

ПРОБЛЕМИ НАВЧАННЯ РІВНОВАГИ НА УРОКАХ ФІЗИКИ В СТАРШІЙ ШКОЛІ

Максим ХОМУТЕНКО, Микола САДОВИЙ, Олена ТРИФОНОВА

У статті проаналізовано програму та підручники з фізики для старшої школи. Розглядається поняття рівноваги як наскрізного для курсу фізики в цілому. Зроблено порівняльний аналіз матеріалів поданих в підручниках. Зазначено позитивні і негативні сторони викладу матеріалу із статички. Розглянута доцільність використання деяких понять.

In the article the program and textbooks are analysed from physics for senior school. Examined concept of equilibrium as through for the course of physics on the whole. The comparative analysis of materials given is done in textbooks. Positive and negative parties of exposition of material are marked from statics. Considered expediency of the use of some concepts.

Актуальність проблеми. Питання рівноваги має визначальне значення для будь-якої системи природної, соціальної, економічної, хімічної, фізичної. Рівновага механічних систем має важливе значення для будівельної галузі, галузі машинобудування. Воно знайшло своє місце і при поясненні явищ, що відбуваються у Всесвіті, де встановлюється рівновага між енергіями магнітного поля, космічних променів і міжзоряного газу. Дане поняття використовується у соціальних, політичних, військових явищах. Особливе місце рівновага зайняла у науці фізика. Проте останні два десятиліття у курсі фізики старшої загальноосвітньої школи взагалі відсутній розділ «Статика», де поняття рівноваги має розглядатися на відповідному науковому рівні. Тому постає проблема повернення до вивчення рівноваги на уроках фізики на різнобічному, доступному й всеохоплюючому рівнях.

Стан дослідження проблеми. Класичне поняття рівноваги в механіці, електродинаміці, термодинаміці добре висвітлене у працях Архімеда, Л. Больцмана, Н. Бора, Д. Бореллі, П. Варіньона, Г. Галілея, Д. Гіббса, Ж. Даламбера, Д. Максвелла, І. Ньютона, М. Планка та інших [9; 11]. Особливо у другій половині ХХ століття дане поняття розглянуто у фізиці високих енергій. Тому поняття рівноваги має бути наскрізним для всього шкільного курсу фізики, воно присутнє в механіці, молекулярній фізиці, термодинаміці, електродинаміці, фізиці твердого тіла, квантовій фізиці.

Тому **метою** даної **статті** є розкриття стану дослідження проблеми формування у школярів уявлень про рівновагу системи під час вивчення фізики.

Виклад основного матеріалу. Згідно нині діючої програми з фізики [10] для 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів передбачається вивчення цього навчального предмету за декількома рівнями, що передбачають різну кількість годин, див. табл. 1.

Таблиця 1

	Профільний рівень			Академічний рівень		
	Всього годин	Годин на тиждень	Резервний час	Всього годин	Годин на тиждень	Резервний час
10 клас	210 год.	6 год.	6 год.	105 год.	3 год.	4 год.
11 клас	210 год.	6 год.	6 год.	105 год.	3 год.	3 год.

Провідні методисти [10] з уявленнями про рівновагу тіл учнів пропонують знайомити при вивченні елементів статички в розділі «Динаміка», зокрема, питань «Рівновага тіл. Види рівноваги тіл. Умови рівноваги тіла. Момент сили. Центр тяжіння». При цьому суб'єктам навчання пропонується виконати лабораторну роботу

«Дослідження рівноваги тіл під дією кількох сил». Далі при вивченні основ термодинаміки школярі зустрічаються з поняттям «термодинамічна рівновага». В електродинаміці поняття «рівновага» зустрічається при вивченні «електричної взаємодії». Такі поняття як «енергетичні стани атома», «випромінювання та поглинання світла атомами», «стійкість ядер», «роль електричних і ядерних сил у забезпеченні стійкості ядер», «вікова рівновага» вивчаються в розділі «Атомна і ядерна фізика».

Міністерством освіти і науки України на 2014-2015 н.р. рекомендовано для використання у старшій школі підручники, які подано у списку першоджерел і таблиці 2.

Наш аналіз на предмет відображення поняття «рівновага» у змісті підручників, рекомендованих для учнів 10-11-х класів, які використовуються як з метою вивчення фізики на академічному рівні, так і для висвітлення фізичних знань на профільному рівні (див. табл. 2). При цьому слід враховувати, що підручник як поліфункціональна навчальна книга в процесі навчання виконує наступні функції: 1) інформативну; 2) керувальну; 3) розвивальну; 4) комунікативну; 5) виховну; 6) функцію диференціації навчання; 7) функцію індивідуалізації навчання [13, с. 13].

Таблиця 2

Рівновага у шкільному курсі фізики старшої школи

Розділи шкільного курсу фізики			
Динаміка	Основи термодинаміки	Електричне поле	Атомна і ядерна фізика
Рівновага тіл Види рівноваги тіл Умови рівноваги тіл Момент сили Центр тяжіння	термодинамічна рівновага	електричні взаємодії	Енергетичні стани атома Випромінювання та поглинання світла атомами Стійкість ядер Роль електричних і ядерних сил у забезпеченні стійкості ядер Вікова рівновага

Як видно з проведеного аналізу (табл. 2), основи для формування уявлень учнів про рівновагу закладаються у розділі «Динаміка» при вивченні елементів статички, а узагальнення і систематизація навчального матеріалу, зокрема і уявлень про рівновагу, відбувається при вивченні розділу «Атомна і ядерна фізика», тому основну увагу ми приділимо аналізу цих двох тем шкільного курсу фізики.

М.О. Вакуленко, О.В. Вакуленко [3, с. 516] визначають статику (рос. статика; англ. statics) як розділ механіки, в якому розглядаються умови рівноваги матеріальних тіл під дією сил.

Серед авторів шкільних підручників визначенню поняття «статика» приділили увагу М.В. Головка [5], Є.В. Коршак [7], В.Д. Сиротюк [12]. При цьому М.В. Головка [5] визначив статику як розділ механіки, в якому вивчаються умови рівноваги тіл. Є.В. Коршак [7] називає статику як розділ механіки, в якому вивчаються умови рівноваги тіл під дією сил.

Аналіз запропонованих Міністерством освіти і науки України (МОНУ) підручників показав, що уявлення про статику висвітлені в 2 підручниках з фізики із 5 запропонованих.

При вивченні питань статичної механіки важливе місце займає поняття «рівновага механічної системи». Під рівновагою механічної системи (рос. равновесие механической системы; англ. mechanical system equilibrium) розуміють [11] стан, у якому всі точки механічної системи перебувають у спокої відносно розглядуваної системи відліку. Якщо система відліку є інерційною, то рівновага зветься абсолютною, у протилежному випадку – відносною. Дане поняття знайшло висвітлення в 4 [1; 5; 7; 12] з 5 запропонованих МОНУ підручниках з фізики.

Вивчення будь-якого розділу фізики відбувається за допомогою певного понятійного апарату. Не виключенням є і статика. До основних понять статичної механіки належать [11], зокрема, поняття про силу, момент сили, поняття про пару сил. Складання сил та їх моментів у статистиці виконується за правилом складання векторів.

Поняття сили, як одне з основних понять статичної механіки, висвітлено у всіх шкільних підручниках [1; 5; 7; 12]. Але при цьому методика його визначення дещо відрізняється: визначенню сили як векторної фізичної величини, що характеризує дію, яка спричинює зміну стану руху тіла, говориться у підручнику Є.В. Коршака [7, с. 98]; сила – це векторна фізична величина, яка є мірою дії на тіло з боку інших тіл, у результаті чого тіло набуває прискорення або (і) змінює форму та розміри [1, с. 142]; сила – фізична величина, яка кількісно характеризує взаємодію [5, с. 142]; силу визначають як векторну фізичну величину, що характеризує механічну дію одного тіла на інше і є мірою цієї дії [12, с. 130].

На нашу думку, означення, наведене у підручнику М.В. Головка, Т.М. Засекіної [5, с. 142], є менш загальним і не розкриває всіх аспектів на відміну від означення запропонованого у підручнику Ф.Я. Божинова [1, с. 142], яке більше характеризує силу і показує між чим відбувається взаємодія, і що ця взаємодія спричиняє.

Після розгляду поняття сили йде формування у школярів уявлень про *рівновагу тіла*: рівновага тіла – це збереження стану руху або спокою тіла з плином часу [7, с. 90]; рівновага – стан тіла, за якого в розглядуваній системі відліку відсутні переміщення будь-яких його точок під дією прикладених до нього сил [1, с. 143]; рівновагою тіла називають такий стан механічної системи, в якому тіла залишаються нерухомими відносно обраної інерціальної системи відліку. (При цьому відносно будь-якої іншої інерціальної системи відліку тіло рухається поступально з постійною швидкістю) [5, с. 151].

У цьому випадку означення, яке дають М.В. Головка, Т.М. Засекіна, є найповнішим з усіх запропонованих, і воно має конкретні уточнення.

Розглянемо визначення умов рівноваги за різними підручниками.

Перша умова *рівноваги* у підручнику Є.В. Коршака та ін. [7, с. 90] дається як геометрична сума прикладених до тіла сил повинна дорівнювати нулю:

$$\sum \vec{F}_i = 0.$$

Дещо по-іншому В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова [1, с. 143] формують першу умову рівноваги відповідно до закону інерції, за яким тіло, що рухається поступально, зберігає швидкість свого руху постійною, як рівнодійна сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю. Цю умову рівноваги тіла можна записати у векторному вигляді:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0.$$

У підручнику [5, с. 143] формулюють умову так: тіло перебуватиме в рівновазі, якщо рівнодійна прикладених сил дорівнює нулю:

$$\sum \vec{F}_i = 0.$$

В.Д. Сиротюк [12, с. 133] пропонує таке формулювання першої умови рівноваги: для того щоб тіло, яке не має вісі обертання, перебувало в рівновазі, необхідно, щоб сума проєкцій прикладених до тіла сил на будь-яку вісь дорівнювала нулю.

За цих обставин автори підручника [1], формулюючи першу умову рівноваги, вказують: для яких тіл ця умова буде виконуватись і згідно яких міркувань вона сформулюється. Виходячи з цього можна говорити, що воно є кращим з усіх визначень.

Друга умова рівноваги:

Підручник Є.В. Коршака та ін. [7, с. 90] дає таке визначення другої умови рівноваги: алгебраїчна сума моментів сил, прикладених до тіла відносно будь-якої нерухомої осі, повинна дорівнювати нулю: $\sum M_i = 0.$

У підручнику [1, с. 144] формулюється друга умова рівноваги так: тіло, яке має нерухому вісь обертання, перебуває в рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів сил, що діють на тіло, відносно вісі обертання дорівнює нулю: $M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0.$

У підручнику [5, с. 152] формулювання цієї умови набуває наступного змісту: тіло перебуватиме в рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів на будь-який напрямок нерухомої осі дорівнює нулю: $\sum_{i=1}^n M_{ix} = 0, \sum_{i=1}^n M_{iy} = 0, \sum_{i=1}^n M_{iz} = 0,$ а в [12, с. 133] пропонується таке формулювання другої умови рівноваги: тіло здатне обертатись навколо закріпленої осі, перебуває в рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів, прикладених до нього сил відносно цієї осі, дорівнює нулю.

Виконані нами порівняння дають підстави стверджувати, що судження усіх авторів при формулюванні визначення другої умови рівноваги збігаються. Тому не можна надати перевагу якомусь окремому визначенню у порівнянні з іншими.

Значна увага авторів підручників приділяється розгляду визначення видів рівноваги.

Стійка рівновага у підручнику Є.В. Коршака та ін. [7, с. 91] дається як така, що тіло після зміщення знову повертається в положення рівноваги; у підручнику [1, с. 150] рівновага тіла називається стійкою, якщо в разі будь-яких малих відхилень від положення рівноваги тіло, надане самому собі, знову повертається в початкове положення. Стійка рівновага трактується, якщо вісь обертання знаходиться над центром тяжіння [5, с. 156]; або якщо при малому відхиленні від положення рівнодійної сил, прикладених до тіла, повертає його до положення рівноваги [12, с. 137].

Відтак, на нашу думку, В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова пропонують найбільш повне визначення.

Ми вважаємо, що В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова дають найбільш точне визначення нестійкої рівноваги, яке формулюється так: рівновага тіла називається нестійкою, якщо в разі будь-яких малих відхилень від положення рівноваги тіло, надане самому собі, ще більше відхиляється від початкового положення [1, с. 151], а байдужа рівновага, трактується досить повно такими авторами, як В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова та Є.В. Коршак і вони є найбільш точними. Щоправда В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова не говорять, що тіло після відхилення залишається в новому стані рівноваги. Проведений аналіз змісту шкільних підручників з фізики дає нам змогу

побудувати структурно-логічну схему змісту навчального матеріалу, що відображає означення і умови рівноваги (див. рис. 1).

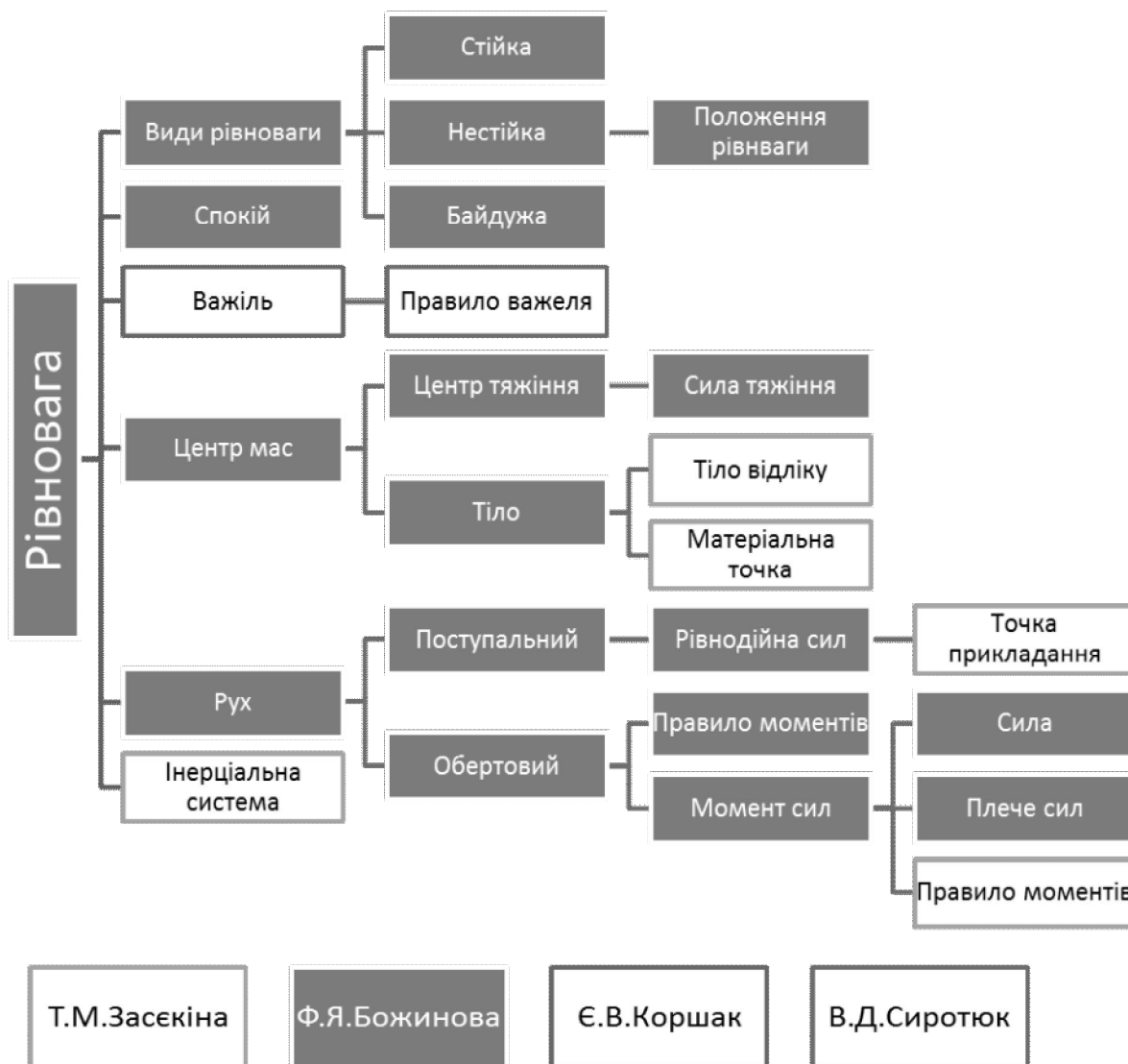


Рис. 1. Відображення поняття «рівновага» у підручниках для шкільного курсу фізики

Висновки. Таким чином, проаналізована нами структура викладу навчального матеріалу зі статички за кожним з рекомендованих МОНУ підручником та визначена узагальнена структура вивчення статички за шкільними підручниками [1; 2; 5; 6; 7; 8; 12; 13], дає змогу зробити висновок, що в системі старшої школи для учнів 10-11-х класів пропонуються різноманітні підручники, автори яких намагаються допомогти вчителю організувати ефективне навчання школярів, зокрема при вивченні елементів статички, але при цьому спостерігається недостатня послідовність викладу навчального матеріалу, а також спостерігається недостатнє формування експериментальних умінь і навичок учнів. Зазначені недоречності при навчанні статички ми пропонуємо ліквідувати за рахунок використання системи відповідних експериментальних завдань, що є **перспективою** подальших наукових пошуків.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Бар'яхтар В.Г. Фізика 10 клас (академічний рівень): [підручн. для загальноосвіт. навч. закл.] / В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова. – Х.: Ранок, 2010. – 256 с.
2. Бар'яхтар В.Г. Фізика 11 клас (академічний рівень, профільний рівень): [підручн. для загальноосвіт. навч. закл.] / В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова, М.М. Кірюхін, О.О. Кірюхіна. – Х.: Ранок, 2011. – 320 с.
3. Вакуленко М.О. Тлумачний словник із фізики / М.О. Вакуленко, О.В. Вакуленко. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 767 с.
4. Генденштейн Л.Е. Фізика 10 кл. (рівень стандарту): [підруч. для загальноосвіт. навч. закл.] / Л.Е. Генденштейн, І.Ю. Ненашев. – Х.: Гімназія, 2010. – 272 с.
5. Засекіна Т.М. Фізика 10 клас (профільний рівень): [підручн. для загальноосв. навч. закл.] / Т.М. Засекіна, М.В. Головки. – К.: Педагогічна думка, 2010. – 328 с.
6. Засекіна Т.М. Фізика 11 клас (академічний рівень, профільний рівень): [підручн.] / Т.М. Засекіна, Д.О. Засекін / – Харків: Сиція, 2012. – 336 с.
7. Коршак Є.В. Фізика 10 клас (рівень стандарту): [підручн.] / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.: Генеза, 2010. – 192 с.
8. Коршак Є.В. Фізика 11 клас (рівень стандарту): [підручн.] / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.: Генеза, 2011. – 256 с.
9. Кудрявцев П.С. Курс истории физики: [учеб. пос. для студ. пед. ин-тов по физ. спец.] / П.С. Кудрявцев – [2 изд., испр. и доп.] – М.: Просвещение, 1982. – 448 с.
10. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 10-11 класи. (Рівень стандарту. Профільний рівень. Академічний рівень) – Київ, 2010. – Режим доступу до програми: <http://www.mon.gov.ua/index.php/ua/diyalnist/osvita>.
11. Садовий М.І. Вибрані питання загальної методики навчання фізики: навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / М.І. Садовий, В.П. Вовкотруб, О.М. Трифонова – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. – 252 с.
12. Сиротюк В.Д. Фізика: (рівень стандарту) [підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл.] / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий. – К.: Освіта, 2010. – 303 с.
13. Сиротюк В.Д. Фізика: (рівень стандарту): [підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл.] / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий. – Харків: Сиція, 2011. – 304 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Хомутенко Максим Володимирович – студент V курсу фізико-математичного факультету Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка; вчитель Добровеличківської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 1 Добровеличківської районної державної адміністрації Кіровоградської області.

Коло наукових інтересів: методика викладання фізики в школі.

Садовий Микола Ілліч – доктор педагогічних наук, професор, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри теорії і методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності, професор кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Коло наукових інтересів: дидактика фізики.

Трифорова Олена Михайлівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Коло наукових інтересів: методика викладання фізики в школі та ВНЗ.