікаційної категорії*

**Сучасна освіта орієнтована на пошук ефективних методів роботи з різноманітною інформацією, її творчим осмисленням та практичним використанням. Метою освіти є формування особистості з високим рівнем інтелекту і розвиненими творчими здібностями. На реалізацію цієї мети спрямовано модульно-розвивальну систему А.В. Фурмана.**

Науковець доводить, що здобутком системи є обґрунтування трьох ритмів організованого соціально-культурного досвіду – навчального, виховного, освітнього, а також відкриття, проектування та експериментальне відстеження трьох різновидів освітологічного змісту: психолого-педагогічного; навчально-предметного, в тому числі і наукового; методично-засобового [4; 5].

У модульно-розвивальній системі реалізуються принципи ментальності і духовності, модульності і розвивальності. Всі ці принципи є важливими для вчителя фізики, водночас найбільша кількість навчальних проблем пов'язана з реалізацією принципу розвивальності. У дослідженні В.О. Огнев'юка та А.В. Фурмана показано, що фізику можна поділити на модулі [3], усі модулі є взаємопов'язаними, однак аналіз підручників, посібників, збірників завдань засвідчує складність проблеми розвитку нової методики.

**Мета статті** – розглянути реалізацію принципів і методів модульно-розвивальної системи А.Фурмана під час розв'язання нестандартних задач із фізики та проаналізувати їхню роль у розвитку учнів.

Загальновідомо, що розвиток особистості – процес якісних та кількісних змін, що спричиняє появу нових характеристик у її функціонуванні, це нарощування можливостей переживати, діяти, самореалізовуватися. Проблема розвивальності пов'язана з проектуванням психолого-педагогічного змісту навчального модуля. Модульно-розвивальний процес реалізується сповна як єдине сценічне дійство, де учитель та учні грають певну роль (свідомо чи несвідомо), переживають всі його етапи і розумово, і душевно.

Учитель має не лише розробити календарно-модульне планування, сценарій модульно-розвивального процесу, а й разом із учнями створити

міні-підручники до кожного навчального модуля, що дало б змогу реалізуватися їм в інтелектуальному й естетичному плані. У цьому контексті неабиякого значення надається не лише тексту, а й оформленню: малюнкам, кресленням, таблицям, графіці, позначкам, запитанням.

Важливо створити умови, за яких учні відчули б, що кожен із них має особливі здібності та можливості, які можна реалізувати шляхом активної діяльності. З цією метою проводяться заняття під гаслом: «Зробимо відкриття».

Провідними принципами під час вивчення фізики в рамках модульно-розвивальної системи Анатолія Фурмана є принципи модульності, розвивальності, ментальності та духовності, що обґрунтовані автором [4, 5]. Кожен із названих принципів має бути реалізований у тісному органічному зв'язку з іншими принципами. Специфіка предмета фізики полягає в тому, що вона як предмет охоплює взаємопов'язані модулі, які поділяються на підмодулі та міні-модулі. Зокрема, такі модулі як «Механіка» і «Молекулярна фізика» демонструють значну кількість логічних зв'язків та аналогій.

Отже, сукупність модулів потрібно розглядати як систему, здатну функціонувати за умов її адекватного використання. Навчальний процес має бути не просто накопичувально-ітеративним, а й конструктивним, інтегративно-рекурсивним. Обґрунтування важливості цих принципів здійснив І.Унт [6]. Реалізація принципу ментальності потребує такої взаємодії між учителем та учнями, завдяки якій формується цілісний образ діяльності, що поєднує способи діяти, мислити і сприймати довкілля на основі вивчення фізики, формувати чуттєво-мислительний інструментарій пізнання та освоєння світу. Для цього під час вивчення будь-якої теми потрібно акцентувати не лише на фізичних явищах, а й на

людині, яка сприймає та осмислює їх разом з іншими, шукає способи використання, та впливі на самопочуття і здоров'я людини, яка, можливо, помиляється, але врешті-решт знаходить шляхи розв'язку проблемних ситуацій.

Зокрема, під час вивчення теми «Атмосферний тиск» в учнів постають запитання (до яких їх «підштовхує» вчитель):

1. Звідки береться атмосферний тиск?
2. Чому він нас не «роздавлює»?
3. Що може трапитися, якщо раптом зникне атмосфера Землі?
4. Чому тиск атмосфери зі збільшенням висоти зменшується?

Учні завжди активно обговорюють такі запитання, однак у рамках модульно-розвивальної системи потрібно прогнозувати, які проблеми постануть і якими засобами учні їх будуть розв'язувати. Важливо підготувати і продемонструвати прості і водночас цікаві досліди, вплив яких набагато ефективніший, ніж слова та малюнки в підручнику.

Розглянемо деякі міркування щодо підвищення ефективності навчання фізики.

**Основною проблемою** використання модульно-розвивальної системи під час вивчення фізики є проблема реалізації принципу розвивальності, яку розглядав В.В. Давидов [2]. Питання творчого підходу до розв'язання фізичних задач обґрунтував Д.Ховард [7]. Звернімося до вивчення теми «Послідовне та паралельне з'єднання провідників». Умова задачі формулюється у вигляді таблиці, порожні клітини якої потрібно заповнити числами. При цьому зручно скористатися можливостями комп'ютера, зокрема програми EXCEL.

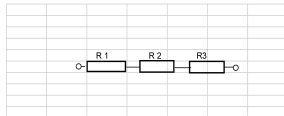
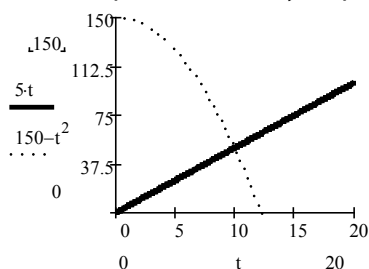


Схема 1. З'єднання провідників

	U	I	R
заг.	12	2	6
1	2	2	1
2	4	2	2
3	6	2	3

Таблиця 1. Значення величин (де виділено – відомі величини, інші – потрібно знайти)

Вивчення деяких тем кінематики є ефективнішим з використанням графічних методів. Під час визначення координат точки зустрічі та моменту часу зустрічі зручно скористатися графіками залежності координат від часу в програмі MathCAD 14.



Графік 1. Зустріч тіл

1. Вивчення будь-якої теми з фізики на основі модульно-розвивальної системи актуалізує необхідність перегляду традиційних методів викладання і впровадження нових підходів до осмислення закономірностей процесу сприйняття учнями фундаментальних законів фізики, наприклад, другого закону Ньютона:

m, кг	$\Delta v$ , м/с	F, Н	$\Delta t$ , с
1	1	1	1
1	2	2	1
1	8	4	2
2	6	3	1
3	4	6	2

Таблиця 3. Дані експерименту

Відомо, що сила 1Н – це така сила, під дією якої тіло масою 1кг змінює свою швидкість на 1 м/с за 1с.

Змінюючи значення сили, приросту швидкості, маси тощо пропонується заповнити виділені клітини числами і пояснити це. Учні завжди легко виконують завдання, а деякі з них «відкривають» закономірність –

$$m\Delta v = F\Delta t$$

Під час вивчення теми «Ідеальний газ» використовуємо знання учнями законів, що описують три відомі ізопроеци для формулювання ще кількох законів:

Незмінні величини

Закон

m	T	PV	Бойля-Маріота
m	P	V/T	Гей-Люсака
m	V	P/T	Шарля

За аналогією вводяться нові комбінації і, в такий спосіб, нові закономірності:

P	V	mT	?
V	T	P/m	?
P	T	m/V	?

Ідеї щодо створення асоціацій молекул виникли давно, зокрема розглядалися в працях Ван-дер-Ваальса. У рамках шкільного курсу фізики і особливо під час виконання дослідницьких робіт важливо розглянути системи зі змінним числом частинок, аби сформулювати «нові» закони вже реального газу. Наприклад,  $\frac{pV}{N} = const$ , що є аналогом ізотермічного процесу для сталого числа частинок.

2. Метод А.Ейнштейна використовуємо, коли постає проблема, складна для розв'язання. У такій ситуації доцільним вважаємо проведення творчих дискусій, мозкового штурму, що породжує лавину ідей; самостійне осмислення, що продукує гіпотези,

які на певному етапі є недостатньо обґрунтованими.

Створюємо ситуацію конфлікту ідей та гіпотез, інколи ця ситуація – драматична. Водночас настає момент, коли розв'язок проблеми загалом є несподіваним. Розпочинається інтенсивна робота зі створення нової теорії або нової технології. Справжня теорія має інтегрувати відомі факти і передбачати існування досі невідомих. Корисними є наукові дискусії, особливо, якщо відбуватимуться в атмосфері доброзичливості, на високому інтелектуальному рівні. Такі дискусії називаємо «Мозковий штурм-2».

Вивчення історії фізики засвідчує, що створення статистичної фізики, квантової механіки, теорії відносності відбувалося, в основному, за описаним сценарієм. Знання основних його закономірностей може спростити шлях до відкриття, навіть якщо це відкриття має значення лише для окремої особистості. Наприклад, відомо, що залежність опору провідника від температури, яка точна для певного діапазону температур, не придатна в області, близькій до плавлення. Запропоновано декілька варіантів більш точних виразів, якими неважко оперувати учням, використовуючи можливості ПК та інших технічних засобів. Отже, маємо рівняння:

$$\rho = \rho_{\text{пл}} e^{-\frac{C(T_{\text{пл}} - T)}{RT}},$$

де  $C$  – константа, яка визначається з експериментальних даних.

Під час вивчення поведінки електропровідності металів з'ясовано, що нікель після проходження точки Кюрі зменшує свій питомий опір. Тож постало питання щодо поведінки інших феромагнетиків, зокрема заліза. У наявній літературі нічого про це не йдеться, проведення точних дослідів є складним, тож шукаємо шляхи подолання проблеми.

Протягом останніх двох десятиліть зроблено багато відкриттів щодо супутників планет Сонячної системи, особливо цікавими є Енцелад (супутник Сатурна). З огляду на це, було розглянуто просту модель деформації супутника, в якій зміна гравітаційної енергії тіла спрямовується на його нагрівання.

Зміна цієї енергії

$$\Delta U = \frac{3}{40} \frac{GM^2 x}{R^2} = \frac{3}{40} M \cdot g \cdot x$$

Відомо, що під час приливних деформацій супутник набуває форми витягнутого еліпсоїда. Півосі цього еліпсоїда

$$a = \left(1 + \mu \left(\frac{R}{r}\right)^3\right) \cdot R \quad b = c = \left(1 - \frac{\mu}{2} \left(\frac{R}{r}\right)^3\right) \cdot R$$

В нашому випадку  $\mu = \frac{M_{\text{Сатурна}}}{M_{\text{Енцелада}}} = 2,262 \cdot 10^6$

$R$  – радіус Енцелада (середній);

$r$  – відстань між планетою і супутником (велика піввісь орбіти Енцелада);

мінімальна відстань  $r_{\text{min}} = r(1-e)$ ,  $e=0,0047$  – ексцентриситет орбіти;

максимальна відстань  $r_{\text{max}} = r(1+e)$ , зміна більшої осі еліпсоїда

$$h_{\text{max}} = a - R = \mu \left(\frac{R}{r_{\text{min}}}\right)^3 \cdot R = 1,5982 \text{ км}$$

$$h_{\text{min}} = \mu \left(\frac{R}{r_{\text{max}}}\right)^3 \cdot R = 1,5538 \text{ км}$$

$$\Delta h = 0,0444 \text{ км} = 44,4 \text{ м}$$

Отже, отримано коливання поверхні супутника в межах 40 метрів.

Тоді зміна гравітаційної енергії супутника

$$\Delta U = \frac{3}{40} g M \Delta h \approx 3 M g = 3,6 \cdot 10^{19} \text{ Дж}$$

Можемо оцінити, яку масу льоду при  $t = -200^\circ \text{C}$  можливо перетворити на пару при  $t = 100^\circ \text{C}$ .

$$m(C_{\text{л}} \cdot 200 + \lambda + 100 \cdot C + r) = \Delta U \quad m \approx 10^{14} \text{ кг}$$

Об'єм такої кулі відповідає

$$V = 10^{11} \text{ м}^3 = 100 \text{ км}^3 = 5 \times 5 \times 4 (\text{км}^3)$$

Це відповідає кубу зі стороною 4,64 км або кулі з радіусом 4,89 км.

3. Гіпотези, народжені роздумами після занять.

3.1. На думку А.Ейнштейна, фізична теорія повинна бути зрозумілою навіть дитині, хоча б у загальних рисах і поняттях. Тому нічого дивуватися, що після вивчення нового матеріалу в учителя і учнів народжуються різноманітні ідеї; деякі з них швидко відсіюються, але невелика частка продовжує існувати. Наприклад, усі обізнані з тим, що швидкість світла у вакуумі є найбільшою з усіх відомих. Швидкість поширення хвиль у середовищі визначається його властивостями та умовами, в яких воно перебуває. Якщо певний об'єкт прискорюється лише під впливом цих хвиль, його швидкість може лише наблизитися до деякої максимальної швидкості. Так заряджені частинки, прискорюючись, мають швидкість не більшу від швидкості світла у вакуумі.

Наша гіпотеза полягає в тому, що незабаром буде створено об'єкти, які зможуть рухатися, поглинаючи енергію хвиль середовища. При цьому виникає запитання щодо властивостей гравітаційного поля, його поширення та можливості детектування хвиль. У земних умовах надзвичайно важливо було б впливати на рух літаючого або плаваючого тіла за допомогою сфокусованих хвиль, джерело яких перебуває на певній відстані. Водночас потрібно розв'язати проблеми: як фокусувати хвилі, який пристрій перетворюватиме енергію коливань середовища на енергію руху, наприклад, човна? Отже, припускаємо, що всі середовища мають максимальну швидкість поширення хвиль і в цих середовищах існують об'єкти, що рухаються під дією цих хвиль.



3.2. Реальний газ – це молекули та їхні утворення (кластери), розчинені в електромагнітному полі, на які діє сила тяжіння. Якщо розглядати лише молекули, які не взаємодіють між собою, то маємо ідеальний газ. Взаємодія молекул має електромагнітну, квантову природу: при співударяннях молекул можуть випромінюватися або поглинатися фотони, що відповідають інфрачервоній ділянці спектру (можливо, й радіочастотам). Вплив гравітації буде суттєвим, зокрема за наявності конденсації або залежності концентрації молекул від висоти над поверхнею планети.

Отже, варто розглядати сукупність частинок і фотонів, що можуть обмінюватися енергією (а за умови замкнутості системи загальна енергія не змінюється). Для цього система повинна перебувати в посудині з ідеальними дзеркальними стінками. В нашому світі немає ідеальних систем, тож необхідно з обережністю використовувати результати, отримані для ідеалізованих моделей, бо можна отримати принципово неправильні результати.

Будь-яка фізична система здатна обмінюватися з оточуючим середовищем частинками та електромагнітною енергією або фотонами. Для молекул реальних газів електромагнітна взаємодія є суттєвою за умов утворення або розпаду складних утворень (кластерів), конденсації чи дисоціації. Газ може нагріватися, якщо отримує енергію у вигляді потоку фотонів.

3.3. Стан термодинамічної системи змінюється за умови передачі їй теплоти або молекул. Це може привести до зміни внутрішньої енергії та виконання системою роботи. Передача теплоти пов'язана в будь-якому випадку з електромагнітною взаємодією або з потоком і поглинанням фотонів цієї системою. Внутрішня енергія визначається кінетичною енергією руху молекул та енергією взаємодії

молекул, зокрема кількістю зв'язків між молекулами. Тоді перший закон термодинаміки матиме вигляд:

$$\Delta N_f \Delta e + \Delta N_m \Delta a = \Delta p \Delta V,$$

де  $N_f$ ,  $N_m$  – число фотонів і молекул відповідно, які отримує або віддає система,  $e$ ,  $a$  – зміна енергії системи після отримання молекули або фотона.

3.4. Ідеї і питання, над якими ми працюємо.

1. Після вивчення основ ядерної фізики, не маючи уявлення про кварки, учні висунули гіпотезу: нуклони – тривалентні (1997 рік).

2. Електрон – частина мікросистеми і вільно не існує... (1998 рік).

3. Когерентні фотони – однакові? Взаємодія подібного ...

4. Без взаємодії, без змін – немає нічого ...

5. Швидкість поширення хвиль в певному середовищі – максимальна порівняно із швидкістю руху тіл під дією сил взаємодії цього середовища.

6. Тиск фотонів! Чи може він бути значним, наприклад, під час конденсації газу?

7. Атоми взаємодіють з випромінюванням інфрачервоних квантів або не взаємодіють взагалі.

8. Рух молекул, довжина хвилі де-Бройля і кванти, які випромінюються при взаємодії цих молекул.

9. Об'єм, що припадає на одну частинку, а в ньому хаотично рухається одна або кілька частинок, швидкість яких теж хаотично змінюється. Положення в цьому об'ємі теж не визначене. «Газовий кристал»...

10. Електрони, що рухаються у кристалі, можуть віддавати йому енергію за умови достатньо високої температури.

11. Як відводити енергію, яка виділяється під час термоядерного синтезу, аби вона не руйнувала утворені ядра?

12. Молекули та утворення з них випаровуються: чи є тут аналогія з випромінюванням абсолютно чорного тіла?

13. В чому різниця між стисненням і розтягуванням стержня з погляду виділення або поглинання тепла?

14. Чи еквівалентні між собою процеси стиснення і додавання в систему молекул, якщо початковий і кінцевий стани – однакові?

15. Інтервали в яких розглядають значення фізичних величин, – нескінченні... А якщо обмежені? Наприклад, від потрібної точки до критичної.

#### 4. Методи генерування нових ідей.

*Морфологічний метод (ММ)* полягає в побудові таблиць, що охоплюють безліч варіантів, після чого відбувається їх послідовний аналіз.

Прообразом морфологічного методу вважають «Ars magna» Раймондо Луллія (1235 р.н.), який вирішив довести істинність християнського вчення, розробивши логічну систему побудови і виводу догматів релігії.

У сучасному вигляді ММ відтворений швейцарським астрофізиком Ф.Цвіккі: в 30-ті роки минулого століття вчений інтуїтивно застосував ММ до розв'язку проблеми. Він висловив припущення щодо існування нейтронних зірок, які відкрили пізніше. В найпростішому випадку на основі ММ розглядається побудова двовимірної карти (таблиці): обирають дві найважливіші характеристики технічної системи, складають щодо кожної перелік можливих видів і форм, а потім таблицю, на осях якої є цей перелік. Недоліком ММ є велика кількість варіантів і відсутність критеріїв, які б упорядковували цей відбір.

*Мозковий штурм (МШ)* – психологічний метод, творцем якого є Алекс Осборн. Основу методу становить положення, що процес генерування ідей потрібно відокремити від процесу їх оцінювання. А.Осборн запропонував здійснювати генерування ідей без жодної критики, навпаки, заохочується кожна ідея, навіть жартівлива або безглузда. Залучається невелика і різноманітна група (6–8 осіб) – «генераторів ідей». Ця група не передбачає керівників, все відбувається невимушено. Здобуті результати передаються групі експертів для оцінювання і відбору перспективних ідей. Перші 10–15 років на МШ покладалися великі надії, але поступово з'ясувалося, що за допомогою методу МШ ефективно розв'язувати організаційні завдання, на противагу винахідницьким задачам та проблемам.

Серед багатьох спроб поліпшити метод МШ заслуговує на увагу синектика, розроблена Вільямом Гордоном (США). В 1960 році засновано фірму «Синектикс інкорпорейтид», яка виконувала замовлення на розв'язок завдань щодо творчого мислення. Гордон формував постійні групи, члени яких

звикали один до одного і не боялися критики. Групи вдосконалювалися за рахунок залучення у них нових людей. Зріс рівень взаєморозуміння. На думку В.Гордона, творчий процес можна вдосконалювати: вивчати записи розв'язку задач, регулярно тренуватися на різноманітних завданнях. Він вважав, що є два механізми творчості: неопераційні процеси – інтуїція, натхнення, інсайт, та операційні – використання різних аналогій. В.Гордон помітив, як багато залежить від розуміння задачі (проблеми): початкові умови не завжди зрозумілі, і це підштовхує до неправильного варіанта.

Для творчого процесу важлива здатність перетворювати звичне в незвичайне і навпаки, в новій проблемі, ситуації побачити дещо знайоме і розв'язати проблему, спираючись на це.

Робочими механізмами для відпрацювання нового погляду на задачу є аналогії:

- пряма аналогія (наприклад, з природи);
- особиста (емпатійна) аналогія (ототожнення себе з об'єктом дослідження);
- символічна – знайти короткий опис задачі в чіткій, символічній формі;
- фантастична – викласти задачу (проблему) у формі казки або легенди.

В.Гордон правильно обрав метод досліджень – вивчення реальних винахідницьких завдань. Але вся його увага була зосереджена на діях людини. Водночас варто зважати, що технічні об'єкти розвиваються закономірно і дії винахідника ефективні за умови, що об'єкт змінюється в потрібному напрямі.

«На банальних засіданнях народжуються лише банальні ідеї. Оригінальні ідеї генеруються завдяки оригінальним завданням, коли перед людьми ставиться складна, термінова і надзвичайно важлива задача», – стверджує Х.Ясухіса.

Теорія розв'язання творчих (винахідницьких) завдань (ТРТЗ) була розроблена Г.Альшутлером. Вона покликана подолати недоліки методів, які спиралися на активізацію перебору різноманітних варіантів.

В ТРТЗ завдання розподіляють на п'ять рівнів:

- варіантів зміни мало, зміни локальні;
- змінюється один елемент системи;
- суперечності, спосіб їх розв'язання перебувають у межах однієї науки;
- синтезується нова технічна система, що не суперечить попередній, проблема розв'язується засобами інших наук;

• ситуація винаходу – сукупність складних проблем, винахід дає принципово нову систему.

Основні принципи ТРТЗ:

1. Орієнтація на ідеальний кінцевий результат.
2. Максимальне використання матеріальних та енергетичних ресурсів.
3. Задача на вимірювання – потрібно перейти до задачі на зміну системи, щоб відпала потреба у вимірюванні.
4. Задача на регулювання – ускладнити задачу, вимагаючи додатково, щоб регулювання

відбувалося само по собі – за рахунок фізичних перетворень в обох напрямках.

5. Задача на забезпечення оптимального режиму дій – бажано обійти: поставити максимальний режим, а надлишок дії прибрати. При цьому використовуються властивості фазових переходів, іонізованих газів, силових полів, капілярних явищ тощо.

Надзвичайно важливим фактором є розвинена творча уява. Французький психолог Рібо стверджував, що уява інтенсивно розвивається у дітей від 5 до 15 років, а потім її рівень поступово спадає. Для розв'язку складних задач використовуються принципи послідовності та паралельності ліній аналізу. Інколи замість особистих аналогій користуються методом маленьких чоловічків: оперативну зону уявляють у вигляді розділеної на дві команди (групи). Вибудовують схему конфлікту, а потім, змінюючи поведінку чоловічків, знімають конфлікт. Подібні методи дають змогу реалізувати принцип розвивальності сповна і реалізувати модульно-розвивальну систему А.Фурмана як цілісну.

#### Література

1. *Гуменюк О.* Міні-модуль – прогресивна форма навчання / О.Гуменюк // Рідна школа. – 1998. – №6. – С. 64–65.
2. *Давыдов В.В.* Проблемы развивающего обучения / В.В. Давыдов. – М.: Педагогика, 1986. – 240 с.
3. *Огнев'юк В.* Принципы модульности в истории освіти / В.Огнев'юк, А.Фурман. – К., 1995. – Ч. 1. – 84 с.
4. *Фурман А.В.* Проблемні ситуації в навчанні: книга для вчителя / А.В. Фурман. – К., 1991. – 191с.
5. *Фурман А.В.* Модульно-розвивальне навчання: принципи, умови, забезпечення: монографія / А.В. Фурман. – К.: Правда Ярославичів, 1997. – 340 с.
6. *Унт И.Э.* Индивидуализация и дифференциация обучения / И.Э. Унт. – М.: Педагогика, 1990. – 346 с.
7. *Ховард Д.* Школа будущего дня / Д.Ховард. – М.: МЦМСО, 1992. – 273 с.



#### Анотації

##### Володимир ГОРБАТКО

##### Навчання фізики на основі методів модульно-розвивальної системи А.В. Фурмана

*У статті розглядається застосування модульно-розвивальної системи А.В. Фурмана під час вивчення фізики. Особлива увага приділяється принципу розвивальності як основі самореалізації особистості. На реальних прикладах показано, як спроектувати шлях учнів від отриманого складного завдання до власного відкриття.*

**Ключові слова:** розвиток, фізика, відкриття, методи навчання, модульно-розвивальна система.

##### Владимир ГОРБАТКО

##### Обучение физике на основе методов модульно-развивающей системы А.В. Фурмана

*В статье рассматривается применение модульно-развивающей системы А.В. Фурмана в процессе изучения физики. Особое внимание уделяется принципу развития как основе самореализации личности. На реальных примерах показано, как спроектировать путь учащегося от полученного сложного задания к собственному открытию.*

**Ключевые слова:** развитие, физика, открытия, методы обучения, модульно-развивающая система.

##### Volodymyr HORBATKO

##### Study of physics by the methods of the modular developmental system by A.V. Furman

*It is described in the article how the modular developmental system by A.V. Furman is applied in the course of studying physics. Special attention is paid to the principle of development as the basis for self-realization of the personality. The way of the learner from getting a complicated task to personal discovery is shown with the help of practical examples.*

**Keywords:** development, physics, discovery, methods of teaching, modular developmental system.

