

## **ФІЛОСОФСЬКИЙ АСПЕКТ ГЕНЕЗИ ЗАКОНІВ ДИНАМІКИ**

### **АНОТАЦІЯ**

Сформульовано проблему реалізації конфліктних ситуацій між фахівцями, що розвиваються на основі недосконалості відповідної освіти. Проблема конкретизована на прикладі історії зародження основ сучасної динаміки. Проаналізовано безпосередній зв'язок генези основних законів динаміки з творчою діяльністю середньовічних схоластів. Подано рекомендації щодо відповідного вдосконалення освіти, при цьому акцентована крайня необхідність викладання предмета з паралельним аналізом філософських аспектів наукових надбань людства.

**Ключові слова:** конфліктна ситуація, освіта, динаміка.

### **АННОТАЦИЯ**

Сформулировано проблему реализации конфликтных ситуаций между специалистами, развивающихся на основе несовершенства соответствующего образования. Проблема конкретизирована на примере истории зарождения основ современной динамики. Проанализирована непосредственная связь генезиса основных законов динамики с творческой деятельностью средневековых схоластов. Представлены рекомендации относительно соответствующего совершенствования образования, при этом акцентирована крайняя необходимость преподавания предмета с параллельным анализом философских аспектов научных достижений человечества.

**Ключевые слова:** конфликтная ситуация, образование, динамика.

### **SUMMARY**

Formulated the problem of the conflict between professionals, developing on the basis of appropriate education imperfections. The problem is concretized through the story of the birth foundations of modern dynamics. Analyzed the direct connection of the genesis of the basic laws of physics with the creative work of the medieval scholastics. Provides guidance on the appropriate improvement of education, with accented urgent need of teaching the subject with a parallel analysis of the philosophical aspects of scientific achievements of humankind.

**Key words:** conflict situation, education, dynamics.

**Вступ.** У міжлюдському спілкуванні часто виникають проблеми, пов'язані з певним непорозумінням між співрозмовниками, хоча вони при цьому можуть щиро поважати один одного та всіляко намагатися зрозуміти суть відповідних аргументів. Причин тому багато. Однією з них є, наприклад, синонімія, яка полягає в тім, що явища, величини тощо визначаються термінами - синонімами, наявність яких викликає ускладнення при спілкуванні та створює нічим не обґрунтовані труднощі для тих, хто навчається. З цим явищем можна боротися, уніфікуючи та стандартизуючи термінологію. Проте гірше йдуть справи, коли причини зазначених проблем полягають у глибокому непорозумінні між людьми, основу якого складає невідповідність між їхніми базовими знаннями та переконаннями, що є похідною невдалого висвітлення основ історичного розвитку відповідної галузі знань та взаємозв'язків його з філософськими аспектами аналізу наукових надбань людства. Саме цього питання ми торкнемося в даній праці, аналізуючи генезу законів динаміки.

**Постановка завдання.** Майже кожна пересічна людина знає, що базою теоретичного курсу динаміки як розділу механіки є закони, що чітко вперше було сформульовані І. Ньютоном і названі ним аксіомами. Закони динаміки є об'єктивними законами природи,

однак зазначимо, що формулювання їх є суб'єктивним за характером, позаяк кожен з цих трьох законів різними авторами (лекторами) формулюється по-різному без зміни його суті.

Заради цілісності викладу подано формулювання законів динаміки.

Перший закон динаміки стверджує, що матеріальна точка зберігає стан відносного спокою або прямолінійного рівномірного руху, доки дія на неї з боку інших тіл не виведе її з цього стану. Закон цей ще носить назву закону інерції, позаяк обґрунтовує умови зберігання матеріальною точкою стану руху за інерцією в інерціальній системі відліку, тобто в такій системі відліку, тіло відліку якої перебуває в стані вільного руху [1].

Другий закон динаміки описує зміну характеру руху матеріальних тіл унаслідок їх механічних взаємодій і формулюється так: прискорення, якого набуває матеріальна точка в результаті взаємодії з іншими тілами, є прямо пропорційним силі, що характеризує цю взаємодію, та обернено пропорційним масі матеріальної точки:

$$\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{F}, \quad (1)$$

де  $\vec{a}$  - прискорення матеріальної точки,  $m$  - її маса,  $\vec{F}$  - сила, що діє на цю матеріальну точку.

Цей закон є одним з найбільш фундаментальних законів фізики; за своїм фізичним змістом він визначає причинно-наслідковий зв'язок між прискоренням, що є характеристикою зміни швидкості тіла і наслідком взаємодії його з іншими тілами, та силою що є характеристикою цієї взаємодії й причиною зміни швидкості тіла за модулем та/або за напрямком.

Третій закон динаміки описує характер механічної взаємодії і формулюється так: дві матеріальні точки взаємодіють із силами, що є однаковими за модулем і направлені протилежно одна одній уздовж прямої, яка проходить через ці точки:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}, \quad (2)$$

де  $\vec{F}_{12}$  - сила, з якою на матеріальну точку 1 діє матеріальна точка 2,  $\vec{F}_{21}$  - сила, з якою на матеріальну точку 2 діє матеріальна точка 1.

Цей закон відображує той факт, що в природі не буває односторонньої дії одного тіла на інше, а існує лише взаємодія. Сили взаємодії завжди виникають і зникають парами і одночасно та завжди мають однакову природу.

Зазначимо також, що перший та другий закони динаміки виконуються лише в інерціальних системах відліку, проте третій закон динаміки є справедливим в будь-якій системі відліку. Це зумовлене тим, що третій закон не містить кінематичних характеристик руху.

Кожен старшокласник, студент чи навіть викладач загальної фізики називає закони динаміки законами Ньютона. Тієї ж традиції дотримуються й автори переважної більшості підручників з загальної фізики та теоретичної механіки для вищої школи. Щоправда, іноді говориться [2], що перший закон динаміки вперше був сформульований Леонардом да Вінчі. Стверджується [3], що перше формулювання цього закону дав Г. Галілей у праці «Бесіди та математичні доведення, що стосуються двох нових галузей науки» (1683 р.).

Згадується [4; 5] що формулювання першого закону динаміки зустрічається в праці Р. Декарта «Начала філософії» (1644 р.) та в трактаті Х. Гюйгенса про маятникові годинники (1673 р.). Проте ніколи в стандартних підручниках та посібниках з механіки не говориться, що насправді перший закон динаміки був вперше сформульований в часи середньовічної схоластики; про це можна дізнатися тільки з праць фахівців з філософії та історії філософії науки (наприклад [6; 7]).

Математичне формулювання другого закону динаміки І Ньютон подав [8] у дещо іншому вигляді, ніж у нас записано вище. А саме:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}, \quad (3)$$

де  $\vec{F}$  – сила, що діє на матеріальну точку,  $t$  - час,  $\vec{p}$  - імпульс матеріальної точки:

$$\vec{p} = m\vec{v}, \quad (4)$$

де  $m$  – маса точки,  $\vec{v}$  - її швидкість. Очевидно, з урахуванням (4) вираз (3) набуває вигляду (1). Безумовно, математичне формулювання зазначеного закону вперше здійснив саме І. Ньютон, проте свого часу Г. Галілей показав, що коли на тіло діє постійна сила, то швидкість його не залишається сталою, а змінюється на одну і ту ж величину за однакові інтервали часу. Про це можна прочитати в багатьох підручниках з механіки. Однак стандартні підручники, як правило, замовчують той факт, що біля витоків другого закону динаміки стояли всі ті ж середньовічні схоласти [6].

Що стосується третього закону динаміки, то існують абсолютно всі підстави пов'язувати його з іменем І. Ньютона.

Отже, як бачимо, в добу середньовіччя розвиток механіки нерозривно був пов'язаний з філософськими пошуками основ буття. Висновок цей є важливим для обґрунтування генези основ зазначеної науки, а відповідні висновки повинні, очевидно, відігравати й відповідну роль в адекватному викладанні дисципліни. А оскільки відповідною течією в філософії тих часів була схоластика, то перш ніж продовжити розмову про суть впливу філософії на генезу динаміки, коротко розглянемо питання, що стосуються саме схоластики.

**Виклад основного матеріалу. Головні особливості схоластики.** Схоластика являє собою тип філософії, що базується по суті на поєднанні догматичних засад з раціоналістичною методикою та особливим інтересом до формально-логічної проблематики [9].

Сьогодні пересічна людина сприймає поняття «схоластика» з негативним емоційним забарвленням. Дійсно, як, здається, можна оцінювати нескінченні пустопорожні проблеми, що хвилювали професорів Парижа, Оксфорда і Каїра та їх студентів у часи схоластів? Наприклад, як ставитись до питань стосовно того, скільки ангелів може розміститися на вістрі голки, або: де перебуває людський розум, на Місяці чи ще де-інде, або: скільки камінців складає купу? Всі ці питання здаються нікчемними, позаяк сучасні люди не розуміють, що крилося за відповідними проблемами.

Термін «схоластика» походить від латинського «scholastika» та від грецького «σχολαστικός», що означає «шкільний» або «вчений». Тобто, свого часу зазначений термін вживалися з великою повагою і цілком слушно, адже саме середньовічні схоласти стояли біля колиски філософської освіти Європи, створили термінологію, якою ми користуємось, стали посередниками між філософським спадком античності та західною цивілізацією. А що стосується тематики їхніх дебатів, то чи не здадуться смішними наші сьогоденні проблеми нашим далеким нащадкам? Понад те, може статися, що ми не досить адекватно сприймаємо сьогодні ті далекі проблеми. Приміром, стосовно запитання, де знаходиться людський розум: відповіді на це немає і досі, проте запитання орієнтує на ідею ноосфери, яку свого часу анонсували В. Вернадський та Гейяр де Шарден.

Спадок схоластичної філософії досить вагомий і, як нам вбачається, однією з найбільш привабливих його компонент є парадокси, що безпосередньо витікали з проблематики відповідних дискусій. В даній праці ми торкнемось лише однієї проблеми, пов'язаної з парадоксом «Буриданів віслюк». Сьогодні цей парадокс експлуатується чи не у всіх напрямках пізнання, і кожен автор намагається «притулити» його власної проблематики. Тут наша мета полягає в тім, щоб нагадати, що істинне джерело цього парадоксу – середньовічна фізика.

Парадокс «Буриданів віслюк» приписується Ж.Буридану (J.Buridan), філософу-схоласту XIV ст. і тодішньому ректору Паризького університету, хоча в його працях цей парадокс ніде не зустрічається. У сучасній філософії цей парадокс класифікується як парадокс абсолютного детермінізму у вченні про волю: віслюк, що перебуває на однаковій відстані від однакових за величиною та якістю в'язок сіна, повинен померти від голоду, бо воля не одержить імпульсу, який би спричинив до вибору тієї чи іншої в'язки сіна ([9], с.75). Проте

витоки цього парадоксу слід шукати не у вченні про волю, а у пошуках середньовічних схоластів, орієнтованих на визначення причин руху та з незгодою їх з пресингом відповідного Аристотелевого вчення ([7], с.128-153).

Проблема руху – одна з найбільш фундаментальних проблем філософії на зорі її зароджування, довгі віки залишалася нерозгаданою саме з причини її складності. Інтуїція людини завжди пов'язує рух тіла з такими діями, як поштовх або тяга. Інакше кажучи, інтуїція говорить про те, що швидкість тіла суттєво пов'язана з постійними зовнішніми впливами.

Цей інтуїтивний висновок і був свого часу анонсований в Аристотелевій «Механіці»: «Тіло, що рухається, зупиняється, якщо сила, яка його штовхає, перестає діяти». Так майже на дві тисячі років проблема руху була закрита: вона або здавалася вирішеною, або замовчувалася. Це продовжувалося аж до часів середньовічної схоластики.

Філософське підґрунтя середньовічної схоластики складав номіналізм, характерною ознакою якого є заперечення онтологічного значення загальних понять (універсалій) і твердження про те, що універсалії існують не в реальності, а лише в мисленні.

Тут буде доречним згадати П. Абеляра. Він не був засновником середньовічної схоластики, ця честь приписується його першому вчителю Рослену. Саме у Рослена П. Абеляр навчився номіналізму, проте саме він відшліфував його як філософський інструмент [10, с.198].

Номіналізм продукував своєрідний ефект: не розв'язуючи проблеми, він міг призводити до її зникнення. За номіналістами, для того, щоб розв'язати проблему, спершу слід визначити її складові, а потім інтегрувати їх в ціле, якщо цілого немає, то складові не співвідносяться між собою, тобто зникає і сама проблема [10, с.202-203].

Номіналісти брали під сумнів все, чого торкався їх розум, по суті, тому номіналізм слід було б сприймати як свого роду дезінтегратор мислення, проте не слід забувати, що він являв собою одну з важливих ланок ланцюга становлення філософії як науки. А найбільш привабливою рисою номіналізму стосовно фізики того часу було те що в його рамках основою фізичних досліджень стали не вдосконалення експериментальних методів, а здоровий глузд та вміння аналізувати фізичні процеси і явища. По суті, цей підхід слід розглядати відправною точкою сучасної фізики.

**Гене́за зако́нів динаміки.** Взявши під сумнів Аристотелеве вчення про рух та всебічно проаналізувавши це фізичне явище, середньовічні схоласти зробили відкриття: рух тіла з постійною швидкістю (і модуль вектора швидкості і його напрямок є сталими) не потребує ніяких пояснень. Тобто, рівномірний прямолінійний рух тіл є природним станом матерії.

Можна реконструювати міркування середньовічних схоластів, провівши наступний уявний експеримент. Підкреслимо, що нижче, відповідно вченню номіналізма, мова ведеться не про рух взагалі, як міркували Аристотель та його послідовники, а про конкретний рух в конкретному уявному експерименті. Уявимо собі нескінченну поверхню столу, на якій лежить деяке фізичне тіло. Тіло отримує поштовх, починає рухатися, зменшуючи швидкість, і зрештою зупиняється. З'являється підозра, що причиною зупинки є тертя. Зменшимо його, і тіло пройде більшу відстань. Зменшимо тертя ще, і відстань буде ще більшою. Отже, напрошується висновок, що якби тертя взагалі було ліквідоване, то рух продовжувався б нескінченно довго і для цього не потрібно було б ніяких зовнішніх зусиль. Тобто, дійсно, рівномірний прямолінійний рух є цілком природним явищем, що реалізується без втручання ззовні.

Розглянемо тепер дві інерціальні системи відліку  $K$  та  $K'$  (інерціальні системи відліку рухаються одна відносно іншої зі сталою швидкістю). Нехай за деякий час  $dt$  система  $K$  переміститься відносно системи  $K'$  на  $d\vec{R}$ . При цьому в системі  $K$  матеріальна точка за цей час зміститься на  $d\vec{r}$ , а в системі  $K'$  – на  $d\vec{r}'$ .

Тоді відповідно до правила додавання векторів

$$d\vec{r}' = d\vec{r} + d\vec{R}. \quad (5)$$

Поділивши обидві частини (1) на  $dt$  та визначивши швидкість системи  $K'$  відносно системи  $K$  як  $\vec{V}$ , одержуємо

$$\vec{v}' = \vec{v} + \vec{V}, \quad (6)$$

звідки випливає висновок: якщо  $\vec{v} = \text{const}$ , то і  $\vec{v}' = \text{const}$ . Отже, тіло, яке рухається з сталою швидкістю в одній інерціальній системі відліку, буде характеризуватися сталими швидкостями і в інших інерціальних системах відліку, тобто в цьому плані всі інерціальні системи відліку є абсолютно рівноправними. Ось саме тут вперше з'являється привид «Буриданового віслюка»: всі інерціальні системи відліку щодо опису рівномірного прямолінійного руху являють собою абсолютно еквівалентні альтернативи.

Але це не все. Стан спокою в інерціальній системі відліку  $K$  є також станом руху зі сталою швидкістю ( $\vec{v} = \text{const}$ ), просто в цьому випадкові  $\text{const} = 0$ . Але ж в інерціальній системі відліку ми на побутовому рівні сприйняття чітко розрізняємо стан спокою і стан руху. Тут вдруге з'являється привид «Буриданового віслюка»: хоча два зазначені стани є абсолютно еквівалентними в рамках класичної механіки (вище, одержуючи співвідношення (6), ми неявно скористалися перетворенням Галілея, яке включає гіпотезу про абсолютність часу:  $dt' = dt$ , де  $dt'$  – час переміщення матеріальної точки в системі  $K'$ ), все ж з позиції здорового глузду ці стани розрізняються, і для того, щоб матеріальна точка перейшла зі стану спокою до стану руху в одній же інерціальній системі відліку, повинна існувати якась причина. Цією причиною, як з'ясували середньовічні схоласти, є «імпетус» (*virtus motiva*, *virtus impressa*, *impressa*, *impetus*, іноді *forza* і навіть *motio*), а простіше кажучи «імпульс». Саме на цій стадії наших міркувань «Буриданів віслюк» позбувся статусу «Чеширського кота» і набув плоти, а ми одержали відповідний парадокс.

Імпульс матеріальної точки  $\vec{p}$  є векторна фізична величина, що являє собою міру руху цієї точки і визначається як добуток маси  $m$  точки на її швидкість  $\vec{v}$ :

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (4)$$

Одержавши ззовні імпульс  $\vec{p} = m\vec{v}$ , матеріальна точка маси  $m$  починає рухатися зі сталою швидкістю  $\vec{v}$  і надалі цей рух не потребує ніякої зовнішньої підтримки. Отже, по суті, середньовічні схоласти вперше сформулювали перший закон динаміки: рівномірний прямолінійний рух є безпричинним; це формулювання і на сьогодні є найбільш точним з поміж всіх інших.

Як зазначав Р. Декарт щодо гіпотези – висновку Ж. Буридана (цитуються за [6, с.513]): «в той момент, коли рушій надає рух рухомому, він закарбовує в ньому певний порив, або *impetus*, який є пропорційним початковій швидкості рухомого та кількості матерії його. Рух підтримується доти, доки опір повітря та сила тяжіння не зупинять тіло. Тут є і міра руху – кількість руху». (Зазначимо, що кількість руху є стандартизованим синонімом імпульсу).

Завершуючи розмову про істинні витoki першого закону динаміки, звернемо увагу та наступне. Різниця між точками зору Аристотеля та Буридана полягає не просто в тому, що один є правим, а другий ні. По суті, і погляди Аристотеля не є помилковими, бо, дійсно, предмети, що рухаються, намагаються зупинитися, про це свідчить наш повсякденний досвід. Головна різниця між зазначеними позиціями полягає в тім, що погляд Аристотеля є, по суті, остаточним і не залишає можливості для подальшого розвитку. Погляд же середньовічних схоластів можна розширити для пояснення набагато більшої кількості явищ. Але для цього треба було здійснити творчий стрибок, розглянувши практично недосяжну ситуацію з рухом тіла за умов відсутності тертя [11].

Перейдемо тепер до витоків другого закону динаміки; як говорилося вище, в неявній (не математичній) формі його анонсував ще Г. Галілей. У книзі «Бесіди та математичні доведення, що стосується двох нових галузей науки», він писав (цитуються за [12, с.297]): «Якщо тіло, вийшовши зі стану спокою, падає рівномірно-прискорено, то відстані, які воно проходить за певні інтервали часу, співвідносяться між собою, як квадрати часу». По суті, тут ведеться розмова не про другий закон динаміки, а про закон руху.

Другий закон динаміки в явному вигляді сформулював саме І. Ньютон. Проте витoki цього закону легко віднаходяться знову ж таки в працях середньовічних схоластів. Після Ж. Буридана більш глибоко аналізували проблему руху Альберт Саксонський та Ніколай Орем, якому належить ідея координатного методу дослідження явищ [6, с.514-515]. По суті, саме Ніколай Орем анонсував висновок, який пізніше повторив Г. Галілей, про співвідношення між часом руху та зміною швидкості тіла, що рухається зі сталим прискоренням [12, с.295-296]. Нічого дивного тут немає, бо вищезазначене формулювання першого закону динаміки неявно містить в собі зародок другого закону. Якщо рух матеріальної точки маси  $m$  зі сталою швидкістю  $\vec{v}$  є безпричинним, то для того, щоб ця точка в заданій інерціальній системі відліку змінила характер руху (тобто змінився її імпульс), повинна існувати якась причина. Це міркування орієнтує на формулювання другого закону динаміки, який встановлює зв'язок між зміною імпульсу матеріальної точки  $\vec{p}$  та імпульсом сили  $\vec{J}$ , яка і є причиною зміни характеру руху:

$$d\vec{J} = d\vec{p}, \quad (7)$$

де  $d\vec{J} = \vec{F}dt$ ,  $\vec{F}$  - сила, що діє на точку впродовж часу  $dt$ .

Зауважимо, що тут мова знову ведеться про «імпетус» - причину зміни характеру руху, але, так би мовити, «імпетус» другого порядку: вибравши в'язку сіна, «Буриданів віслук», щоб швидше підійти до неї, збільшує свою швидкість.

Що стосується третього закону динаміки (третього закону Ньютона), то його сформулював саме І. Ньютон, не спираючись на жодного попередника. Цілком очевидно, що цей закон знадобився йому як основа для аналізу сил, що передують конкретним застосуванням другого закону динаміки. З цієї причини деякі автори намагаються подати цей закон як правило. Але з огляду на поданий вище короткий аналіз фізичної суті третього закону можна лише зазначити, що подібна точка зору навіть не варта уваги.

Проте зробимо одне зауваження. Вище зазначалося, що на відміну від перших двох законів третій закон Ньютона є справедливим у довільних системах відліку. Але іноді спливає твердження (наприклад [13, с.17]), що у випадку електромагнітних сил взаємодії між рухомими частинками цей закон не виконується. Однак це твердження слід сприймати не більше ніж декларацію.

**Природа інерції.** Здавалося б, ми виконали поставлену задачу про аналіз взаємозв'язку між генезою законів динаміки та філософськими дослідженнями основ буття. При цьому основна увага була приділена закону інерції. Однак в контексті поставленої задачі залишається ще одна проблема, і знову ж стосується вона першого закону динаміки. Мова йде про наступне питання: якщо в інерціальній системі відліку рух за інерцією є сам по собі природним явищем, то яка причина зумовлює це явище? Щоб відповісти на це запитання, знову ж таки звертаємося до праці І. Ньютона [8].

Обертання Землі навколо власної осі можна виміряти двома методами. Перший полягає в звичайному астрономічному спостереженні щодобових змін дня та ночі. Основою другого методу є застосування законів динаміки в системі відліку, тілом відліку якого є, скажімо, центр Сонця. Очевидно, що, наприклад, машина, яка їде відносно Землі (інерціальна система, відліку) з певною швидкістю, буде мати внаслідок обертання Землі відносно Сонця іншу швидкість (неінерціальна система відліку), що буде залежати від кутової швидкості  $\omega$  обертання Землі навколо осі. Виникає питання щодо розрахунку прискорення машини  $\vec{a}$ , яке фігурує в (1). Сам І. Ньютон розв'язав цю проблему, проводячи уявний експеримент з двома відрами води на поверхні Землі, перше з яких є нерухомим, а друге обертається навколо власної осі симетрії. Поверхня води в першому відрі є горизонтальною, в другому викривленою, що свідчить про дію певної сили, якої, здається, не існує. Щоб розв'язати цю проблему, І. Ньютон ввів поняття абсолютного простору (саме в ньому перебуває інерціальна система відліку, в якій спостерігаємо перше відро), а щоб другий закон динаміки залишався справедливим, доводиться розглядати фіктивні системи – сили інерції [1, с.84-85].

Якщо, скажімо, поставити відро з водою на Північному полюсі, то поверхня води буде викривлена, що буде свідчити про обертання Землі відносно абсолютного простору.

Є інший спосіб помітити вплив фіктивних сил інерції, пов'язаний з використанням маятника Фуко [13, с.159; 14, с.205-206] (звичайний математичний маятник, який має дуже довгий підвіс). При коливаннях такого маятника в полі тяжіння Землі площина коливань його повільно обертається, що й свідчить про наявність сил інерції. Але з'ясувалося, що кутова швидкість  $\omega$  обертання Землі навколо осі, виміряна з застосуванням маятника Фуко, точно співпадає з відповідним результатом, одержаним за астрономічними спостереженнями [14, с.206-207]. Наприкінці XIX ст. Е. Мах висловив ідею, що зазначене співпадіння пояснюється тим, що абсолютний простір Ньютона є нічим іншим ніж системою відліку, в якій віддалені зірки не обертаються, а отже, явище інерції можна пояснити, пов'язавши його з загальним гравітаційним фоном віддалених зірок [14, с.207]. Зазначена ідея одержала назву принципу Маха, хоча сам Е. Мах сформулював її якісно і досить невиразно. Як не дивно, але існують докази [14], що принцип Маха є справедливим.

**Доля «Буриданового віслюка».** Вище ми зазначали, що між проблемою руху та «Буридановим віслюком» в середньовічній схоластичній фізиці існував безпосередній генетичний зв'язок, а вже набагато пізніше відповідний парадокс поширився на інші, іноді дуже віддалені від фізики, наукові дослідження. Тому наостанок повернемося до задачі про те, як довго «Буриданів віслюк» буде вибирати оптимальну в'язку сіна з поміж двох абсолютно еквівалентних альтернатив [15].

З цією метою зазначену проблему проаналізуємо в рамках квантомеханічного опису макроскопічного об'єкта хвилею де Бройля.

Можна показати [16], що закон поширення монохромати де Бройля в напрямку  $\vec{r}$  в заданій системі відліку має вигляд:

$$D = D_m \exp\left[\frac{2\pi i}{h}(\vec{p}\vec{r} - Et)\right], \quad (8)$$

де  $D$  - зміщення,  $D_m$  - амплітуда,  $i$  - уявна одиниця,  $h$  - стала Планка,  $t$  - час,  $p$  і  $E$  - імпульс та енергія об'єкта, які пов'язані з довжиною хвилі де Бройля  $\lambda_d$  - та її періодом  $T_d$  співвідношеннями:

$$p = \frac{h}{\lambda_d}; \quad E = \frac{h}{T_d}, \quad (9)$$

З метою подальшого аналізу ситуації застосуємо принцип невизначеностей Гайзенберга для енергії  $E$  та часу  $t$  в трактуванні для нестационарного стану фізичної системи:

$$\Delta E \cdot \Delta t \approx \frac{h}{2\pi}, \quad (10)$$

де  $\Delta E$  - невизначеність значення енергії нестационарного стану,  $\Delta t$  - характерний час, впродовж якого суттєво змінюються значення фізичних параметрів системи,  $h$  - стала Планка.

Уявимо тепер «Буриданового віслюка», який замислився, знаходячись на однаковій відстані від двох еквівалентних в'язок сіна. Нехай маса віслюка становить  $m$ , а відстань від земної поверхні до центра мас віслюка становить  $s$ . перебуваючи в стані (5) віслюк в інерціальній системі відліку характеризується енергією  $E$ , яка в даному випадкові дорівнює потенціальній енергії  $E_p$

$$E = E_p = mgs, \quad (11)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння.

З виразу (10) видно, що характерний час  $\Delta t$  зміни параметрів нестационарного стану (8) віслюка становить

$$\Delta t \approx \frac{h}{2\pi E} = \frac{h}{2\pi mgs}, \quad (12)$$

Залишилося оцінити цей час за величиною: нехай  $m \approx 1 \cdot 10^2$  кг,  $s \approx 1 \cdot 10^0$  м, тоді:

$$\Delta t \approx \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{2\pi \left(1 \cdot 10^2 \text{ кг}\right) \cdot \left(9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) (1 \text{ м})} \approx 1 \cdot 10^{-35} \text{ с}. \quad (13)$$

Отже, за час  $\Delta t \approx 10^{-35}$  с нестационарний стан віслюка буде порушений, вихідні умови зміняться і в'язки сіна перестануть перебувати на однаковій відстані від віслюка. Тобто, впродовж часу (13) віслюк прийме рішення і попрямує до ближчої в'язки.

Таким чином, «Буриданів віслюка» не помре, він і надалі буде насолоджуватися життям, щоправда в коротких перервах поза часто необґрунтованою експлуатацією різними науковими школами, як це і було впродовж останніх семи століть.

**Висновок.** Вище ми послідовно виклали те, що повинна знати про зародження основ сучасної динаміки кожна освічена людина, а передусім – викладачі відповідних дисциплін вищої (та й середньої) школи. Мета цього проста – запобігання зовнішніх та внутрішніх конфліктів при спілкуванні, перш за все, з професіоналами.

Особливо хочеться звернути увагу на ту зверхність, з якою сучасний вчений дивиться на епоху середньовіччя, навіть не замислюючись, що середньовічні схоласти формували підґрунтя сучасних технічних наук.

На завершення наведено думку фізика та філософа П. Дюгема (цитуються за [6, с.368]): «Якщо до вподоби, точну лінію, що відокремлює царство Античної науки від царства Сучасної науки, слід провести, як ми вважаємо, від моменту, коли Жан Буридан зрозумів цю теорію (impetus'a), від моменту, коли людина перестала дивитися на зірки, як на такі, що рухаються божественними істотами, та припустив, що як небесні, так і земні рухи визначаються однією й тією ж механікою».

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шпак А. П., Остафійчук Б. К., Ніколенко А. М.. Фізичний лексикон. 1.Базові поняття фізики. 2.Фізичні основи класичної механіки: навч. посібник для студ. вищих навч. закл. [Текст] / НАН України; Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова ; Прикарпатський національний ун-т ім. Василя Стефаника ; Українська держ. академія залізничного транспорту. — К. ; Івано-Франківськ ; Х., 2008. — 208с. — Текст укр. та рос. мовами. — ISBN 978-966-640-217-5.
2. Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах: В 3-х т. [Текст] / Бать М.И., Джанилидзе Г.Ю., Кельзон А.С.– М.: Наука, 1971-1973. – Т.1 – 512с., Т.2 – 624с., Т.3 – 467с.
3. Боголюбов А. Н. Математики. Механики. Биографический справочник [Текст] / А. Н. Боголюбов. – К. : Наукова думка, 1983. – 639 с.
4. Сборник задач по теоретической механике : учеб. пос. [Текст] / Н.А. Бражниченко, В.Л. Кан, Б.Л. Минцберг и др. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1974. — 520 с. + Гриф МОН. — 0-93.
5. Бутенин Н.Б. Курс теоретической механики: В 2-х т. [Текст] / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин: . – Т.1 –240с., Т.2 – 464с.
6. Жильсон Э. Философия в средние века: От истоков патристики до конца XIV века [Текст] / Этьен Жильсон. – М.: Республика, 2004. – 678 с.



7. Койре А. Очерки истории философской мысли [Текст] / А. Койре. – М.: Прогресс, 1985. – 286 с.
8. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. Перевод с латинского и примечания А.Н. Крылова. - М.: Наука, 1989. 688 стр. ISBN 5-02-000747-1. Серия: Классики науки.
9. Философский энциклопедический словарь [Текст] / Под ред. С.С.Аверинцева, Э.А.Араб-Оглы, Л.Ф.Ильичева и др. – 2-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 815 с.
10. Данэм Б. Герои и еретики. Политическая история западной мысли [Текст] / Данэм Б. Сокращенный пер.с англ. И. С. Тихомировой. Ред. и вступ. статья проф.И. Д. Панцхавы. М. Прогресс 1967.г. 504с.
11. Джанколи Д. Физика: В 2 т. Т. 1: Пер. с англ. [Текст] –М.: Мир, 1989. – 656 с.
12. Даан-Дальмедико А. Пути и лабиринты. Очерки по истории математики: Пер. с франц. [Текст] / Даан-Дальмедико А., Пейффер Ж. — М.: Мир, 1986.— 432 с, ил.
13. Голдстейн, Г. Классическая механика : пер. с англ. [Текст] / Г. Голстейн. – 2-е изд. – М. : Наука, 1975. – 416 с.
14. Нарликар, Дж. Неистовая Вселенная [Текст] / Дж. Нарликар. – М.: Мир, 1985. – 256 с.: ил.
15. Богданова Т.Є., Ніколенко А.М. Парадокс «Буриданів вісюк» та закон інерції [Текст] // Зб.наук.праць.-Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип.122. – С.161-165.
16. Ніколенко А. Ще раз про антропний принцип [Текст] / А. Ніколенко // Філософська думка. - 2007. – №3. – С.138-142.