

КОМПЛЕКСНА ПІДГОТОВКА ДО ВИВЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ БУДОВИ І ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ У ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ

Наталія ПОДОПРИГОРА

Стаття присвячена оптимізації прикладного і профільного спрямування фізичних основ вивчення і використання датчиків у комплексах вимірювання фізичних величин.

The article is devoted optimization of the applied of physical bases of study and use of sensors in the complexes of measuring of sizes.

Постановка проблеми. Згідно з положеннями Концепції профільного навчання і програм з фізики для фізико-математичного і природничого профілів навчальний процес з фізики має набути профільно-професійної спрямованості, готувати учнів до майбутньої професійної діяльності [1]. Компетентнісний підхід доповнює традиційне навчання фізики формуванням знань і умінь учнів старшої школи мобілізувати та застосовувати отримані знання і вміння у конкретній ситуації та мотивацією їх навчання, що відповідає завданням профільного навчання [5]. Однак, незважаючи на результати досліджень даного напрямку, спостерігається відсутність комплексного підходу до формування теоретичних основ щодо обґрунтування і експериментального відтворення прикладного, політехнічного змісту: до більшості робіт фізичного практикуму, в яких старшокласник має оволодіти, як зазначає І.А.Зязюн «...не лише декларативними знаннями (про те, «що»), а й процедурними («як»)» [2, с. 25], оптимальний обсяг теоретичного матеріалу недостатній як в підручниках так і в інструктивних матеріалах до лабораторних робіт. Сучасний підхід до організації експериментальної діяльності учнів через забезпечення варіативності завдань, найбільш доцільних і актуальних в такому аспекті, спонукає учнів до розуміння необхідності навчитися аналізувати, виконувати відповідні розрахунки, оцінювати фізичні умови постановки експерименту, вибирати оптимальні значення вимірюваних фізичних величин, конкретизувати тощо – це потребує володіння необхідними знаннями, зокрема й математичним апаратом, який описує процеси і явища, що експериментально відтворюються. Отже, профільно-професійне спрямування змісту курсу фізики має набути відповідної специфіки в плані надання учням оптимальних знань щодо теоретичних основ тих засобів, якими вони оперуватимуть в процесі виконання

експериментальних завдань прикладного спрямування.

Мета. З'ясувати коло теоретичних питань, що потребують внесення до змісту шкільного курсу фізики, шляхом аналізу змісту шкільного фізичного експерименту, значною мірою лабораторних робіт, а також тенденцій до оновлення навчального середовища, шляхом доповнення й оновлення текстів підручників, інструкцій лабораторних робіт, матеріалів додаткового читання тощо.

Виклад основного матеріалу. В даній статті ми наводимо відповідний матеріал, що стосується датчиків первинних фізичних величин, що вже увійшли до арсеналу навчальних засобів.

В омичних датчиках змінюється опір. Такими є тензометричні датчики. Тензометричний датчик являє собою константову дротину діаметром 0,015-0,05 мм, виготовленою у вигляді петлеподібної решітки (спіралі). Остання приклеюється до деталі і зазнає деформації. При цьому змінюються її геометричні розміри: довжина і площа поперечного перерізу. Аналізуючи сутність формули залежності опору провідника від його матеріалу і геометричних розмірів

$R = \rho \frac{l}{S}$, наводять формулу для визначення

відносної зміни опору тензодатчика

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{K \Delta l}{l},$$

де K – коефіцієнт відносної чутливості тензодатчика. Корисно навести й приклади значень чутливості, яка лежить в межах 1,7 – 2,9. Вказавши на основний недолік – малу чутливість, варто приділити належну увагу й на ввічкнення таких датчиків в електричне коло.

Переважають використовують два однакових тензодатчики, які на деталі розташовують взаємно перпендикулярно і вмикають їх у різні плечі містка Уїтстона. З практичним застосуванням таких датчиків знайомлять через демонстрацію електронних терезів (рис. 1). Повідомляють, що розроблені і широко використовують напівпровідникові тензодатчики, у яких чутливість вища у 50-60 разів. Такий датчик використаний у пристрої для вимірювання тиску в лабораторному приладі для вивчення стану газу.



Рис. 1. Електронні терези.

Широко використовуються електричні і електронні термометри з різними датчиками. Термоелектричні датчики (термопари) основані на виникненні електрорушійної сили при зміні температури одного із спаїв замкненого електричного кола, складеного із різнорідних за хімічним складом термоелектродів. При нагріванні спаю в колі виникає термоелектрорушійна сила, величина якої пропорційна різниці температур нагрітого і вільного кінців кола і залежить від матеріалу дротів. Розрізняють стандартні технічні і нестандартні термопари. В автоматичних системах застосовуються металеві термопари таких типів: високотемпературні (верхня межа вимірювання до 2500°C) – наприклад, платиноіридій-платинові термопари ТПП з межами вимірювань від -20° до $+1300^{\circ}\text{C}$); середньо температурні (верхня межа вимірювання до 1200°C), наприклад, хромель-алюмелеві термопари – ТХА з межами вимірювань від -50 до $+1000^{\circ}\text{C}$); низькотемпературні (до 800°C), наприклад, хромель-копелеві термопари ТХК. Манометричні термодатчики перетворюють температуру в тиск; тиск – в механічне переміщення, а останній – в електричний сигнал.

Окрім електричного термометра, зібраного на базі термопари і гальванометра з підсилювачем, заслуговують уваги ряд новіших моделей і зразків, зокрема цифрових, реалізованих на базі мультиметра, а також побутовий цифровий термометр WT-1 (рис. 2). Ми вважаємо за доцільне ознайомлювати учнів з такими сучасними зразками побутового обладнання і запроваджувати його до навчального експерименту



Рис. 2. Цифровий термометр WT-1.

Термометри опору при зміні температури змінюють свій електричний опір. Тому визначення температури термометрами опору зводиться до вимірювання електричного опору термочутливого елемента за допомогою високочутливих приладів. Термометр опору має просту будову. Термочутливий елемент виготовлений із тонкого платинового чи мідного дроту, намотаного на каркас із ізоляційного матеріалу (слюди, пластмаси тощо). Платинові термометри опору призначені для вимірювання температур від -200° до $+650^{\circ}\text{C}$. Межі вимірювання температур мідними термометрами опору складають -50° - $+180^{\circ}\text{C}$. Термометри опору використовуються разом із вторинними приладами для вимірювання температури, найчастіше, зрівноваженими мітками постійного струму.

Напівпровідникові терморезистори (термістори) при підвищенні температури зменшують свій опір. Їхня чутливість значно більша, ніж у термометрів опору. Так, якщо резистори із металевого дроту при нагріванні від 0° до 100°C збільшують свій опір десь на 40%, то напівпровідниковий терморезистор при такому ж нагріванні зменшує свій опір у двадцять, а то й більше разів. Позистори, на відміну від термісторів, при підвищенні температури збільшують свій опір.

Основною характеристикою термістора є температурна характеристика – залежність його опору від температури.

$$R_t = Ae^{\frac{B}{T}} \quad (1)$$

де A і B – сталі, які залежать від фізичних властивостей конструкції термістора; $(T=273^{\circ}+t)$; t – вимірювана температура в $^{\circ}\text{C}$.

Сталі A і B можна визначити за двома значеннями опору термістора, одержаних з дослідів (зокрема, для R_{20} і R_{100} для $T_1=293\text{ K}$ і $T_2=373\text{ K}$):

$$R_{20} = Ae^{\frac{B}{293}}; \quad R_{100} = Ae^{\frac{B}{373}};$$

$$\frac{R_{20}}{R_{100}} = e^{\frac{B}{293} - \frac{B}{373}},$$

звідки

$$B \approx 1366 \ln \frac{R_{20}}{R_{100}}; \quad A = R_{20} e^{-\frac{B}{293}}.$$

Температурний коефіцієнт опору термістора дорівнює відноській зміні його опору при підвищенні температури на 1⁰С. Він зменшується при збільшенні температури T .

$$\alpha = \frac{1}{R_T} \cdot \frac{dR_T}{dT} = -\frac{B}{T^2}.$$

Температурний коефіцієнт опору позистора (для обмеженої ділянки характеристики)

$$\text{визначається як } \alpha_n = \frac{B}{T^2}.$$

Важливою характеристикою термоопорів є їх вольт-амперна характеристика. Напряга на термісторі і позисторі спочатку збільшується пропорційно силі струму, що відповідає прямолінійній ділянці характеристики. При цьому вплив власного нагрівання датчика незначний і його опір практично не залежить від сили струму. В такому режимі термістори і позистори використовують як датчики температури.

При збільшенні струму нагрівання термістора буде більш активним, що обумовлює зменшення його опору і вольт-амперна характеристика починає спадати. В такому режимі термістор використовується як термореле, обмежувач струму, стабілізатор напруги та ін. У позисторів на вольт-амперній характеристиці спостерігається ділянка, де струм залишається практично постійним за величиною. Для практичного використання позисторів важливо знати значення струму і напруги, які відповідають максимуму на вольт-амперній характеристиці.

Про інертність або швидкодію датчика можна судити за величиною сталої часу. Оскільки перехідна функція нагрівання або охолодження датчика, що перебуває в термостаті, являє собою експоненту, тому стала часу термістора або позистора може бути наближено визначена як час τ_g , протягом якого температура датчика t_g набуває значення

$$\Delta t_g = (1 - e^{-1}) t_{BCT} = (1 - 0,368) t_{BCT} = 0,632 t_{BCT}$$

Експериментально сталу часу датчика τ_g можна відшукати як час охолодження датчика за експонентою від температури, що встановилась ($t_{BCT} = 100^\circ\text{C}$) до розрахункової температури (t_{POZP}), яка визначається із

врахуванням впливу температури навколишнього середовища (t_{HABK})

$$t_{POZP} = 0,368 (t_{BCT} - t_{HABK}) + t_{HABK}.$$

Наведений теоретичний матеріал доцільно використати для складання і розв'язування задач з наступним відтворенням через експериментальні завдання. Його можна запропонувати для дослідницької роботи учнів, написання рефератів тощо.

Варто відмітити, що зміст теоретичного матеріалу про індуктивність в шкільному курсі фізики характерний низькою практичною спрямованістю. Відповідно доповнення його інформацією про індуктивні датчики з виконанням експерименту ліквідує таку прогалину.

В основі будови і дії індуктивних датчиків покладена зміна індуктивності дрютяної котушки внаслідок механічного зміщення в ній осердя – плунжера. Важливим є те, що такі датчики вмикаються у кола змінного струму.

Використовують індуктивні датчики в засобах вимірювання малих механічних переміщень. Механічне переміщення, що вимірюється, викликає зміщення плунжера відносно котушки, внаслідок чого змінюється величина магнітного опору магнітного кола датчика і, відповідно, індуктивності, змінюється індуктивний опір, а отже й повний опір Z котушки. В результаті вихідна величина – змінний струм I залежить від вихідної величини – переміщення плунжера x , тобто

$$\sim I = f(x).$$

Ця залежність називається вихідною характеристикою датчика.

Якщо позначити силу, що діє зі сторони контрольованого об'єкту і викликає переміщення плунжера як F , то в індуктивному датчику здійснюється така послідовність перетворень:

$$F \rightarrow x \rightarrow R_m \rightarrow L \rightarrow X_L \rightarrow Z \rightarrow \sim I.$$

Тут: x – переміщення плунжера; R_m – магнітний опір кола; L – індуктивність котушки датчика; X_L – індуктивний опір котушки датчика.

Величина струму в навантаженні (покази амперметра) визначається за законом Ома:

$$\sim I = \frac{U}{Z},$$

де Z – повний опір кола, вимірюваний в омах.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}; \quad X_L = \omega L = 2\pi f L,$$

де ω – кутова частота напруги живлення $\left[\frac{\text{д} \ddot{\text{а}} \ddot{\text{а}}}{\text{с}} \right]$; R – активний опір котушки і навантаження (опір амперметра); f – частота напруги живлення.

Найбільш поширеними є диференціальні індуктивні датчики, які збираються з двох однакових котушок індуктивності, що мають спільну вісь. Плуджер – циліндричне феромагнітне осердя, яке зв'язують з первинним вимірювачем. Котушки з однаковою кількістю витків створюють разом з двома половинами реостата (дротяного потенціометра) місткову схему. До однієї діагоналі містка, з вторинної обмотки знижувального трансформатора, підводиться напруга живлення. До другої діагоналі ввімкнутий опір навантаження – міліамперметр, проградуєований в одиницях лінійного зміщення. При середньому положення плунжера відносно котушок і відповідно повзунка потенціометра міст збалансований, тобто

$$X_{L_1} \frac{R}{2} = X_{L_2} \frac{R}{2}.$$

При відхиленні плунжера від середнього положення рівновага містка порушується, оскільки в протилежних значеннях змінюються індуктивні опори котушок. При цьому через міліамперметр проходить струм, пропорційний величині зміщення плунжера. Встановлення нульового положення при зміщеному плунжері здійснюють за допомогою повзунка потенціометра. Таким шляхом обирають робочий діапазон вимірювань – лінійну ділянку характеристики.

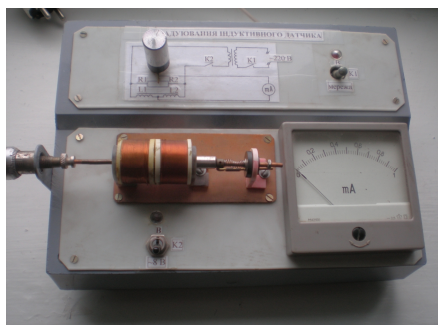


Рис. 3. Модуль для вивчення роботи і градуєвання індуктивного датчика.

Експериментальне відображення нами запропоноване до удосконалення роботи практикуму щодо дослідження деформації [3]. Разом постановка роботи щодо вивчення будови і градуєвання індуктивного датчика з використанням саморобного модуля, зібраного на базі деталей і приладів з арсеналу обладнання фізичного кабінету (рис. 3), розв'язує проблему практичного спрямування і вмотивованості вивчення даного навчального матеріалу.

Заслугує на увагу інформація про акустичні датчики, до яких ми долучаємо і

п'єзоелектричні. Використання таких датчиків потребують досліди, в яких встановити інший датчик неможливо, або незручно. Зокрема, при вивченні руху тіла в полі сили тяжіння Землі досить важко зафіксувати порівняно малий проміжок часу руху тіла, кинутого під кутом до горизонту, особливо мить падіння тіла. Найзручніше це виконати за допомогою акустичного датчика, в якості якого використовують мікрофон, або телефон.

П'єзоелектричні датчики застосовуються для одержання електричних зарядів, що утворюються на поверхні деяких кристалів при їх деформації. Спостерігається і зворотна дія – в колі змінного струму така пластика здійснює механічні коливання відповідно із частотою струму й амплітудою прикладеної напруги. Такий датчик являє собою кварцову пластинку, на поверхнях якої закріплені струмопровідні клеми. В якості наочності доцільно показати таку пластину з комплекту приладу ультразвукової установки.

Учням повідомляють, що внаслідок стиснення кварцової пластинки з силою F на її протилежних поверхнях внаслідок п'єзоелектричного ефекту виникають електричні заряди, величини яких пропорційні до значення діючої сили, тобто $Q = d \cdot F$, де d – коефіцієнт пропорційності, який називають п'єзомодулем.

При зміні сили F з'являється вихідна напруга

$$U = \frac{Q}{\tilde{N}_A + \tilde{N}_i} = \frac{d}{C_A + \tilde{N}_i} F,$$

де C_d – ємність датчика (конденсатора, утвореного електродами і кварцовим діелектриком); C_M – ємність монтажу.

П'єзоелектричні датчики безінерційні, вони використовуються для вимірювання сил, тисків, вібрацій, а також у мікрофонах та виконуючих пристроях. Приклади використання таких датчиків в шкільному фізичному експерименті нами описані в статті [4].

На відміну від зразків промислового виготовлення запропоновані нами фотодатчики функціонують в інфрачервоному діапазоні, що не потребує створення умов до запобігання впливам сторонніх джерел світла. Ззовні одного із корпусів розташовано перемикач ПК1. Одне положення перемикача відповідає спрацюванню датчика при перекриванні непрозорим предметом інфрачервоного променя, а друге – спрацюванню при попаданні інфрачервоного променя на фотодіод. Загальний вигляд датчика зображено на рис. 4. Фотодатчики широко використовуються в навчальному експерименті, зокрема, при виконанні лабораторних робіт фізичного практикуму.

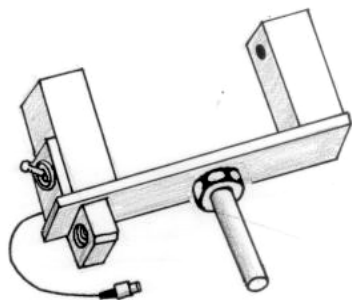


Рис. 4. Фотодатчик

Висновки. Проведена нами апробація пропозицій і доробок показали, що комплексний підхід до цілеспрямованого охоплення навчальним процесом з фізики у класах фізико-математичного і природничого профілів дозволяє успішно розв'язати завдання профільно-предметного спрямування, формує у випускників уявлення про те, наскільки важливим є науково-технічний прогрес, про

місце в ньому техніки й науки та, зрештою, відповідає на питання «Для чого вчитися?».

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Концепція профільного навчання в старшій школі // Інформаційний збірник міністерства освіти і науки України. – 2003. - №24. – С. 3-15.
2. Неперервна професійна освіта: проблеми, пошуки, перспективи: Монографія / За ред. І.А.Зязюна. – К., 2000. – 636 с.
3. Подопригора Н.В. Робота фізичного практикуму для випускного класу / Н.В.Подопригора // Наукові записки: Серія Педагогічні науки. - Вип. 46.-Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002.- С. 216-219.
4. Подопригора Н.В. Використання електронних засобів для моделювання фізичних дослідів / Н.В.Подопригора // Фізика та астрономія в школі. - 2002.- №4.- С. 18-19.
5. Савченко О. Навчитися учнів учитися: психолого-дидактичний аспект / О.Савченко // Директор школи, ліцею, гімназії. – 2005. - №1. – С. 29-32.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Подопригора Наталія Володимирівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: запровадження мікроелектронної техніки у навчальному експерименті з фізики.

РОЛЬ, МІСЦЕ І ЗНАЧЕННЯ КУЛЬТУРНО-ІСТОРИЧНИХ СКЛАДОВИХ ФІЗИЧНОЇ НАУКИ В ОСВІТІ

Тетяна ПОПОВА

У статті на основі розгляду і аналізу взаємозв'язків і взаємообумовленості розвитку фізичної науки, техніки, інженерної думки та соціокультурної еволюції людського суспільства встановлюються культурно-історичні складові фізичної фізики.

The cultural-historical making physicists are established in the article on the basis of consideration and the analysis of interrelation and interconditionality of development of a physical science, technique, engineering thought and sociocultural evolutions of a human society.

За останні роки з'явилося багато робіт з дидактики фізики, де дослідники (П.С.Атаманчук, О.І.Бугайов, М.В.Головко, С.У.Гончаренко, В.Р.Льченко, Л.О.Клименко, Є.В.Коршак, О.І.Ляшенко, М.Т.Мартинюк, О.Я.Савченко, М.І.Садовий, О.В.Сергеев, В.П.Сергієнко, В.Д.Сиротюк, Б.А.Сусь, В.Д.Шарко, М.І.Шут та ін.) приділяють особливу увагу реформі сучасної української освіти в умовах запровадження вчителями загальноосвітньої школи ідей гуманізації й гуманітаризації фізичної освіти до практичної педагогіки в процесі реалізації культурно-історичної компоненти змісту фізичної освіти.

Реалізація культурно-історичної компоненти змісту навчання фізики у навчально-виховному процесі не тільки розкриває гуманітарний потенціал фізичної науки. Необхідність гуманізації і визначення

гуманістичної спрямованості навчання фізики та фізичної освіти взагалі зумовлена і сутністю державотворчого процесу, ствердженням України як демократичної, суверенної держави. Досягнення цієї мети неможливе, якщо до її будівництва не включаються мільйони людей, які свідомо обирають незалежність, свободу, демократію, право на вільний вибір і самореалізацію за основу власної смислоутворювальної життєвої програми. Культурно-історична спрямованість фізичної освіти, у свою чергу, створює умови для самовизначення учнями особистісної життєвої позиції та визначає шляхи для її гуманізації і гуманітаризації.

Гуманістична спрямованість фізичної освіти поєднала різні напрямки новітнього педагогічного мислення та досягнення вчителів-новаторів, тим самим був втрачений монополізм політехнічного і технократичного навчання фізиці, що знайшло відображення у змісті фізичної освіти в загальноосвітній школі і навчальних програмах з фізики. Сучасна навчальна програма з фізики розкриває як «гуманітарний потенціал» фізики в процесі впровадження культурно-історичної компоненти змісту навчання фізики, так і величезний «технічний потенціал», що реалізується у