

*Акад. Д. О. ГРАВЕ,
дійсний член Української Академії Наук.*

ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТИ В ІСТОРИЧНІЙ ПЕРСПЕКТИВІ.

За тему для статті є одне з питань найжиттєзвіших та повних глибокого інтересу—питання про Айнштайнову теорію відносності.

Тепер точиться гостра полеміка між прихильниками нової Айнштайнової механіки, так зв. релятивістами, та ворогами її, прихильниками старої Ньютонаової механіки, антирелятивістами.

Себе я не приєдную ані до тієї, ані до тієї категорії.

Я гадаю, що кожен математик повинен ставити собі тільки одну мету: через механіку й математичну фізику допомагати натуралистам і техникам у боротьбі людини з природою, а тому треба брати все її звідусіль, що в пригоді може стати.

Робітник може не любити якийсь інструмент, але він мусить, коли не хоче користуватися ним, мати до свого розпорядження інший інструмент, що заступає перший.

Гострота полеміки спричинила те, що з обох боків допущено багато помилок та ексцесів. А надто багато прогріхів у популярній літературі.

Було-б цікаво, як-би хто взявся підбити підсумки всім гріхам популярної літератури. Це було-б цікаво, навіть облишивши все інше, з погляду суто психологічного.

Чого вартий, наприклад, оцей тільки факт. Російською мовою видано брошуру під заголовком: „Айнштайн та всесвіт“. Притому на обкладинці слово „Айнштайн“ видрукувано великими літерами, а слово „всесвіт“ дрібними.

Не мавши змоги через обсяг статті поставити завдання на всеніку допіру зазначену ширину його, я обмежуся тільки на чотирьох пунктах, що найбільш можуть привести до неправильного розуміння справи.

Першим пунктом буде заява про те, що Айнштайнова теорія—це перша серйозна критика Ньютонаової механіки. Популяризатори релятивісти йдуть навіть так далеко, що поділяють увесь час на два періоди: один до Айнштайна, другий по Айнштайні. Поміж антирелятивістів теж панує бажання, хоч що там захищати, принципи Ньютонаової механіки.

За другий пункт я візьму поради професорів-релятивістів, щоб, викладаючи в середній школі, вчителі намагалися перевиховувати учнів у дусі релятивізму.

Третім пунктом буде фраза, взята з статті одного з популяризаторів релятивістів:

„Ця планета (Меркурій) рухається по еліпсі, що й собі повільно обертається в своїй площині; те відхилення на $43''$ за 100 р., що його спостерегали астрономи, точно сходиться і з завбаченім із загальною теорією відносності”.

Це $43''$ не могли спостерегати астрономи, бо відхилення за 100 років, що його справді спостерегалося, було $.574''$.

І нарешті за четвертий пункт я візьму одне твердження відомого англійського астронома Еддінгтона, Айнштайнового прихильника, що він висловив його у недавно виданій книзі під заголовком „Теорія відносності в математичній обробці”. 1925 (німецький переклад).

Тут Еддінгтон каже (ст. 126):

„З приводу відхилень у русі вузлів Венери теорія відносності не дає ніякого поясніння”.

Ця фраза надто категорична й не подає правильної думки.

Мені здається, що в усіх чотирьох зазначеніх пунктах можна дійти цілком ясного уявлення, приступного не спеціалістам, коли поставитися до справи з погляду історичної перспективи.

Вдавшися до історії науки, побачимо, що задовго перед Айнштайном принципи Ньютонаї науки, як то кажуть, тріщали по всіх швах.

Історично Ньютонаї механіку було підготовлено в двох напрямках: з техніки (підйома, прості машини, то-що) та з астрономії (Кеплерові закони). В першім напрямі бачимо імення Архімеда, Галілея. Очевидччики, що за Архімедом стоїть єгипетська культура.

Основні принципи Ньютонаї механіки відносилися найбільше до двох поняттів, що їх власне в природі немає: матеріальні точки та абсолютно твердого тіла.

Ці фіктивні ідеальні поняття заведено виключно для ощадності думки, бо інакше через складність явища не можна було б схопити суть його. Так ось, як-би ми взяли цю підйому, що існує в природі, гнучку через пружистість, то ми затемнили-б виявлення основного закону підйоми, а саме рівності моментів сил, яких прикладено до плечей її.

Зрозуміла річ, що механіку, оперту на таких фіктивних поняттях, успішно застосовано в техніці, де особливої точності не треба, та в астрономії, де планети, коли вони обертаються навколо сонця по орбітах, цілком можна було мати за матеріальні точки, поки не розглядалося їхнє обертання навколо їхніх осей.

Уже у XVIII віці все славнозвісніших математиків Ойлер та Лягранж перейшли до застосування основних принципів Ньютонаї механіки до руху плинів. Плін довелося вважати за тіло, що скла-

дається з незчисленних матеріальних точок, які мають властивість рухомості одні проти одних.

Застосовуючи до такої системи точок основні принципи Ньютона та механіки, а так само винайдену аналізу безконечно малих, Ойлер і Лягранж мало не воднораз склали так звані диференціальні рівняння для руху плину. З розвязання цих рівнянь, їхнього так званого інтегрування, сподівалися дістати всі обставини руху плину. Виведення диференціальних рівнянь гідродинаміки, що його зробили Ойлер та Лягранж, і досі вважають за правильне.

Як-же здивувавсь Ойлер, помітивши, що з диференціальних рівнянь, які він вивів, з невблаганною логікою виходить, що плин не повинен ставити опір тілу, що рухається в ньому.

Це твердження, що розбігається з постереженнями повсякденного досвіду, зв'ється Ойлеровим парадоксом. Французи звуть його д'Алямберовим парадоксом.

Про що-ж свідчить цей парадокс, як не про цілковитий крах основних принципів Ньютона та механіки, бо виявилося, що виведено диференціальні рівняння правильно і ніяких інших рівнянь, не порушуючи принципів механіки й логіки, дістати не можна.

Тоді довелося схему плину, рух якого визначається рівняннями Ойлера та Лягранжа, назвати ідеальним пливом, далеким від тих, що в природі існують, сказати-б, грубих плинів.

Щоб якось вийти з утруднень, поєднаних з Ойлеровим парадоксом, завели нове поняття про в'язкість або внутрішнє тертя частинок плину одне об одне, а так само про тертя плину об тіла, провз які він проходить. Це було зроблено вже в XIX столітті, але мало допомогло, бо англійський математик Стокс, правда для малих скоростей тіла, що рухається в плині, дістав закон опору плину пропорційний першій степені скорости, а для середніх величин скоростей руху опір плину навсправді близький до пропорційності квадрату скорости.

Так само, утворена на початок XIX століття теорія пружності являла собою другу схему тіла, що складалося з безконечного числа матеріальних точок. Але тепер точки не вільні в своїм русі. Вони можуть тільки трохи віддалятися одна від одної, причому, коли віддаляються дві точки одна від одної, з'являється сила, що зв'ється силою пружистості; вона намагається повернути точку, що віддалася, у попереднє становище. Встановлюється поняття про безконечно малу, однорідну, пружисту деформацію тіла, причому всякий деформації повинен відповідати розподіл пружистих сил усередині тіла. Береться при цьому Гуків (англійський технік XVII-го століття) закон, де сказано, що пружиста сила пропорційна розтягенню.

Застосовуючи до наведеної схеми основні закони Ньютона та механіки, дістали диференціальні рівняння теорії пружистості. Повстала теорія, що зазнала долі гідродинаміки через свою віддаленість від життя. Коли застосовувати до опору матеріалів деформа-

ціям теорію пружистості, яка вивчає однорідну безкінечну малу деформацію, то вона не спроможна пояснити те, що відбувається в матеріалі під впливом конечних деформацій. По-за межами теорії лишається досить різноманітне життя будівельних матеріалів, що нагадує життя живих істот, як-от: тренування матеріалів, що підпадають повторним малим деформаціям, утома матеріалів за повторних більших деформацій, нарешті, загибель матеріалу від розриву.

Коли перейшли від механічних деформацій до атомової будови субстанцій, до термодинаміки й електродинаміки, тоді справа з застосуванням принципів Ньютоної механіки стала ще гіршою.

Повстала надія, чи не можна вважати етер за ідеальний плин та шукати в ньому вдаліших застосувань гідродинаміки. Таким способом В. Томсон (лорд Келвін) мав утворити теорію атомів, уважаючи їх за вихрі в плинному етері.

Але незабаром оптика виявила бажаність мати етер за пружисте тверде тіло.

Тимчасом, дарма що участь у зазначених механічних дослідженнях над етером брав такий видатний учений як Томсон, остаточний результат був негативний, і тут принципи Ньютоної механіки не були на вишині завдань що-до поясніння природи.

О цій порі почав свої студії над електрикою Клерк Максвел. Хотівши надати славнозвісним Фарадеєвим відкриттям вигляду стрункої математичної теорії, Максвел обмірковував картини етеру, взяті як з гідродинаміки, так і з теорії пружистості. Він помітив, що треба рівнобіжно вивчати і електрику, і магнетизм, себ-то утворювати теорію електромагнетових явищ. Він прийшов до своїх диференціальних рівнянь, відмовившися від принципів Ньютоної механіки. Максвелова схема виявила себе вдалою в тому розумінні, що з неї випливало, що світло повинно бути явищем електромагнетовим. Це згодом ствердилося на досвіді.

Ця нова теорія славнозвісного англійського математика й фізика не сподобалася Томсонові через те, що вона ігнорувала Ньютонову механіку. Німеччина та взагалі суходіл попервах теж холодно ставилися до Максвеллових дослідів. Тут була дужа ще так звана математична школа в механіці.

Дальший наш виклад буде не зовсім зрозумілий, коли не скажати дві слова про цю школу, що її заснував Лягранж.

Лягранж у переднім слові до своєї славнозвісної „Аналітичної механіки“ (1811) пише:

„У цій праці зовсім немає фігур. Методи, що їх тут я викладаю, не потрібують, ані побудувань, ані геометричних чи механічних міркувань, а самих-но алгебричних операцій, підпорядкованих правильному й однорідному ходові. Ті, хто любить аналізу¹), побачать

¹) Літерні обчислення.

з удоволенням, що механіка зробилася новою галуззю ІІ, і дякуватимуть мені за поширення її царини".

Отже повстала, якщо можна так висловитися, „механіка без механіки".

Але Лягранж був надто геніальний, щоб бути педантом і рабом поставленої собі методи. Він усією своєю діяльністю довів, що вміє за допомогою свого таланту та ерудиції справлятися з найважчими завданнями прикладного знання, найбільше, астрономії та небесної механіки.

Власне те, що він пише, що в його книзі немає „механічних" міркувань, є ефектна гарна фраза та й годі. Якщо ми переглянемо зміст його механіки, то побачимо тут усі найважливіші прикладні питання: планетна завдання, маятник, гнучка нитка, рух твердого тіла й таке інше. Що-до змісту свого, Лягранжева механіка є зразком для курсів теоретичної механіки до останнього часу.

Коли прирівняти Лягранжа до автора бессмертної „Небесної механіки" Лапласа, то, хоч обидва вивчали одні й ті самі питання руху небесних тіл, але Лаплас, бувши прекрасним математиком, мав на оці, найбільше, застосування. Він робив нові математичні відкриття, щоб краще розвязувати завдання з небесної механіки. А Лягранж, навпаки, був математиком, застосуваннями він користувавсь як міркуваннями, що наводять на відкриття гарних математичних законів.

Лягранжеві послідовники пішли далі од його в чисто математичному розумінні механіки.

У передмові до „Трактату натуральної філософії Томсона й Тета 1903" читаемо:

„Ніщо так не фатальне для поступу, як надто довірлива пріхильність до математичних символів; бо студент надто пріхильний вибрati легшу путь і вважати за фізичну реальність формулу, а не факт".

Те, що Томсон говорить тут про студентів, цілком дається приклади до представників математичного напряму в механіці. Цей напрям такий, що часто ми бачимо статті, що мають, наприклад, заголовок „Рух твердого тіла", в яких механічними бувають тільки два слова „твердого тіла"; а вся стаття являє собою чисто математичні міркування.

Якщо ми візьмемо, наприклад, курс гідродинаміки (1924) кембриджського професора Лямба, то побачимо, що з цілого тому на 680 сторінок великої вісімки тільки 116 сторінок присвячено в'язкому плинові. Решту обсягу посідають міркування про ідеальні плини, можливо, цікаві математичною стороною, але далекі від справжніх застосувань.

Щоб ще рельєфніше відтінити свою думку, я візьму один приклад з життя славнозвісного академика в Ленінграді Чебишова (помер р. 1896).

Чебишов, якось бувши в Парижі, вирішив прочитати публічну лекцію на тему про питання, яке він поставив й яке торкається покриття кривих поверхній нитковими тканинами. Він дав своїй лекції заголовок „Про викройки“. В одному з дрібних журналів було вміщено дописа про цю лекцію.

Було сказано, що лекція славнозвісного академіка зібрала велику авдиторію, причому були закройщики від Ворта та інших модних крамниць.

З самого початку лектор розчарував авдиторію тим, що почав писати формулі з вищої математики. Інтерес авдиторії піднісся, коли Чебишов заявив, що він переходить зараз до практичних застосувань своїх формул. Але яке було розчарування присутніх кравців, коли лектор оповістив, що він людину вважатиме за кулясту. Поверхня кулі через свою простоту була дуже зручна, щоб ілюструвати формулі, але, звісно, не давала втіхи бідолашним закройщикам..

Автори курсів механіки, які належать до математичної школи, мало цікавляться справжніми застосуваннями до життя. Так, от, у курсі механіки паризького академіка Аппеля ми бачимо такі завдання, як про мурашку, що лізе по соломинці, ніби автор не знаходить ніяких важливіших застосувань механіки.

Наведений приклад з життя Чебишова не повинен примушувати читача думати, ніби я хочу представити Чебишова педантом математики. Як геніальний математик, Чебишов — гордість російської науки. Він завсіди говорив своїм учням, що треба працювати не над тим, що цікаво, а над тим, що важливо та потрібно. Його улюблене прислів'я було, що математика дістає свої завдання з практики.

Всі дослідження Чебишова мають відбиток справжньої корисності. Так от, його способу наближеного обчислення квадратур широко вживалося в англійській флоті під назвою „російський спосіб“.

Становище, коли Максвелові досліди натрапляли на нерозуміння та байдужість до них, тривало доти, доки року 1888 зроблено славнозвісні досвіди молодого геніального фізика Герца, які показали правильність Максвелової думки, що світло є явище електромагнетове. Герц показав, що можна посылати через простір електричні коливання, які ширяться із скорістю світла, причому мають усі властивості світляних коливаннів. Герцові досвіди були початком цілої низки блискучих відкриттів, що привели однією стороною до бездротового телеграфу та взагалі до радіотехніки, а другою стороною з'явилися Рентгенові досвіди з новим промінням, що носить його ім'я.

Герц помер 1-го січня року 1894. Того самого року Ф. Ленар випустив посмертну книгу Герца під заголовком „Принципи механіки, подані в новій послідовності“. Передмову до цієї книги написав Гельмгольц, Герців учитель.

Хоч Герцові нападки на принципи Ньютона механіки не були такі радикальні, як пізніші що-до часу Айнштайніві нападки, проте Герцова механіка зустріла в математичній школі різкі запереченння.

Ми наведемо статтю професора колишнього Київського Університету Суслова під заголовком „Герцова механіка”, де автор критикує міркування славнозвісного німецького фізика.

Обсяг і мета нашої статті не дозволяють торкатися подробиць, і я обмежуся на тому, що наведу один уривок із статті Суслова:

„Дальші Герцові аргументи на захист логічної нестійності Ньютона механіки теж навряд чи переконують. Перший з них полягає в тому, що ніби „дуже важко викладати основи механіки розвиненим (тумучим) слухачам без певного ніяковіння, без почуття, що треба перепрошувати їх у тому чи тому місці, без бажання як-найскоріше перескочити через основи та перейти до прикладів, які сами за себе говорять“. Ми вважаємо, що причина такого явища полягає не в тому, що викладається, а в тих, що викладають: звісно, не можна, не ніяковівши, передавати своїм слухачам те, чого сам ясно й точно не засвоїв, а з основами механіки це буває скрізь і всюди“.

Навряд чи можна погодитися з проф. Сусловим, що Герц не розумів основ механіки.

Зовсім іншу характеристику Герца дає славнозвісний берлінський фізик М. Планк у своїй промові 23 вер. р. 1910 на зборах німецьких природників та лікарів у Кенігсберзі:

„Герцова механіка є не тільки справжня фізика, — але вона є фізики майбутнього або, сказати-б, фізичний символ віри. Вона ставить програму піднесеної послідовності й гармонії, яка лишає далеко позад себе всі попередні спроби дійти такої самої мети“.

Щоб схарактеризувати становище науки, яке утворилося після Герца, найліпше навести уривок з книги М. Планка „Вступ до теорії електрики й магнетизму“, 1922:

„Супроти механічних явищ та рухів матеріальних точок стоїть сукупність електричних та магнетових або, що одно й те саме, електродинамічних явищ, як щось ціле, самодовляще, але явно відмінне від перших. Ці дві царини вичерпують усю ниву фізики, бо всі інші частини її: акустика, оптика, тепло без останку сходять на механіку та електродинаміку. Остаточне та цілковите злиття двох допіру згаданих класів явищ, яке вивершило-б будинок теоретичної фізики, належить майбутньому“.

Сучасна атомова теорія субстанції чим-раз більше набуває електричного характеру, бо атоми являють собою планетні системи в малих розмірах, де навколо центрального позитивного заряду обертаються, як планети, негативно заряджені електрони. Коли ми зважимо на це, то ми помітимо, що в картині, яку намалював Планк, предомінует електродинаміка, а механічна частина поступінно сходить на нуль.

Отже, до моменту, коли з'явилася теорія відносності, стара Ньютона механіка пережила саму себе. Це я розумію як знаряддя для вивчення природи та дальнього поглиблення в таємниці її. Про роль Ньютоної механіки в технічній механіці буде сказано далі.

На місце Ньютоної механіки стає Айнштайнова механіка, причому повстає тільки питання, чи можна її вважати за остаточне вівершення будинку теоретичної фізики.

А що таке являє собою антирелятивізм, що він намагається вратувати від руїнницької критики нової теорії?

Антирелятивізм може йти тільки з двох таборів: від педантів математичної школи та представників технічної механіки. Про технічну механіку говоритимемо далі з приводу другого пункту нашої програми.

З представниками математичної школи багато не побалакаєш. Вони так закохані в свою схоластичну математичну систему, вони широко вважають, що всякий, хто насмілюється критикувати цю систему, не розуміє всіх привабів її. Ім зовсім байдуже до застосування їхньої схеми до вивчення природи.

Вони працюють над математичними завданнями, далекими від застосувань, гадаючи, що колись за тисячу чи мільйон років хтось зможе використати наслідки їхніх досліджень, які поки-що не мають собі застосувань.

Помилка цих людей у тому, що життя не може так довго чекати, що не такий далекий той час, коли вичерпаються запаси камінного вугілля. Доведеться шукати нових джерел енергії.

Талант і геній є те, що належить не окремій людині, а всій людськості; це є те, на що людськість дивиться з надією та упованням. Це зобов'язує всіх учених, що відчувають у собі сили на дослідження, не ховатися за математичні схеми, а просто йти до вивчення законів природи.

Я наведу анекдоту з часів Миколи І. Ця анекдота може й апокрифічна, проте-ж надзвичайно характерна.

Микола І цікавивсь гарматами; він доручив ленінградському математику Остроградському піддати математичній аналізі літ гарматного набою в повітрі. Минув якийсь час. Цар наказав довідатися про стан справи. Йому доповіли: „академик Остроградський каже, що в нього рівняння не інтегрується“.— „Звеліти, щоб інтегрувалося!“ — була царева відповідь... Рівняння по цім наказі справді проінтегрувалося. Остроградський зробив якусь гіпотезу, що спростила питання.

І справді, звичайне лихо математичних дослідів над механікою — це є те, що трапляються диференціальні рівняння, щоб розвязати які сил сучасної аналізи не досить: ці рівняння, як то кажуть, не інтегруються.

Віддавшись останнього мого періоду діяльності вивченю механіки, я не хотів лишатися математичним педантом, а бажав поєд-

нати теоретичну механіку з життям, думавши, що такий новий напрям буде простіший: коли рівняння не інтегруються, то можна шуканий результат дістати досвідним шляхом.

Прошу читача звернути увагу на те, що сталося на ділі.

Інтуїтивно я прийшов до переконання, що, коли обертати горизонтальний диск навколо вертикальної осі, що проходить через центр, і, якщо зробити горішню поверхню його рівною, а спідню шаршавою, то повинна повстati певна сила, яка намагатиметься підняти диск. Теоретична аеродинаміка не дає засобів розвязати це питання ані прикметно, ані розмірно, а розвязати його на досвіді могло б мати вагу, як практичну, так і теоретичну.

Я вдавсь до професора техника з проханням перевести цей нескладний досвід. Професор, видимо, зацікавивсь моєю пропозицією... За якийсь час я спітався професора про стан справи. Він мені відповів, що обмірковує мірчу конструкцію досвіду...

Один із фізиків сказав, що в нього є електрична турбіна; він принесе її до мене, й ми весь досвід переведемо на мої кватирі...

Згодом мене відвідав винахідник з приводу проектованого застосування при Укр. Акад. Наук бюра для розгляду винаходів. Я поскарживсь йому на те, що довгий час не можу здійснити простий досвід. Винахідник був обурений і пообіцяв здійснити мое бажання за два тижні... Ці тижні тяглися багато довше проти того часу, що належав їм з астрономічних міркувань...

Нарешті, мені увірвався терпець і я написав про своє бажання до Гёттінгену професорові Прандтлеві, директорові відомого аеродинамічного інституту, з яким я вже перед тим листувався з іншого приводу.

Прандтель погодився зо мною, що справді повинен бути ефект, якого я сподіався (Hubeffect). Він писав: „ми ще не переводили такого досвіду... ми матимемо на увазі вашу думку (Anregung)..."

Другий мій намір експериментального дослідження стосувався до теорії пружистості. Я хотів розглянути таке питання: хай з кавчукового аркушу вирізається двома концентричними кругами круглі рамці. Вивернімо їх, себ-то зробімо їхній унутрішній край зовнішнім та навпаки. Затиснімо вивернену платівку між двома скляними пластівками, які будемо натискати тільки так, щоб вивернена платівка не жолобилася, але щоб не заваджати їй під впливом пружистих сил дістати новий стан рівноваги. Задача полягає в тому, щоб описати новий стан рівноваги. Сьогочасній теорії пружистості не сила розвязати це питання аналізою.

Я говорив у цій справі з академиком Тимошенком. Від'їзд його з Києва примусив відкласти досвідні досліди *ad calendas graecas*.

Я зрозумів, що, щоб експериментально розвязувати всі питання, з якими я зустрічався у вивченні механіки, більш поєднаному з життям, я конче повинен мати власну лабораторію.

На засіданні Другого Відділу Української Академії Наук з 13. V. 1921 (протокол 88, § 1166, 1246) на мою пропозицію було ухвалено як-найскорше влаштувати нову лабораторію для експериментальних дослідів з натуральної філософії. Я брав натуральну філософію в англійському розумінні, як механіку та теоретичну фізику. Мавши на увазі, що виписувати приладдя з-за кордону було важко та те, що на перші кроки діяльності моєї лабораторії, як показують два наведені приклади, не потрібувалося особливих пристроїв, я запропонував устаткувати академічну майстерню. Я мав на оці добрих майстрів з червоної флоти. Майстерні думалося зробити в обхідних підвалах будинку, в якому згодом було приміщено Всенародну Бібліотеку.

З усіх цих моїх припущенень нічого не вийшло. Ані лабораторію, ані майстерні не було здійснено.

Я побачив, що інтегрувати диференціальні рівняння простіш як зближати науку з життям.

* * *

Переходимо до другого пункту нашої програми, що стосується до поради провадити навчання в середній школі в дусі ідей релятивізму. Ми повинні цей пункт розбити по тих нових ідеях, що їх заводить Айнштайнова теорія.

Почнімо з неевклідової геометрії. Заступити в середній школі Евклідову геометрію Лобачевського власне не важко.

Геометрія Лобачевського аніак не потрібує ламати звичайні геометричні уявлення. За цією геометрією ми повинні в думці уявляти собі різні геометричні образи: просту, площину, коло, то-що зовсім так, як це звикли ми робити в Евклідовій геометрії.

Супроти геометрії Лобачевського можна тільки перечити з погляду доцільності її економії часу та думки. Геометрія Лобачевського, бувши рівноправна в усікому розумінні з Евклідовою геометрією, на багато складніша за неї. Звичайна річ, що з двох струментів, зовсім однакових що-до ефекту діяння їхнього, завсіди вживатиметься простішого.

Цього року минуло рівно 100 років з того часу, коли опубліковано було мемуар Лобачевського про неевклідову геометрію. За ці сто років геометрія Лобачевського дісталася великої та прекрасні застосування, а надто в школі геттінгенського проф. Кляйна (помер р. 1923), і саме в його теорії автоморфних функцій.

Можна сміливо викладати геометрію за Евклідом. А як часом хто захоче застосувати геометрію Лобачевського, то швидко й легко обізнається з нею з великої сучасної літератури в цій царині.

Може релятивісти радят запровадити в середній школі многомірну геометрію з числом вимірів більшим за три.

Поняття про многомірну геометрію старе, як поняття про аналітичну геометрію.

Коли учень обізнається з аналітичною геометрією, то для його перейти від простору трьох вимірів до простору чотирьох не важко.

За трьох вимірів маємо три координати (x, y, z), за чотирьох вимірів точку можна визначати сукупністю чотирьох чисел (x, y, z, n). Геометрія збудована таким способом на чотирьох координатах дасть змогу робити, звичайно тільки „на числах“, найрізноманітніші побудування з цієї нової геометрії.

Звісно, від такої уміlosti володіти геометрією 4-х вимірів „на числах“ четвертий вимір не зробиться приступніший нашому наочному уявленню.

Коли радитимуть провадити навчання так, щоб перевиховувати людей, щоб зробити приступним їм згодом почуття четвертого виміру, то це рівноважно порадам привчити людей літати в повітрі без машин.

У-вісні учні часто легко й з приємністю літають у повітрі, а наяву і сам учитель не полетить. У людини немає відповідних органів на літання й, як казали мені біологи, людина ніколи не дістане таких органів, хоч-би протягом мільйону років навчали її в школі літати.

Так само в людини немає органів, щоб наочно уявляти четвертий вимір, і з цим треба примиритися.

Може бажано в середній школі навчати механіки за Айнштайновою схемою.

Треба мати на оці безсумнівну бажаність технічного ухилу в середнім навчанні.

А в технічній механіці скорості тіл малі проти скоростей світла. Через те, що різниця між механіками Айнштайновою та Ньютоною залежить від величини $\beta = \frac{v}{c}$, де v — скорість тіла, що його ви-вчається, а c — скорість світла, то для технічної механіки величина β така мала, що різниця між обома механіками втрачається поміж по-хібок спостереження.

Наприклад, коли доводиться викладати закон підйоми, то цей закон викладається в такім вигляді, як його розумів Архімед, не знаючи, що колись з'являється Ньютон та Айнштайн. Ба й більше, ту саму форму закону підйоми безумовно знали єгиптяни, коли будували піраміди, а також за цикlopічних мікенських збудувань.

Коли навчитель, викладаючи в середній школі основи технічної механіки, мусить відповідати на питання, за якою схемою він ви-кладає, то він, бажавши зробити приємність тому, хто питає, може залежно від смаків останнього зазначити ту чи ту схему. В обох випадках він не брехатиме.

Славнозвісний французький математик Анрі Пуанкаре, передбачавши з'явлення нової механіки, радив не викладати її дітям, доки вони аж геть проймуться класичною механікою. Пуанкаре каже:

„Ім доведеться жити за старою механікою. Ім доведеться застосовувати тільки її; хоч як-би було вдосконалено автомобілі, вони

ніколи не дійуть тих скоростей, коли стара механіка зробиться неправильною. Нова механіка — розкоші, і про розкоші можна думати тільки тоді, коли вони не на шкоду конче потрібному".

Нарешті, останнє питання полягатиме в тому, що коли не можна Айнштайнову механіку викладати в середній школі на всеніку повноту її з необхідним математичним апаратом, то може було-б бажано давати деяке поняття про неї з популярної літератури. Притому можна подавати фантастичні висновки з Айнштайнової теорії: про конечність усесвіту, про зоряні фантоми, про відмолоджування за допомогою мандрівок й т. ін.

Це скидалося-б на викладання науки за допомогою романів Жюля Верна. Я не беруся міркувати, якою мірою таке навчання корисне, полішаючи педагогам розвязати це питання.

Переходимо, нарешті, до третього пункту, а саме до непорозуміння з рухом перигелю Меркурія. Паралельно з обміркуванням цього пункту відповімо і на четверте питання.

Для більшої ясності подамо історичний огляд обрахункових способів небесної механіки.

Безсмертною заслugoю Ньютона в його книзі „Математичні принципи натуральної філософії 1684“ було встановлення правил, за якими можна скласти в різних механічних завданнях диференціальні рівняння для руху тіл. Зокрема для сонячної системи виявило себе достатнім застосування закону всесвітнього тяжіння: два тіла в просторі притягаються одне до одного з силою просто пропорційно добуткові їхніх мас та зворотно пропорційно квадратові їхньої віддали.

Ньютон прийшов до закону зворотної пропорційності квадратам віддали, вивчаючи завданчу, знайти закон притягу, за якого планета могла-б описувати навколо сонця кеплерів еліпс.

Навпаки, припускаючи, що закон притягу відомий, можна скласти диференціальні рівняння для руху планети навколо сонця.

Вийшло, що є змога скласти диференціальні рівняння для руху відразу всіх планет, причому зважити не тільки на їхнє притягання сонцем, але й на всі притягання планет парами одна одну.

Маємо завданчу двох тіл, коли крім сонця вивчається ще одну тільки планету й далі не припускається в просторі ніяких інших тіл.

Завданчу трьох тіл дає випадок сонця й двох планет, або сонця, землі й місяця,

Очевидно, щоб остаточно обчислити рухи будь-якої планети, треба зважити на притяги всіх інших планет, і великих і малих, а так само всіх супутників.

Рівняння завданчі двох тіл інтегруються до краю, що й зробив Ньютон. Вийшли точно перших два Кеплерові закони, а третій закон, виявилось, наближено правильний.

Це інтегрування тепер повинні вміти робити студенти, вивчаючи механіку.

На переході до завдачі трьох тіл стався корінний злам. Ця завдання переважила Ньютонові сили й відтоді геть аж до останнього часу вона не піддавалася зусиллям найкращих математиків.

Кажуть, що її розвязав останнього часу (1906) Зундман, астроном у Гельсінгфорсі.

Я особисто не можу вважати Зундманові досліди за справжнє розвязання завдання трьох тіл, подібне до розвязання завдання двох тіл. Для двох тіл маємо всі закони руху, от як теорему площ (другий Кеплерів закон), залежність між ексцентричною та середньою аномаліями (Кеплерове рівняння), то-що.

Нічого такого з Зундманових дослідів добути не можна. Зундман дає тільки змогу обчислюти для всякого часового моменту становище тіл у просторі за допомогою дуже складних, хоч і збіжних, рядів. Це власне не так саме розвязання завдання, як довід, що воно можливе.

Коли так кепсько стоїть справа з розвязанням завдання трьох тіл, то звісно для більшого числа тіл справа стоїть іще гірше.

Через те, що, як виявилося, не сила розвязати цілком завданчу багатьох тіл, то практична астрономія поставила вимогу наближено розвязувати її. Точність цього наближеного розвязання повинна бути така, щоб помилка його не виходила за границі помилок спостереження.

Сукупність способів наближено розвязувати завданчу багатьох тіл становить одну з найголовніших частин небесної механіки.

Можливість наближено розвязувати диференціальні рівняння із завданням багатьох тіл випливає із самої сути аналізи безконечно малих.

Чималу послугу небесній механіці зробили особливі властивості нашої сонячної системи: малість мас планет проти маси сонця та їхніх взаємних віддалів, малість ексцентриситетів орбіт, що робить ці орбіти дуже близькими до кругів і т. ін.

Як-би крім сонця та планети, що її вивчається, не було інших планет, то рух планети відбувався-б за еліпсом нерухомим у просторі. Інші планети відхиляють планету, що її вивчається, від еліпсу та надають їй так званих збурень або нерівностей.

Через велику віддалу планет, що збурюють, від планети, що збурює, величина збурень мала, так що Кеплер із спостережень вивів якраз еліпс, а малі збурення за тодішнього стану спостережень були непомітні для нього.

Уже Ньютон, не вважаючи на труднощі завдання обчислювати збурення, зумів геніальними що-до простоти чисто геометричними способами наближено обчислити всі найголовніші нерівності в русі місяця.

Протягом усього XVIII століття поступово ліпшили способи обчислення збурень, причому ці способи систематично виклав Лаплас у своїй славнозвісній небесній механіці.

Можна коротко характеризувати способи небесної механіки так.

Всяка еліптична орбіта має п'ятеро так званих елементів, що визначають як вигляд її, так і становище в просторі.

Ці елементи такі: середня віддаль a планети від сонця, ексцен-
тристиситет e , нахильність i орбітової площини планети до площини
земної орбіти, довгота вузла Ω , що дає напрям простої, по якій перети-
наються площини планети й землі, довгота перигелю планети ω .

Збурений рух планети можна вважати за змінний еліпс, еле-
менти якого не постійні, а змінюються з протягом часу. Отже, зав-
дача сходить на так звану варіацію елементів.

Збурення елементів поділяється на вікові та періодичні. Віковими звуться такі збурення елементу, що, накопичуючись з про-
тягом часу, не дозволяють йому повернути до його початкового
значіння. Періодичними звуться збурення, коли елемент коливається
близько пересічного значіння його.

Лаплас та Пуасон довели, що в першім і другім наближенні пе-
ресічні віддалі a планет не мають вікових збурень, а звідси вони
думали зробити висновок про тривкість сонячної системи.

Довгота перигелю планети Меркурій має вікове збурення й змі-
нюється в бік руху самої планети на $574''$ (секунд у дузі) на вік.

Як-же здивувавсь Левер'є, виявивши, що обчислення, які він пе-
ревів, дають для вікової нерівності руху перигелю величину меншу
проти спостереженої на $38''$.

Наприкінці XIX століття Ньюкомб із своїх удосконалених способів
обчислення та нових спостережень дістав різницю (замість $38''$) у роз-
мірі $41''$.

Звернімо тепер увагу на плутанину й розгардіяш що-до цього
питання в популярній літературі й надто російській.

Число $41''$ становить різницю між наслідком спостережень та
наслідком обчислень, а тому це число не можуть дістати астрономи
тільки із спостережень, як це запевняє автор цитати, що й наво-
дили ми на початку статті. Так само це число не можна дістати
тільки обчисленням, а тимчасом у брошурі Шарля Нормана, астро-
нома паризької обсерваторії, під заголовком „Айнштайн та всесвіт“
(1924, рос. пер. ст. 119) читаємо: „хоч-би яка мала була ця величина,
її таки можна обчислити“...

Дивно, як у книзі Нормана, що з його професійний астроном,
усі числа поплутано. Ми читаемо:

„В чому-ж полягала аномалія? А саме в ненормальному обер-
танні планетної орбіти, що з обчислень Левер'є дорівнювала $43''$ за
сто років. Точнісінько те саме число, що його без ніяких гіпотез
дістав Айнштайн із свого закону тяжіння.

Правда, з недавніх Гросманових обчислень та з останніх астро-
номічних спостережень, що їх об'єднав Ньюкомб, справжня величина
вікового переміщення перигелю Меркурія дорівнює не $43''$, як це
показав Левер'є (?), а найбільше $38''$. Не зважаючи на те, що Айн-

штайнове число не зовсім сходиться із щойно знайденою величиною, воно, проте, дивовижне що-до сходиності його із спостереженнями* (І. с., ст. 119).

А навсправжки не число Левер'є (38''), а Ньюкомбове (41'') більше підходить до Айнштайнового числа (43'').

Наведений на початку статті уривок популяризатора релятивіста переконує читача в тому, що автор не розуміє того, про що він говорить. З слів цього автора зрозуміло, що він широко переконаний, що перигелій Меркурія повертається на вік не на 574'', а на 43'', бо він інакше не сказав-би, що це можна ствердити спостереженнями. |

Проте, я візьму автора уривка під свій захист. Перш за все можна бути релятивістом і не знати астрономії.

Коли Норман, фахівець з астрономії, писавши свою брошуру, не завдав собі клопоту довідатися, яке число зазначав Левер'є й яке Ньюкомб, то неспеціялістові з астрономії помилки простимі.

Я переглядав цілу низку російських і чужомовних популярних книг і не знайшов жадної, включаючи самого Айнштейна, де-б з перигелем Меркурія все було гаразд.

Звичайно, читач може вважати неточності, що їх я зазначив, за дрібниці, а факт полягає в тому, що Айнштайн заповнив прогалину, що лишалася непояснена, почавши з Левер'є.

Я погоджуся з цим поглядом і переходиму до розгляду питання по суті.

Якою методою Айнштайн та Шварцшільд (астроном) дістали їхнє розвязання завдання про рух Меркурія?

Річ у тім, що рівняння Айнштайнової теорії набагато важчі за Ньютонові рівняння, а тому за Айнштайном уже завдання двох тіл переважає сили аналізи. Коли одне з двох тіл закріпiti, то виходить завдання про рух одного тіла навколо нерухомого центру. Це есть, оськльки мені відомо, єдина завдання, що до певної міри піддається обчисленням за Айнштайновою методою.

Зазначені автори обчислили за своєю методою із завданням притягу самого тільки Меркурія до нерухомого сонця величину 43''. А всі збурення від інших небесних тіл, що утворюють сонячну систему, вони взяли без ніякої зміни із старої небесної механіки. Отже, з усього переміщення $574'' - 533'' + 41''$ величину 41'' обчислено за Айнштайновою теорією, а 533'' за Ньютоном.

Розуміючи, що такий спосіб обчислення, сказати-б, компавид-обчислення, відразу за двома методами, що одна одну виключають, міг здаватись підозрілим, багато авторів релятивістів наводять міркування, що обчислення частини 533'' за Ньютоном мало відрізнятися від обчислення того самого за Айнштайном.

Будь-що-будь, питання можна буде вважати за цілком з'ясоване, коли можна буде зробити всі обчислення за самою тільки Айнштайновою методою.

Отже, коли з моєго погляду захоплення релятивістів з приводу руху Меркурія передчасне, то так само передчасні й пессимістичні фрази релятивістів подібні до тієї фрази славнозвісного англійського астронома, що її наведено на початку статті.

Макс Борн у своїй книзі „Теорія относительности Эйнштейна. Перевод под редакцией Курявцева. 1922“ пише:

„Але світовий закон не терпить ніяких вийнятків. Проте, як ми вже були згадали, є один випадок, де Ньютона теорія не віправдалась. Нехай-би яка мала була похибка, а проте вона таки єсть. Мова мовиться про планету Меркурій, найближчу до сонця з усіх мандрівних зір“.

Славнозвісному вченому, як не спеціалістові з астрономії, простило не знати, що нерівність у русі Меркурія не єдиний приклад, коли планета не кориться обчисленням небесної механіки.

Друга нерівність, уже давно помічена, стосується до зміни довготи висхідного вузла Венери. За Ньюкомбом спостережена зміна довготи вузла буде $1780''.6$, а обчислена $1790''.7$ (Пізніші дані дають $1784''.7$ для спостереженої величини).

Ці зміни йдуть у противний бік руху планети по довготі. Отже, за Ньюкомбом лишається непояснена зміна вузла Венери $+10''.1$.

Крім цих нерівностей, багато менші несходимості помічаються в елементах Землі та Марсу.

Єсть ще малі періодичні розходження (Ньюкомб 1909) у місяця. Період їхній дорівнює 40 р. (Бравн).

Дальші від сонця планети не виявляють розходжень теорії із спостереженнями. Вийняток становить 5-й Юпітерів супутник, найближчий до цієї планети.

Едінгтон у своїй уже цитованій книзі подає таблицю нерівностей в елементах чотирьох найближчих до сонця планет з поправками за Айнштайновою методою. З його викладу не зовсім зрозуміло, чи внесено поправки крім перигеліїв також і до інших елементів.

Його фразу про те, що Айнштайнова теорія не пояснює нерівність вузла Венери, я вважаю за надто категоричну, бо, оскільки відомо мені, рух Венери зо всіма його збуреннями не проведено цілком за Айнштайновою теорією.

Способи обчислення старої небесної механіки потрібували двісті років (від Ньютона до Ньюкомба) на те, щоб дійти досконалості необхідної, щоб вивчати ці тонкі питання. Коли зважити на це, то доведеться мабуть ще довго чекати, поки буде вдосконалено способи обчислення важкої Айнштайнової теорії. Не вважаючи на те, що темп наукового життя тепер іде швидше, мені здається, що повинен зминути ще певний час, перш ніж остаточно з'ясується питання про стосунок Айнштайнової теорії до вузлів Венери.

Тепер я переходиму до моєї спроби пояснити всі зазначені непоєднаності між теорією та спостереженнями, не виходячи

з Ньютонової механіки, за допомогою електромагнетової діяльності сонця.

На моє запрошення мій вельми шановний учень Юр. Дм. Соколов узяв додатково до притягута всіх планет одне до одного за Ньютоновим законом ще діяння магнетового поля сонця на електрично зарядженну планету.

Припускаючи, що сонце є елементарний магнет, вісь якого розміщено по осі обертання сонця, Соколов обчислив, застосовуючи правила класичної небесної механіки, всі вікові збурення чотирьох планет найближчих до сонця.

Вийшла картина прикметами своїми надзвичайно втішна. Найбільші коефіцієнти вікових збурень виявилося при перигелії Меркурія та саме при вузлах Венери.

Отже, електрична гіпотеза захоплює також і вузли Венери, притому в бажанім напрямі, що не спроможна зробити жадна з гіпотез раніше пропонованих. Коли повірити Едінгтонові, то й Айнштайнівій теорії не сила це зробити.

Не вважаючи на наслідки сприятливі прикметами своїми, таки доводиться відмовитися від гіпотези магнетової індукції сонця на планети, бо ця гіпотеза приводить до таких великих зарядів планет, які зовсім неймовірні.

Обчислення Соколова, зроблені дуже вміло, сами в собі заслуговували уваги, а тому їх опубліковано в моїй спільній з ним статті під заголовком: „Про рух перигелю Меркурія” (французькою мовою) в Мемуарах Української Академії Наук.

Я сподіваюся позбавитися труднощів поєднаних з величезними зарядами планет, не відкидаючи самої електричної гіпотези.

Програму моїх дальших досліджень у цім напрямі я подав німецькою мовою в статті під заголовком: „Про електромагнетові явища в сонячній системі”, яку призначено для Записок Української Академії Наук.

Перш за все я повинен згадати про В. Томсона, що не йняв віри причиновій залежності між діяльністю сонячних плям та такими явищами як магнетові збурення, північні сяйва, ріст дерев, то-що.

Томсон міркував так: коли припустити діяння через індукцію сонячного магнетового поля на явища земного магнетизму, то за величезних віддалів сонця від землі доведеться для магнетового моменту сонця визнати таку величезну величину, яка зовсім неймовірна.

Тепер зазначена залежність між електромагнетовою діяльністю сонця та земними явищами становить фізичний факт.

Томсонова помилка полягає в тому, що на ділі є не явище індукції, а явище конвекції. Сонце посилає в простір як чисті електрони, так і частинки йонізованого надіб'я. Ця електрична субстанція, пролітаючи повз планету, спричинює вже на близькій віддалі всі електромагнетові явища, які помічається на ній.

Назвімо ту частину електромагнетового поля, що оточує планету, яка спрямлює помітний вплив на рух планети та на електромагнетові явища на ній, електричною гіператмосферою планети.

Сподіваюся, що правильний підрахунок магнетового поля гіператмосфери уможливить так збільшити магнетовий момент сонця, щоб дістати для електричних зарядів планет можливі величини.

Засновуючи згадану вгорі мою лабораторію, я сподіавсь повести спостереження над електричною гіператмосферою землі, застосовуючи радіотехнічних метод, але цим мріям моїм не судилося здійснитись.

Лишиться сказати ще про можливе майбутнє теорії відносності.

Власне, як пророкувати майбутнє, так і ворожити на кавовій гущі не належить до моєї спеціальності, але популярна література змушує думати про це майбутнє.

Ш. Норман закінчує свою книгу словами:

„Айнштайн розкрив нам нові відтуліни в глибинах невідомого. Він є й буде однією з верховин людської думки”.

Побоююся, чи не варто останній фразі надати того самого характеру, що й фразі: „его же царству не будет конца”.

Перш за все я вважаю за неймовірне, щоб теорія відносності лишилася на вікі вічні, бо це перечить усьому нам відомому ходові розвитку наукової думки. Знов-же я не йму віри тому, ніби може здійснитися мрія антирелятивістів, що теорію відносності буде повалено, і наука поверне до колишньої механіки.

М. Планк у наведеному уривку з його промови каже, що синтеза механіки та електродинаміки, яка вивершить науку, є справа майбутнього. Через те, що промову виголошено року 1922, то, очевидно, Планк не вважає теорію відносності за сподівану остаточну синтезу.

Крім того треба мати на оці ще перше попередження Айнштайнівій теорії з боку Міллерових дослідів. На жаль до мене дійшли такі неповні відомості про ці досліди, що я цієї хвилини не склав собі ніякого погляду з даного приводу.

28/XII — 1926.
Київ.