

2. Використання та впровадження ІКТ на уроках математики. URL: <https://vseosvita.ua/library/vikoristanna-ta-vprovadzenna-ikt-na-urokah-matematiki-87534.html>

ФІЛОСОФСЬКЕ ЗНАЧЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

Федачківський Віталій Дмитрович

старший лаборант кафедри фізики та методики її навчання,
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка

fedachkivskyy@gmail.com

Ліннік Ірина Сергіївна

вчитель, Лапшинська гімназія Нараївської сільської ради

LinnikIryna19@gmail.com

Спеціальна теорія відносності широко обговорюється в працях з філософії науки [1, 2, 3]. Тому важко собі уявити сучасну філософію відірваною від фізичної картини світу. З іншого боку, на нашу думку, з філософії фізики можна почерпнути чимало корисного для методики викладання фізики.

Як показує практика, для багатьох учнів старшої школи основи спеціальною теорії відносності є незрозумілими, а точніше, під час вивчення цієї теорії в учнів можуть, навіть, виникати сумніви щодо її правдивості. Може виявитись не достатньо переконливим просто сказати учням, що спеціальна теорія відносності підтверджується численними експериментами та відповідає принципу фальсифікації Поппера, оскільки учням може здаватись, що ця теорія суперечить «логіці» (насправді, не логіці, а інтуїції). На наше переконання, вирішити окреслену проблему можна, ознайомивши учнів з основними філософськими висновками з теорії відносності. З цією метою ми пропонуємо обговорити з учнями релятивістське скорочення довжини наступним чином.

Почати варто з того, що ми звикли у житті тим чи іншими предметам приписувати певні абсолютні, об'єктивні характеристики. Приміром, говорячи про космічний корабель, ми автоматично маємо на увазі, що він має певну масу, довжину, ширину, тощо. Але ми майже ніколи не задумуємось про те, звідки нам це відомо. Учням слід наголосити на тому, що довжина корабля нам відома лише тому, що ми провели експеримент, в ході якого вона і була виміряна. На питання чи залишиться довжина космічного корабля такою самою під час його руху (взагалі-то некоректне питання, бо не вказано систему відліку) більшість учнів, які не вивчали СТВ, дадуть ствердну відповідь. І тут учням слід поставити питання: а звідки це відомо? Для того, щоб з'ясувати, якою буде його довжина під час руху, потрібно провести виміри під час того як він рухається. Не можна робити жодних висновків без експерименту, не можна рухомому космічному кораблеві приписувати якусь абсолютну, незмінну характеристику лише тому, що інтуїтивно нам це здається «логічним».

Чи не основний філософський висновок зі спеціальної теорії відносності можна сформулювати так: істиною є лише те, що можна експериментально перевірити (виміряти). Можна цей принцип висловити й так: реально існує (є реальністю) все те і лише те, що встановлено експериментально. Стосовно нашого випадку, істиною може бути лише встановлена експериментально властивість довжини космічного корабля, а не певні інтуїтивні міркування про незмінність цієї величини. Далі учням варто поставити питання, а що буде, якщо виявиться, що один спостерігач в ході експерименту отримав одне значення довжини космічного корабля, а інший спостерігач – інше значення? Хто у цьому випадку буде правий? Правими будуть обоє, бо реальністю є лише те, що можна виміряти і, якщо у них так вийшло в ході правильно проведених експериментів, то це може означати лише те, що довжина не є якоюсь абсолютною, об'єктивною характеристикою, як нам інтуїтивно може здаватись.

Після такого тривалого вступу рекомендуємо розглянути з учнями, наприклад, такий мислений експеримент. Уявимо собі, що всередині астероїда прорито прямолінійний тунель, крізь який пролітає космічний корабель. На астероїді живуть інопланетяни. Будучи нерухомим відносно тунелю, інопланетянин встановив, що довжина тунелю дорівнює 30 м. Своєю чергою, коли космічний корабель був нерухомим відносно експериментатора, то експеримент показав, що довжина корабля становить 20 м. Космічний корабель пролітає тунель зі швидкістю $v=0,5\sqrt{3}c$, де c – швидкість світла у вакуумі.

З точки зору нерухомого відносно тунелю інопланетянина, тунель має довжину 30 м, а довжина космічного корабля становить 10 м (тут слід скористатись формулою для релятивістського скорочення довжини). Тому інопланетянин побачить, що в певний проміжок часу космічний корабель повністю знаходитиметься всередині тунелю. А що побачить пілот космічного корабля? З його точки зору, корабель нерухомий, а тунель мчить йому на зустріч зі швидкістю $v=0,5\sqrt{3}c$. Тому, з точки зору пілота корабля, корабель має довжину 20 м, а довжина тунелю є меншою – лише 15 м. Тому з точки зору пілота, корабель ніколи повністю не знаходитиметься всередині тунелю.

Як інопланетянин, так і пілот на свої власні очі бачили, що відбувається. Перший бачив як у деякий момент часу корабель повністю помістився всередині тунелю, а інший – що такого ніколи не було, бо корабель довший за тунель. То хто ж із них має рацію? Обидва мають рацію, бо знову нагадуючи філософський висновок з СТВ, правдою є те, що підтверджено експериментально. Вони обидва здійснили вимірювання (чи спостереження) і дійшли тих висновків, що є реальністю. Якщо реальність може залежати від вибору системи відліку, то це просто означає, що нас підводить наша інтуїція.

На цьому ж прикладі учням можна пояснити і відносність одночасності подій, а точніше навести приклад, коли в одній системі відліку подія А відбувається раніше за подію Б, а в іншій системі відліку – навпаки подія Б відбувається раніше за подію А. Припустимо у нашого тунелю є передні і задні

ворота, які відчиняє і зачиняє інопланетянин. Коли передня частина космічного корабля впритул наближається до передніх воріт тунелю, то інопланетянин їх вмить відчиняє, щоб не розбився корабель. В ту мить, коли інопланетянин бачить, що корабель вже повністю знаходиться всередині тунелю, він зачиняє передні ворота. Нехай подія А – це закриття передніх воріт. Коли космічний корабель впритул під’їде до задніх воріт, то інопланетянин їх відчинить – подія Б. З точки зору інопланетянина, передні ворота зачинились (подія А) раніше, ніж відчинились задні ворота (подія Б), адже з його точки зору корабель спочатку повністю заїхав у тунель, а вже потім під’їхав до задніх воріт. З точки ж зору пілота корабля, передні ворота не могли зачинитись (подія А) раніше, ніж відчинились задні (подія Б), бо з його точки зору, корабель довший за тунель і ніколи не поміщався всередині тунелю. Отже, з точки зору інопланетянина подія А (закриття передніх воріт) відбулась раніше за подію Б (відкриття задніх воріт), а з точки зору пілота все навпаки.

Безумовно, наведені приклади не доводять вірності постулатів СТВ, оскільки спираються на релятивістське скорочення відстаней. Ці приклади лише ілюструють залежність «реальності» від вибору системи відліку. Перевагою цих прикладів є їхня простота у порівнянні з багатьма іншими прикладами, які використовуються також з ілюстративною, а не доказовою метою (оскільки, ґрунтуючись на постулатах СТВ, вони теж не доводять правдивості цих постулатів).

Разом з тим, при вивченні лише основ СТВ в учнів може скластися неповне чи, навіть, викривлене враження як про філософію спеціальної теорії відносності, так і про саму СТВ. Учні можуть подумати, що істина – це взагалі не зрозуміло що, що все суб’єктивно і т.п. Щоб усунути цей недолік, на нашу думку, варто учнів ознайомити хоча б з поняттям простору Мінковського та розповісти їм про печеру, описану Платоном у «Державі» [4]. Єдине, що можуть бачити платонівські печерні люди – це тіні на стіні, які відкидають різні предмети (джерелом світла слугує вогнище). Якщо перед вогнищем в горизонтальній площині обертається, приміром, прямий циліндр, то в залежності від положення циліндра, печерні люди зможуть бачити прямокутник, коло чи більш складнішу фігуру. Більше того, довжина тіні залежатиме від кута, під яким циліндр розміщений до напрямку поширення світлових променів. Печерні люди бачать лише проекцію тривимірного циліндра на двовимірний простір стіни, а тому довжина для них не є абсолютною та незмінною. Схожим чином те, що ми спостерігаємо у різних системах відліку, можна розглядати як різні проекції чотиривимірного світу на тривимірний простір. Але цілковита аналогія тут недоречна, про що варто говорити учням. Якщо у тривимірному просторі довжину l якогось предмета (на основі координат його кінців) ми визначаємо із формули $l^2=(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2+(z_1-z_2)^2$, то інтервал s у просторі Мінковського, який можна за аналогією назвати «просторово-часовою довжиною s », визначається із формули $s^2=(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2+(z_1-z_2)^2-c^2(t_1-t_2)$.

Через знак мінус у цій формулі простір Мінковського є у певному розумінні специфічним (псевдоевклідовим), а тому не можна проводити повної аналогії між двовимірною проекцією на стіну тіні від тривимірного циліндра та тими тривимірними проекціями чотиривимірного світу, які ми спостерігаємо із різних систем відліку. Хоча «проекції» можуть й відрізнятися одна від одної у різних системах відліку, але те, що відбувається в просторі Мінковського є абсолютним і об'єктивним. Коли ми проводимо вимірювання простору чи часу (наприклад, довжини корабля), то такі вимірювання є суб'єктивними і залежать від вибору систему відліку. Однак, «просторово-часові вимірювання» у просторі Мінковського – об'єктивні.

Таким чином, на наше переконання, акцент на філософських аспектах СТВ та використання з певними обмеженнями деяких аналогій таких, як наприклад, платонівська печера, може сприяти сприйняттю та розумінню учнями спеціальної теорії відносності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александров А.Д. Теория относительности как теория абсолютного пространства-времени // Философские вопросы современной физики. – М.: Наука, 1959.
2. Reichenbach H. The Philosophy of Space and Time. – N.Y., 1958.
3. Обухова В. И. Философия теории относительности Альберта Эйнштейна // Вопросы студенческой науки. – 2020. – № 2 (42).
4. Платон. Держава / Пер. з давньогр. Д. Коваль. – К.: Основи, 2000.