

Міністерство освіти та науки України
Національна металургійна академія України

Теорія та методика
навчання математики,
фізики, інформатики

*Збірник наукових праць
Випуск VIII*

Том 2

Кривий Ріг
Видавничий відділ НМетАУ
2010

МОТИВОВАНЕ УПРАВЛІННЯ САМОСТІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ УЧНІВ ТА СТУДЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕМИ «ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ»

Г.П. Половина, В.М. Здешиц, С.В. Демчук
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Перехід на дванадцятирічне навчання вимагає змін програми навчання та створення нових підручників. В нових підручниках 7-8 класів, якими зараз користуються учні, котрі навчатимуться 12 років, вміщено матеріал із новітніми досягненнями науки. Але це не сприяє виникненню та підтримці інтересу до вивчення фізики, бо автори створили такі підручники, які відлякують учнів. В цих підручниках вживаються терміни, які не розуміють діти («електромагнітні хвилі», «тригонометричні

функції», $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ і таке інше [1]). В новій шкільній про-

грамі недостатньо виділено часу на підкріплення теорії практикою (розв'язування задач, лабораторні роботи).

Ми хочемо показати один із прийомів, здійснюючи який, завдяки зв'язку учень – студент – вчитель школи – викладач вузу, можливо викликати мотиваційний компонент самостійної діяльності та інтерес до фізики, щоб здійснювати мотивоване управління самостійною діяльністю учнів та студентів.

Як показано в роботі [2], *мотивоване управління самостійною діяльністю* полягає в організації навчально-виховного процесу так, щоб учні чи студенти відчували потребу в саморозвитку і навчання для них стало важливою справою. При такій організації навчального процесу в них змінюються психічні функції сприймання, пам'яті та мислення. Вчитель веде учня шляхом суб'єктивного відкриття, а для цього пропонує такі завдання і дії, щоб учні відчули себе творцями.

Однією із складних тем, які в більшості засвоюються учнями формально, є «Властивості рідин. Поверхнева енергія. Поверхневий натяг. Змочування. Капілярні явища» в 10 класі одинадцятирічної школи, на вивчення якої відводиться 2-3 години. Хоч коефіцієнт поверхневого натягу вводиться через динамічні та енергетичні поняття, більшість задач розв'язуються через поняття сили, яку треба прикласти до одиниці граніці рідини. Ось питань, які задавались учнями їхнім вчителям:

- Коефіцієнт поверхневого натягу чистої води $\sigma = 0,073$ Н/м, а мильного розчину $\sigma = 0,022$ Н/м. Чому ж мильні бульбашки довго не руйнуються (їх можна навіть заморозити), а бульбашки з води миттєво

зникають?

- Як застосувати твердження «сила поверхневого натягу лежить в площині границі рідини, перпендикулярно до цієї границі» до поведінки рідини в капілярі?

- В курсі фізики середньої школи дається означення: сила – причина зміни швидкості або деформації тіла. І тому в учнів викликає подив результат експерименту, коли підвішена до динамометра П-подібна рамка занурюється в посудину з водою. Динамометр з рамкою піднімають, рамка зтягується плівкою води, динамометр показує деяке значення сили. Подальше підняття рамки і збільшення площі поверхні плівки не змінює показу динамометра. Тобто плівка не деформується. Тут відсутня сила пружності, тобто ні швидкість не змінюється, ні деформації немає. Але сила поверхневого натягу є.

Звертаємо увагу на те, що зміна площі поверхні рідини відбувається не за рахунок зміни відстані між молекулами води (сила пружності відсутня), а за рахунок переходу нових молекул з глибини рідини на поверхню, тим самим збільшуючи поверхню плівки. Отже, учень вперше зустрічається з тим, про що Фейнман [6] говорить, що поняття «сила» одне з найскладніших у фізиці.

Крім того, коли учень запитав у вчителя: «Чому скло так гарно ріжеться у воді, а при різанні у повітрі колеться гострими склянками?», вчитель не дав учневі готову відповідь, а вказав на літературні джерела, знайомство з якими допомогло б відповісти на поставлені питання.

Тому, коли ліцей почав готуватись до міського фізичного турніру винахідників, однією із вимог якого було написання творчої роботи, пов'язаної з однією з тем, над якими працював Д.І. Менделєєв (людство відзначало в 2009 році 175-річчя від дня його народження), то над темою «Поверхневий натяг» і почав працювати учень.

Студент педуніверситету під час навчання має отримати професійну підготовку й базові, ключові та спеціальні компетенції, що визначатимуть необхідний рівень його підготовки. Важлива роль при цьому відводиться його самостійній діяльності, яка дає можливість виробити базові (діагностичні, комунікативні, організаційні, цільові, проєктувальні) професійні вміння. Студент обрав тему самостійної роботи таку ж, як і учень. Це дало йому можливість виконати фізичні дослідження в більшому обсязі, ніж за програмою вузу. Але більш цінним є те, що він міг спостерігати за творчими пошуками учня, міг з ним спілкуватися, допомагати вирішувати складні проблеми [3].

Про таку співдружність учень – студент – вчитель – викладач вузу описано в [3], де показана спроба розширення рамок нормованої самостійної навчальної діяльності студентів, які працюють над проблемою

розвитку творчої діяльності учнів з метою формування у студентів важливих професійних компетенцій.

Експериментальні дослідження проводили ліцеїсти та студент на базі ліцею та лабораторій педуніверситету, а вчитель та викладачі вузу здійснювали мотивоване управління їхньою самостійною діяльністю [3].

Дослід №1. Різання скла ножицями. В результаті різання у повітрі, скло розколювалось на гострі шматки, тому різати скло в подібних дослідах слід, одягнувши рукавиці та окуляри. При різанні у воді скло ріжеться маленькими шматочками. Шматочки і скло після різання не мають гострих кутів. Зокрема, у воді легко вирізати зі скла дуже гарні кружечки.

Гіпотеза, яку висунули і учень, і студент:

Причина полегшення різання скла у воді полягає у взаємодії скла з водою. Скло у воді не розчиняється, але поверхня скла з точки зору молекулярної будови речовини не є гладенькою. Молекули води, потрапляючи між молекулами скла, зменшують силу електростатичної взаємодії молекул скла в ϵ разів (діелектрична проникність води $\epsilon=81$) і полегшують відділення їх одна від одної.

До цього твердження студент додав, що вода є однією з поверхнево-активних речовин, присутність якої полегшує обробку міцних матеріалів (різання, штампування, буріння гірських порід, стирання алмазу на порошок) [4].

Крім того, студент спробував дати рекомендації щодо обробки твердих тіл, використовуючи воду: при $t = 0^\circ\text{C}$ $\epsilon = 88$, а при $t = 20^\circ\text{C}$ $20^0 \epsilon = 81$, для обробки ж заліза використовувати гліцерин $\epsilon = 43$ (щоб залізо не окислювалось). Всі останні рідкі діелектрики мали ϵ набагато менші, ніж у води, яка має найбільшу діелектричну проникність.

Зокрема, він виходив із того, що скло колись було рідиною і молекули поверхні рідини притягувались до молекул нижніх шарів з більшою силою, ніж внутрішні молекули між собою. Така ж ситуація залишалась при переході скла в твердий стан.

Учень спробував знайти зв'язок між коефіцієнтом поверхневого натягу та розмірами молекул рідини, з якої видували бульбашки, але відповідь на це питання зміг дати студент, зробивши деякі дослідження.

Мильний розчин, з якого видували бульбашки, а потім їх досліджували – це смектичний рідкий кристал, продовгуваті молекули якого розташовані шарами. Ці шари досить рухливі, а великі вісі молекул перпендикулярні до цих шарів.

Щоб ближче познайомитись із властивостями рідкого кристалу, студент зробив дослідження з рідкокристалічною твіст-коміркою, досліджуючи, як впливає електричне поле та освітленість на деякі властивос-

ті рідкого кристалу, використавши завдання експериментального туру третьої соросівської олімпіади для 11 класу [5]. Все це дало можливість переконатись в тому, що не існує зв'язку між міцністю мильної плівки та її коефіцієнтом поверхневого натягу.

В лабораторії педуніверситету було проведено експериментальне дослідження залежності додаткового тиску в бульбашці від речовини та діаметра бульбашки. Тиск вимірювали за допомогою цифрового мікробарометра МБЦ з ціною поділки 0,02 мм ртутного стовпчика. Точність вимірювання барометра перевірялась шляхом вимірювання атмосферного тиску в точках, відстань між якими по вертикалі рівна 1 м. Датчик барометра був з'єднаний з трубочкою, що закінчувалась голкою від медичного шприца.

Барометр через п'єзоелектрик був увімкнений в одне з плечей містка постійного струму, а в діагональ містка вмикався гальванометр.

Вимірювання додаткового тиску в бульбашці з розчину цукру у воді (63%) радіусом 2 мм дало $\Delta p = 1,2$ мм ртутного стовпчика. Бульбашку одержували за допомогою медичного шприца без голки. Стійка бульбашка отримувалась при вертикальному розташуванні шприца отвором вниз. Тиск в бульбашці вимірювався шляхом уведення в неї медичної голки, приєднаної за допомогою трубочки до барометра.

Цікаві дослідження були проведені в лабораторії педуніверситету з капіляром, розташованим горизонтально. Діаметр капіляра $d = 3 \cdot 10^{-4}$ м. Спостерігалось випаровування спирту (98%) з капілярної трубочки. Нижче в таблиці I наведені час та координати центру меніска при випаровуванні спирту з трубочки, коли випаровування відбувається з одного боку, а інший закритий.

Швидкість випаровування спирту в капілярі 300 мкм: 11,5 мкм / с.

$t, \text{с}$	0	5,2	10,7	16,4	22,4	28,6	35	41,7	48,2	55
$S, \text{мкм}$	0	70	140	210	280	350	420	490	560	630

Вимірюючи швидкість переміщення границі рідини, можна виміряти коефіцієнт дифузії за наступною робочою формулою:

$$D \approx \frac{v_{\text{сп}} RTh}{\mu \rho_{\text{нас}}}$$

де h – відстань від краю капіляра, пройдена границею меніска до моменту вимірювання швидкості руху границі $v_{\text{гр}}$.

Наведену формулу легко одержати. Масу рідини, що випарувалась за малий проміжок часу τ , можна подати через швидкість переміщення границі рідини простим співвідношенням $M = \rho_p S v_{\text{сп}} \tau$, де $v_{\text{сп}} = \frac{\Delta h}{\tau}$ – швидкість переміщення границі рідини при випаровуванні. З іншого

боку, масу випаруваної рідини можна оцінити за законом Фіка:

$$M = -D \frac{\Delta \rho_{II}}{\Delta x} S \cdot \tau, \text{ де } \rho_{II} - \text{густина парів цієї рідини.}$$

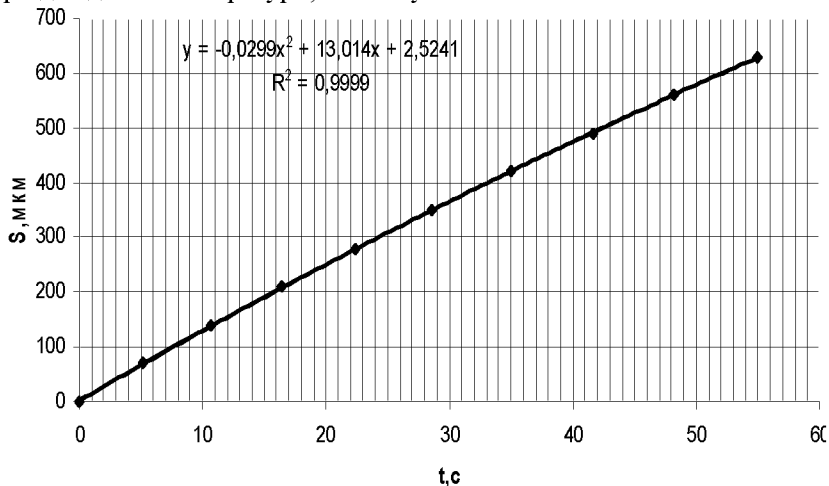
Прирівнюючи ці два вирази для мас, отримуємо рівняння, що описує елементарне зміщення границі рідини за рахунок дифузного випаровування частинок рідини:

$$\rho_p v_{zp} \Delta x = D \cdot \Delta \rho_{II}.$$

Додавши всі значення за певний проміжок часу спостереження, отримуємо:

$$\rho_p v_{zp} h \approx D \rho_{нас}.$$

Це і є робоча формула, яка приведена вище. В ній густина пари виражена через тиск, оскільки іноді в довідниках дається тиск насиченої пари для даної температури, а не її густина.



Функціональна залежність: $S = -0,03t^2 + 13t + 2,5$ мкм

Висновок, який зробив учень з цих експериментів – зменшення швидкості випаровування пояснюється тим, що над меніском рідини із збільшенням довжини трубочки, в якій немає рідини, збільшується парціальний тиск пари спирту, що зменшує інтенсивність випаровування.

Зокрема, студент відмітив, що тиск пари над меніском менший, ніж далі від нього. До того ж він не залишив поза увагою явище, яке він спостерігав у рідині біля її поверхні. Якась дрібна скалочка у зваженому стані билась об поверхню рідини. Удари були спрямовані в центральну частину меніска. Студент робить висновок, що рух частинки – броунівський рух, який спостерігається в результаті випаровування молекул

спирту і виникаючого імпульсу сили на поверхню рідини.

При обговоренні результатів експерименту торкнулись і питання про те, що таке сила. Знайомство з лекцією Фейнмана показало, що другий закон Ньютона не точний і поняття сили, яким ми користуємося є ідеалізацією, такою ж як «матеріальна точка», «ідеальний газ» тощо [6].

Ми розглянули деякі питання, над якими працювали разом учень і студент під керівництвом вчителя і викладача вузу. Як бачимо, вибір теми самостійної діяльності обох досліджувачів був мотивованим. Вони відчули потребу у нових знаннях, і щоб їх мати вони актуалізували знання вже набуті за шкільною програмою і до них додали нові незвичайні експерименти та ситуації, що їх зацікавили.

Групова робота учень – студент педагогічного закладу – вчитель ліцею – викладач вузу дає всім неоціненні надбання. Учень одержує нові, більш глибокі теоретичні знання, набуває вмінь та навичок в практиці, має змогу вчитись працювати з обладнанням, яке відсутнє в школі. Також він вчиться висувати гіпотезу, доводити свою правоту і теоретично, і практично, і експериментально; вчиться вести бесіду, прислухатися до думки іншого та захищати результати своєї роботи на конкурсах МАН. Свої результати учень оформив у вигляді творчої роботи, до складу якої крім перерахованих вище ввійшли його дослідження із визначення σ різними методами та розв'язано ряд олімпіадних задач на вказану тему.

Студент, спілкуючись з учнем та вчителем, отримуючи підтримку від викладача вузу, не тільки вчиться бути вчителем фізики, керувати дослідницькою роботою учня, він на практиці переконується, що наші знання про природу відносні, що наближати їх до істини можна нескінченно. Ця співпраця йому покаже, що і тоді, коли він стане вчителем, йому треба буде вчитись все життя, щоб самовдосконалюватись та самостверджуватись. В результаті цієї співпраці студент зустрів чимало питань, на які він намагатиметься в майбутньому отримати відповіді.

Участь вчителя у вказаній ґрунтовній співпраці теж не була для нього даремною. Пройшовши разом із учнем всі етапи творчої роботи, вчитель переконується, що теми творчих робіт учнів народжуються при наявності інтересу до предмету, при виникненні в учня потреби в нових знаннях. Результати дослідження учня вчитель може використати як на уроці повідомлення нових знань так і при їх корекції, а також при захисті творчих робіт в день свята знань. Це викличе у інших учнів інтерес та бажання самовдосконалюватись. Та й взагалі, безпосередня співдружність з педвузом дасть можливість користуватись його лабораторіями та здійснювати співпрацю зі спеціалістами.

Викладач вузу від цієї ґрунтовної роботи буде мати величезний зиск. Зараз, коли школа переходить на дванадцятирічне навчання, коли

змінюється програма, коли створюються нові підручники, коли за останні роки фізика як наука зробила величезні відкриття, що базуються на новітніх технологіях вуз повинен знаходити нові форми та методи співпраці зі школою, оскільки рівень знань та інтерес до фізики падає. Тому тісний активний зв'язок зі школою дасть можливість вузу розробляти рекомендації щодо підняття інтересу до фізики та включення мотиваційного компоненту самостійної діяльності учнів та перевірити на практиці, що дають ці рекомендації школі.

Література

1. Генденштейн Л. Э. Физика – 7 : учебник для средних общеобразовательных школ / Генденштейн Л. Э. – Харьков : Гимназия, 2007.
2. Сергеев О. В. Мотивоване управління самостійною діяльністю студентів / О. Сергеев // Наукові записки. – Кіровоград, 2002. – С. 198-202.
3. Половина Г. П. Дослідження хвильових явищ, або Історія однієї демонстрації / Г. П. Половина, О. О. Лаврентьева // Фізика та астрономія в школі. – 2009. – №3. – С. 30-33.
4. Гегузин Я. Е. Живой кристалл / Я. Е. Гегузин. – М. : Наука, 1981. – 192 с.
5. Третья Соросівська олімпіада з фізики. Міжнародна Соросівська Програма підтримки освіти в галузі точних наук. – К., 1997. – 44 с.
6. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – Т. 1. – М. : Мир, 1965. – 260 с.