

## Лекція 5. Діагностика сформованості вміння формулювати і розв'язувати задачі з фізики та астрономії

Говорячи про діагностику, необхідно з'ясувати, *що саме* (які результати) та *як* (у якій формі) буде контролюватися. Від цього залежатиме побудова самого процесу навчання. Важливо також врахувати існуючі *критерії оцінювання навчальних досягнень* учнів у системі загальної середньої освіти. Відповідно до чинних нормативно-правових актів Міністерства освіти і науки України складовими навчальних досягнень учнів з курсів фізики й астрономії є не тільки володіння навчальною інформацією та її відтворення, а й уміння та навички *знаходити потрібну інформацію, аналізувати її та застосовувати у стандартних і нестандартних ситуаціях*.

Відтак – зазначається у тих же документах – необхідно оцінювати:

- рівень володіння теоретичними знаннями;
- рівень умінь використовувати теоретичні знання під час розв'язування задач чи вправ різного типу (розрахункових, експериментальних, якісних);
- рівень володіння практичними вміннями та навичками, що їх можна виявити під час виконання лабораторних робіт, спостережень і фізичного практикуму;
- зміст і якість творчих робіт учнів (рефератів, творчих експериментальних і спостережувальних робіт, виготовлення приладів, комп'ютерне моделювання фізичних чи астрономічних процесів тощо).

Відповідно до функцій, які виконує контроль у навчальному процесі, виділяють його три основні види: попередній, поточний та підсумковий. Інколи до останніх додають ще повторний та періодичний види контролю.

Питання діагностики та контролю навчальних досягнень учнів є дуже широким. Тут ми зупинимось на конкретних аспектах використання діагностики у випадку нашого дослідження.

*Попередній* контроль проводиться з метою зафіксувати вихідний рівень наявних в учня знань, умінь та навичок, які будуть необхідні для наступної роботи. Такий вид контролю вчитель має проводити, наприклад, перед тим, як учні розпочинають виконувати нову роботу фізичного практикуму (поставлену у вигляді експериментальної задачі) або довгостроковий проект, робота над яким може відбуватися також у позаурочний час. Це потрібно робити для того, щоб з'ясувати наявність в учнів умінь, які є необхідними для проведення цієї роботи. Зрозуміло, що у випадку, коли ці вміння недостатньо сформовані або ж взагалі відсутні на самостійну та якісну діяльність учня можна не сподіватися (останнє впливає з порушення принципу педагогіки – *послідовності навчання* – набуття певних знань та умінь відбувається на несформованих або сформованих на низькому рівні попередніх). Докладніше про методичні особливості запропонованого нами способу проведення контролю підготовленості учнів (попередній контроль) до розв'язування експериментальних задач на заняттях з фізичного практикуму йдеться у наступному пункті дисертації.

Однією з вимог, що обумовлюють ефективність навчання, є необхідність у здійсненні *зворотного зв'язку* для отримання інформації про хід засвоєння учнями нових знань та вмінь (*поточний контроль*). Цей вид контролю має особливе значення на етапі набуття учнями окремих (базових) умінь, що потрібні для подальшої складної діяльності (перший рівень запропонованого нами підходу). *Що повинен враховувати вчитель, проводячи такий контроль?*

У педагогіці зазначається, що цей вид контролю має бути *поопераційним*. Під цим мається на увазі те, що зворотний зв'язок повинен не тільки нести відомості про правильність або неправильність кінцевого результату, а й надавати можливість здійснювати контроль за ходом процесу, слідкувати за діями учнів. Це дає можливість учителю *своєчасно* фіксувати та виправляти допущені ними помилки, а також визначати напрямки корегувальної роботи як з окремим учнем, так і з класом у цілому. Докладніше про завдання для забезпечення зворотного зв'язку при поглибленому вивченні фізики ми говорили у [18] (деякі питання щодо оцінювання якості навчання ми розглядали також у [22]).

Кінцевою метою першого *підготовчого* етапу методики є набуття учнями окремих (елементарних) умінь, доведення їх до рівня відповідних навичок. *Як перевірити чи досягнута ця мета?* Один з існуючих підходів указує, що для цього необхідно формулювати цілі навчання *на мові задач*. Тобто для формування і розвитку в учнів певного вміння треба визначити коло тих задач, для розв'язування яких це вміння буде потрібне. Спираючись на це, дослідниками [25] обґрунтовується важливість створення вправ для контролю рівня засвоєння і відпрацювання окремих розумових операцій при навчанні фізики. Ними ж наведені відповідні приклади завдань.

Зауважимо, що досить зручною (для вчителя) та корисною (для учнів) виявляється така форма контролю як *взаємоконтроль* учнів у парах або групах. Зрозуміло, що така форма контролю у кінцевому рахунку сприяє розвитку в учня вміння самостійно знаходити та виправляти помилки у своїх же діях (тобто здійснювати *самоконтроль*).

Нагадаємо, що на другому рівні запропонованого нами підходу попередньо набуті учнями окремі (елементарні) уміння повинні інтегруватися у процесі винахідницької діяльності до складного вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі. Говорячи про контроль успішності цього процесу, потрібно врахувати його творчий аспект.

На сучасному етапі розвитку освіти, рівень творчої самореалізації учня виступає загальнонаціональним освітнім параметром, який потрібно перевіряти та оцінювати поряд із іншими освітніми стандартами. Недивно, що у критеріях оцінювання практичних знань та вмінь учнів (які відображені у нормативно-правових актах Міністерства освіти і науки України) вказується на те, що *найвищим* рівнем навчальних досягнень вважається виконання роботи за *самостійно* складеним *оригінальним* планом або установкою з їх обґрунтуванням.

Діагностика рівня розвитку вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі проводилася нами за:

- аналізом відповідних освітніх продуктів учнів; розвитком їхніх особистісних якостей та їхніми творчими досягненнями (результати участі в олімпіадах, конкурсах та турнірах з фізики та техніки);
- рівнем засвоєння та випередження освітніх стандартів.

В якості освітніх продуктів виступили учнівські науково-дослідницькі роботи, діючі моделі та макети винайдених пристроїв, оформлені заявки на винаходи, наукові статті, стенди, презентації тощо.

На важливість саме такого підходу до діагностики також вказує одна з існуючих форм проведення державної підсумкової атестації з фізики: *у вигляді захисту учнівських дослідницьких робіт*. До останніх належать проектно-конструкторські, раціоналізаторські та винахідницькі роботи, дослідження тощо. У вимогах до цих робіт зазначається, що вони повинні мати таку структуру:

- назва теми роботи;
- вступ (основна ідея, її теоретичне обґрунтування, структура запланованого дослідження);
- основна частина (використані методи, отримані результати, таблиці, графіки, фотографії, моделі, прилади, комп'ютерні програми тощо; оцінка результатів роботи та їх порівняння з відомими даними);
- висновки;
- список використаних джерел.

Серед основних елементів аналізу учнівських творчих робіт, що дозволяють учителям оцінювати рівень розвитку (прояву) відповідних здібностей старшокласників, як правило, виділяють такі:

- формулювання учнем мети дослідження;
- планування діяльності;
- відшукування фактів про об'єкт;
- дослід;
- формування питань та проблем;
- формулювання гіпотез та моделювання результату;
- рефлексивні здібності.

Порівняльний аналіз та оцінка робіт досить часто проводяться за допомогою відповідних критеріальних шкал, кожен параметр яких оцінюється певною кількістю балів. Як можна побачити з Положень про конкурси та турніри фізико-технічного спрямування, існуючі критеріальні шкали досить схожі між собою. Їхніми параметрами, як правило, є: ступінь творчості, корисність та значимість роботи для автора та інших людей, складність та науковість, якість оформлення роботи тощо. Оцінюючи ступінь творчості, враховують таке: чи був створений учнем продукт раніш невідомим лише для нього самого (але відомим для вчителя), або він виявився новим також і для вчителя або взагалі для фахівців відповідної галузі.

Отже, перший (підготовчий) рівень методики передбачає здійснення діагностики рівня сформованості в учнів окремих (елементарних) умінь, пов'язаних із формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач.

Запропоновано *спосіб* здійснення такої діагностики за допомогою завдань у вигляді відповідних підготовчих вправ. На другому рівні методики контроль успішності розвитку складного вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі винахідницької діяльності враховує творчий аспект цього вміння і здійснювався нами за аналізом відповідних *освітніх продуктів* учнів (науково-дослідницькі роботи, діючі моделі та макети винайдених пристроїв, оформлені заявки на винаходи, наукові статті, стенди, презентації тощо); за їх *творчими досягненнями* (результати участі в олімпіадах, конкурсах та турнірах з фізики та техніки); за рівнем *засвоєння та випередження освітніх стандартів*.

**Контроль рівня підготовленості учнів до розв'язування експериментальних задач на заняттях з фізичного практикуму.** У відповідності до навчального плану загальноосвітньої школи курс фізики у 9 – 11 класах передбачає обов'язкове виконання циклу робіт фізичного практикуму в кінці навчального року. А у фізико-математичних школах та у класах, де фізика є профільюючим предметом, існують також заняття фізичного практикуму впродовж усього навчального року.

Роботи фізичного практикуму відрізняються від фронтальних лабораторних робіт більш високим ступенем самостійності експериментальної діяльності та рівнем пізнавальної активності учнів. Як правило, експериментальні роботи, які виконують учні на заняттях фізичного практикуму, мають частково-пошуковий або дослідницький рівень.

Зазначимо, що роботи фізичного практикуму, а також фронтальні лабораторні роботи можуть бути поставлені також у формі розв'язування відповідних експериментальних задач.

Працюючи вчителем фізики у фізико-математичному класі гімназії № 28 м. Запоріжжя, автор дисертації, окрім педагогічних досліджень в умовах гурткових занять, вивчав також можливість організації винахідницької діяльності, яка б була пов'язана з формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач, безпосередньо на заняттях з фізичного практикуму. Про організацію та результати такої діяльності йтиметься у третьому розділі дисертації, у цьому ж пункті ми зупинимось на діагностиці рівня підготовленості учнів до виконання експериментальної частини конкретної роботи фізичного практикуму. Що мається на увазі під цією підготовленістю?

Дослідницьке виконання експерименту передбачає самостійне планування учнями ходу дослідження, складання відповідної експериментальної установки, проведення вимірювань, математичну обробку результатів тощо.

Зазвичай, роботи фізичного практикуму учні виконують невеликими групами (по 2-3 учні), при цьому під час кожного заняття всі групи виконують різні роботи. Отже, перед учителем постає задача ефективного управління експериментальною діяльністю учнів на заняттях фізичного практикуму. Проте для того, щоб ця діяльність мала більшу навчальну цінність, необхідна спеціальна підготовка, яка має проводитись ще до початку безпосереднього виконання фізичного експерименту на занятті.

Це пояснюється тим, що експериментальна діяльність, як уже зазначалося у попередніх підрозділах, є складною за своєю структурою і потребує від учня, окрім суто практичних (моторних) умінь, ще й теоретичних знань та умінь, оволодіння якими не вимагає безпосереднього контакту з експериментальною установкою (більш того, обладнання буде лише відволікати учнів). Так, учитель повинен приділити увагу навчанню учнів формулювання мети дослідження; висування гіпотези про існування зв'язків між фізичними явищами, величинами, що характеризують фізичний об'єкт; обґрунтовування вибору методу дослідження фізичного об'єкта; обробки експериментальних даних (оцінки похибок результатів, складання таблиць, побудови графіків тощо).

Зрозуміло, що підготовка до проведення конкретної роботи фізичного практикуму не повинна обмежуватися лише попереднім вивченням алгоритму виконання експерименту. Для організації попередньої підготовки вчителю доцільно використовувати наперед розроблені матеріали, які повинні містити малюнки, фотографії, схеми приладів та установок, з якими учням доведеться мати справу на уроці; приклади обробки прямих і посередніх вимірювань тощо.

Успішність виконання роботи фізичного практикуму майже цілком залежить від попередньої підготовки до неї ще й тому, що учень повинен провести всі етапи дослідження (від планування експерименту до аналізу його результатів) за обмежений час (як правило, за дві академічні години). Без попередньої підготовки, як показує досвід проведення фізичного практикуму, робота учня під час заняття часто не є ефективною, бо, не встигаючи самостійно виконати роботу, він або проводить її не усвідомлено, весь час покладаючись на допомогу товаришів чи вчителя, або починає розважатися. Не дивно, що інколи така "експериментальна" діяльність супроводжується порушенням техніки безпеки і тому є шкідливою для обладнання та небезпечною для самого учня та оточуючих.

Отже, перед тим, як учні розпочнуть на занятті виконувати певну роботу фізичного практикуму, вчитель має діагностувати рівень їхньої підготовленості до цієї роботи.

У науково-методичній літературі приділяється значна увага окремим питанням організації контролю та оцінювання навчальних досягнень учнів з фізики. Розглянемо суть педагогічного дослідження, що виступило основою запропонованого нами способу проведення контролю підготовленості учнів до розв'язування експериментальних задач на заняттях фізичного практикуму.

Для вимірювання факторів навчального процесу та його результатів, зокрема для оцінки рівня сформованості експериментальних умінь учнів, запропонований підхід, у якому використовувався поділ загального за характером і складного за структурою експериментального вміння на *часткові*, а останніх – на *найпростіші* [127, с. 31].

Наприклад, узагальнене вміння, пов'язане з підготовкою експериментальної установки, передбачає наявність таких часткових умінь,

як, наприклад, уміння користуватися вимірювальними приладами; збирати електричні кола; збирати прості оптичні системи тощо.

У свою чергу, кожне часткове вміння може бути розділене на декілька *найпростіших (елементарних) умінь*. Так, уміння користуватися амперметром складається з елементарних умінь: визначати межу вимірювання, ціну поділки; знімати покази; визначати похибку вимірювання тощо.

Використовуючи розклад складного експериментального вміння на елементарні, було доведено досить високу додатну кореляцію результатів педагогічного експерименту щодо контролю рівня сформованості експериментальних умінь учнів за методом спостережень та за методом письмового опитування.

Спираючись на результати даного дослідження, ми пропонуємо здійснювати діагностику рівня підготовленості учнів до проведення робіт фізичного практикуму за спеціально розробленими завданнями у вигляді тестових запитань та вправ [6]. Розглянемо це докладніше.

**Контроль за смисловими елементами навчального матеріалу.** Попередня підготовка до проведення роботи у класі, яку учень здійснює вдома, передбачає розв'язування ним певної кількості завдань (задач чи вправ), які охоплюють майже всі експериментальні вміння, необхідні для успішного виконання наступної роботи фізичного практикуму. Структура цієї системи підготовчих завдань повинна бути такою, щоб, виконуючи її, учень пройшов, по можливості, всі етапи відповідної роботи від планування експерименту до оцінювання похибок.

Діагностику рівня підготовленості учнів слід проводити на початку заняття фізичного практикуму. Для цього виявляється ефективним письмове опитування за допомогою спеціальної системи завдань. *Якими мають бути ці завдання?*

Зважаючи на обмежений час, за своїм змістом вони повинні бути відносно нескладними, тобто не повинні потребувати для свого виконання багато часу та зусиль для тих учнів, які проводили вдома підготовку до роботи. Крім того, кількість цих завдань повинна бути достатньою для здійснення “точкової” діагностики рівня підготовленості.

Діагностика, про яку йдеться, передусім націлена на перевірку рівня сформованості певного мінімуму експериментальних умінь, без якого учень не зможе самостійно виконувати роботу. Отже, така діагностика може слугувати свого роду допуск-контролем до виконання даної роботи. Учні, які за результатами такого контролю виявилися недопущеними до роботи, повинні все ж таки оволодіти цим мінімумом експериментальних умінь. Допомогати цим учням у підготовці можуть призначені вчителем найбільш відповідальні та здібні учні-асистенти (якщо вони вже виконували дану роботу на минулих заняттях), адже, як показує досвід, у добре підготовлених учнів після виконання роботи ще залишається вільний час.

*У чому полягає особливість складання діагностичних завдань?* Передусім у тому, що безпосередньому складанню завдань передують виділення зі змісту даної роботи фізичного практикуму тих елементів навчального матеріалу,

якими учні повинні володіти для успішного її виконання. За характером вони можуть бути як суто теоретичними, тобто пов'язаними з теоретичним матеріалом даної роботи (наприклад, необхідні формули та співвідношення між шуканими величинами, пояснення фізичних явищ, що мають спостерігатися під час проведення експерименту тощо), так і експериментальними, які охоплюють розглянуті вище експериментальні знання та вміння. Такі *сміслові елементи* (останній термін зустрічається у дослідженнях з педагогіки) є найменшими складовими частинами навчального матеріалу, які ще зберігають самостійний фізичний зміст. З точки зору логічної структури вони можуть бути й досить складними. Сміслові елементи містять, як правило, інформацію наступного характеру:

- зміст фізичної величини чи поняття;
- констатацію зв'язків фізичних величин та характер цих зв'язків;
- формули, що виражають характер зв'язку між величинами на мові математики;
- наукові факти, твердження;
- формулювання правил, визначень та законів;
- елементи пояснень явищ;
- факти політехнічного характеру, що розкривають призначення, принцип дії та будову технічних об'єктів тощо.

Після виділення смислових елементів складаються завдання у вигляді тестових запитань та вправ, націлених на перевірку засвоєння саме цих смислових елементів навчального матеріалу даної роботи фізичного практикуму.

Зрозуміло, що число основних (базових) смислових елементів для окремої роботи фізичного практикуму може виявитися й досить великим, що призведе до ускладнення перевірки рівня їх сформованості в учнів, зокрема, потребуватиме для цього досить багато часу. Обмежитися ж перевіркою сформованості в учнів лише деяких з них не можна, бо необхідною умовою успішного виконання роботи є володіння саме всіма виділеними смисловими елементами, адже зрозуміло, що результати складної діяльності (а експериментальна діяльність саме такою і є) суттєво обмежуються успішністю виконання елементарних операцій, які її складають. Що ж робити у цьому випадку?

Зважаючи на те, що смислові елементи охоплюють відносно незалежні частини навчального матеріалу, їх відпрацювання з обов'язковою перевіркою рівня засвоєння можна рознести у часі, тобто здійснювати це на окремих заняттях, що передують даній роботі фізичного практикуму. Лише після відпрацювання всіх виділених смислових елементів (отримання заліку з кожного з них) учень допускається до роботи.

Розглянемо далі критерій пропонованої діагностики, за яким учні мають допускатися або не допускатися до безпосереднього проведення фізичного експерименту. На наш погляд, цим критерієм є правильне виконання всіх завдань. Це пояснюється тим, що діагностичні завдання, як вже зазначалося, націлені на перевірку в учнів певного мінімуму знань та вмінь стосовно

конкретної роботи фізичного практикуму, які необхідні для самостійної і, що дуже важливо, усвідомленої експериментальної діяльності. Учні, що припустилися незначної кількості (однієї-двох) помилок, можуть також отримати допуск до роботи, але після додаткових запитань учителя (у разі правильних відповідей на них).

Наведемо тут приклад смислового елемента та відповідних йому діагностичних запитань до роботи фізичного практикуму “Визначення температурного коефіцієнта електричного опору металу” (ця робота є типовою і міститься у низці дидактичних матеріалів з фізичного практикуму).

*Якщо досліджуваний інтервал температур є таким, що залежність опору провідника від його температури  $R = R(t)$  на цьому інтервалі можна вважати лінійною (із заданою точністю), то за допомогою графіка  $R(t)$  можна знайти температурний коефіцієнт опору  $\alpha$  матеріалу провідника, як відношення зміни його опору  $\Delta R$  до інтервалу температур  $\Delta t$ , на якому відбулася ця зміна, поділеному на опір провідника при  $0^\circ\text{C}$ .*

**Завдання.** У досліді була встановлена наступна залежність опору провідника від його температури  $R = R(t)$ :

|                     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t, ^\circ\text{C}$ | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 |
| $R, \text{Ом}$      | 3,8 | 4,0 | 4,3 | 4,5 | 4,9 |

Чи вірними є такі твердження? Відповідь дайте у вигляді: *так, ні, або не знаю*.

- а) Температурний коефіцієнт опору ( $\alpha$ ) вимірюється у  $\text{K}^{-1}$ ;
- б) для знаходження  $\alpha$  за графіком наведеної залежності  $R = R(t)$  необхідно ще додатково виміряти опір провідника при  $0^\circ\text{C}$ ;
- в) якщо при збільшенні температури опір провідника зменшується, то за графіком  $R(t)$  знайти  $\alpha$  неможливо;
- г) перед тим, як знаходити  $\alpha$  за графіком  $R(t)$ , необхідно обов’язково перевести значення температур (поданих у таблиці) у кельвіни;
- д) для матеріалу досліджуваного провідника  $\alpha$  додатне;
- е) точність отриманих значень  $\alpha$  зовсім не залежить від вибраного масштабу числових осей опору та температури.

Отже, розв’язування певної експериментальної задачі на занятті з фізичного практикуму потребує від учнів попередньої підготовки, що має проводитись ще до безпосереднього виконання фізичного експерименту, адже учні повинні провести всі етапи розв’язування за обмежений час. Запропонований нами *спосіб* здійснення діагностики за допомогою завдань у вигляді тестових запитань та вправ, націлених на перевірку засвоєння *смилових елементів* навчального матеріалу даної задачі, дозволяє контролювати стан *попередньої підготовки* учнів до розв’язування експериментальних задач, від якої суттєво залежатиме успішність їх роботи на уроці.