УДК 530. 12

В.Л.Тутик, канд.техн.наук. Ін-т. електродинаміки НАН України

ВЗАЄМНІСТЬ ЯВИЩ В ГРАВІТАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕННЯХ

В статті показано, що принцип взаємності дозволяє розкрити природу гравітації та порушити проблему єдності гравітаційного та електромагнітного полів. Джерелом єдиного поля служить тензор взаємності енергії-імпульсу, який виникає внаслідок взаємного обміну енергією між речовиною та простором. Отримано рівняння руху джерела, яке розкладається на тензорну та векторну складові. В ньому, на думку автора, векторна частина створює електромагнетизм, а тензорна – гравітацію.

In the article it is shown that the reciprocity principle allows developing the nature of gravitation and solving the problem of the unity of electromagnetic and gravity fields. The reciprocal energy-momentum tensor is taken as a source of the common field. The tensor comes in consequence of the energy interchange between substance and space. It was obtained the equation of substance motion. It decomposes by the tensor and vector components. On the author's opinion the vector component of this equation creates electromagnetism and the tensor one – gravitation.

Теорія гравітаційного поля А.Ейнштейна [1], відома ще як загальна теорія відносності (ЗТВ), опираючись на фундаментальні принципи відносності та еквівалентності, приводить до висновку, що всяке гравітаційне поле – це зміна метрики простору – часу [2]. Покладаючись на результати ЗТВ, а саме, на явище скорочення масштабів поблизу гравітаційної маси та використовуючи принцип взаємності, автор в даній роботі показує як, можливо, відбувається зміна метрики, та яка може бути тому причина. Це дозволило також порушити проблему єдності гравітації та електромагнетизму.

Згідно з висновками ЗТВ[1] всі масштаби, які будуть прикладені в радіальному напрямку, повинні скорочуватись у співвідношенні:

$$dx = 1 - \frac{\gamma M}{c^2 R}, \tag{1}$$

де γ - гравітаційна стала, c -швидкість світла у вакуумі, R - віддаль від центру, на якій проводяться заміри відрізків, M - гравітаційна маса (розташована в центрі).

Прирівнявши (1) до нуля, знаходимо, що при радіусі гравітаційного тіла, що дорівнює половині радіуса Шварцшильда [2] на поверхні тіла в радіальному напрямку будуть відсутні всякі розміри. Уявно почнемо зменшувати масу і розміри почнуть з'являтися. Вираз (1) можна переписати в такому вигляді :

$$dx = 1 - \frac{\gamma M c^2}{c^4 R} = 1 - \frac{\gamma \varepsilon}{c^4 R} \tag{2}$$

і пов'язати явище появи розмірів зі зміною (зменшенням) енергії ε гравітаційного тіла. Зміну метрики, таким чином, ми пов'язуємо зі зміною енергії гравітаційного тіла.

Дотримуючись закону збереження енергії в розглянутому прикладі, можна стверджувати, що енергія від речовини (гравітаційної маси) передається простору (метриці).

Спробуємо тепер відшукати причину, за якої існує можливість передачі енергії від речовини до простору.

Для дослідження цієї причини вдамося до аналогії перетворення енергії в електромагнітному полі. Наочно це можна простежити на прикладі коливального контуру, де існують елементи, що можуть накопичувати енергію і тривалий час зберігати її. Ними служать ємність і індуктивність. При цьому відомо, що коли ємність зарядити, а потім підключити до індуктивності, то в такому контурі виникають електричні коливання. Енергія електричного поля, яка накопичується в конденсаторі, перетвоорюється в енергію магнітного поля яка накопичується на індуктивності. Потім процес протікає в зворотньому напрямку і при відсутності втрат, які у коливальному контурі відповідають нульвому активному опору провідників та відсутності індуктивності на них, конденсатор знову отримає початкову енергію. Взаємоперетворення електричної енергії пояснює принцип взаємності [3]. Спробуємо тепер використати його для нашого випадку. А саме, згідно з принципом взаємності енергія від гравітаційного тіла може передаватись простору лише за тих умов, що в системі речовина-простір існують елементи, які накопичують енергію. Для речовини це маса, яка, як відомо, є мірою інертності. Відомо що в електромагнетизмі ємність і індуктивність також вважаються елементами інертності. Запишемо співвідношення енергії електричного і магнітного полів

$$(\text{ємність})\times(\text{потенціал})^2=(\text{енергія}), \tag{3}$$

$$(\text{індуктивність})\times(\text{струм})^2=(\text{енергія}), \tag{4}$$

а також для гравітації

$$(\text{маса})\times(\text{потенціал})=(\text{енергія}). \tag{5}$$

Очевидно, що в виразі (5) потенціалом служить гравітаційний потенціал Ньютона.

Джерелом в електромагнітному полі є електричний заряд і можна записати для виразу (3)

$$(\text{потенціал})\times(\text{заряд})=(\text{енергія}), \tag{6}$$

де

$$(\text{ємність})\times(\text{потенціал})=(\text{заряд}). \tag{7}$$

Відомо, що ньютонівський потенціал гравітаційного поля має розмірність квадрату швидкості і визначається як γMR^{-1}. Тому вираз (5) можна переписати у вигляді

$$(\text{маса})\times(\sqrt{\gamma MR^{-1}})^2=(\text{енергія}), \qquad (8)$$

а також записати вираз

$$(\text{маса})\times(\sqrt{\gamma MR^{-1}})=(\text{імпульс}). \qquad (9)$$

Як бачимо, вирази (7) і (9) подібні за своїми функціональними властивостями, а саме: перший співмножник ліворуч в кожному з них є інерційним параметром, а праворуч від знаку рівності – в (7) заряд являється джерелом електромагнітного поля. Тому для задоволення перетворень в гравітаційному полі принципу взаємності його джерелом потрібно вважати імпульс, а потенціалом – швидкість. Для виразу (4) запишемо

$$(\text{струм})\times(\text{магнітний потік})=(\text{енергія}), \qquad (10)$$

$$(\text{індуктивність})\times(\text{струм})=(\text{магнітний потік}). \qquad (11)$$

Всі взаємоперетворення в коливальному контурі, знехтувавши індуктивністю провідників та їх розмірами, можна виразити за допомогою операції диференціювання по часу. Так, наприклад, струм, що протікає в контурі, можна записати у вигляді

$$(\text{індуктивність})\times\ d(\text{різниця потенціалів})/dt\ , \qquad (12)$$

а різницю потенціалів у вигляді

$$(\text{індуктивність})\times d(\text{струм})/dt. \qquad (13)$$

Вираз (3) для енергії, що накопичується на ємності, можна також переписати у вигляді

$$(\text{ємність})\times(\text{різниця потенціалів})^2 = (\text{енергія}) \qquad (14)$$

і вираз для заряду

$$(\text{ємність})\times(\text{різниця потенціалів}) = (\text{заряд}). \qquad (15)$$

Метриці, таким чином, ми мусимо також поставити у відповідність фізичну величину, яка б характеризувала її інертність, а речовину і простір вважати двома сторонами єдиного матеріального процесу за аналогією електромагнітного поля. В цьому процесі аналогом магнітного поля буде метрика, вірніше, її розміри відповідно з виразом (2), аналогом електричного заряду - імпульс. Аналогічно виразу (11) можна записати, використовуючи вираз (12),

$$(\text{інертність метрики})\times(\text{маса})\times d(\text{різниця потенціалів})/dt = (\text{простір}) \qquad (16)$$

і, зробивши перетворення,

$$(\text{інертність метрики})\times\ (\text{сила}) = (\text{простір}). \qquad (17)$$

Аналогічно (4) для простору

$$(\text{інертність метрики})\times\ (\text{сила})^2=(\text{енергія}). \qquad (18)$$

Енергія накопичується в просторі за рахунок сили, яка створюється зменшенням імпульсу гравітаційного тіла. Це приводить до збільшення масштабів метрики, інакше кажучи, до розширення простору. Тут слід зазначити, що в одній з попередніх робіт[9] автором уже порушувалось питання взаємності речовини та простору.

Речовинно-просторова залежність, яка приводить до зміни масштабів внаслідок взаємообміну енергією, дозволяє зрозуміти гравітацію, як природне явище. Прослідкуємо вплив зміни метрики на навколишнє середовище. Очевидно, що будь-яке тіло по відношенню до іншого, такого, яке створює змінну метрику, не зможе перебувати в стані спокою. Зміна метрики по відношенню до тіла викликає таку ж саму дію, якби воно рухалось в незмінному просторі з певною швидкістю, яка б дорівнювала швидкості зміни метрики. Якщо позначимо через ω - швидкість зміни метрики, а через v – швидкість руху в системі координат X_i, то для гравітаційного тіла масою m можна записати функцію Лагранжа

$$L = m\left(\omega - v\right)^2 = m\left(\omega^2 - 2\omega v + v^2\right). \qquad (19)$$

В даному виразі ω та v – вектори в системі координат X_i (i=0,1,2,3), відносно якої рухається m. Для кожної з складових виразу (19) запишемо $\omega^2 = g_{ij}\omega^i\omega^j$ та v^2=$v^2 = \delta_{ij}v^iv^j$, де

g_{ij} - метричний тензор простору, створюваного гравітаційним тілом,

δ_{ij} - метричний тензор простору, в якому рухається гравітаційне тіло.

Використовуючи компоненти ω та v, запишемо для другого члену виразу (19) тензор

$$J^{ij} = m\omega^iv^j. \qquad (20)$$

Оскільки ω і v незалежні одне від одного, то з (20) можна виділити скаляр

$$q = m\sum_{i=0}^{3}\omega^i, \qquad (21)$$

а вираз (20) записати у вигляді чотирьохвектора імпульсу-енергії

$$J^j = qv^j, \qquad (22)$$

якому відповідатиме чотирьохпотенціал ψ^j.

Тепер ясно, що рухаючись у просторі, гравітаційне тіло спричиняє по відношенню до навколишнього середовища дію, яку можна розділити на дві частини, перша з яких має тензорну, а друга – векторну природу. Метричні тензори можна об'єднати і записати одним виразом

$$G_{ij} = g_{ij} + \delta_{ij}. \qquad (23)$$

Далі скористаємось доведенням Гільберта [7], який показав, що коли подія в системі X_i характеризується G_{ij} та ψ^j, то її однозначно можна представити рівняннями для гравітації з лівою частиною $R_{ij} + \frac{1}{2}G_{ij}R$ (тепер їх називають рівняннями Ейнштейна-Гільберта), та рівняннями Максвелла для електромагнетизму з відомим тензором

$$F_{ik} = \partial_k \psi_i - \partial_i \psi_k ; \tag{24}$$

R_{ij} – тензор Річчі, побудований з похідних другого порядку метричного тензору G_{ij}, а R - його скаляр. Для першого та третього членів виразу (19) запишемо тензори $t_{ij} = m\omega^i \omega^j$, $T_{ij} = mv^i v^j$. Другий з цих виразів є відомим тензором імпульсу-енергії, який входить в рівняння гравітації Ейнштейна-Гільберта. Перший за його функціональною особливістю теж ми можемо вважати тензором імпульсу-енергії, створюваного гравітаційним тілом за рахунок зміни власної метрики. Тому основне рівняння гравітації запишемо тепер з урахуванням цієї складової, а саме

$$R_{ij} - \frac{1}{2} G_{ij} R = \chi \left(T_{ij} + t_{ij} \right), \; (\chi = \frac{8\pi\gamma}{c^4}). \tag{25}$$

Як відомо [1], в першому написанні в рівняння Ейнштейна входив деякий геометричний об’єкт, який враховував енергію гравітаційного походження, не бувши при цьому тензором. Проте пізніше від нього відмовились [4,5,6] тому, що в локально галілеєвих координатах він дорівнює нулю. В нашому випадку тензор $t_{ij} = m\omega^i \omega^j$ в нуль перетворити неможливо там, де існує зміна метрики гравітаційним тілом. Як було зазначено вище, для отримання повної картини перетворень необхідно враховувати також дію з боку тензора (24), яка описується рівнянням Максвелла для джерела [2]

$$\partial_k F^{ik} = J^i . \tag{26}$$

В нашому випадку вираз (26) містить складові, побудовані з компонент гравітаційного потенціалу ω. Тепер ми можемо говорити про єдність гравітації та електромагнетизму за умови, що джерелом електромагнітного поля вважати чотирьохвектор імпульсу-енергії (22). Висновок той же, що і з принципу взаємності.

Для визначення ω зробимо в (25) граничний перехід до випадку малих швидкостей та слабкого гравітаційного поля, тобто для метричних тензорів g_{ij} та δ_{ij} лишимо нульові компоненти $G_{00} = c^2 + \omega_0^2$. Цей випадок граничного переходу в ЗТВ досить відомий [1,2], тому запишемо лише кінцевий результат $\frac{1}{2}\Delta G_{00} = -\frac{\Delta\varphi}{c^2}$, де φ - гравітаційний потенціал тяжіння Ньютона. В ньому $G_{00} = c^2 + 2\varphi$. Простим порівнянням знаходимо $\omega_0 = \sqrt{2\varphi}$. Для нашого випадку потенціал ω_0 дорівнює другій космічній швидкості, що логічно поєднується з нашим визначенням природи гравітаційного поля. Адже саме таку швидкість треба розвинути, щоб покинути межі гравітації, а це означає, що при цій швидкості можлива передача енергії від гравітаційного тіла простору. Зробимо ці граничні перетворення також і в правій частині (25)

$$T_{ij}+t_{ij}=mc^2\left(1+\frac{\omega_0^2}{c^2}\right), (i=j=0).$$

Тоді (25) перетвориться до вигляду

$$\Delta\omega_0^2=\chi mc^4\left(1+\frac{\omega_0^2}{c^2}\right), \quad (27)$$

що співпадає з результатом Неймана [8]

$$\Delta\omega_0^2-\lambda\omega_0^2=4\pi\gamma m,$$

а $\lambda=\frac{8\pi}{c^2}\gamma m$.

Поки що визначення гравітаційного потенціалу стосувалось лише його нульової компоненти. Для того, щоб знайти скаляр (21) q, а тим більше чотирьохпотенціал ψ_i, нам необхідно також знати і просторові компоненти ω_i. Для цього використаємо наближений розв'язок Ейнштейна [8] по визначенню компонент метричного тензора. Було показано, що просторові його компоненти відрізняються від часових лише знаком, тобто $G_{00}=\left(1-\frac{2\varphi}{c^2}\right)$, $G_{11}=G_{22}=G_{33}=\left(1+\frac{2\varphi}{c^2}\right)$. Тоді компоненту ω_i можна визначити, взявши квадратний корінь з тієї частини компоненти метричного тензора, яка відрізняє її від одиниці, і помноживши результат на швидкість світла, $\omega_0=j\sqrt{2\varphi}$;

$$\omega_i=\sqrt{2\varphi};\quad (i=1,2.3;\ j=\sqrt{-1}).$$

В (21) для визначення скаляру q суму можна замінити модулем $\omega=2\sqrt{\varphi}$.

Тоді $q=2m\sqrt{\varphi}$, а чотирьохвектор імпульсу-енергії (22) можна переписати у вигляді

$$J^i=2m\sqrt{\varphi}v^i. \quad (28)$$

З нього стає очевидним визначення ψ^i, а саме

$$\psi^i=2\sqrt{\varphi}v^ic^{-1}. \quad (29)$$

Для випадку $v=c$, тобто для нульової компоненти (i=0) $\psi^0=2\sqrt{\varphi}$.

Тепер можна визначити дію, яку створює кожна з цих двох складових (тензорна та векторна) на навколишнє середовище, а точніше, на інше гравітаційне тіло. Для цього запишемо тепер згідно з (19) функцію Лагранжа для тіла, що знаходиться під дією цих складових

$$L=G_{ij}f^{ij}-2\psi_ij^i, \quad (30)$$

в ній f^{ij} та j^i - тензор та вектор імпульсу-енергії даного тіла.

Можна записати вираз для сили

$$\partial_k L = f^{ij}\Gamma_{k,ij} - 2j^i F_{ik}\,, \qquad (31)$$

в якому перший член в правій частині відповідає дії тензорної, а другий – векторної складових поля. Отриманий результат говорить про те, що гравітаційна сила врівноважується електромагнітною (умова $\partial_k L = 0$), коли брати до уваги висновок, зроблений нами відносно природи електромагнетизму.

Відомо [8], що у випадку граничного переходу до слабкого гравітаційного поля та малих швидкостей, порівняно зі швидкістю світла,

$$\Gamma_{k,00} = -\frac{\partial\Phi}{c^2\partial x^k}\,, \quad \text{а} \quad f^{00} = mc^2\,.$$

За цих же умов

$$F_{k0} = -\frac{\partial\psi_0}{\partial x^k}\,, \quad \text{а} \quad j^0 = 2m\sqrt{\varphi}\,; \;\; \psi_0 = 2\sqrt{\Phi}\,;$$

Φ, φ - гравітаційні потенціали Ньютона для джерела та пробного тіла.
Підставляючи всі ці значення у вираз (31), знайдемо силу азаємодії двох тіл

$$\mathrm{F}_k = -F_k = -\frac{mc^2\partial\Phi}{c^2\partial x^k} + 8m\sqrt{\varphi}\frac{\partial\sqrt{\Phi}}{\partial x^k}\,; \;\; (\;\Phi = \gamma MR^{-1}\,; \;\varphi = \gamma mr^{-1})$$

M, m - маси джерела та пробного тіла;
R, r - віддаль між центрами та радіус пробного тіла.

Замінюючи похідну по x^k похідною по R, та зробивши необхідні перетворення, запишемо

$$\mathrm{F} = F = \frac{\gamma Mm}{R^2} - \frac{4\gamma Mm}{R^2}\sqrt{\frac{Rm}{Mr}}\,. \qquad (32)$$

За виразом (32) відхилення від закону Ньютона складає $\delta = 4\sqrt{\frac{Rm}{Mr}}$.
Якщо в ньому m записати через μ (питома маса), то на Землі поправка до закону тяжіння становитиме $\delta = 8{,}52645\cdot 10^{-9}\,r\sqrt{\mu}$.

Крім того, як випливає з виразу (32), два тіла рівних мас та радіусів повинні відштовхуватись одне від одного.

Таким чином, гравітація та електромагнетизм мають єдину природу в явищі речовинно-просторової взаємності. В роботі поки що лишається відкритим питання про інертність простору. Проте, на думку автора, при більш глибокому дослідженні розглянутих явищ воно може бути успішно розв'язаним.

1. *А.Эйнштейн.* Основы общей теории относительности//Эйнштейн А. Собр. научн. тр.: В 4т.,т.1, "Наука". – М., 1966, с. 452-504.
2. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика: Учеб. пособие. В 10 т., Т.2. Теория поля.-7-е изд., испр.-М.: Наука.-1988.- 512с.

3. *Милях А.Н., Шидловский А.К.* Принцип взаимности и обратимость явлений в электротехнике.- Киев, 1967.-208с.
4. *Шредингер Э.* Компоненты энергии гравитационного поля.-В кн.: Эйнштейновский сборник, 1980-1981, М.: Наука, 1985, с.204-210.
5. *Бауэр Г.* О компонентах энергии гравитационного поля. (там же), с.211-216.
6. *Нордстрем Г.* Об энергии гравитационного поля в теории Эйнштейна.(там же), с.217-225.
7. *Д.Гильберт.* Основания физики. В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: "Мир",1979, с.133-145.
8. *Паули В.* Теория относительности: Пер. с англ. - $2^{е}$ изд., испр. и доп./Под.ред. В.Л.Гинзбурга и В.П.Фролова.-М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы,1983.-336с.
9. *Тутик В.Л.* Принцип взаємності в розумінні фізичних явищ // Філософські проблеми сучасного природознавства: Респ.міжвідомч.збірн.Вип.76.-Київ,1991.-С.108-110.